University of Sistan and Baluchestan

Stable Economy Journal

Online ISSN: 2821 - 1049

Iranian Scientific Social Welfare Association

Energy Price Index and Analysis of its Non-Linear Effect on Energy Efficiency in Iran with a Sector Approach

Shahryar Zaroki [1] , Akram Moghadasi Sedehi [2]

1. Corresponding Author, Associate Professor in Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Administration Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. E-mail: sh.zaroki@umz.ac.ir
2. Master of Science in Energy Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Administration Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. E-mail: amoghadasi779@gmail.com.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received: 6 February 2022

Revised in revised form:8 July 2022

Accepted:1 September 2022

Published online:8September 2022

Keywords:
Energy Price Index,
Energy Efficiency,
Asymmetric Approach,
Iran.

ABSTRACT

The growing trend of energy consumption on the one hand and the scarcity of this factor on the other hand has led to the study of factors affecting the efficiency of energy consumption is of great importance. Therefore, the purpose of this study is to investigate the effect of increases and decreases in real energy prices on energy efficiency in Iran. For this purpose, first, the real energy price index was being calculated at the level of the whole economy and the three sectors of household, commercial and industry. Then, by using an autoregressive approach with nonlinear (asymmetric) distributive interruptions, a basic model based on the whole economy and three sectors models based on the three mentioned partial were estimated. The results show that in the long run, increases and decreases in energy prices had a direct effect on energy efficiency at the level of the whole economy. In the household and industry sectors, decreases in energy prices had a direct effect on energy efficiency, but there was no significant effect of increases in energy prices on energy efficiency in the two sectors. In the commercial sector, there was no significant effect of increases and decreases in energy prices on energy efficiency. Also, the effect was asymmetric confirmed at the level of the whole economy and in the mentioned sectors.

Cite this article: Zaroki, Sh., Moghadasi Sedehi, A. (2022). Energy Price Index and Analysis of its Non-Linear Effect on Energy Efficiency in Iran with a Sector Approach. *Stable Economy Journal,3(2),*83-109. OI: 10.22111/SEDJ.2022.41546.1186

© The Author(s).
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/SEDJ.2022.41546.1186

اقتصاد باثبات
شاپا الکترونیکی: ۱۰۴۹-۲۸۲۱

شاخص قیمت انرژی و تحلیل اثر غیرخطی آن بر کارایی انرژی در ایران با رویکرد بخشی

شهریار زروکی [۱] ؛ اکرم مقدسی سدهی [۲]

۱. نویسنده مسئول، دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. رایانامه: sh.zaroki@umz.ac.ir
۲. کارشناس ارشد علوم اقتصادی، اقتصاد انرژی، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. رایانامه: amoghadasi779@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷
تاریخ ویرایش:۱۴۰۱/۴/۱۷
تاریخ پذیرش :۱۴۰۱/۶/۱۰
تاریخ انتشار:۱۴۰۱/۶/۱۸

واژه‌های کلیدی:
شاخص قیمت انرژی،
کارایی انرژی،
رهیافت نامتقارن،
ایران.

چکیده

روند رو به رشد مصرف انرژی از یک‌سو و کمیابی این عامل از سویی دیگر منجر شده که بررسی عوامل موثر بر کارایی مصرف انرژی از اهمیت فراوانی برخوردار باشد. از این‌رو هدف از پژوهش حاضر آن است تا اثر افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در ایران مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور نخست شاخص قیمت حقیقی انرژی در سطح کل اقتصاد و سه بخشِ خانگی، تجاری و صنعت محاسبه شد. سپس با بکارگیری رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی غیرخطی (نامتقارن) یک الگوی پایه بر مبنای کلِ اقتصاد و سه الگوی بخشی بر مبنای سه بخش مذکور برآورد شد. نتایج حاکی از آن است که در بلندمدت، در سطح کلِ اقتصاد افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی با اثری مستقیم بر کارایی انرژی همراه می‌باشد. در بخش خانگی و صنعت کاهش‌ها در قیمت انرژی با اثری مستقیم بر کارایی انرژی همراه بوده ولی اثر معناداری از افزایش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی انرژی در این دو بخش مشاهده نشد. کارایی انرژی در بخش تجاری نیز از افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی اثر معناداری نمی‌پذیرد. همچنین در سطح کل اقتصاد و در بخش‌های یاد شده نامتقارنی در اثرگذاری قیمت انرژی تأیید شد.

استناد: زروکی، شهریار؛ و اکرم مقدسی سدهی (۱۴۰۱). شاخص قیمت انرژی و تحلیل اثر غیرخطی آن بر کارایی انرژی در ایران با رویکرد بخشی. *اقتصاد باثبات*، ۳ (۲)، ۸۳-۱۰۹.
DOI:10.22111/SEDJ.2022.41546.1186

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان
حق‌مؤلف © نویسندگان.

۱. مقدمه

انرژی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل برای شکل‌گیری و پیشرفت جوامع صنعتی شناخته می‌شود. به‌طوری‌که میزان دسترسی کشورها به منابع گوناگون انرژی نشانگر پیشرفت و قدرت سیاسی-اقتصادی آنها است. قیمت بالای انرژی و هزینه‌های بسیار زیاد بخش سرمایه‌ای آن از یک‌سو و رشد صنعتی‌شدن جوامع و نیاز روزافزون آنها به انرژی از سویی دیگر، کشورها را بر آن داشته است که برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه و غیربهینه انرژی و همچنین کاهش هزینه‌های تولید و افزایش رفاه عمومی، سیاست‌هایی را تحت عنوان بهینه‌سازی مصرف انرژی، به مرحله اجرا در آورند. بنابراین با توجه به اهمیت فراوان انرژی و کاهش منابع انرژی فسیلی و افزایش قیمت آن در زمینه‌های تولید و خدمات و همچنین مسائل زیست‌محیطی، به بهبود وضعیت مصرف انرژی و کارایی هر چه بیشتر در استفاده از آن توجه زیادی می‌شود. کارایی انرژی به سادگی به معنای استفاده از انرژی کمتر برای انجام همان کار و به عبارتی دیگر به معنای حذف اتلاف انرژی است که با مزایای مختلفی نظیرکاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش تقاضا برای واردات انرژی و کاهش هزینه ها در سطح خانوار و اقتصاد همراه است. البته اگرچه فناوری‌های تجدیدپذیر نیز به تحقق اهداف مذکور کمک می‌کند؛ ولی بهبود کارایی انرژی ارزان‌ترین و اغلب فوری‌ترین راه برای کاهش استفاده از سوخت های فسیلی است. بهبود کارایی انرژی به‌طورگسترده به‌عنوان یکی از راه‌های مقرون به صرفه برای افزایش امنیت انرژی، بهبود رقابت صنعتی و کاهش تغییرات آب و هوایی در نظر گرفته می‌شود(فتحی و همکاران، ۱۳۹۸). از آنجا که انرژی به عنوان عاملی مهم در کنار سایر عوامل تولید نظیر کار و سرمایه نقش تعیین‌کننده-ای در اقتصاد کشورها به عهده دارد، در این راستا بررسی روند تحولات ساختار سیستم انرژی، نوسانات مصرف و قیمت انرژی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین کارایی مصرف انرژی، از جمله مواردی است که ازاهمیت به‌سزایی برخوردار است؛ به‌طوری‌که با توسعه و پیشرفت اقتصادی، مصرف انرژی به طور فزاینده‌ای افزایش یافته است و از اینرو بهبود کارایی انرژی، سیاستی مؤثر به منظور کاهش اثرات جانبی منفی ناشی از مصرف انرژی به‌شمار می‌رود. کارایی مصرف انرژی از جمله شاخص‌های اثرگذاری است که در تبیین رفتار ساختار مصرف انرژی بخش‌های مختلف اقتصادی در جوامع به کار گرفته می‌شود. افزایش بازده انرژی و به کارگیری عاقلانه منابع انرژی در بهترین سطح، با به کارگیری مطلوب‌ترین راهبرد، شدنی است. در گذر زمان، انرژی خود را به عنوان اصلی‌ترین رکن توسعه و شکوفایی جوامع مطرح کرده است؛ به‌گونه‌ای که با مقایسه شاخص‌های کارآیی انرژی در می‌یابیم که کشورهایی مانند ایالات متحده و انگلستان به دلیل وجود اطلاعات دقیق در زمینه کارآیی انرژی و به‌کارگیری سیاست‌های مناسب در این زمینه توانسته‌اند به سطح بالایی از کارایی در مصرف انرژی دست‌یابند به‌طورکلی بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش کارایی انرژی از طریق سیاست‌های قیمتی

(نظیر یارانه‌های انرژی) و سیاست‌های غیر قیمتی (نظیر آموزش، تحقیق و توسعه، استانداردهای انرژی، برچسب‌گذاری و رتبه‌بندی انرژی و...) میسر خواهد شد. به‌طور معمول کارایی در ارتباط با نحوه تخصیص بهینه منابع کمیاب توسط بنگاه برای نیل به اهداف تولید است. کارایی تولیدی یک بنگاه با توجه به رابطه بین مقادیر بهینه و مقادیر مشاهده شده آن تعیین می گردد. زمانیکه صحبت از کارایی یک بنگاه به میان می آید معمولاً به معنای موفقیت آن بنگاه در رسیدن به حداکثر ستاده با سطح معین نهاده است(*Farrell,1957*).

در راستای عوامل اثرگذار بر کارایی انرژی، تمرکز اصلی در مطالعه حاضر بر قیمت حقیقی انرژی استوار است. با توجه به عدم ارائه شاخص قیمت حقیقی انرژی در مراکز آماری، نخست این شاخص بر مبنای میانگین وزنی قیمت و مصرف حامل‌های انرژی محاسبه و سپس با تقسیم بر شاخص قیمت، از اسمی به حقیقی تبدیل شده است. انتظار منطقی بر آن است که این عامل بطور مستقیم بر کارایی انرژی اثرگذار باشد. در عمده‌ی مطالعات صورت گرفته، جهت تحلیل اثر این عامل، از الگوی متقارن استفاده شده است. همانطور که می‌دانیم در یک رابطه متقارن، متغیر مستقل بدون توجه به افزایش یا کاهش متغیر مستقل، تأثیر یکسانی بر متغیر وابسته دارد. درحالی‌که در یک رابطه نامتقارن، متغیر مستقل به هنگام افزایش دارای تأثیر متفاوتی، نسبت به زمان کاهش، بر متغیر وابسته است (*York & Light,2017*).

