

پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران

سال هفتم، شماره ۲۸، پائیز ۱۳۹۷ صفحات ۱۰۵-۱۳۲

## پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در ایران با توجه به دوران رونق و رکود اقتصادی

زهره عزیزی<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۹

### چکیده:

یکی از موضوعات مهم در اقتصاد انرژی جهت سیاستگذاری در این بخش شناخت مناسب تقاضای انرژی و برآورد صحیح کشش‌پذیری قیمتی و درآمدی آن است. تاکنون تلاش‌های گسترده‌ای جهت تخمین کشش‌پذیری تابع تقاضای انرژی در ایران صورت گرفته است اما مساله نامتقارن بودن پویایی‌های تقاضا و تغییر ضرایب الگو در دوران رونق و رکود اقتصادی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از اینرو در مقاله حاضر با در نظر گرفتن یک الگوی آسانه‌ای تصحیح خطا، پویایی‌های تقاضای انرژی در ایران طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۵۷، با لحاظ نمودن تفاوت در دوران رکود و رونق اقتصادی، برآورد گردیده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد دو رژیم متفاوت در پویایی‌های تقاضای انرژی در ایران وجود داشته است. در شرایط رکود کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضا و همچنین سرعت تعدیل پایین‌تر بوده، در حالی که در زمان رونق انعطاف تقاضاکنندگان برای عکس‌العمل بیشتر و بنابراین کشش‌های قیمتی و درآمدی و سرعت تعدیل بالاتر بوده است. بر این اساس اگرچه در تقاضای انرژی هم در زمان رونق و هم در رکود کشش‌ناپذیر است و اجرای سیاست‌های قیمتی نمی‌تواند بر تقاضا موثر باشد، اما کارایی این سیاستها می‌تواند در زمان رونق اقتصادی بیشتر از زمان رکود باشد.

طبقه‌بندی JEL: Q41, Q43, C22

کلیدواژه‌ها: انرژی، پویایی‌های تقاضای انرژی، عدم تقارن، الگوی تصحیح خطای آسانه‌ای، رکود و رونق اقتصادی

۱. استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهراء، پست الکترونیکی:

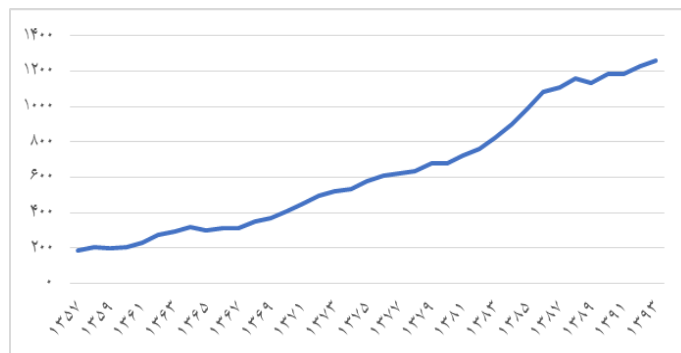
z.azizi@alzahra.ac.ir

## ۱. مقدمه

از اوایل دهه ۱۹۷۰ با وقوع اولین بحران نفتی در اقتصاد جهان، که منجر به افزایش قیمت انواع حاملهای انرژی شد، مسئله کمیابی انرژی مطرح گردید. با حرکت کشورها به سمت رشد بیشتر اقتصادی و بکارگیری حامل‌های انرژی به عنوان یک عامل تولید، وجود محدودیت در استفاده از این منابع بیشتر از پیش خود را نمایان ساخت. به طوری که امروزه برنامه‌ریزی برای توسعه اقتصادی بدون در نظر گرفتن انرژی غیرممکن به نظر می‌رسد، به همین دلیل سیاستگذاری مناسب در این حوزه به یکی از دغدغه‌های مهم دولت‌ها تبدیل شده است. در کشورهای در حال توسعه نفتی، انرژی اهمیت دوچندانی در این رابطه دارد. چراکه علاوه بر نقش خود به عنوان عامل اصلی تولید، به عنوان یک منبع درآمدی نیز محسوب می‌شود و به لحاظ ایجاد منابع ارزی نقش مهمی را در توسعه اقتصادی این کشورها ایفا می‌نماید.

ایران دارای منابع عظیمی از انرژی است و به همین دلیل یک الگوی رشد اقتصادی همراه با فشار بر منابع طبیعی را دنبال می‌کند. از اینرو توجه به انرژی به عنوان یکی از اجزای اصلی برنامه‌ریزی توسعه مطرح می‌باشد. آمارهای موجود نشان می‌دهد که مصرف انرژی در ایران با سرعت بالایی در حال رشد است. به استناد سالنامه آماری انرژی جهانی، رشد متوسط سالانه مصرف کل انرژی در ایران طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۰ برابر با ۴٫۳ درصد بوده که تقریباً ۲٫۲ درصد بیشتر از رشد سالیانه جهانی است. بعلاوه رتبه کشورمان از منظر مصرف انرژی از رتبه شانزدهم در سال ۲۰۰۰ به رتبه یازدهم در سال ۲۰۱۵ رسیده است. رشد شتابان مصرف انرژی در اقتصاد ایران را می‌توان در نمودار (۱) ملاحظه نمود.

پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در... ۱۰۷



نمودار (۱). روند مصرف انرژی در ایران

مأخذ: ترازنامه انرژی سالهای مختلف

در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی جهت اصلاح این روند در اقتصاد ایران شکل گرفته است اما موفق به کاهش مصرف انرژی و تغییر روند رشد آن نشده‌اند. اجرای سیاستهای قیمتی نظیر اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها و کاهش یارانه حاملهای انرژی در سال ۱۳۸۹ نیز اگرچه به‌طور موقت رشد مصرف انرژی را تحت تاثیر قرار داد، اما نتوانسته این روند رشد افسارگسیخته در مصرف انرژی را کاهش دهد. در نظر گرفتن شرایط اقتصادی سالهای اخیر این نگرانی‌ها را افزایش می‌دهد. از آنجا که فعالیتهای اقتصادی کشور در رکود به‌سر میبرد، انتظار این است که با بازگشت به دوران رونق و دستیابی به رشد اقتصادی مثبت، تقاضای انرژی با افزایش قابل توجهی مواجه شود. (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵). از سوی دیگر مصرف بیشتر انرژی در داخل کشور، نگرانی‌های جدی در مورد توانایی برای صادرات آن طی دهه‌های آینده را افزایش می‌دهد. این درحالی است که صادرات انرژی منبع اصلی تامین ارز در ایران است (عزیزی، ۱۳۹۷: ۹۱-۹۲).

بنابراین لازم است که با سیاست‌گذاری مناسب روند صعودی رشد مصرف انرژی اصلاح گردد. برای شناخت آثار و پیامدهای هرگونه سیاستی ابتدا باید واکنش مصرف‌کنندگان به اجرای این سیاست پیشبینی و سنجش گردد. بنابراین آگاهی داشتن از کثش پذیری تقاضای انرژی و شناخت میزان تأثیر هر کدام از عوامل و همچنین شناخت

درست از پویایی‌های تقاضا، به سیاست‌گذاران این امکان را می‌دهد که برنامه‌ریزی و پیش‌بینی دقیق‌تری از میزان تقاضای انرژی و تحولات آن داشته باشند. با مروری بر ادبیات گسترده موجود در زمینه برآورد تقاضای انرژی ملاحظه می‌گردد که مدل‌های مختلفی جهت برآورد آن استفاده شده است در این میان بسیاری از مطالعات از الگوهای تصحیح خطا<sup>۲</sup> برای تحلیل تقاضای انرژی و پویایی‌های آن استفاده نموده‌اند. (یوری<sup>۳</sup>، ۱۹۹۴؛ هانتینگتون<sup>۴</sup>، ۲۰۰۷؛ آکینبود و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۸؛ برنستین و مادلنر<sup>۶</sup>، ۲۰۱۱ و لیم و یو<sup>۷</sup>، ۲۰۱۶). از این روش در ایران نیز برای تخمین تابع تقاضای انرژی بسیار استقبال شده است (سهیلی، ۱۳۸۲؛ زراء نژاد و قیانچی<sup>۸</sup>، ۲۰۰۷؛ آذربایجانی و همکاران، ۱۳۸۷). در این مطالعات فرض ضمنی مبنی بر وجود روابط ثابت به فرم خطی بین متغیرها می‌باشد. در واقع این مطالعات احتمال اثرگذاری متغیرها به صورت غیر خطی و پویاییهای نامتقارن<sup>۹</sup> تقاضای انرژی را نادیده گرفته و بنابراین ممکن است رابطه بین تقاضای انرژی و عوامل تعیین کننده آن به درستی تشخیص داده نشود.

در سالهای اخیر گروهی از محققین نشان داده اند که الگوی تقاضای انرژی می تواند از یک فرآیند غیر خطی تبعیت کند (بالک و فومبی<sup>۱۰</sup>، ۱۹۹۷؛ هو و لین<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۸ و اُمی و همکاران<sup>۱۲</sup>، ۲۰۱۴). از آنجا که احتمال غیر خطی بودن تقاضای انرژی در ادبیات موجود مورد تاکید قرار گرفته و خطی در نظر گرفتن روابط متغیرها در شرایطی که دارای ارتباط غیرخطی و نامتقارن هستند می تواند نتایج را دچار خطای تصریح نماید، در این پژوهش با

- 
1. Demand Dynamics
  2. Error Correction Model
  3. Uri (1994)
  4. Huntington (2007)
  5. Akinboade, et al. (2008)
  6. Bernstein and Madlener (2011)
  7. Lim and Yoo (2016)
  8. Zarra Nezhad and Ghapanchi (2007)
  9. Asymmetric
  10. Balke and Fomby (1997)
  11. Hu and Lin (2008)
  12. Omay et al. (2014)

پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در... ۱۰۹

استفاده از یک الگوی تصحیح خطای آستانه‌ای<sup>۱</sup> به بررسی پویایی‌های تقاضای انرژی و تخمین کشش‌های قیمتی و درآمدی آن در ایران می‌پردازیم. ویژگی خاص این مقاله نسبت به سایر مطالعات تجربی انجام شده در داخل ایران این است که برای اولین بار از یک الگوی تصحیح خطای آستانه‌ای به منظور برآورد تعدیلات نامتقارن تابع تقاضا استفاده شده است. استفاده از این روش در شرایطی که رشد تولید حقیقی به عنوان متغیر آستانه‌ای<sup>۲</sup> در نظر گرفته شود می‌تواند پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در دوران رکود و رونق اقتصادی را نمایان سازد.

این مقاله شامل ۶ بخش است. پس از مقدمه، مبانی نظری تقاضای انرژی و مساله عدم تقارن در پویایی‌های آن بررسی می‌گردد. در بخش بعد به بررسی مطالعات تجربی گذشته پرداخته می‌شود. در بخش چهارم، ساختار الگو و روش برآورد آن معرفی شده و در بخش پنجم نتایج تجربی به دست آمده از برآورد الگو تبیین می‌گردد. در انتها نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادات حاصل از این پژوهش بیان می‌شود.

## ۲. مبانی نظری

### ۲-۱. تقاضای انرژی

از دیدگاه نظری، تقاضا برای انرژی را از دو منظر می‌توان مورد تحلیل قرار داد. حامل‌های انرژی هم به‌عنوان کالای نهایی توسط مصرف‌کنندگان و هم به‌عنوان نهادهای تولیدی توسط بنگاه‌های اقتصادی مورد تقاضا قرار می‌گیرند. از منظر اول انرژی را می‌توان به‌عنوان یک کالای مصرفی در نظر گرفت. از آنجا که بکارگیری بسیاری از کالاهای مصرفی توأم با مصرف انرژی است، بنابراین می‌توان انرژی را نیز در شمار کالاهای مصرفی در نظر گرفت که بر اساس نظریه اقتصاد خرد، تقاضای آن از حداکثرسازی تابع مطلوبیت

---

1. Threshold Error Correction Model  
2. Threshold Variable

با توجه به قید بودجه حاصل می‌شود. اگر تابع مطلوبیت فرد نمونه را تابعی از مصرف  $n$  کالا (از جمله انرژی) در نظر بگیریم مسأله بهینه‌یابی فرد نمونه به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \max U &= U(x_1, \dots, x_n, E) \\ \text{s.t.} \sum p_i x_i + p_E E &= Y \end{aligned}$$

که در آن  $E$  انرژی،  $x_i$  سایر کالاها و خدمات و  $p_i$  قیمت آنها و  $Y$  درآمد را نشان می‌دهد. از شرایط درجه اول بهینه‌یابی مسئله فوق، توابع تقاضا برای کالاها و از جمله انرژی به صورت زیر حاصل می‌شود.

$$E = f(p_1, \dots, p_n, p_E, Y)$$

بر این اساس تقاضای فرد برای انرژی تابعی از قیمت همه کالاهای مصرفی و درآمد مصرف‌کننده است. از این منظر تقاضای انرژی را در سطح کلان قیمت نسبی انرژی نسبت به دیگر کالاها و درآمد کل اقتصاد مشخص می‌کند. اگر قیمت دیگر کالاها را با شاخص قیمت مصرف‌کننده مشخص کنیم، بنابراین قیمت واقعی انرژی که از نسبت قیمت انرژی به شاخص قیمت‌ها بدست می‌آید، می‌تواند شاخص مناسبی برای تعیین تقاضای انرژی در سطح کلان در کنار درآمد کل باشد.

از منظر دوم به انرژی به‌عنوان یک نهاده تولیدی توجه می‌شود. گروهی از اقتصاددانان انرژی را همانند نهاده‌های کار و سرمایه به‌عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید می‌دانند. از این منظر تقاضا برای نهاده انرژی همانند دیگر نهادها از حداکثرسازی تولید با توجه به مقدار مشخصی هزینه، یا در پی حداقل کردن هزینه با توجه به مقدار مشخص تولید و یا حداکثرسازی سود به دست می‌آید. به‌عنوان مثال اگر تابع تولید یک بنگاه را به صورت زیر در نظر بگیریم.

$$Q = F(L, K, E)$$

که در آن  $L$  و  $K$  به ترتیب معرف نهاده‌های کار و سرمایه است. یک بنگاه اقتصادی ترکیب نهاده‌ها را به گونه‌ای انتخاب می‌کند که حداقل هزینه ممکن را برای مقدار

پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در... ۱۱۱

مشخصی از محصول داشته باشد. نتایج حاصل از تشکیل شرایط مرتبه اول و دوم گویای آن است که مقدار تقاضای بنگاه‌ها برای نهاده انرژی را می‌توان به صورت زیر نوشت.

$$E = E(p_k, p_l, p_e, Q)$$

بدین ترتیب تقاضا برای انرژی بستگی به قیمت آن ( $p_e$ )، قیمت سایر نهاده‌ها ( $p_k, p_l$ )، و مقدار تولید محصول ( $Q$ ) دارد. از این منظر نیز آنچه تعیین‌کننده مصرف انرژی در سطح کلان است قیمت انرژی به نسبت دیگر نهاده‌ها و مقدار محصول کل خواهد بود (با تاچاریا، ۲۰۱۱).

بنابراین می‌توان عمده‌ترین عوامل اقتصادی موثر بر تقاضای انرژی کل را متغیر قیمت حقیقی انرژی و یک متغیر فعالیت مانند درآمد ملی حقیقی یا تولید ناخالص داخلی حقیقی قلمداد نمود. بنابراین دو متغیر قیمت و درآمد، دو تعیین‌کننده اصلی تقاضای انرژی به شمار می‌روند که معمولاً واکنش تقاضا به این دو عامل با توجه به کشش‌پذیری قیمتی و درآمدی تحلیل می‌گردد.

## ۲-۲. پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی

در سال‌های اخیر غیرخطی بودن ارتباط تقاضای انرژی با متغیرهای توضیح‌دهنده خود همچون قیمت و درآمد مورد توجه تعدادی از مطالعات قرار گرفته است. این مطالعات نشان می‌دهند که مدل‌های غیرخطی تقاضای انرژی بیان درست‌تر و دقیق‌تری از واقعیات این ارتباط را در اختیار محققین و سیاست‌گذاران قرار می‌دهد. به‌عنوان مثال گابریونز<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) نشان می‌دهد که قدرت توضیح‌دهندگی مدل مصرف انرژی زمانی که به صورت غیرخطی در نظر گرفته شود، افزایش می‌یابد.