اثر قیمت انرژی برکارایی انرژی تنها یک رابطه مستقیم نیست؛ بلکه این رابطه می‌تواند با ناتقارنی نیز همراه باشد. در یک رابطه نامتقارن، نتایج بدست آمده تنها براساس شرایط فعلی پیش‌بینی نمی‌شود؛ بلکه با توجه به تغییراتی که در گذشته منجر به این وضعیت شده است تعیین می‌گردد و در این راستا ممکن است که اثر متقارن قیمت انرژی بر کارایی انرژی توجیه‌پذیر نباشد. بر این اساس، مطالعه حاضر در پی آن است تا نوع اثرگذاری افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی را بر کارایی انرژی در ایران تبیین نماید. به نحوی‌که ضمن واکاوی این مسئله در قالب کلِ اقتصاد، موضوع به تفکیک نیز در سه بخشِ خانگی، تجاری و صنعت تحلیل شده است. بر مبنای اهداف یاده شده پرسش اصلی در مطالعه حاضر آن است که آیا در اقتصاد ایران در قالب کلی و در بخش‌های یاد شده، تفاوت معناداری در اندازه‌ی اثرگذاری افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی انرژی وجود دارد؟ به عبارتی دیگر آیا اثر قیمت انرژی بر کارایی انرژی در ایران، اثری نامتقارن است؟ به این منظور از روش غیرخطی در پردازش داده‌ها استفاده شده است. اکثر الگوهای موجود در اقتصادسنجی، الگوی خطی است که در آن اندازه مطلق اثرگذاری متغیر توضیحی در روند افزایشی با روند کاهشی آن متفاوت نیست. به عبارتی دیگر در یک برآورد خطی از تحلیل اثر قیمت انرژی بر کارایی انرژی چنین تفسیری

مرسوم است که اگر با افزایش قیمت انرژی، کارایی انرژی به اندازه ω واحد افزایش یابد، آنگاه بصورت همزمان با کاهش قیمت انرژی نیز کارایی انرژی به میزان ω واحد کاهش خواهد یافت. ولی آنچه که در واقعیت رخ می‌دهد ممکن است این‌گونه نبوده و اثر افزایش قیمت انرژی بر کارایی انرژی، متفاوت با اثر کاهش آن باشد. این موضوع نگارندگان مقاله را بر آن داشت تا با توجه به مطالعات صورت گرفته، ضمن بررسی اثر نامتقارن قیمت های خانگی، تجاری و صنعت نیز بپردازند. برای دستیابی به چنین پردازشی لازم است تا از الگوهای نامتقارن استفاده انرژی بر کارایی انرژی در ایران به بررسی و آزمون نامتقارنی اثر قیمت انرژی بر کارایی انرژی در بخش شود. بر این اساس، با استفاده از مطالعه‌ی شین و همکاران[1](۲۰۱۴) از رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی غیرخطی[2] در تبیین و تشریح نامتقارنی استفاده شده است. بر این اساس در ادامه مقاله به این صورت سازماندهی شده است که در بخش دوم مبانی نظری ارائه می‌شود. در بخش سوم پیشینه پژوهش، بخش چهارم به تصریح الگوی پژوهش در قالب الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی غیرخطی اختصاص یافته است. نتایج حاصل از برآورد متقارن و نامتقارن از الگوی پژوهش در دو قالب الگوی پایه و الگوهای بخشی، در بخش پنجم ارائه و تفسیر شده است. یافته‌های پژوهش و ارائه پیشنهاد نیز در بخش ششم صورت گرفته است.

۲. مبانی نظری

کارایی به معنای کمترین استفاده از عوامل تولید و دریافت بیشترین بازده از آن عوامل می‌باشد. پترسون[3] اظهار داشت کارایی انرژی یک واژه کلی است و مقیاس عددی روشنی برای آن وجود ندارد و به جای آن باید بر شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری تغییرات در کارایی انرژی تکیه کرد. به‌طورکلی، کارایی انرژی به استفاده کم‌تر از انرژی برای تولید میزان مشخصی از کالا، خدمات یا ستانده اشاره دارد (*Patterson,1996*). بنابراین وی‌کارایی انرژی را بصورت معکوس شدت انرژی‌بری یا همان بهره‌وری جزئی نهاده انرژی، یعنی نسبت ستانده مفید حاصل از یک فرآیند به عامل انرژی به‌کار رفته در آن فرآیند تعریف می‌کند (مهینی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶). در تعریف اقتصادی، کارایی انرژی نشان‌دهنده میزان خدمات انرژی مهیا شده به ازای یک واحد نهاده انرژی و بیشینه ظرفیت بهره‌مندی ممکن از هر واحد انرژی مصرف شده است. کارایی عمدتاً برآمده از یک فرآیند فناورانه است که به

1. Shin et al.
2. Nonlinear Autoregressive Distributed Lag
3. Patterson

حجم انباره تجهیزات مصرف‌کننده انرژی و نرخ جانشینی این تجهیزات با تجهیزات انرژی کارا بستگی دارد. اغلب رشد کارایی انرژی همراه با به‌کارگیری یک روش کاراتر از تولید و مصرف انرژی به‌واسطه توسعه‌های فنی حاصل می‌شود (درگاهی و بیابانی خامنه، ۱۳۹۴). بهبودکارایی انرژی در سطح کلان سبب کاهش مصرف انرژی با همان درصد افزایش در کارایی نخواهد شد. افزیش کارایی انرژی برای یک واحد اقتصادی سبب می‌شود آن نهاده تولید نسبت به سایر نهاده ها ارزان‌تر شده و از اینرو تقاضا برای آن نهاده افزایش خواهد یافت. برای مثال ماشینی که قبل از افزایش کارایی انرژی، یک تن انرژی را برای تولید کار معینی مصرف می‌کرد، پس از افزایش کارایی انرژی، نیم تن مصرف خواهد کرد. بنابراین می‌توان بیان نمود قیمت یک واحد از خدمات انرژی نصف شده است. همین امر سبب می‌شود که نهاده انرژی به صورت ضمنی ارزان‌تر شود و تمایل برای افزایش جانشینی انرژی با سایر نهاده‌ها توسط تولیدکننده برای سطح مشخصی از تولید افزایش یابد. از اینرو بخشی از کاهش مصرف انرژی به‌سبب اثر جانشینی جبران شود. همچنین کالاهای انرژی‌بر نسبتاً ارزان شود و بنابراین تقاضا برای کالاهای انرژی‌بر توسط خانوارها افزایش یابد(*Vikstrom,2004*). قیمت انرژی نیز از جمله عوامل مهم اثرگذار بر کارایی مصرف انرژی محسوب می‌شود. افزایش قیمت انرژی می‌تواند موجب افزایش هزینه‌های تولید شود. در این شرایط انتظار بر آن است، تولیدکنندگان با شرایط ایجاد شده از طریق بهبود کارایی مصرف انرژی مقابله کنند(*Wu,2012*). به‌طور کلی تغییرات قیمت انرژی بر کارایی با دو اثر همراه است. نخست، اثر جانشینی است که با افزایش قیمت انرژی، نهاده انرژی نسبت به سرمایه گرانتر شده و بنابراین نسبت بکارگیری انرژی به سرمایه در فرآیند تولید کاهش می‌یابد. دوم، اثر مقیاس است که بر مبنای آن بنگاه پس از افزایش قیمت انرژی، با هزینه‌های بیش‌تری مواجه می‌شود و بنابراین تمایل به استفاده از همه عوامل تولید، از جمله عامل انرژی در بنگاه کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، افزایش هزینه‌های بنگاه منجر به کاهش سطح تولید و در نتیجه کاهش بکارگیری نهاده‌ها خواهد شد(*Landsburg,2013*). با تغییر قیمت یک حامل انرژی در زمان مشخص، تنها بخشی از تقاضای آن در همان زمان به تغییرات قیمت انرژی واکنش نشان می‌دهد؛ در حالی‌که اثر کلی آن در بلندمدت منعکس می‌شود، به این سبب که استفاده از تجهیزات کاراتر و اقدام به بهینه‌سازی مصرف انرژی یا جایگزینی لوازم پرمصرف انرژی با لوازم کم‌مصرف، به مدت زمان بیشتری نیازمند است. به‌طور کلی، با افزایش قیمت انرژی، انتظار بر آن است که دارندگان سرمایه‌های انرژی‌بر با بهینه‌سازی سرمایه‌های موجود یا جایگزینی آنها، به سمت افزایش کارایی انرژی متمایل شوند. در هر صورت این امر نیازمند سرمایه‌گذاری است که هنگام کاهش قیمت انرژی اتفاق نمی‌افتد. در کوتاه‌مدت با افزایش قیمت انرژی، هزینه‌های استفاده از سرمایه نیز افزایش می‌یابد، بنابراین مصرف‌کننده انرژی، پرتفوی خود را با کاهش مصرف انرژی تا حد ممکن بهینه‌سازی می‌کند و به

سبب اینکه سرمایه و فناوری ثابت‌اند، این امر تنها با کاهش یافتن نرخ استفاده از سرمایه امکان‌پذیر است و نتیجه این کاهش، علاوه‌بر کاهش تقاضای انرژی، کاهش فعالیت اقتصادی را نیز به همراه خواهد داشت. در بلندمدت، با توجه به امکان تغییر در سرمایه و فناوری، همچنان کاهش تقاضای انرژی اتفاق می‌افتد، ولی با توجه به امکان تغییر در فناوری و ذخیره سرمایه در این بازه زمانی، ذخیره قدیمی سرمایه با سرمایه جدید و فناوری‌های انرژی کارا نیز جایگزین می‌شود (درگاهی و بیابانی خامنه، ۱۳۹۵).

۳. پیشینه پژوهش

۳-۱. مطالعات خارجی

آنتونیتی و فونتینی[۱](۲۰۱۹) در پاسخ به این سوال که آیا قیمت انرژی بر کارایی انرژی موثر است؟ رابطه بین شدت انرژی و قیمت حقیقی نفت را با استفاده از داده‌های ۱۲۰ کشور جهان، طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۳ به روش هم‌انباشتگی تابلویی و داده‌های تابلویی پویا تحلیل نمودند. نتایج این پژوهش حاکی از وجود رابطه منفی از قیمت انرژی بر شدت انرژی بود، که این امر تأییدی بر وجود اثری مثبت از قیمت انرژی بر کارایی انرژی است. آنها بیان نمودند که یک سیاست جهانی با هدف افزایش قیمت نفت، منجر به افزایش محدود در کارایی انرژی از طریق استفاده کارآمدتر از انرژی خواهد شد، ولی این افزایش قیمت می‌تواند به‌طور قابل توجهی در مناطق مختلف جهان متفاوت باشد. گامتسا و اولانی[۲] (۲۰۱۸) رابطه قیمت انرژی و کارایی انرژی در کانادا را با روش خودرگرسیون برداری بررسی نمودند. برآوردها نشان می‌دهد که با افزایش یک درصدی در قیمت انرژی، شدت انرژی در بلندمدت ۰/۴۱ درصد و در کوتاه‌مدت۰/۲۴ درصد کاهش یافته و در نتیجه کارایی انرژی افزایش می‌یابد. هی و همکاران[۳] (۲۰۱۷) رابطه بین قیمت انرژی و کارایی انرژی در ده قدرت اقتصادی جهان با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی و روش گشتاورهای تعمیم‌یافته برای دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۵ ارزیابی نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش قیمت انرژی می‌تواند میزان کارایی انرژی را ارتقا دهد، به‌طوری‌که اگر قیمت انرژی ۱۰ درصد افزایش یابد، شدت انرژی ۱ درصد کاهش می‌یابد. به این معنا که افزایش قیمت انرژی منجر به کاهش مصرف انرژی شده و در نتیجه کارایی انرژی افزایش می‌یابد. همچنین آنها بیان آنها بیان نمودند که کمتر بودن قیمت انرژی در چین به نسبت

۱. Antonietti & Fontini
۲. Gamtessa & Olani
۳. He et al.

سایر قدرت‌های اقتصادی جهان، دلیل اصلی پایین بودن کارایی انرژی در این کشور است. چن و همکاران[۱] (۲۰۱۶) به بررسی اثرگذاری قیمت انرژی بر کارایی انرژی طی دوره زمانی ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۱ با استفاده از روش داده‌ها تابلویی پویا و رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی در تایوان پرداختند. نتایج بدست آمده از پژوهش گویای آن است که اثرگذاری تغییر قیمت انرژی بر کارایی انرژی در بازه بلندمدت بیشتر از کوتاه‌مدت است. به‌طوری‌که کشش کارایی انرژی نسبت به قیمت انرژی در بازه کوتاه‌مدت (۰/۰۷) و در بلندمدت (۰/۱۴) می‌باشد و نشان می‌دهد که در هر دو بازه کوتاه و بلندمدت کشش‌پذیری کارایی انرژی نسبت به قیمت انرژی کم‌کشش بوده؛ ولی این اثر در بلندمدت دو برابر کوتاه‌مدت است. فیلیپینی و هانت[۲] (۲۰۱۲) عوامل موثر بر کارایی انرژی بخش خانگی ایالات متحده آمریکا را با استفاده از روش تابع مرزی تصادفی طی سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۰۷ بررسی نمودند. نتایج پژوهش نشان داد که کارایی انرژی نسبت به قیمت حقیقی حامل‌های انرژی و درآمد سرانه کشش ناپذیر است. همچنین ضرایب برآوردی متوسط بعد خانوار نشان می‌دهد که با افزایش بعد خانوار تمایل به مصرف انرژی کمتر است. ضرایب برآورد شده در طول دوره تخمین نشان‌دهنده تأثیر غیرخطی متغیرهای برونزا است.

۳-۲. مطالعات داخلی

گلی و صفری تخت شیرینی (۱۳۹۸) عوامل موثر بر کارایی انرژی در سطح استان‌های کشور را برای دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ با استفاده از مدل توبیت بررسی نمودند. نتایج پژوهش نشان‌دهنده اثرگذاری مثبت قیمت انرژی، صنعتی‌شدن و تولید حقیقی سرانه بر کارایی انرژی در بازه مورد بررسی بود. به‌طوری‌که با افزایش یک درصدی در قیمت انرژی، کارایی انرژی به میزان ۰/۰۰۴۵ درصد افزایش یافت. همچنین اثر معناداری از شهرنشینی و چگالی جمعیت بر کارایی انرژی مشاهده نشد. کفایی و نژاد آقائیان وش (۱۳۹۶) به تحلیل عوامل مؤثر بر کارایی انرژی نظیر موجودی سرمایه مستقیم خارجی، قیمت نسبی انرژی و نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار با استفاده از روش تابع تولید مرزی تصادفی ترانسلوگ طی سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۱ در ایران پرداختند. نتایج مطالعه نشان‌دهنده اثر مثبت قیمت نسبی انرژی و موجودی سرمایه مستقیم خارجی بر کارایی انرژی است. به‌طوری‌که با افزایش یک درصدی در قیمت نسبی انرژی، کارایی انرژی ۰/۲۳ درصد افزایش می‌یابد. همچنین نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار بر کارایی انرژی با اثری منفی همراه بود. برخورداری و فتاحی (۱۳۹۶) روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت میان اصلاح قیمت انرژی و شدت انرژی در صنعت

۱. Chen et al.

۲. Filippini & Hunt

ایران را برای بازه زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۴ با استفاده از رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی بررسی نمودند. نتایج کوتاه‌مدت و بلندمدت برای مصرف برق نشان داد که افزایش در قیمت برق و گاز به ترتیب تأثیر مثبت و منفی بر شدت مصرف برق در صنعت ایران دارد. بدان معنا که سیاست افزایش قیمت برق نتوانسته شدت مصرف برق در صنعت ایران را کاهش دهد. همچنین نتایج کوتاه و بلندمدت برای مصرف گاز نشان داد که رشد قیمت برق و گاز به ترتیب تأثیر مثبت و منفی بر شدت مصرف گازطبیعی در صنعت کشور دارد. این نتایج حاکی از آن است که سیاست افزایش قیمت گاز می‌تواند شدت مصرف گاز را کاهش دهد، در حالی که سیاست افزایش قیمت برق شدت مصرف گاز را افزایش می‌دهد. آنها بیان نمودند که سیاست قیمت‌گذاری انرژی در صنعت ایران ناکارآمد است و دولت نتوانسته است شدت انرژی را در بخش صنعت کاهش دهد. همچنین به سبب قیمت پایین انرژی در ایران توجهی به صرفه‌جویی و کارایی مصرف انرژی در بخش صنعت نمی‌شود. و نتایج نشانگر آن است که پس از اعمال قانون هدفمندسازی یارانه‌ها، همچنان مصرف گازطبیعی و برق در بخش صنعت بالاست و افزایش قیمت انرژی در کشور موفقیت آمیز نبوده است. ناجی میدانی و همکاران(۱۳۹۴) به ارزیابی کارایی انرژی در بخش صنعت در ایران طی دوره زمانی ۱۳۶۰- ۱۳۸۷ با استفاده از الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی و الگوی تصحیح خطا پرداختند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که اثر نسبت موجودی سرمایه و نیروی‌کار بر کارایی انرژی مثبت بوده؛ ولی اثر معناداری از قیمت انرژی بر کارایی انرژیِ بخش صنعت مشاهده نشد. شهابی‌نژاد(۱۳۹۴) کارایی انرژی در صنایع بزرگ استان‌های ایران را با استفاده از روش فراگیر داده‌ها طی دوره ۱۳۸۷-۱۳۹۰ بررسی نمود. نتایج نشان می‌دهد که میانگین کارایی انرژی صنایع بزرگ در دوره مورد بررسی تقریباً ۰/۴ است. همچنین متوسط کارایی انرژی استان‌ها تا سال ۱۳۸۹ در حال کاهش بوده و پس از آن، در سال ۱۳۹۰ با اصلاح قیمت حامل‌های انرژی و با توجه به رابطه مستقیم میان افزایش قیمت انرژی و افزایش کارایی انرژی، کارایی انرژی افزایش یافت.

۴. ارائه الگوی پژوهش

همان‌طورکه در مقدمه اشاره شد هدف اصلی پژوهش حاضر تحلیل و بررسی نامتقارنی اثر افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی انرژی در سطح کشور و در سطح بخش‌های خانگی، تجاری و صنعت است. از این‌رو تمرکز در تصریح الگوی پژوهش بر آن است تا اثر افزایش‌ها در قیمت انرژی از اثر کاهش‌ها در آن تفکیک گردد. در تصریح الگو از مطالعه‌ی شین و دیگران(۲۰۱۴) استفاده شده است. در مطالعه یاد شده بحثِ عدم تقارن ضریب یک عامل اثرگذار بر متغیر وابسته در شرایط

افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی مطرح شده است. ایشان با استفاده از مطالعه پسران[۱] و همکاران(۲۰۰۱) الگوی جدیدی را معرفی می‌نمایند که الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی غیرخطی (NARDL) نام‌گذاری شده است. در ادامه این الگو در قالب سطح کلِ اقتصاد (الگوی پایه) و در قالب بخش‌های خانگی، تجاری و صنعت (الگوی بخشی) تبیین شده است.

بخش اول: ارائه الگوی پایه

مبنای الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی غیرخطی، رگرسیون نامتقارن در معادله (۱) است که در آن کارایی انرژی (EE) و قیمت حقیقی انرژی در کلِ اقتصاد (REP) متغیرهایی الگو می‌باشد. متغیر REP به شکل $REP = REP_0 + REP^+ + REP^-$ تجزیه شده است به نحوی که انباشت جزئی در تغییرات REP به شکل رابطه (۲) است.

$$EE_t = \theta^+ REP_t^+ + \theta^- REP_t^- + u_t \quad (۱)$$

$$\begin{cases} REP_t^+ = \sum_{j=1}^{t} \Delta REP_j^+ = \sum_{j=1}^{t} Max(\Delta REP_j, 0) \\ REP_t^- = \sum_{j=1}^{t} \Delta REP_j^- = \sum_{j=1}^{t} Min(\Delta REP_j, 0) \end{cases} \quad (۲)$$

بر اساس روابط فوق، الگوی نامتقارن $ARDL(p,q,r)$ به شکل رابطه (۳) طراحی می‌شود. در این رابطه ρ ضریب خودهمبستگی، θ ضریب نامتقارن وقفه‌های قیمت حقیقی انرژی و γ ضریب وقفه‌های کارایی انرژی است.

$$EE_t = \sum_{j=1}^{p} \rho_j EE_{t-j} + \sum_{j=0}^{q} \theta_j^{+\prime} REP_{t-j}^+ + \sum_{j=0}^{r} \theta_j^{-\prime} REP_{t-j}^- + \varepsilon_t \quad (۳)$$

در ادامه مطابق با مطالعه شین و دیگران (۲۰۱۴) رابطه ایستایِ (۳) به رابطه پویایِ (۴) تعمیم داده شده است. در رابطه (۴) یک الگوی تصحیح خطا در وضعیت تقارن اثر REP بر EE تصریح شده است:

$$\Delta EE_t = \rho EE_{t-1} + \theta REP_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \rho_i \Delta EE_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} \theta_i \Delta REP_{t-i} + e_t \quad (۴)$$

که با لحاظ اثر نامتقارن قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی، به مانند روشی که در معادله (۲) تکرار شده است، رابطه (۵) تصریح می‌شود:

$$\Delta EE_t = \rho EE_{t-1} + \theta^+ REP_{t-1}^+ + \theta^- REP_{t-1}^- + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i \Delta EE_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} \theta_i \Delta REP_{t-i} + e_t \quad (۵)$$

که در آن به عدم تقارن بلندمدت توجه شده است. عدم تقارن بلندمدت به معنای $\theta^+ \neq \theta^-$ است. همچنین می‌توان رابطه (۵) را با فرض وجود عدم تقارن کوتاه‌مدت (یعنی $\theta_i^+ \neq \theta_i^-$)، به شکل رابطه (۶) تغییر داد:

$$\Delta EE_t = \rho EE_{t-1} + \theta^+ REP_{t-1}^+ + \theta^- REP_{t-1}^- + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i \Delta EE_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} \theta_i^+ \Delta REP_{t-i}^+ + \sum_{i=0}^{r-1} \theta_i^- \Delta REP_{t-i}^- + e_t \quad (۶)$$

۱. Pesaran

بر اساس الگوی فوق می‌توان اثر نامتقارن قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی را در اقتصاد ایران در وضعیت کوتاه‌مدت و بلندمدت آزمون نمود.