---

1. Bhattacharyya (2011)  
2. Gabreyohannes (2010)

گروهی از مطالعات در توجیه تقاضای غیرخطی بر تعدیلات و عکس‌العمل‌های نامتقارن تقاضای انرژی نسبت به قیمت و درآمد تاکید دارند. ویرل<sup>۱</sup> (۱۹۹۱) و والکر و ویرل<sup>۲</sup> (۱۹۹۳) نشان می‌دهند کشش قیمتی برای افزایش قیمت بیشتر از این کشش برای کاهش قیمت می‌باشد. این پدیده در این گروه از مطالعات به عنوان برگشت ناپذیری<sup>۳</sup> تابع تقاضای انرژی مطرح شده است.

همچنین گاتلی<sup>۴</sup> (۱۹۹۲)، گاتلی و هانتینگتون<sup>۵</sup> (۲۰۰۲) و دارگی و گاتلی<sup>۶</sup> (۲۰۱۰) بیان می‌کنند که تقاضای انرژی واکنش‌های نامتقارنی به افزایش و یا کاهش تولید ناخالص داخلی نشان می‌دهد. این نتیجه را آمی و همکاران (۲۰۱۴) نیز تایید می‌کنند و نشان می‌دهند که پویایی متغیرها به سمت تعادل بلندمدت به صورت غیرخطی اتفاق می‌افتد. این غیرخطی بودن می‌تواند بستگی به شرایط اقتصادی حاکم داشته باشد به طوری که تعدیلات صورت گرفته در زمان رونق و رکود فرآیند متفاوتی را دنبال می‌کند.

همانطور که گفته شد درآمد و قیمت دو عامل اصلی اثرگذار بر تقاضای انرژی هستند این اثرات ممکن است در شرایط رکود یا رونق اقتصادی نامتقارن باشد. می‌توان گفت فرضیه نامتقارن بودن تقاضای انرژی اول بار توسط دارگی و گاتلی (۱۹۹۵) مطرح گردیده که در آن اثر افزایش درآمد بر تقاضای انرژی الزاماً مشابه با اثر کاهش درآمد بر آن در نظر گرفته نشده است. از این رو اثر متغیرها بر تقاضای انرژی در دوران رونق و یا رکود اقتصادی می‌تواند نامتقارن باشد (دارگی و گاتلی، ۲۰۱۰). تصمیم‌گیری در مورد مصرف انرژی نسبت به سایر تصمیمات اقتصادی اندکی متفاوت است؛ چرا که تقاضا برای انرژی به شدت وابسته به کالاهای سرمایه‌ای و تجهیزات انرژی‌بر است. در دوران رونق اقتصادی انتظار می‌رود که با افزایش تولید، مصرف انرژی بیشتر شود، اما در کنار آن توسعه

- 
1. Wirl (1991)
  2. Walker and Wirl (1993)
  3. Imperfect Price-Reversibility
  4. Gately (1992)
  5. Gately and Huntington (2002)
  6. Dargay and Gately (2010)



پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در... ۱۱۳

تجهیزات کارآتر در مصرف انرژی و یا بازسازی و ارتقای سرمایه‌های موجود می‌تواند تا حدودی این رشد مصرف انرژی را کنترل نماید. اما از سوی دیگر در زمان رکود اقتصادی و کاهش تولید حرکت مشابهی در جهت معکوس اتفاق نمی‌افتد؛ به این دلیل که این سرمایه‌های جدید از بین نمی‌روند. به عنوان مثال در بسیاری از صنایع در زمان رونق، پیشرفت‌های محسوسی در زمینه ایجاد تکنولوژی‌های نوین و کارآتر برای بهره بردن از انرژی ایجاد شده است که با کاهش درآمد نیز کماکان از تکنولوژی‌های و تجهیزات جدید ایجاد شده استفاده می‌شود. در واقع در زمان رشد تولید تکنولوژی نیز همزمان می‌تواند رشد یابد اما در زمان کاهش تولید بنگاه‌ها به استفاده از تکنولوژی موجود محدود می‌شوند. بنابراین پاسخ تقاضا به تغییر در متغیرها در زمان رونق و یا رکود اقتصادی به طور بالقوه می‌تواند نامتقارن باشد (گاتلی و هانتینگتون، ۲۰۰۲).

دلیل دیگری که برای این عدم تقارن می‌توان در نظر گرفت این است که برخی از بخش‌های اقتصادی در زمان رونق می‌توانند بیشتر از دیگر بخش‌ها توسعه یابند. در حالی که برخی دیگر در زمان رکود اقتصادی بیشتر از دیگر بخش‌ها کاهش را تجربه می‌کنند. این بخش‌ها ممکن است شدت انرژی متفاوتی داشته باشند. علاوه بر این زمانی که درآمد در بسیاری از کشورهای در حال توسعه کاهش می‌یابد، روند توسعه شهرنشینی همچنان ادامه پیدا می‌کند و این نیازمند تغییر الگوی مصرف انرژی از روش‌های سنتی به سمت روش‌های مدرن است (دارگی و گاتلی، ۲۰۱۰).

بالک و فومی (۱۹۹۷) و هو و لین (۲۰۰۸) بر تعدیلات نامتقارن تقاضای انرژی در حرکت تقاضا از کوتاه‌مدت به سمت تعادل بلندمدت توجه می‌نمایند. آنها معتقدند مقدار کشش‌های تقاضا مبتنی بر میزان خطا و فاصله از تعادل بلندمدت متفاوت خواهد بود و بنابراین الگوی خطی تصریح درستی از واقعیات تقاضای انرژی نیست.

تصریح دقیق الگوی تقاضا در امر سیاستگذاری مطلوب در بخش انرژی بسیار حائز اهمیت است. سویتاس و ساری<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) معتقدند اگر احتمال غیرخطی بودن تقاضای انرژی نادیده گرفته شود، آنگاه نتایجی که از تصریح خطی بدست خواهد آمد می‌تواند با اریب ناشی از انتخاب غلط روش برآورد همراه باشد. اُمی و همکاران (۲۰۱۴) بیان می‌کنند پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی برای سیاستگذاری بسیار پر اهمیت است و سیاستگذاران باید این غیرخطی بودن را در فرآیند اثرگذاری سیاست خود لحاظ نمایند.

گابریونز<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) نیز بیان می‌کند که سیاستگذاران برای اتخاذ سیاست‌های صحیح در حوزه انرژی و محیط زیست باید ساختار اقتصادی را در مراحل مختلف توسعه اقتصادی به خوبی درک نموده و ارزیابی و تحلیل دقیق از تقاضای انرژی داشته باشند. بنابراین از منظر سیاستگذاری بسیار مهم است که بتوانیم واکنش مصرف کنندگان انرژی را به تغییرات ایجاد شده در متغیرها و شرایط اقتصادی به درستی شناسایی نماییم و بدانیم که وضعیت رشد اقتصادی می‌تواند چه نقشی در این رابطه داشته باشد. آیا فرآیند تعدیلات تقاضای انرژی به سمت تعادل بلندمدت در دوران رونق یا رکود اقتصادی نامتقارن است.

### ۳. مروری بر ادبیات موضوع

تاکنون الگوهای مختلفی جهت برآورد تابع تقاضای انرژی و یا برآورد کشش قیمتی و درآمدی آن استفاده شده است. اغلب این الگوها خطی بوده و یک فرآیند تعدیل متقارن را برای تقاضای انرژی در نظر گرفته‌اند. در جدول ۱ و ۲ خلاصه‌ای از مطالعات این حوزه به تفکیک داخلی و خارجی که از الگوهای خطی استفاده کرده‌اند ارائه شده است.