بخش دوم: ارائه الگوی بخشی

مشابه بخش قبل، با هدف بررسی اثر نامتقارن قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش‌های خانگی(H)، تجاری(C) و صنعت(I) در کوتاه‌مدت و بلندمدت روابط (۷)، (۸) و (۹) بصورت زیر تصریح شده است:

❖ **بخش خانگی:**

$$\Delta EE_t^H = \rho EE_{t-1}^H + \theta^+ REP_{t-1}^{H^+} + \theta^- REP_{t-1}^{H^-} + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i EE_{t-i}^H + \sum_{i=0}^{q-1} \theta_i^+ \Delta REP_{t-i}^{H^+} + \sum_{i=0}^{r-1} \theta_i^- \Delta REP_{t-i}^{H^-} + e_t \quad (۷)$$

❖ **بخش تجاری:**

$$\Delta EE_t^C = \rho EE_{t-1}^C + \theta^+ REP_{t-1}^{C^+} + \theta^- REP_{t-1}^{C^-} + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i EE_{t-i}^C + \sum_{i=0}^{q-1} \theta_i^+ \Delta REP_{t-i}^{C^+} + \sum_{i=0}^{r-1} \theta_i^- \Delta REP_{t-i}^{C^-} + e_t \quad (۸)$$

❖ **بخش صنعت:**

$$\Delta EE_t^I = \rho EE_{t-1}^I + \theta^+ REP_{t-1}^{I^+} + \theta^- REP_{t-1}^{I^-} + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i EE_{t-i}^I + \sum_{i=0}^{q-1} \theta_i^+ \Delta REP_{t-i}^{I^+} + \sum_{i=0}^{r-1} \theta_i^- \Delta REP_{t-i}^{I^-} + e_t \quad (۹)$$

لازم به توضیح است که در الگوها کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی لحاظ شده است. همچنین جهت بررسی تاثیر سیاست هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹ بر کارایی انرژی، متغیر مجازی (با کد یک برای سال ۱۳۸۹ و کد صفر برای سایر سال‌ها) در تمامی برآوردها لحاظ خواهد شد. متغیرهای پژوهش در قالب کلِ اقتصاد طی دوره زمانی ۱۳۵۰-۱۳۹۶ و در قالب بخشی طی بازه زمانی ۱۳۶۷-۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور محاسبه کارایی مصرف انرژی در سطح کلِ اقتصاد، داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۹۰ و در قالب بخش‌ها ارزش افزوده بخش‌های خانگی، تجاری و صنعت به قیمت ثابت سال ۹۰ از بخش حساب‌های ملی در درگاه اینترنتی بانک مرکزی ایران استخراج شده است. همچنین به جهت در دسترس نبودن آمار مربوط به شاخص قیمت انرژی در کشور، به منظور محاسبه آن، داده‌های مربوط به فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی از ترازنامه انرژی و شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده های نفتی ایران و داده‌های مربوط به انرژی برق از شرکت مادر تخصصی توانیر استخراج و پردازش شده است. در ادامه با استفاده از داده‌های مربوط به قیمت و مصرف فرآورده‌های نفتی، گازطبیعی و برق و محاسبه میانگین وزنی آنها، شاخص قیمت اسمی انرژی با فرمول میانگین وزنی زیر محاسبه شده است.

$$EPI = \sum_{j=1}^{6} \frac{EC_j}{EC} PI_j \qquad j = \text{گاز طبیعی ,برق ,بنزین ,نفت کوره ,نفت سفید ,نفت گاز}$$

که در آن EC_j مصرف انرژی حامل انرژی jاُم، EC مجموع مصرف نفت‌گاز، نفت‌سفید، نفت‌کوره، بنزین، برق و گاز طبیعی و PI_j قیمت حامل انرژی jام به قیمت اسمی می‌باشد. در رابطه مذکور وزن هر حامل انرژی برابر با نسبت مصرف آن حامل انرژی به مجموع مصرف حامل‌ها $(\frac{EC_j}{EC})$ تعریف شده است. پس از محاسبه شاخص قیمت انرژی به قیمت اسمی براساس فرمول مذکور؛ با تقسیم آن بر شاخص قیمت مصرف‌کننده، شاخص قیمت حقیقی انرژی محاسبه شده است. همچنین در دسترس نبودن آمار مربوط به مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش‌های اقتصادیِ کشور طی بازه مورد بررسی پژوهش (۱۳۵۰-۱۳۹۶)، به کاهش سال‌های مورد بررسی قیمت انرژی در قالب بخشی طی دوره زمانی ۱۳۶۷-۱۳۹۶ منجر شد.

۵. برآورد الگوی پژوهش در حالت خطی و غیرخطی

در این بخش پس از بررسی وضعیت ایستایی متغیرها، ابتدا مطابق با روش مرسوم در تبیین اثر قیمت انرژی بر کارایی انرژی، الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی خطی (الگوی متقارن) برآورد می‌شود. سپس جهت تحلیل نامتقارنی اثر قیمت انرژی بر کارایی انرژی، الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی غیرخطی (الگوی نامتقارن) برآورد خواهد شد. بدین منظور جهت بررسی، از آزمون‌های ریشه واحد دیکی-فولر تعمیم‌یافته و فیلیپس-پرون استفاده و نتایج در جدول (۱) گزارش شده است. نتایج آزمون ریشه واحد فیلیپس-پرون نیز در راستای نتایج آزمون ریشه واحد دیکی-فولر تعمیم‌یافته بوده و وجود تغییرات ساختاری را تایید نمی‌نماید. نکته دیگر آن‌که در کلیه برآوردهای صورت گرفته در ادامه، نتایج آزمون‌های تشخیصی نشان می‌دهد که در آزمون‌های خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس، نرمالیتی جملات پسماند فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی، وجود همسانی واریانس و نرمال بودن جملات اخلال پذیرفته می‌شود. همچنین نتایج آزمون کرانه‌ها نیز در کلیه برآوردها، بیانگر وجود رابطه بلندمدت است.

جدول(۱). نتایج آزمون ریشه واحد دیکی-فولر تعمیم‌یافته و فیلیپس-پرون (منبع: یافته‌های پژوهش)

متغیرها	آزمون دیکی-فولر تعمیم‌یافته				آزمون فیلیپس-پرون			
	در سطح		در تفاضل مرتبه اول		در سطح		در تفاضل مرتبه اول	
	آماره آزمون	سطح احتمال	آماره آزمون	سطح احتمال	آماره آزمون	سطح احتمال	آماره آزمون	سطح احتمال
EE	-۰/۵۹	۰/۹۷۵	-۶/۳۵	۰/۰۰۰	-۰/۹۸	۰/۹۳۶	-۶/۴۲	۰/۰۰۰
EE^H	-۰/۷۹	۰/۸۷۸	-۲/۸۲	۰/۰۰۷	-۱/۹۴	۰/۹۸۵	-۲/۶۸	۰/۰۰۹

EE^C	-۲/۵۸	۰/۲۹۲	-۳/۴۱	۰/۰۶۹	-۲/۵۸	۰/۲۹۲	-۳/۴۵	۰/۰۶۵
EE^I	-۱/۵۴	۰/۷۸۹	-۵/۰۱	۰/۰۰۲	-۱/۸۴	۰/۶۵۷	-۵/۱۳	۰/۰۰۲
REP	-۲/۲۲	۰/۴۶۴	-۵/۹۱	۰/۰۰۰	-۲/۲۲	۰/۴۶۴	-۵/۳۳	۰/۰۰۰
REP^H	-۲/۹۳	۰/۱۶۷	-۵/۶۰	۰/۰۰۰	-۲/۱۷	۰/۴۸۴	-۷/۱۷	۰/۰۰۰
REP^C	-۱/۴۵	۰/۵۴۴	-۵/۰۸	۰/۰۰۱	-۱/۲۸	۰/۶۲۳	-۶/۹۹	۰/۰۰۰
REP^I	-۲/۳۰	۰/۴۱۶	-۵/۶۵	۰/۰۰۰	-۲/۰۸	۰/۵۳۳	-۶/۲۳	۰/۰۰۰

تعریف علامت‌ها: EE لگاریتم کارایی انرژی در حالت پایه، EE^H لگاریتم کارایی انرژی در بخش خانگی، EE^C لگاریتم کارایی انرژی در بخش تجاری، EE^I لگاریتم کارایی انرژی در بخش صنعت، REP لگاریتم قیمت حقیقی انرژی در حالت پایه، REP^H لگاریتم قیمت حقیقی انرژی در بخش خانگی، REP^C لگاریتم قیمت حقیقی انرژی در بخش تجاری و REP^I لگاریتم قیمت حقیقی انرژی در بخش صنعت می‌باشد.

۵-۱. نتایج برآورد الگوی پایه

❖ نتایج حاصل از برآورد الگوی پایه در قالب خطی

در الگوی خود توضیحی با وقفه‌های توزیعی با توجه به تعداد مشاهدات موجود در پژوهش، وقفه بهینه با تکیه بر معیار شوارتز بیزین، انتخاب می‌شود. با توجه به کمترین مقدار برای آماره شوارتز-بیزین، وقفه بهینه یک می‌باشد. پس از تعیین وقفه بهینه، الگو برآورد شده و در جدول(۲) نتایج اثرگذاری قیمت حقیقی کل انرژی بر کارایی انرژی قابل مشاهده است. مطابق با جدول(۲) ضرایب برآوردی کوتاه‌مدت نشان **می‌دهد** که قیمت انرژی با اثری معنادار بر کارایی انرژی همراه نیست. همچنین در بلندمدت نیز نتایج مشابه کوتاه‌مدت بوده و اثر معناداری از قیمت انرژی بر کارایی انرژی در ایران مشاهده نمی‌شود. با هدف بررسی اینکه سیاست هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹ با اثری معناداری بر کارایی انرژی همراه بوده است یا خیر؛ متغیر مجازی $D1389$ در الگو لحاظ شده است. نتایج ضریب این متغیر حاکی از آن است که این سیاست در عمل منجر به اثری معنادار بر کارایی انرژی در ایران نشده است.

جدول(۲). نتایج برآورد الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی خطی (برآورد متقارن) (منبع: یافته‌های پژوهش)

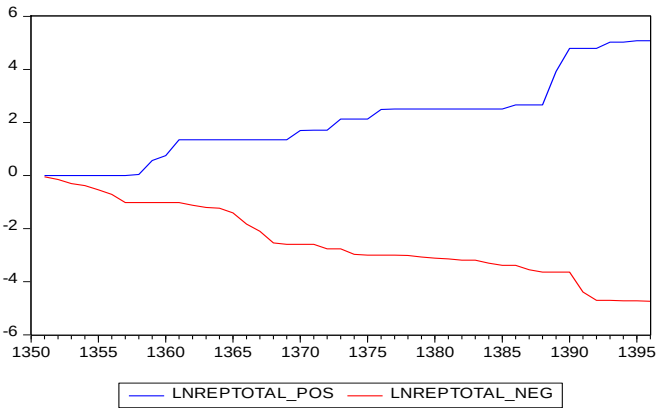
متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال
$EE_{(-1)}$	۰/۹۹	۶۲/۱۰	۰/۰۰۰
REP	۰/۰۳	۱/۰۰	۰/۳۲۱
$D1389$	۰/۰۱	۰/۵۰	۰/۶۱۵
λ	-/۰۰۹	-۴/۸۳	۰/۰۰۰

۰/۶۳۳	۰/۴۸	۳/۸۵	L_{REP}
χ^2_{Ac}= -۱/۶۰ χ^2_{Sc}= -۱/۴۴ $\bar{R}^2$ = ۰/۹۹ R^2 = ۰/۹۹			
۰/۰۱	مقدار آماره	آزمون خودهمبستگی سریالی	
۰/۸۹۰	سطح احتمال		
۲/۵۵	مقدار آماره	آزمون نرمالیتی	
۰/۲۷۹	سطح احتمال		
۲/۰۶	مقدار آماره	آزمون ناهمسانی واریانس	
۰/۱۱۸	سطح احتمال		
آزمون کرانه‌ها			
آماره آزمون	کرانه دو	کرانه یک	سطح خطا
۷/۴۴	۶/۲۴	۵/۵۰	۱ درصد
	۴/۴۴	۳/۸۶	۵ درصد
	۳/۶۵	۳/۱۷	۱۰ درصد

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. λ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی، L_{REP} نماینده اثر قیمت حقیقی کل حامل‌های انرژی بر کارایی انرژی می‌باشد.

❖ نتایج حاصل از برآورد الگوی پایه در قالب غیرخطی

جهت تحلیل اثر نامتقارن از قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی، قیمت انرژی به دو سری REP^+ (افزایش‌ها در قیمت انرژی) و REP^- (کاهش‌ها در قیمت انرژی) تجزیه شده است. این دو به مانند معادله (۲) حاصل انباشت تغییرات مثبت و منفی قیمت انرژی می‌باشد که طی یک فرآیند شرطی محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه قیمت حقیقی انرژی به مقیاس لگاریتمی تبدیل شده بود، مقادیر تجزیه شده نیز لگاریتمی می‌باشد. حاصل این تجزیه در نمودار (۵) مشاهده می‌شود.



نمودار(۵): تجزیه سری قیمت انرژی کل (منبع: یافته‌های پژوهش)

در ادامه به جهت بررسی اثر نامتقارن قیمت انرژی بر کارایی انرژی در کشور، برآورد الگو انجام شد. با توجه به کمترین مقدار آماره شوارتز- بیزین، وقفه بهینه برابر با یک می‌باشد. نتایج اثر نامتقارن قیمت انرژی و کارایی انرژی در جدول (۳) گزارش شده است. براساس جدول (۳) ضرایب برآوردی الگوی غیرخطی در کوتاه‌مدت نشان می‌دهد که افزایش‌ها در قیمت انرژی در دوره جاری با اثر منفی (با ضریب ۰/۱۰-) و با وقفه‌ای یک‌ساله (با ضریب ۰/۱۷) با اثری مثبت بر کارایی انرژی همراه است. آزمون والد در بررسی برآیند اثر این عامل بر کارایی انرژی نشان می‌دهد که در مجموع افزایش‌ها در قیمت انرژی با ضریب ۰/۰۷ بر کارایی اثرگذار است. کاهش‌ها در قیمت انرژی نیز اثری مثبت (۰/۱۵) بر کارایی انرژی دارد. در بررسی اینکه آیا از نظر آماری تفاوت معناداری در اندازه اثرگذاری افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی انرژی وجود دارد یا خیر، آزمون والد نشان می‌دهد که نخست این دو اثر تفاوت معناداری با یکدیگر داشته و دوم، کاهش‌ها در قیمت انرژی به میزان ۰/۰۸ بیش از افزایش‌ها بر کارایی انرژی اثرگذار است. به عبارتی دیگر در اقتصاد ایران در کوتاه‌مدت اثر افزایش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی انرژی دارای اثربخشی کمتری از کاهش‌ها در قیمت انرژی است. بر این اساس در کوتاه‌مدت اثر قیمت انرژی بر کارایی انرژی نامتقارن است.

جدول(۳): نتایج برآورد الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی غیرخطی (برآورد نامتقارن) (منبع: یافته-های پژوهش)

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال	آزمون والد	
$EE_{(-1)}$	۰/۸۸	۱۴/۲۴	۰/۰۰۰		
REP^{+}	-۰/۱۰	-۲/۷۸	۰/۰۰۸	آماره F : ۲/۸۸ (برآیند اثر: ۰/۰۷)	آماره F : ۲/۷۹ (برآیند اثر: ۰/۰۸)
$REP^{+}_{(-1)}$	۰/۱۷	۳/۰۴	۰/۰۰۴		

سطح‌احتمال: ۰/۱۰۲	سطح‌احتمال: ۰/۰۹۷				
		۰/۰۶۹	۱/۸۶	۰/۱۵	REP^-
		۰/۰۰۲	۳/۲۸	۰/۱۷	$D1389$
		۰/۰۰۰	-۵/۰۹	-۰/۱۱	λ
		۰/۰۷۰	۱/۸۵	۰/۵۵	L_{REP+}
		۰/۰۰۰	۳/۹۴	۱/۳۶	L_{REP-}
χ^2_{Ac}= -۱/۷۰	χ^2_{Sc}= -۱/۴۵	$\bar{R}^2$ = ۰/۹۹		R^2 =۰/۹۹	
۱/۶۵	مقدار آماره	آزمون خودهمبستگی سریالی			
۰/۲۰۵	سطح احتمال				
۳/۵۸	مقدار آماره	آزمون نرمالیتی			
۰/۱۶۶	سطح احتمال				
۰/۵۷	مقدار آماره	آزمون ناهمسانی واریانس			
۰/۴۵۰	سطح احتمال				
آزمون کرانه‌ها					
آماره آزمون	کرانه دو	کرانه یک	سطح خطا		
۶/۰۳	۵/۷۲	۴/۸۰	۱ درصد		
	۴/۲۰	۳/۳۶	۵ درصد		
	۳/۵۴	۲/۷۸	۱۰ درصد		

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. λ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم انباشتگی، L_{REP+} و L_{REP-} به ترتیب نماینده اثر افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت حقیقی کل حامل‌های انرژی بر کارایی انرژی می‌باشد.

نکته دیگر آن‌که در الگوی غیرخطی، ضریب متغیر مجازی مثبت و معنادار شده است. این بدان مفهوم است که اجرای سیاست هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹ منجر به ارتقای سطح کارایی انرژی شده است. ضریب جمله تصحیح خطا منفی و از نظر آماری معنادار است. ضریب این متغیر گویای آن است که با حرکت از دوره t به دوره بعدی ۰/۱۱ درصد انحراف کارایی انرژی از مسیر بلندمدتش توسط افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی تصحیح می‌شود.

در بلندمدت نتایج نشان می‌دهد که افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی اثری مستقیم بر کارایی انرژی دارد. به نحوی که افزایش‌ها در قیمت انرژی، کارایی انرژی را با ضریبی برابر با ۰/۵۵ و کاهش‌ها در قیمت انرژی، کارایی را با ضریبی برابر با ۱/۳۶ متاثر می‌سازد. بر این اساس با افزایشی یک درصدی در قیمت انرژی، کارایی انرژی به میزان ۰/۵۵ درصد افزایش یافته و با کاهش یک درصدی در آن کارایی به میزان ۱/۳۶ درصد کاهش می‌یابد. آزمون والد نشان **می‌دهد** که این دو ضریب تفاوت

معناداری از یکدیگر داشته به نحوی که اندازه اثرگذاری کاهش‌ها در قیمت انرژی به میزان ۰/۸۱ درصد نسبت به افزایش‌ها در قیمت انرژی در ایران بیشتر بوده است. بر این اساس در بلندمدت نیز اثری نامتقارن از قیمت انرژی بر کارایی انرژی تایید شده و میزان اثربخشی افزایش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی انرژی کمتر از اثر کاهش‌ها در قیمت انرژی است.

۵-۲. نتایج برآورد الگوی پژوهش در بخش خانگی

❖ نتایج حاصل از برآورد الگوی پژوهش در بخش خانگی در قالب خطی

در این بخش با توجه به کمترین مقدار برای آماره شوارتز بیزین، وقفه بهینه یک می‌باشد. پس از تعیین وقفه بهینه، الگوی ARDL برآورد شده و نتایج حاصل از برآورد الگو در جدول(۴) مشاهده می‌شود. براساس جدول(۴) ضرایب برآوردی الگوی خطی نشانگر آن است که در کوتاه‌مدت قیمت حقیقی انرژی با اثری معنادار بر کارایی انرژی همراه نیست. همچنین این نتیجه در بازه بلندمدت نیز مشاهده می‌شود. ضریب برآوردی متغیر مجازی مثبت و معنادار شده است. این بدان مفهوم است که اجرای سیاست هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹ منجر ارتقای سطح کارایی انرژی در بخش خانگی شده است.