---

1. Soyatas and Sari (2006)  
2. Gabreyohannes (2010)

جدول (۱). خلاصه‌ای از مطالعات خارجی

| محققین                                | کشور                                | روش               | نتایج  |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|--|
| راماناتان <sup>۱</sup> ، ۱۹۹۹         | هند                                 | VAR               | تقاضای گازوئیل به طور معناداری در اثر افزایش تولید ناخالص داخلی افزایش می‌یابد.                                |
| هانت و همکاران <sup>۲</sup> ، ۲۰۰۰    | انواع حامل های انرژی در انگلستان    | سری زمانی ساختاری | تقاضای انرژی تحت تاثیر اثرات غیر قابل مشاهده برونزاست.   |
| هانت و نینومییا <sup>۳</sup> ، ۲۰۰۳   | انگلستان و ژاپن                     | سری زمانی ساختاری | روند تصادفی حاصل از روش STSM مناسب تر از روند قطعی است.  |
| قادری و همکاران <sup>۴</sup> ، ۲۰۰۶   | تقاضای برق ۱۷ گروه از صنایع ایران   | OLS               | کاهش قیمتی تقاضای برق برای اکثر صنایع به جز پوشاک بی‌کاهش و کاهش تولیدی برای اکثر صنایع به جز چاپ بی‌کاهش است. |
| آدیمی و هانت <sup>۵</sup> ، ۲۰۰۷      | OECD                                | پانل              | کاهش درآمدی مثبت و کاهش قیمتی منفی بوده و در هر دو مورد کوچکتر از یک است                                       |
| هانتینگتون <sup>۶</sup> ، ۲۰۰۷        | گاز طبیعی در بخش صنعت آمریکا        | ARDL, ECM         | مصرف گاز طبیعی در بلندمدت دارای کاهش قیمتی ۰/۶۷- است.  |
| زره نژاد و قیابچی <sup>۷</sup> ، ۲۰۰۷ | بنزین در ایران                      | ECM               | تقاضای بنزین در ایران نسبت به قیمت و درآمد بی‌کاهش است.  |
| برنستین و مادلنر <sup>۸</sup> ، ۲۰۱۱  | گاز طبیعی در بخش خانگی کشورهای OECD | ARDL, ECM         | کاهش های کوتاه مدت تقریباً نصف بلندمدت بوده و به طور متوسط تقاضا نسبت به قیمت و درآمد بی‌کاهش است.             |
| عبداللهی، ۲۰۱۴                        | محصولات نفتی در نیجره               | سری زمانی ساختاری | تقاضای محصولات نفتی در نیجره نسبت به قیمت و درآمد بی‌کاهش و ماهیت روند ضمنی تقاضای انرژی تصادفی است.           |
| لیم و یو <sup>۹</sup> ، ۲۰۱۶          | بنزین در کره                        | ECM               | در کوتاه مدت و بلندمدت تقاضا نسبت به قیمت بی‌کاهش اما نسبت به درآمد کاهش پذیر است.                             |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

1. Ramanathan (1999)
2. Hunt, et al. (2000)
3. Hunt and Ninomiya (2003)
4. Ghaderi, et al. (2006)
5. Adeyemi and Hunt (2007)
6. Huntington (2007)
7. Zarra Nezhad and Ghapanchi (2007)
8. Bernstein and Madlener (2011)
9. Lim and Yoo (2016)

جدول (۲). خلاصه ای از مطالعات داخلی

| محققین                         | مورد مطالعه                 | روش               | نتایج  |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------------|--|
| سقانیان نژاد و علیپورجدی، ۱۳۷۷ | بخش صنعت ایران              | لاجیت             | کشش قیمتی کل انرژی ۰/۲۵- است و همه انواع انرژی در صنعت به صورت مکمل عمل می کنند.   |
| قشقایی، ۱۳۸۱                   | صنایع مختلف ایران           | ARDL و SUR        | اثرپذیری تقاضای حامل های انرژی در بخش صنعت از سوی ارزش افزوده بیشتر از قیمت انرژی است.   |
| سهیلی، ۱۳۸۲                    | انواع انرژی در صنعت ایران   | ECM               | کشش قیمتی تقاضای حامل های انرژی در بخش صنعت پایین است اما کشش درآمدی آن تقریباً نزدیک به یک می باشد.   |
| حیدری و صادقی، ۱۳۸۴            | گاز طبیعی در صنعت ایران     | ARDL, ECM         | کشش قیمتی کوتاه مدت و بلندمدت به ترتیب ۰/۱۲- و ۰/۲۱- کشش تولیدی کوتاه مدت و بلندمدت به ترتیب ۰/۵۹ و ۰/۹۸ است.  |
| چیت نیس، ۱۳۸۴                  | تقاضای بنزین در ایران       | سری زمانی ساختاری | این تابع در کوتاه مدت و بلندمدت نسبت به قیمت بی کشش اما واکنش آن در بلندمدت بیشتر از کوتاه مدت است و نسبت به درآمد در کوتاه مدت بی کشش اما در بلندمدت کشش پذیر است.  |
| آذربایجانی و همکاران، ۱۳۸۷     | گاز طبیعی در بخش صنعت ایران | ECM               | قیمت واقعی گاز طبیعی و برق در بخش صنعت بر مصرف گاز طبیعی تأثیر ندارد. کشش کوتاه مدت نیز برابر با ۳/۸۶ و بلندمدت از کوتاه مدت کمتر است.   |
| صدرزاده مقدم و همکاران، ۱۳۹۲   | تقاضای انرژی در صنعت ایران  | SUR               | کشش های قیمتی و درآمدی تقاضای انرژی پایین است. کشش های جانشینی نشان دهنده بیشترین جانشینی بین ذغال سنگ و فرآورده های نفتی و کمترین میزان مربوط به فرآورده های نفتی و برق است.                                    |
| آماده و همکاران، ۱۳۹۴          | تقاضای برق در کشاورزی ایران | فضا - حالت        | کشش قیمتی و درآمدی تقاضای برق در کوتاه مدت و بلندمدت کمتر از واحد است.   |
| شیرانی و همکاران، ۱۳۹۳         | گاز طبیعی در صنعت ایران     | سری زمانی ساختاری | کشش ناپذیری تقاضای گاز طبیعی نسبت به درآمد و قیمت و همچنین کمتر بودن کشش قیمتی در کوتاه مدت از بلندمدت و برای درآمد بر خلاف این نتیجه است.   |
| شیرانی و خوش اخلاق، ۱۳۹۵       | انواع انرژی در صنعت ایران   | سری زمانی ساختاری | کشش قیمتی در کوتاه مدت کمتر از واحد بوده و در بلندمدت نیز برای برق پایین و برای سایر حامل های انرژی بزرگتر از واحد بوده اند. کشش تولیدی در کوتاه مدت کمتر از واحد و در بلندمدت به جز گاز طبیعی کمتر از واحد است. |
| ترابی و همکاران، ۱۳۹۶          | بنزین در اصفهان             | OLS               | ضریب قیمت بنزین منفی و کمتر از یک بوده و ضریب ارزش افزوده مثبت و معنادار است. هدفمندی یارانه ها منجر به کاهش تقاضای بنزین در اصفهان است.   |

مأخذ: یافته های پژوهش

بررسی پژوهش‌های تجربی این حوزه نشان می‌دهد یکی از پرکاربردترین روشها در بررسی تابع تقاضای انرژی الگوهای تصحیح خطا می‌باشد که بیانگر پویایی‌های کوتاه-مدت متغیرها و چگونگی عکس‌العمل آنها نسبت به انحراف از تعادل بلندمدت است. درالگوی تصحیح خطای خطی تعدیلات نسبت به انحراف از تعادل، به صورت خطی است. اما در سال‌های اخیر با گسترش کاربرد الگوهای غیرخطی در مدل‌های انرژی و همچنین لزوم برآورد دقیق‌تر ضرایب، محققین بسیاری به سمت استفاده از مدل‌های غیرخطی تمایل یافته‌اند و استفاده از این الگوها در سال‌های اخیر رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است. از جمله این مطالعات غیرخطی می‌توان به مطالعه لی و چانگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۷) اشاره نمود. آنها ثبات رابطه همجمعی بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی را در کشور تایوان مورد بررسی قرار داده‌اند و نشان می‌دهند که در نظر نگرفتن شکستهای ساختاری باعث می‌شود ضرائب حاصله در روابط همجمعی در زیر دوره‌های مختلف با ثبات نباشد. همچنین نشان می‌دهند وقایعی همچون بحرانهای نفتی و بحران مالی آسیا به‌طور معناداری بر تغییرات ضرائب رابطه همجمعی تقاضای انرژی در تایوان اثرگذار بوده است.

هو و لین<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) ارتباط غیر خطی مصرف انرژی و درآمد را در کشور تایوان با استفاده از یک الگوی تصحیح خطای برداری آستانه‌ای مورد بررسی قرار می‌دهند. در این الگو از جمله تصحیح خطا به عنوان متغیر آستانه‌ای استفاده شده است و نشان داده می‌شود زمانی که مقدار خطا از حد آستانه بالاتر می‌رود، عکس‌العمل مصرف انرژی نسبت به درآمد افزایش می‌یابد.

هوانگ و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۸) وجود یک ارتباط غیرخطی را بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی حقیقی را تایید کرده‌اند و بر اساس نتایج حاصل، معناداری این ارتباط تحت تاثیر یک مقدار آستانه‌ای از شدت انرژی می‌باشد.

1. Lee and Chang (2007)

2. Hu and Lin (2008)

3. Huang, et al. (2008)

لی و چیو<sup>۱</sup> (۲۰۱۳) به بررسی تابع تقاضای غیرخطی انرژی برای ۲۴ کشور عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی<sup>۲</sup> با استفاده از یک الگوی تصحیح خطای انتقال ملایم پرداخته‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد مصرف انرژی، قیمت واقعی انرژی و درآمد واقعی دارای رابطه همجمعی بوده و این ارتباط با در نظر گرفتن متغیرهایی همچون شدت انرژی و نسبت سرمایه‌گذاری به تولید ناخالص داخلی به عنوان متغیر انتقال، غیرخطی است. کانی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۳) تابع تقاضای گاز طبیعی بخش صنعت ایران را برای دوره زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۹ با استفاده از مدل STAR تخمین زدند. در این مطالعه متغیرهای ارزش افزوده بخش صنعت، قیمت واقعی گاز طبیعی، قیمت واقعی فرآورده های نفتی و قیمت واقعی برق به عنوان متغیرهای اثرگذار بر مصرف گاز طبیعی در بخش صنعت در نظر گرفته شد. نتایج حاکی از آن است که اگر قیمت واقعی فرآورده های نفتی به عنوان متغیر انتقال در نظر گرفته شود آنگاه تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت یک مدل غیرخطی دو رژیم را دنبال می‌کند همچنین در هر دو رژیم ارزش افزوده بخش صنعت و قیمت واقعی برق رابطه مثبت و معناداری با تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت دارد و قیمت واقعی گاز طبیعی رابطه معکوس و معناداری با تقاضای گاز طبیعی دارد. نواز و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۴) به برآورد تابع تقاضای برق در پاکستان با استفاده از مدل STAR پرداختند. ایشان مصرف انرژی را تابعی از درآمد حقیقی و قیمت انرژی در نظر گرفته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که قیمت برق متغیر انتقال مناسب برای کشور پاکستان بوده و تقاضای برق از یک الگوی دو رژیمی تبعیت می‌کند. همچنین نتایج حاکی از آن است که کشش درآمدی و کشش قیمتی مثبت بوده که در مورد درآمد با عبور قیمت برق از حد آستانه این کشش پذیری بیشتر می‌شود.

---

1. Lee and Chiu (2013)

2. OECD

3. Kani et al. (2013)

4. Nawaz, et al. (2014)

اُمی و همکاران (۲۰۱۴) رابطه علیت بین مصرف انرژی و تولید را برای کشورهای G7 در چارچوب یک الگوی پانل تصحیح خطای برداری انتقال ملایم<sup>۱</sup> بررسی نموده‌اند و به این نتیجه دست یافته‌اند که حرکت متغیرها به سمت تعادل بلندمدت به صورت غیرخطی اتفاق افتاده است. همچنین وقفه رشد تولید به عنوان متغیر انتقال در این مطالعه به کار برده شده که نشان می‌دهد که تعدیلات صورت گرفته در زمان رونق و رکود فرآیند متفاوتی را دنبال می‌کند.

نتایج تجربی به دست آمده از مطالعاتی که از الگوهای غیرخطی استفاده کرده‌اند، غیرخطی بودن این تابع را مورد تایید قرار داده است. به همین جهت به منظور بررسی پویایی‌های تقاضای انرژی با توجه به تاکیدات تجربی و نظری، لازم است به بررسی این مساله در اقتصاد ایران پرداخته شود. ویژگی خاص این مقاله نسبت به سایر مطالعات تجربی انجام شده در داخل ایران این است که برای اولین بار از یک الگوی تصحیح خطای آستانه‌ای به منظور برآورد پویایی‌های نامتقارن تقاضا استفاده شده است. استفاده از این روش در شرایطی که رشد تولید حقیقی به عنوان متغیر آستانه‌ای در نظر گرفته شود می‌تواند تعدیلات نامتقارن تقاضای انرژی در دوران رکود و رونق اقتصادی را نمایان سازد. این مساله می‌تواند نتایج مفیدی را برای سیاستگذاران انرژی جهت بررسی آثار سیاست‌ها در شرایط متفاوت اقتصادی ارائه نماید.

#### ۴. ساختار الگو

یکی از الگوهای پرکاربرد در برآورد تقاضای انرژی الگوهای تصحیح خطا می‌باشند. خصوصیت الگوهای تصحیح خطا این است که بیانگر پویایی‌های کوتاه مدت متغیرها و چگونگی عکس‌العمل آنها نسبت به انحراف از تعادل بلندمدت می‌باشند. در الگوی تصحیح خطای خطی تعدیلات نسبت به انحراف از تعادل، به صورت خطی است در واقع ضرایب الگو و نرخ تصحیح خطا، در الگوهای خطی ثابت است. اما حرکت به سمت

---

1. Smooth Transition Panel Vector Error Correction Model

تبادل بلند مدت الزاما همیشه و به طور یکسان رخ نمی‌دهد. الگوی تصحیح خطای آستانه‌ای می‌تواند وجود نرخ‌های تعدیل متفاوت را مدلسازی نماید. در شرایط متفاوت اقتصادی سرعت و واکنش تقاضا نسبت به متغیرها و همچنین تعدیل به سمت تعادل بلندمدت می‌تواند متفاوت باشد.

از اینرو در مقاله حاضر با توجه به امکان وجود تعدیلات غیرخطی در حرکت به سمت تعادل بلندمدت و همچنین به منظور بررسی نقش رشد اقتصادی در رابطه با پویایی‌های تقاضا، از یک الگوی تصحیح خطای آستانه‌ای استفاده می‌شود و پویایی‌های تقاضای انرژی در شرایط رونق و رکود اقتصادی مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌گیرد. روش رگرسیون آستانه‌ای از جمله رگرسیونهای غیرخطی است که در عین سادگی بسیار محبوب و مورد استفاده محققین اقتصادی می‌باشد. این الگوها به سادگی تغییرات رژیم در ضرائب الگو را در شرایطی که وضعیت یکی از متغیرهای کلیدی تغییر می‌کند، مدلسازی می‌نماید. به عبارت دیگر حد آستانه‌ای وجود دارد که با عبور متغیر از آن شرایط سیستم و رژیم حاکم بر ضرائب عوض می‌شود.

همانطور که در بخش مبانی نظری اشاره شد تغییرات تقاضای انرژی می‌تواند تحت تاثیر شرایط رونق و رکود رشد اقتصادی متفاوت باشد. بنابراین در این مقاله با هدف بررسی این نظریه در اقتصاد ایران، الگوی تصحیح خطای آستانه‌ای با در نظر گرفتن متغیر رشد اقتصادی به عنوان متغیر آستانه‌ای، مورد آزمون و بررسی قرار می‌گیرد. بنابراین فرم تابعی الگوی مورد نظر به صورت زیر خواهد بود.

$$\begin{aligned} \Delta LE_t &= \beta_0 + \beta_1 \Delta LE_{t-1} + \beta_2 \Delta Ly_t + \beta_3 \Delta Lp_t + \beta_4 ecm_{t-1} + \varepsilon_t \text{ if } \Delta Ly_t \leq \gamma \\ &= \beta'_0 + \beta'_1 \Delta LE_{t-1} + \beta'_2 \Delta Ly_t + \beta'_3 \Delta Lp_t + \beta'_4 ecm_{t-1} + \varepsilon_t \text{ if } \Delta Ly_t \geq \gamma \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن  $LE_t$  لگاریتم مصرف سرانه انرژی،  $Ly_t$  لگاریتم تولید ناخالص داخلی حقیقی سرانه،  $Lp_t$  لگاریتم شاخص قیمت انرژی و  $ecm_t$  عبارت تصحیح خطای برآورد شده از رابطه بلندمدت است که از رابطه زیر حاصل شده است.



پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در... ۱۲۱

$$ecm_{t-1} = LE_{t-1} - \alpha_1 - \alpha_2 Ly_{t-1} - \alpha_2 Lp_{t-1} \quad (2)$$

در رابطه فوق  $\alpha$ ها ضرائب بلندمدت هستند. از آنجا که متغیرها به صورت لگاریتمی هستند، تغییرات آنها بیانگر نرخ رشد خواهد بود. در معادله (۳)، ضرایب  $\beta_i$ ها مربوط به رژیم اول یعنی زمانی که متغیر نرخ رشد اقتصادی ( $\Delta Ly_t$ ) کوچکتر از حد آستانه است و  $\beta_i'$ ها مربوط به رژیم دوم یعنی زمانی که نرخ رشد اقتصادی ( $\Delta Ly_t$ ) حد آستانه را پشت سر می‌گذارد، خواهد بود. براساس این مدل تقاضای انرژی می‌تواند از دو نظام مختلف تبعیت نماید که بستگی به میزان نرخ رشد اقتصادی دارد. استفاده از رشد اقتصادی به عنوان متغیر آستانه‌ای نشان دهنده اثر شرایط رشد اقتصادی بر پویایی‌های الگوی تقاضا می‌باشد.