جدول(۴): نتایج برآورد الگوی خطی در بخش خانگی (برآورد متقارن) (منبع: یافته‌های پژوهش)

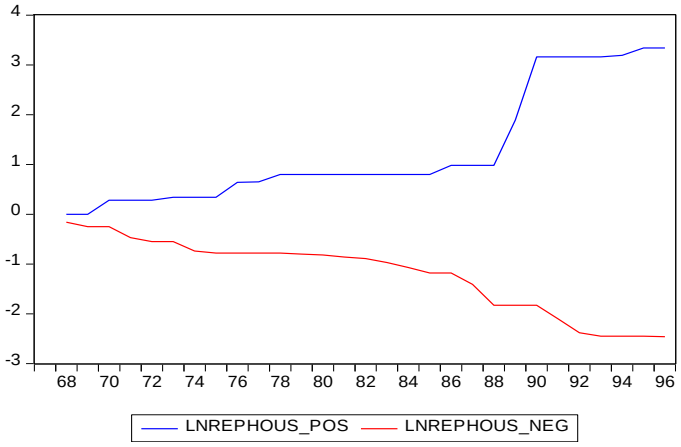
متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال
$EE^{H}_{(-1)}$	۰/۸۵	۲۳/۸۰	۰/۰۰۰
REP^{H}	-۰/۰۱	-۰/۴۵	۰/۶۵۵
$D1389$	۰/۰۲	۱/۸۶	۰/۰۷۳
λ	-۰/۱۴	-۶/۷۱	۰/۰۰۰
L_{REP^H}	-۰/۰۷	-۰/۴۷	۰/۶۳۶
χ^2_{Ac}= -۱/۸۱ χ^2_{Sc}= -۱/۶۲ $\bar{R}^2$ = ۰/۹۶ R^2= ۰/۹۷			
آزمون خودهمبستگی سریال		مقدار آماره	۰/۴۵
		سطح احتمال	۰/۶۴۰
آزمون نرمالیتی		مقدار آماره	۰/۶۳
		سطح احتمال	۰/۷۲۷
آزمون ناهمسانی واریانس		مقدار آماره	۱/۴۸
		سطح احتمال	۰/۲۴۴
آزمون کرانه‌ها			
آماره آزمون	کرانه دو	کرانه یک	سطح خطا
۱۳/۹۰	۶/۷۶	۶/۰۲	۱ درصد

	۴/۶۶	۴/۰۹	۵ درصد
	۳/۷۹	۳/۳۰	۱۰ درصد

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. λ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی، L_{REP^H} نماینده اثر قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش خانگی می‌باشد.

❖ نتایج حاصل از برآورد الگوی پژوهش در بخش خانگی در قالب غیرخطی

جهت تحلیل اثر نامتقارن از قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش خانگی، قیمت حقیقی انرژی در بخش خانگی به دو سری REP^{H^+} و REP^{H^-} تجزیه شده است. این دو به مانند معادله (۲) حاصل انباشت تغییرات مثبت و منفی قیمت حقیقی انرژی در بخش خانگی می‌باشد که طی یک فرآیند شرطی محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه قیمت حقیقی انرژی در بخش خانگی به مقیاس لگاریتمی تبدیل شده بود، مقادیر تجزیه شده نیز لگاریتمی می‌باشد. حاصل این تجزیه در نمودار (۶) مشاهده می‌شود.



نمودار(۶): تجزیه سری قیمت حقیقی انرژی در بخش خانگی (منبع: یافته‌های پژوهش)

در ادامه با هدف بررسی اثری نامتقارن از قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش خانگی برآورد الگو برای این بخش صورت گرفت و با توجه به کمینه آماره شوارتز-بیزین وقفه بهینه برابر با دو می‌باشد. ضرایب برآوردی الگوی غیرخطی در جدول (۵) نشان **می‌دهد** که در کوتاه‌مدت، افزایش‌ها در قیمت انرژی در دوره جاری، (با ضریب ۰/۱۱-) و در وقفه دوم (با ضریب ۰/۰۹-) اثری معکوس بر کارایی انرژی دارد. همچنین اثر افزایش‌ها در قیمت انرژی در وقفه اول (با ضریب ۰/۲۳) بر کارایی انرژی مستقیم است. نتایج آزمون والد در بررسی برآیند اثر نشان داد که در کوتاه‌مدت اثری

معنادار از افزایش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی انرژی وجود ندارد. همچنین کاهش‌ها در قیمت انرژی (با ضریب ۰/۱۳) با اثری مستقیم بر میزان کارایی انرژی همراه است. بنابراین در کوتاه‌مدت با توجه به معنادار نبودن اثر افزایش‌ها و معناداری اثر کاهش‌ها در قیمت انرژی، ناتقارنی در اثرگذاری قیمت انرژی بر کارایی انرژی در بخش خانگی تأیید می‌شود. اثر سیاست هدفمندی یارانه‌ها نیز در بخش خانگی معنادار بوده و منجر به افزایش سطح کارایی انرژی در بخش خانگی شده است.

در بلندمدت نیز مشابه کوتاه‌مدت اثر افزایش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی انرژی بی‌معنا بوده و اثر کاهش‌ها در قیمت انرژی (با ضریب ۰/۴۴) بر کارایی انرژی با اثری مستقیم همراه است. به نحوی که کاهش‌ها در قیمت انرژی، کارایی انرژی را با ضریبی برابر با ۰/۴۴ درصد متاثر می‌سازد. بر این اساس با کاهش یک درصدی در قیمت انرژی، کارایی انرژی به میزان ۰/۴۴ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین اثر قیمت انرژی بر کارایی در بخش خانگی در بلندمدت نیز نامتقارن است.

جدول(۵): نتایج برآورد الگوی غیرخطی در بخش خانگی (برآورد نامتقارن) (منبع: یافته‌های پژوهش)

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال	آزمون والد
$EE^{H}_{(-1)}$	۰/۶۹	۲۳/۳۳	۰/۰۰۰	
REP^{H^+}	-۰/۱۱	-۳/۳۹	۰/۰۰۲	آماره F: ۱/۰۸
$REP^{H^+}_{(-1)}$	۰/۲۳	۹/۵۴	۰/۰۰۰	(برآیند اثر: ۰/۰۳)
$REP^{H^+}_{(-2)}$	-۰/۰۹	-۴/۹۰	۰/۰۰۰	سطح احتمال: ۰/۳۱۰
REP^{H^-}	۰/۱۳	۲/۶۷	۰/۰۱۴	
$D1389$	۰/۱۶	۷/۹۶	۰/۰۰۰	
λ	-۰/۳۰	-۸/۴۶	۰/۰۰۰	
$L_{REP^{H+}}$	۰/۱۱	۱/۰۶	۰/۲۹۸	
$L_{REP^{H-}}$	۰/۴۴	۲/۹۹	۰/۰۰۷	
R^2 = ۰/۹۶		$\bar{R}^2$ = ۰/۹۵	χ^2_{Sc}= -۱/۸۸	χ^2_{Ac}= -۲/۲۲
آزمون خودهمبستگی سریالی			مقدار آماره	۱/۱۰
			سطح احتمال	۰/۳۵۱
آزمون نرمالیتی			مقدار آماره	۰/۳۸
			سطح احتمال	۰/۸۲۲
آزمون ناهمسانی واریانس			مقدار آماره	۰/۳۵
			سطح احتمال	۰/۸۹۵
آزمون کرانه‌ها				

آماره آزمون	کرانه دو	کرانه یک	سطح خطا
۱۵/۵۷	۶/۲۶	۵/۱۵	۱ درصد
	۴/۴۲	۳/۵۳	۵ درصد
	۳/۶۹	۲/۹۱	۱۰ درصد

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. λ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی، $L_{REP^{H+}}$ و $L_{REP^{H-}}$ به ترتیب نماینده اثر افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش خانگی می‌باشد.

۵-۳. نتایج برآورد الگوی پژوهش در بخش تجاری

❖ نتایج حاصل از برآورد الگوی پژوهش در بخش تجاری در قالب خطی

با توجه به کمینه آماره شوارتز-بیزین در وقفه یک نتایج برآورد متقارن از اثر قیمت انرژی بر کارایی انرژی در بخش تجاری در جدول(۶) گزارش شده است. مطابق با جدول(۶) در بازه زمانی کوتاه‌مدت، قیمت انرژی اثری معنادار بر کارایی انرژی در بخش تجاری ندارد. در بلندمدت نیز مشابه کوتاه‌مدت، این اثر معنادار نیست. همچنین سیاست هدفمندی یارانه‌ها با اثری معناداری بر کارایی انرژی بخش تجاری نیست.

جدول(۶): نتایج برآورد الگوی خطی در بخش تجاری (برآورد متقارن) (منبع: یافته‌های پژوهش)

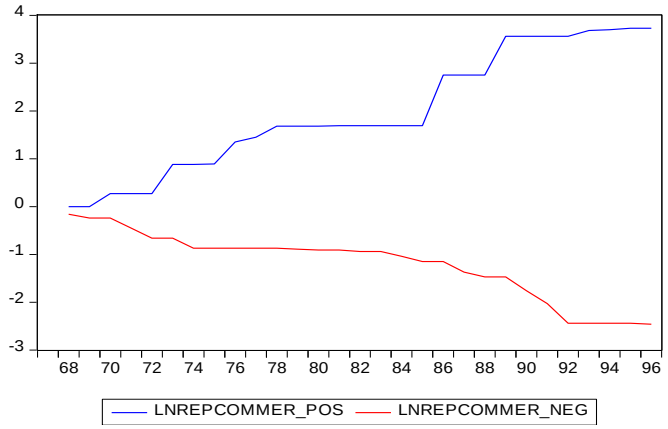
متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال
$EE^{C}_{(-1)}$	۰/۹۱	۲۵/۲۱	۰/۰۰۰
REP^{C}	۰/۰۳	۱/۱۰	۰/۲۷۷
$D1389$	۰/۰۲	۰/۸۱	۰/۴۲۳
λ	-۰/۰۸	-۷/۷۷	۰/۰۰۰
$L_{REP^{C}}$	۰/۴۰	۰/۷۸	۰/۴۳۸
R^2 =۰/۹۸	$\bar{R}^2$ = ۰/۹۸	χ^2_{Sc}= -۲/۲۹	χ^2_{Ac}= -۲/۴۷
آزمون خودهمبستگی سریال		مقدار آماره	۰/۹۱
		سطح احتمال	۰/۴۱۴
آزمون نرمالیتی		مقدار آماره	۰/۱۳
		سطح احتمال	۰/۹۳۲
آزمون ناهمسانی واریانس		مقدار آماره	۱/۴۲
		سطح احتمال	۰/۲۵۹
آزمون کرانه‌ها			
سطح خطا		کرانه یک	کرانه دو	آماره آزمون
۱ درصد		۶/۰۲	۶/۷۶	۱۸/۶۵

	۴/۶۶	۴/۰۹	۵ درصد
	۳/۷۹	۳/۳۰	۱۰ درصد

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. λ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی، L_{REP^C} نماینده اثر قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش تجاری می‌باشد.