## ۵. تحلیل تجربی

### ۵-۱. داده‌ها و منابع آماری

در این مقاله از داده‌های سالیانه ایران در دوره ۱۳۹۳-۱۳۵۷ استفاده شده است. 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 آمارنامه‌های بانک مرکزی استخراج گردیده است. قیمت حقیقی انرژی همانند مقالاتی همچون لی و لین<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) به صورت نسبت شاخص قیمت اسمی انرژی تقسیم بر سطح عمومی قیمت‌ها محاسبه گردیده است. برای محاسبه شاخص قیمت اسمی انرژی باید سبده 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 اصلی‌ترین حاملهای انرژی در ایران شامل فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق هستند، شاخص قیمت اسمی انرژی به صورت یک میانگین موزون از این حاملها بدست

1. Li and Lin (2014)

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

### ۵-۲. آزمون های مانایی و هم تجمعی

پیش از تخمین الگو به منظور اجتناب از رگرسیون کاذب لازم است درجه مانایی متغیرها مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته ADF استفاده می شود. در جدول (۲) نتایج آزمون ایستایی برای لگاریتم متغیرهای مصرف انرژی (LE)، تولید ناخالص داخلی حقیقی (Ly)، شاخص قیمت انرژی (Lp) و تفاضل مرتبه اول آنها ارائه شده است.

جدول (۳). نتایج آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته

| نام متغیر                      | آماره آزمون برای سطح متغیرها | آماره آزمون برای تفاضل مرتبه اول متغیرها |
|--------------------------------|------------------------------|--|
| LE                             | -۱/۱۲                        | -۴/۸۴                                    |
| Ly                             | -۰/۵۵                        | -۶/۴۵                                    |
| LP                             | -۱/۷۶                        | -۵/۶۶                                    |
| مقدار بحرانی در سطح ۹۵٪: -۲/۹۴ |                              |  |

مأخذ: یافته های پژوهش

بر اساس نتایج جدول فوق با توجه به کوچکتر بودن قدر مطلق آماره آزمون برای سطح متغیرها از مقدار بحرانی، فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد رد نشده و بنابراین کلیه متغیرها در سطح نامانا می باشند. بنابراین در آزمون ریشه واحد روی تفاضل مرتبه اول متغیرها انجام نیز انجام شده است.

پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در... ۱۲۳

بر اساس نتایج فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد برای تفاضل مرتبه اول متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد رد شده و بنابراین تفاضل مرتبه اول کلیه متغیرها مانا می‌باشد. بر این اساس هر سه متغیر مورد بررسی جمعی از درجه اول  $I(1)$  می‌باشند. از اینرو لازم است از وجود رابطه هم‌تجمعی بین متغیرها اطمینان حاصل شود. بدین منظور، از آزمون یوهانسون یوسیلیوس استفاده می‌شود. نتایج این آزمون در جداول زیر بیان شده است.

جدول (۴). نتایج آزمون اثر

| سطح عدم اطمینان                              | آماره آزمون | مقدار بحرانی | فرضیه صفر  |
|--|-------------|--------------|------------|
| ۰/۰۱۰  | ۳۵/۳۸       | ۲۹/۷۹        | $r = 0$    |
| ۰/۱۲۹  | ۱۲/۶۰       | ۱۵/۴۹        | $r \leq 1$ |
| ۰/۶۵۵  | ۰/۱۹        | ۳/۸۴         | $r \leq 2$ |
| مقادیر بحرانی در سطح ۹۵ درصد محاسبه شده است. |             |              |            |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول (۵). نتایج آزمون حداکثر مقدار ویژه

| سطح عدم اطمینان                              | آماره آزمون | مقدار بحرانی | فرضیه صفر  |
|--|-------------|--------------|------------|
| ۰/۰۲۹  | ۲۲/۷۷       | ۲۱/۱۳        | $r = 0$    |
| ۰/۰۹۶  | ۱۲/۴۱       | ۱۴/۲۶        | $r \leq 1$ |
| ۰/۶۵۵  | ۰/۱۹        | ۳/۸۴         | $r \leq 2$ |
| مقادیر بحرانی در سطح ۹۵ درصد محاسبه شده است. |             |              |            |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس جداول فوق، طبق آزمونهای اثر و حداکثر مقدار ویژه در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود حداقل یک 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 نمود. بنابراین ضرائب بردار

همتجمعی استخراج شده و مبتنی بر معادله (۲) عبارت تصحیح خطا برای تخمین معادله (۱) استخراج می‌شود.

### ۳-۵. تخمین الگو

همانطور که در مبانی نظری بحث شد، پویایی‌های تقاضای انرژی می‌تواند در دوران رکود و رونق اقتصادی متفاوت باشد. از اینرو الگوی تصحیح خطا که دینامیک مدل را در راستای حرکت به سمت تعادل بلندمدت نشان می‌دهد، می‌تواند بسته به شرایط اقتصاد از لحاظ رشد اقتصادی ضرائب متفاوتی داشته باشد. بنابراین در این قسمت ابتدا با استفاده از آزمون پیشنهادی هانسن<sup>۱</sup> (۱۹۹۶) غیرخطی بودن الگوی تصحیح خطای معرفی شده در بخش ساختار الگو مورد آزمون قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر آزمون می‌گردد که آیا ضرائب الگوی تصحیح خطا می‌تواند تحت تاثیر عبور نرخ رشد اقتصادی از یک حد آستانه دچار تغییر رژیم شود. جدول زیر نتایج آزمون ضریب لاگرانژ در این مورد که به آزمون بوتسترپ<sup>۲</sup> معروف است را نشان می‌دهد.

جدول (۵). نتایج آزمون ضریب لاگرانژ

| متغیر آستانه ای | آماره آزمون LM | p-value | حد آستانه برآورد شده |
|-----------------|----------------|---------|----------------------|
| dly             | ۲۰/۸۶          | ۰/۰۰۰۰  | -۰/۰۰۵               |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج جدول فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود حد آستانه برای متغیر رشد اقتصادی<sup>۳</sup> در سطح اطمینان ۹۹ درصد رد می‌شود. بنابراین الگوی ECM مورد بررسی به صورت آستانه‌ای با در نظر گرفتن متغیر رشد اقتصادی به عنوان متغیر آستانه برآورد

1. Hansen (1996)

2. Bootstrap Test

۳. تفاضل گیری از متغیرهای لگاریتمی نشاندهنده رشد آن متغیر می‌باشد. بر این اساس تفاضل لگاریتم تولید همان رشد اقتصادی را نشان می‌دهد.

پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در... ۱۲۵

می‌گردد. مقدار حد آستانه برآورد شده ۰/۰۰۵- است که بسیار نزدیک به صفر می‌باشد. به عبارت دیگر دو رژیم متفاوت برای پویایی‌های تقاضای انرژی در شرایطی که نرخ رشد اقتصادی مثبت یا منفی است، تایید می‌شود. از آنجا که رشد اقتصادی می‌تواند به نوعی نشاندهنده شرایط رونق یا رکود باشد، ضرائب الگوی تصحیح خطای مورد نظر در شرایط مختلف اقتصادی از لحاظ رونق یا رکود متفاوت خواهد بود.

پس از انجام آزمونهای اولیه جهت انتخاب الگوی مناسب، ضرائب الگوی تصحیح خطا با در نظر گرفتن نرخ رشد اقتصادی به عنوان متغیر آستانه‌ای برآورد می‌گردد. بر این اساس نتایج برآورد معادله (۱) در جدول شماره (۶) ارائه شده است.

جدول (۶). نتایج تخمین تابع الگوی تصحیح خطای آستانه‌ای برای تقاضای انرژی در ایران

| رژیم دوم $dly \geq -0/005$   |         | رژیم اول $dly \leq -0/005$ |         |         |
|--|---------|----------------------------|---------|---------|
| ضرب  | آماره t | ضرب                        | آماره t |         |
| ۰/۰۶۶*   | ۱/۷۶۵   | ۰/۰۳۸***                   | ۳/۵۶۴   | c       |
| -۰/۱۲۶***  | -۳/۲۸۵  | -۰/۱۹۷**                   | -۲/۲۱۰  | dIE(-1) |
| ۰/۳۹۸*   | ۱/۸۸۱   | ۰/۲۵۰***                   | ۳/۶۹۱   | dly     |
| -۰/۱۰۴***  | -۲/۶۶۳  | -۰/۰۴۷***                  | -۵/۰۴۷  | dIp     |
| -۰/۲۳۰***  | -۴/۸۹۲  | -۰/۱۲۸**                   | -۲/۲۶۸  | ecm(-1) |
| *** معنی‌داری ضریب در سطح ۹۹ درصد، ** معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد و * معنی‌داری در سطح ۹۰ درصد است. |         |                            |         |         |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همانطور که ملاحظه می‌شود ضریب نرخ رشد اقتصادی (dly) در رژیم اول که می‌توان گفت متناظر با شرایط رکودی است، مثبت و معنادار است. مقدار این ضریب که شاخصی برای میزان کشش‌پذیری درآمدی تقاضای انرژی در ایران است، کوچکتر از یک می‌باشد. به عبارت دیگر انرژی در ایران در شرایط رکود یک کالای ضروری است. مقدار ضریب مورد نظر در رژیم دوم که می‌توان گفت متناظر شرایط رونق است همچنان کوچکتر از یک بوده اما مقدار آن افزایش یافته است. بنابراین کشش‌ناپذیری تقاضای

انرژی در شرایط رونق هم ادامه دارد اما میزان انعطاف و کشش پذیری متقاضیان انرژی در شرایط رونق بیشتر بوده است.

ضریب نرخ رشد قیمت (dlp) نیز در هر دو رژیم معنادار و قدرمطلق آن کوچکتر از یک می باشد. این امر بیانگر کشش ناپذیری تقاضای انرژی نسبت به قیمت در ایران بوده و با نتایج بسیاری از مطالعات انجام شده در ایران همخوانی دارد. نکته جالب توجه بیشتر بودن قدرمطلق این ضریب در رژیم دوم نسبت به رژیم اول می باشد. بنابراین تقاضای انرژی در شرایط رونق کشش پذیرتر از شرایط رکودی بوده است.

ضریب عبارت تصحیح خطا در هر دو رژیم منفی و بین صفر و یک است. همانطور که می دانیم این ضریب نشان دهنده سرعت تعدیل از کوتاه مدت به سمت تعادل بلندمدت است. منفی و بین صفر و یک بودن ضریب نشان می دهد که در صورت خروج از تعادل بلندمدت پویایی های سیستم تقاضا به سمت بازگشت به تعادل اولیه است. سرعت تعدیل در رژیم اول ۰/۱۲- بوده و بنابراین در شرایط رکودی در هر دوره ۱۲ درصد از خطا تصحیح می شود. اما اندازه ضریب عبارت تصحیح خطا در رژیم دوم ۰/۲۳- است که بیانگر سرعت تعدیل بالاتر در شرایط رونق نسبت به رکود است.

در کل با مقایسه ضرائب الگو در دو رژیم مختلف می توان نتیجه گیری کرد که در شرایط رونق اقتصادی تقاضاکنندگان انرژی از امکان و توان بیشتری جهت نشان دادن انعطاف در برابر شوک های مختلف و تغییرات قیمتی و درآمدی برخوردار هستند. به عبارت دیگر در شرایط رکودی به دلیل کمبود منابع مالی و اقتصادی قدرت انعطاف تقاضاکنندگان کمتر خواهد بود.

## ۶. نتیجه گیری و توصیه های سیاستی

در این مقاله با استفاده از داده های اقتصاد ایران در دوره ۱۳۹۳-۱۳۵۷ تقاضای انرژی و پویایی های آن مورد برآورد قرار گرفت. با توجه به اینکه غیرخطی بودن تقاضای انرژی در ادبیات موجود مورد تاکید قرار گرفته و خطی در نظر گرفتن روابط متغیرها در شرایطی که

پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در... ۱۲۷

دارای ارتباط غیرخطی هستند می‌تواند نتایج را دچار خطای تصریح نماید، در این تحقیق از یک الگوی تصحیح خطای آستانه‌ای (TECM) به منظور برآورد پویایی‌های تقاضای انرژی در ایران استفاده گردید. نتایج حاصل از آزمون هانسن، غیرخطی بودن الگوی تصحیح خطا را با در نظر گرفتن نرخ رشد اقتصادی به عنوان متغیر آستانه‌ای مورد تایید قرار داده است. به طوری که مقدار کششهای تقاضا و سرعت تعدیل مدل، مبتنی بر رکود یا رونق اقتصادی متفاوت خواهد بود. در نتیجه استفاده از الگوی تصحیح خطای خطی تصریح درستی از واقعیات تقاضای انرژی در ایران ارائه نمی‌دهد و تعدیلات تقاضای انرژی نامتقارن می‌باشد.

نتایج حاصل از تخمین الگو به روش تصحیح خطای آستانه‌ای بیانگر وجود دو رژیم متفاوت در پویایی‌های تقاضای انرژی در ایران است. چنین مسأله‌ای برای طراحی سیاست‌های بخش انرژی بسیار مهم است. در رژیم اول که معادل با منفی بودن رشد اقتصادی و شرایط رکودی است، عکس‌العمل متغیرها کمتر بوده و کششهای قیمتی و درآمدی تقاضا و همچنین سرعت تعدیل پایین‌تر می‌باشد. اما در رژیم دیگر که مربوط به زمانی است که رشد اقتصادی مثبت بوده و اقتصاد در وضعیت رونق است، انعطاف تقاضاکنندگان برای عکس‌العمل بیشتر و بنابراین کشش‌های قیمتی و درآمدی و سرعت تعدیل بالاتر بوده است. در واقع در شرایط رونق اقتصادی شرایط برای تقاضاکنندگان انرژی برای نشان دادن انعطاف در برابر شوک‌های مختلف و تغییرات قیمتی و درآمدی بیشتر بوده است.

نتایج همچنین بیانگر آن است که کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضا در هر دو رژیم کوچکتر از یک است. به عبارت دیگر انرژی در ایران یک کالای ضروری و کم‌کشش می‌باشد. می‌توان گفت اختصاص سوبسید به حامل‌های انرژی در ایران و در نتیجه پایین بودن قیمت آن در سالهای متمادی، سبب شده که کشش قیمتی تقاضا برای آن بسیار پایین باشد. این مسأله نشان می‌دهد که اجرای سیاستهای قیمتی در این شرایط نمی‌تواند کارایی لازم را برای اثرگذاری بر تقاضای انرژی داشته باشد و برای کنترل تقاضای انرژی باید از سیاستهای غیرقیمتی استفاده نمود. از طرف دیگر به این دلیل که کشش‌پذیری تقاضای

۱۲۸ پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران سال هفتم، شماره ۲۸، بهار ۱۳۹۸

انرژی در دوره رکود پایین تر از دوران رونق اقتصادی است، اجرای سیاست‌های قیمتی در دوران رونق اقتصادی می‌تواند کارایی بیشتری نسبت به زمان رکود داشته باشد.

## ۷. منابع

### الف) فارسی

آذربایجانی، کریم، شریفی، علیمراد و شجاعی، عبدالناصر. (۱۳۸۷). تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت کشور. *مجله توسعه و سرمایه*، شماره ۱، صص ۷۰-۴۷.

آماده، حمید، مهرگان، نادر، حقانی، محمود و حداد، میثم. (۱۳۹۲). برآورد تابع تقاضای نفت گاز در بخش کشاورزی ایران با رویکرد سری زمانی ساختاری. *پژوهشنامه اقتصادی*، شماره ۵۱، صص ۸۰-۵۳.

ترابی، رضوان، موحدیان عطار، منیر و فولادی، علیرضا. (۱۳۹۶). تأثیر طرح سهمیه‌بندی بنزین بر تقاضای مصرف بنزین. *فصلنامه سیاست‌های مالی و اقتصادی*، دوره ۵، شماره ۱۸، صص ۱۴۴-۱۳۱.

چیت‌نیس، مونا. (۱۳۸۴). برآورد کشتش قیمتی تقاضای بنزین با استفاده از مدل سری زمانی ساختاری و مفهوم روند ضمنی. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، سال پنجم، شماره ۳، صص ۱۶-۱.

حیدری، ابراهیم و صادقی، حسین (۱۳۸۴). تخمین کارایی انرژی در بخش صنعت ایران در قالب تابع تقاضای تعدیل جزئی. *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۶۸، صص ۱۷۹-۲۰۰.