❖ نتایج حاصل از برآورد الگوی پژوهش در بخش تجاری در قالب غیرخطی

جهت تحلیل اثر نامتقارن از قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش تجاری، قیمت حقیقی انرژی در بخش تجاری به دو سری REP^{C^+} و REP^{C^-} تجزیه شده است. این دو به مانند معادله (۲) حاصل انباشت تغییرات مثبت و منفی قیمت حقیقی انرژی در بخش تجاری می‌باشد که طی یک فرآیند شرطی محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه قیمت حقیقی انرژی در بخش تجاری به مقیاس لگاریتمی تبدیل شده بود، مقادیر تجزیه شده نیز لگاریتمی می‌باشد. حاصل این تجزیه در نمودار(۷) مشاهده می‌شود.



نمودار(۷): تجزیه سری قیمت حقیقی انرژی در بخش تجاری (منبع: یافته‌های پژوهش)

در ادامه با هدف بررسی اثری نامتقارن از قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش تجاری برآورد الگو برای این بخش صورت گرفت. با تکیه بر کمترین مقدارِ آماره شوارتز-بیزین وقفه بهینه برابر با یک تعیین و نتایج برآورد در جدول (۷) گزارش شده است. براساس جدول(۷) ضرایب برآوردی الگوی غیرخطی نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت افزایش‌ها در قیمت انرژی (با ضریب ۰/۰۶) و کاهش‌ها در قیمت انرژی (با ضریب ۰/۱۱) اثری مثبت بر کارایی انرژی در بخش تجاری دارد. آزمون

والد نشان **می‌دهد** که اندازه اثر این دو عامل از نظر آماری متفاوت بوده و اندازه اثرگذاری کاهش‌ها در قیمت انرژی به میزان ۰/۰۵ درصد بیشتر از اندازه اثر افزایش‌ها در قیمت انرژی است. به این ترتیب نامتقارنی در میزان اثرگذاری افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی در کوتاه‌مدت تایید می‌شود. همچنین در الگوی نامتقارن نیز سیاست هدفمندی با اثری معنادار بر کارایی انرژی در بخش تجاری همراه نیست. در بلندمدت برخلاف کوتاه‌مدت افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی با اثری معنادار بر کارایی انرژی در بخش تجاری همراه نیست. با توجه به عدم معناداری ضرایب برآوردی اثر افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی در بخش تجاری، در بلندمدت نیز این اثر نامتقارن است.

جدول(۷): نتایج برآورد الگوی غیرخطی در بخش تجاری (برآورد نامتقارن) (منبع: یافته‌های پژوهش)

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال	آزمون والد
$EE^{C}_{(-1)}$	۰/۸۹	۲۲/۹۹	۰/۰۰۰	
REP^{C+}	۰/۰۶	۱/۸۴	۰/۰۷۸	آماره F : ۴/۵۵ (اختلاف ضریب:
REP^{C-}	۰/۱۱	۲/۲۸	۰/۰۳۱	۰/۰۵) سطح احتمال: ۰/۰۴۳
$D1389$	-/۰۰۸	-۲/۴۵	۰/۸۰۸	
λ	-۰/۱۰	-۸/۵۱	۰/۰۰۰	
$L_{REP^{C+}}$	۰/۵۶	۱/۲۷	۰/۲۱۴	
$L_{REP^{C-}}$	۱/۰۳	۱/۶۳	۰/۱۱۴	
R^2 =۰/۹۸	$\bar{R}^2$ = ۰/۹۸		χ^2_{Sc}= -۲/۳۰	χ^2_{Ac}= -۲/۵۳
آزمون خودهمبستگی سریالی			مقدار آماره	۰/۷۳
			سطح احتمال	۰/۴۸۹
آزمون نرمالیتی			مقدار آماره	۰/۱۷
			سطح احتمال	۰/۹۱۴
آزمون ناهمسانی واریانس			مقدار آماره	۰/۶۰
			سطح احتمال	۰/۶۶۲
آزمون کرانه‌ها				
سطح خطا		کرانه یک	کرانه دو	آماره آزمون
۱ درصد		۵/۱۵	۶/۲۶	۱۶/۰۹
۵ درصد		۳/۵۳	۴/۴۲	
۱۰ درصد		۲/۹۱	۳/۶۹	

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. λ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی، $L_{REP^{C+}}$ و $L_{REP^{C-}}$ به ترتیب نماینده اثر افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش تجاری می‌باشد.

۵-۴. نتایج برآورد الگوی پژوهش در بخش صنعت

❖ نتایج حاصل از برآورد الگوی پژوهش در بخش صنعت در قالب خطی

در بخش صنعت با انتخاب کمترین مقدار برای آماره شوارتز-بیزین، وقفه بهینه برابر با یک می‌باشد. در جدول(۸) نتایج برآورد اثر قیمت انرژی بر کارایی انرژی در بخش صنعت قابل مشاهده است. ضرایب برآوردی الگوی خطی بیانگر آن است که در هر دو بازه زمانی کوتاه و بلندمدت اثری معنادار از قیمت انرژی بر کارایی انرژی در این بخش وجود ندارد. همچنین سیاست هدفمندی با اثری معنادار بر کارایی انرژی در بخش صنعت همراه نیست. نکته دیگر آن‌که در الگوی خطی برای این بخش، هم از منظر جمله تصحیح خطا و هم از منظر آزمون کرانه‌ها رابطه‌ی بلندمدت تایید نمی‌شود.

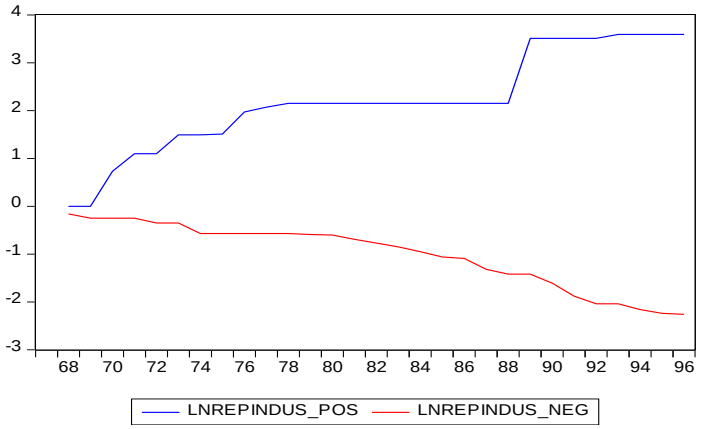
جدول(۸): نتایج برآورد الگوی خطی در بخش صنعت (برآورد متقارن) (منبع: یافته‌های پژوهش)

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال
$EE^{I}_{(-1)}$	۰/۹۶	۱۶/۰۳	۰/۰۰۰
REP^{I}	-۰/۰۲	-۰/۷۵	۰/۴۵۷
$D1389$	۰/۰۲	۰/۵۷	۰/۵۶۹
λ	-۰/۰۳	-۱/۶۳	۰/۱۱۳
$L_{REP^{I}}$	-۰/۹۳	-۰/۵۷	۰/۵۷۰
R^2=۰/۸۶ $\bar{R}^2$ = ۰/۸۵		χ^2_{Sc}= -۱/۰۱	χ^2_{Ac}= -۱/۲۰
آزمون خودهمبستگی سریالی		مقدار آماره	۱/۵۶
		سطح احتمال	۰/۲۳۱
آزمون نرمالیتی		مقدار آماره	۰/۲۶
		سطح احتمال	۰/۸۷۵
آزمون ناهمسانی واریانس		مقدار آماره	۰/۲۱
		سطح احتمال	۰/۸۸۶
آزمون کرانه‌ها			
آماره آزمون	کرانه دو	کرانه یک	سطح خطا
۰/۸۲	۶/۷۶	۶/۰۲	۱ درصد
	۴/۶۶	۴/۰۹	۵ درصد
	۳/۷۹	۳/۳۰	۱۰ درصد

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. λ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی، L_{REP^I} نماینده اثر قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش صنعت می‌باشد.

❖ نتایج حاصل از برآورد الگوی پژوهش در بخش صنعت در قالب غیرخطی

جهت تحلیل اثر نامتقارن از قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش صنعت، قیمت حقیقی انرژی در بخش صنعت به دو سری REP^{I^+} و REP^{I^-} تجزیه شده است. این دو به مانند معادله (۲) حاصل انباشت تغییرات مثبت و منفی قیمت حقیقی انرژی در بخش صنعت می‌باشد که طی یک فرآیند شرطی محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه قیمت حقیقی انرژی در بخش صنعت به مقیاس لگاریتمی تبدیل شده بود، مقادیر تجزیه شده نیز لگاریتمی می‌باشد. حاصل این تجزیه در نمودار(۸) مشاهده می‌شود.



نمودار(۸): تجزیه سری قیمت حقیقی انرژی در بخش صنعت (منبع: یافته‌های پژوهش)

در ادامه با هدف بررسی اثری نامتقارن از قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش صنعت برآورد الگو برای این بخش صورت گرفت. با توجه به کمینه آماره شوارتز-بیزین وقفه بهینه برابر با یک تعیین و نتایج برآورد در جدول(۹) گزارش شد. نتایج در کوتاه‌مدت نشانگر آن است که افزایش‌ها در قیمت انرژی اثر معناداری بر کارایی انرژی در این بخش ندارد؛ ولی کاهش‌ها در قیمت انرژی (با ضریب ۰/۱۶) اثری مثبت بر کارایی انرژی دارد. بر این اساس در کوتاه‌مدت با توجه به معنادار نبودن اثر افزایش‌ها و معناداری اثر کاهش‌ها در قیمت انرژی، ناتقارنی در اثرگذاری قیمت انرژی بر کارایی انرژی در بخش صنعت مورد تایید است. همچنین در الگوی نامتقارن، سیاست هدفمندی یارانه‌ها با اثری معنادار همراه بوده و توانسته سطح کارایی انرژی در بخش صنعت را ارتقا دهد. در بلندمدت نیز

مانند بازه کوتاه‌مدت اثر افزایش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی انرژی معنادار نبوده و کاهش‌ها در قیمت انرژی (با ضریب۰/۳۶) با اثری مثبت بر کارایی همراه است. به‌طوری که کاهش‌ها در قیمت انرژی، به میزان ۰/۳۶ درصد کارایی انرژی را متاثر می‌سازد. بر این اساس با کاهش یک درصدی در قیمت انرژی، کارایی انرژی به میزان ۰/۳۶ درصد کاهش می‌یابد. به این جهت در بلندمدت نیز اثر قیمت انرژی بر کارایی انرژی در بخش صنعت نامتقارن است.