پویایی‌های نامتقارن تقاضای انرژی در... ۱۲۹

سقائیان نژاد، سید حسین و علیپور جدی، محمد رضا. (۱۳۷۷). تخمین دو مرحله ای تابع مصرف انرژی در صنعت ایران بر اساس مدل لا جیت (۱۳۴۶-۱۳۷۳). *مجله تحقیقات اقتصادی*، دوره ۳۳، شماره ۱، صص ۹۲-۴۳.

سهیلی، کیومرث. (۱۳۸۲). بررسی تطبیقی مدل‌های تقاضای انرژی. *فصلنامه پژوهشی دانشگاه امام صادق (ع)*، شماره ۱۷، صص ۱۵۹-۱۹۴.

شیرانی فخر، زهره و خوش اخلاق، رحمان. (۱۳۹۵). برآورد تابع تقاضای انرژی در زیربخش‌های صنعت ایران برای اقلیم‌های گوناگون. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، دوره ۵، شماره ۲۰، صص ۱۸۵-۱۱۵.

شیرانی فخر، زهره، خوش اخلاق، رحمان و شریفی، علیمراد. (۱۳۹۳). تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی بخش صنعت ایران با استفاده از مدل سری زمانی ساختاری. *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، شماره ۱۱، صص ۱۵۷-۱۲۹.

صادقی، نرگس، ذبیحی، زهرا و مستعلی پارسا، مریم. (۱۳۹۵). سنجش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌گی CO<sub>2</sub> در بخش‌های اقتصادی. *مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی*، شماره ۱۵۲۴۴.

صدرزاده مقدم، سعید، صادقی، زین‌العابدین و قدس‌الهی، احمد. (۱۳۹۲). تخمین تابع تقاضای انرژی و کشتش قیمتی و جانشینی نهاده‌ها در بخش صنعت: رگرسیون معادلات به ظاهر نامرتب. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، دوره ۲، صص ۱۲۷-۱۰۷.

عزیزی، زهرا. (۱۳۹۷). *مدل‌خلات ارزی با نگاهی به اقتصاد ایران*. تهران: انتشارات نور علم.

قشقایی، مژگان. (۱۳۸۱). بررسی تابع تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته علوم اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

ب) انگلیسی

Adeyemi, O. I., and Hunt, L. C. (2007). Modelling OECD Industrial Energy Demand: Asymmetric Price Responses and Energy-Saving Technical Change. *Energy Economics*, Vol. 29, Issue.4, pp.693-709.

Akinboade, O. A., Ziramba, E., and Kumo, W. L. (2008). The Demand for Gasoline in South Africa: An Empirical Analysis Using Co-Integration Techniques. *Energy Economics*, Vol.30, Issue.6, pp.3222-3229.

Balke, N. S., and Fomby, T. B. (1997). Threshold Cointegration. *International Economic Review*, Vol.33, No.3, pp.627-645.

Bernstein, R., and Madlener, R. (2011). Residential Natural Gas Demand Elasticities in Oecd Countries: an ARDL Bounds Testing Approach. *FCN Working Paper* No. 15/2011

Bhattacharyya, S. C. (2011). *Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance*. Springer Science and Business Media.

Dargay, J. M., and Gately, D. (2010). World Oil Demand's Shift toward Faster Growing and Less Price-Responsive Products and Regions. *Energy Policy*, Vol.38, Issue.10, pp.6261-6277.

Dargay, J., and Gately, D. (1995). The Imperfect Price Reversibility of Non-Transport Oil Demand in the OECD. *Energy Economics*, Vol. 17, Issue.1, pp.59-71.

Gabreyohannes, E. (2010). A Nonlinear Approach to Modelling the Residential Electricity Consumption in Ethiopia. *Energy Economics*, Vol.32, Issue. 3, pp.515-523.

Gately, D. (1992). Imperfect Price-Reversibility of US Gasoline Demand: Asymmetric Responses to Price Increases And Declines. *The Energy Journal*, Vol. 13, No. 4, pp.179-207.

Gately, D., and Huntington, H. G. (2002). The Asymmetric Effects of Changes in Price and Income on Energy and Oil Demand. *The Energy Journal*, Vol. 23, No. 1, pp.19-55.

Ghaderi, S. F., Azadeh, M. A., and Mohammadzadeh, S. (2006). Electricity Demand Function for the Industries of Iran. *Information Technology Journal*, Vol.5, Issue. 3, pp.401-404.

Hansen, B. E. (1996). Inference When a Nuisance Parameter Is Not Identified Under the Null Hypothesis. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, Vol.64, pp.413-430.

Hu, J. L., and Lin, C. H. (2008). Disaggregated Energy Consumption and GDP in Taiwan: A Threshold Co-Integration Analysis. *Energy Economics*, Vol.30, Issue. 5, pp.2342-2358.

Huang, B. N., Hwang, M. J., and Yang, C. W. (2008). Does More Energy Consumption Bolster Economic Growth? An Application of the

Nonlinear Threshold Regression Model. *Energy Policy*, Vol.36, Issue.2, pp.755-767.

Hunt, L. C., and Ninomiya, Y. (2003). Unravelling Trends and Seasonality: A Structural Time Series Analysis of Transport Oil Demand in the UK and Japan. *The Energy Journal*, Vol. 24, pp.63-96.

Hunt, L. C., Judge, G., and Ninomiya, Y. (2000). Modelling Technical Progress: an Application of the Stochastic Trend Model to UK Energy Demand, Guildford: Surrey Energy Economics Centre.

Huntington, H. G. (2007). Industrial Natural Gas Consumption in the United States: An Empirical Model for Evaluating Future Trends. *Energy Economics*, Vol. 29, Issue.4, pp.743-759.

Kani, A., Abbaspour, M., and Abedi, Z. (2013). Estimation of Natural Gas Demand in Industry Sector of Iran: A Nonlinear Approach. *International Journal of Economics and Finance*, Vol. 5, Issue. 9, pp.148.

Lee, C. C., and Chang, C. P. (2007). Energy Consumption and GDP Revisited: A Panel Analysis of Developed and Developing Countries. *Energy Economics*, Vol. 29, Issue. 6, pp.1206-1223.

Lee, C. C., and Chiu, Y. B. (2013). Modeling OECD Energy Demand: An International Panel Smooth Transition Error-Correction Model. *International Review of Economics and Finance*, Vol. 25, pp.372-383.

Li, K., and Lin, B. (2014). The Nonlinear Impacts of Industrial Structure on China's Energy Intensity. *Energy*, Vol. 69, pp.258-265.

Lim, K. M., and Yoo, S. H. (2016). Short-run and Long-Run Elasticities of Gasoline Demand: The Case of Korea. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, Vol. 11, Issue. 5, pp.391-395.

Nawaz, S., Iqbal, N., and Anwar, S. (2014). Modelling Electricity Demand Using the STAR (Smooth Transition Auto-Regressive) Model in Pakistan. *Energy*, Vol.78, pp.535-542.

Omay, T., Hasanov, M., and Ucar, N. (2014). Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from Nonlinear Panel Cointegration and Causality Tests. *Applied Econometrics*, Vol. 34, Issue.2, pp.36-55.

Ramanathan, R. (1999). Short-And Long-Run Elasticities of Gasoline Demand In India: An Empirical Analysis Using Cointegration Techniques. *Energy Economics*, Vol. 21, Issue.4, pp.321-330.

Soytas, U., and Sari, R. (2006). Can China Contribute More to the Fight Against Global Warming?”, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 28, Issue.8, pp.837-846.

Uri, N. D. (1994). The Impact of Measurement Error in the Data on Estimates of the Agricultural Demand for Electricity in the USA. *Energy Economics*, Vol.16, Issue.2, pp.121-131.

Walker, I. O., and Wirl, F. (1993). Irreversible Price-Induced Efficiency Improvements: Theory and Empirical Application to Road Transportation". *The Energy Journal*, Vol. 14, No. 4, pp.183-205.

Wirl, F. (1991). Energy Demand and Consumer Price Expectations: An Empirical Investigation of the Consequences from the Recent Oil Price Collapse. *Resources and Energy*, Vol.13, Issue, 3, pp.241-262.

Zarra Nezhad, M., and Ghapanchi, F. (2007). Estimation of Error Correction Model of Demand for Gasoline in Iran. *Iranian Journal of Trade Studies*, Vol.11, No.42, pp. 29-52.