جدول(۹): نتایج برآورد الگوی غیرخطی در بخش صنعت (برآورد نامتقارن) (منبع: یافته‌های پژوهش)

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال
$EE_{(-1)}$	۰/۵۳	۷/۲۶	۰/۰۰۰
REP^{I^+}	-۰/۰۴	-۱/۱۷	۰/۲۴۹
REP^{I^-}	۰/۱۶	۲/۸۵	۰/۰۰۸
$D1389$	۰/۰۸	۲/۰۸	۰/۰۴۷
λ	-۰/۴۶	-۴/۰۰	۰/۰۰۰
$L_{REP^{I+}}$	-۰/۰۸	-۱/۲۵	۰/۲۲۱
$L_{REP^{I-}}$	۰/۳۶	۲/۸۷	۰/۰۰۸
R^2= ۰/۹۰ $\bar{R}^2$ = ۰/۸۹		χ^2_{Sc}= -۱/۲۷	χ^2_{Ac}= -۱/۵۱
آزمون خودهمبستگی سریال		مقدار آماره	۱/۳۹
		سطح احتمال	۰/۲۶۹
آزمون نرمالیتی		مقدار آماره	۱/۹۲
		سطح احتمال	۰/۳۸
آزمون ناهمسانی واریانس		مقدار آماره	۰/۲۹
		سطح احتمال	۰/۸۸۱
آزمون کرانه‌ها			
سطح خطا		کرانه یک	کرانه دو	آماره آزمون
۱ درصد		۵/۱۵	۶/۲۶	۳/۵۶
۵ درصد		۳/۵۳	۴/۴۲	
۱۰ درصد		۲/۹۱	۳/۷۰	

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. λ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی، $L_{REP^{I+}}$ و $L_{REP^{I-}}$ به ترتیب نماینده اثر افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش صنعت می‌باشد.

۶. یافته‌های پژوهش

در پژوهش حاضر سعی شده است تا اثر افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در ایران با تأکید بر کلِ اقتصاد و بخش‌های اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور نخست شاخص قیمت حقیقی انرژی در سطح کل اقتصاد و در سطح سه بخش خانگی، تجاری و صنعت محاسبه شد. سپس با استفاده از رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی غیرخطی یک الگوی پایه (کلِ اقتصاد) و سه الگوی بخشی (بخش‌های خانگی، تجاری، و صنعت) برآورد شد. در این راستا همچنین به‌منظور تحلیل اثرگذاری متقارن قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی از الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی خطی نیز استفاده شده است. نتایج حاصله در قالب متقارن و نامتقارن در بلندمدت به شرح زیر است. در سطح کل اقتصاد؛ در قالب متقارن، اثر معناداری از قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در ایران مشاهده نشد. در قالب نامتقارن، نتایج نشان داد که افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت حقیقی انرژی اثری مستقیم و نامتقارن بر کارایی انرژی دارد. به‌طوری‌که میزان اثربخشی افزایش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی انرژی کمتر از اثر کاهش‌ها در قیمت انرژی است. برای بخش خانگی؛ در قالب متقارن، نتایج نشان داد که قیمت حقیقی انرژی در این بخش با اثری معنادار بر کارایی انرژی همراه نیست. در قالب نامتقارن، اثر افزایش‌ها در قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی بی‌معنا بوده و اثر کاهش‌ها در قیمت انرژی بر کارایی انرژی با اثری مستقیم همراه بود. بنابراین اثر قیمت حقیقی انرژی بر کارایی در بخش خانگی نامتقارن است. برای بخش تجاری؛ در قالب متقارن، قیمت حقیقی انرژی در این بخش اثری معنادار بر کارایی انرژی ندارد. در قالب نامتقارن، افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت حقیقی انرژی با اثری معنادار بر کارایی انرژی در این بخش همراه نیست و با توجه به عدم معناداری ضرایب برآوردی در بخش تجاری، این اثر نامتقارن است. برای بخش صنعت؛ در قالب متقارن، اثری معنادار از قیمت حقیقی انرژی در این بخش بر کارایی انرژی در این بخش وجود ندارد. نکته دیگر آن‌که در الگوی خطی برای این بخش، هم از منظر جمله تصحیح خطا و هم از منظر آزمون کرانه‌ها رابطه‌ی بلندمدت تأیید نشد. در قالب نامتقارن، اثر افزایش‌ها در قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی معنادار نبوده و کاهش‌ها در قیمت حقیقی انرژی با اثری مثبت بر کارایی همراه بود. به این جهت اثر قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی در بخش صنعت نامتقارن است. با توجه به نتایج بدست آمده در سطح کل اقتصاد مشاهده می‌شود که افزایش‌ها و کاهش‌ها در قیمت حقیقی انرژی بر کارایی انرژی با اثری مستقیم همراه است. همچنین در دو بخش خانگی و صنعت، کاهش‌ها در قیمت انرژی با اثری مستقیم بر کارایی انرژی همراه بود. به نوعی می‌توان بیان نمود در سطح کل اقتصاد و در بخش‌های یاد شده کاهش‌ها در قیمت انرژی رابطه قوی‌تری نسبت به افزایش‌ها در قیمت انرژی با کارایی انرژی دارد و البته این اثر نامتقارن است. دلیل این امر را می‌توان اینگونه بیان نمود در زمان کاهش قیمت انرژی به سبب ارزان بودن قیمت انرژی استفاده از لوازم و

تکنولوژی ناکارا توجیه‌پذیر است و افراد و صنایع انگیزه‌ای به استفاده از تکنولوژی‌های کارا با میزان مصرف انرژی کم ندارند. همچنین با توجه به زمان‌بر بودن و پرهزینه بودن تغییر تجهیزات و لوازم مصرفی انرژی واضح است که افزایش قیمت‌ها نمی‌تواند به سرعت منجر به افزایش کارایی مصرف انرژی شود؛ درحالی‌که کاهش قیمت انرژی منجر به تداوم روند کاهشی کارایی مصرف انرژی می‌شود. همچنین بررسی سیاست هدفمندی یارانه‌ها نشان داد که اجرایی شدن این قانون در سطح کل اقتصاد و در بخش‌های خانگی و صنعت منجر به بهبود سطح کارایی مصرف انرژی در کشور شده است. به‌طوری‌که در سال ۱۳۸۹ شاهد جهشی در افزایش قیمت حامل‌های انرژی بودیم که این امر منجر به افزایش کارایی مصرف انرژی پس از اجرایی شدن این سیاست شد. با توجه به نتایج حاصله، پژوهش حاضر با مطالعات انجام‌شده توسط آنتونیتی و فونتینی(۲۰۱۹)، هی و همکاران(۲۰۱۷)، چن و همکاران(۲۰۱۶) و گلی و صفری تخت شیرینی(۱۳۹۸) مبنی بر اثرگذاری مثبت افزایش قیمت انرژی بر افزایش کارایی انرژی و مطالعه ناجی میدانی و همکاران (۱۳۹۴) مبنی بر عدم اثرپذیری قیمت انرژی بر کارایی انرژی در بخش صنعت در قالب متقارن، همسو بوده است.

References

Antonietti, R. & Fontini, F. (2019). Does energy price affect energy efficiency? cross-country panel evidence. *Energy Policy*, 129, 896-906.

Barkhordari, S. & Fattahi, M. (2017). Reform of energy prices, energy intensity and technology: A case study of Iran (ARDL Approach). *Energy Strategy Reviews*, 18, 18-23.

Chen, K.H., Yang, H.Y., Lee, J.M. & Chi, C.F. (2016). The impact of energy prices on energy consumption and energy efficiency: Evidence from Taiwan. *Energy Efficiency*, 9(6), 1329-1349.

Dargahi, Hassan and Biabani Khamene, Kazem (2014). Financing energy efficiency: the case of Iran's economy. Economics and Modeling Quarterly, numbers (19) and (20), 29-58 .(In Persian).

Dargahi, Hassan and Biabani Khamene, Kazem (2015). The role of price, income and efficiency factors in Iran's energy intensity. Economic Research Quarterly, No. (2), 355-384. (In Persian).

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281.

Fathi, Khodaparast Mashhadi, Homayoni Far, Massoud and Sajjadi Far, Hossein (2018). Presenting a model of energy efficiency in Iran's economy using a dynamic optimization approach. *Iranian Applied Economic Studies Quarterly*, No. (29), 121-97. (In Persian).

Filippini, M., & Hunt, L. C. (2012). US residential energy demand and energy efficiency: A stochastic demand frontier approach. *Energy Economics*, 34(5), 1484-1491.

Gamtessa, S. & Olani, A. B. (2018). Energy price, energy efficiency, and capital productivity: Empirical investigations and policy implications. *Energy Economics*, 72, 650-666.

Goli, Yunus and Safari Takht Shirini, Maytham (2015). Estimating energy efficiency and investigating factors affecting it in the provinces of Iran (Tobit model approach). Economic Strategy Quarterly, No. (17), 107-127. (In Persian).

He, W., Zhang, C., Hao, R. & Zhang, K. (2017). Price mechanism and energy efficiency: Evidence from ten countries. *JSIR*, 76 (1), 17-22.

Kafaei, Mohammad Ali and Nejad Aghayan-Vosh, Priya (2016). Identification of factors affecting energy efficiency in Iran's economy. *Quarterly Journal of Energy Economy Studies*, No. (52), 1-34. (In Persian).

Landsburg, S. (2013). Price Theory and Applications, Cengage Learning.

Li, MJ., and Tao, WQ. (2017). Review of methodologies and polices for evaluation of energy efficiency in high energy-consuming industry. *Applied Energy*, 187, 203–215.

Mohinizadeh, Mansour, Faizpour, Mohammad Ali and Abedi, Maryam (2016). Analyzing and analyzing the efficiency of electricity infrastructure in Iran's production industries with an emphasis on the targeting of subsidies. *Iranian Energy Economy Research Journal*, No. (22), 165-203. (In Persian). (In Persian).

Naji Maidani, Ali Akbar, Mahdavi Adeli, Mohammad Hossein and Arabshahi Deloui, Mahdia (2014). Investigating the relationship between industrialization and energy efficiency of the industrial sector in Iran. *Journal of Economic Policy*, No. (13), 56-27. (In Persian).

Patterson, M. G. (1996), What is energy efficiency? concepts, indicators and methodological issues, *Energy Policy*, 24, 377-390.

Pesaran M.H., Shin Y. & Smith R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships, *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.

Shahabinejad, Vahid (2014). Comparative analysis of the energy efficiency of large industries in Iran's provinces using comprehensive data analysis method in the period of 2017-2018. *Iranian Applied Economic Studies Quarterly*, No. (16), 157-178. (In Persian).

Shin Y., Yu B. & Greenwood-Nimmo M. (2014). Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework,

In: Sickles R., Horrace W. (eds) Festschrift in Honor of Peter Schmidt, Springer New York, Chapter 9, 281-314.

Wu, Y. (2012). Energy intensity and its determinants in China's regional economies. *Energy Policy*, 41, 703-711.

York, R., & Light, R. (2017). Directional asymmetry in sociological analyses. *Socius: Sociological Research for a Dynamic World*, 3, 1-13.