

فصلنامه پژوهشهای اقتصادی - سال هفتم - شماره دوم - تابستان ۱۳۸۶

## الگوهای تقاضا و تحلیل دینامیک تقاضای انرژی در ایران

دکتر کیومرث سهیلی<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۶/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱/۲۰

### چکیده

مدل‌های مختلفی در تجزیه و تحلیل تقاضای انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از این مدل‌ها صرفاً جهت مطالعه تقاضای انرژی طراحی شده‌اند. بعضی دیگر اختصاص به تقاضای انرژی ندارند ولی در تحلیل‌های تقاضای انرژی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. عمده‌ترین مدل‌های تقاضای انرژی، مدل‌های مصرف نهایی و مدل‌های اقتصادسنجی ساختاری و غیرساختاری می‌باشند. مدل ارزیابی تقاضای انرژی، یکی از مشهورترین مدل‌های مصرف نهایی است که مخصوص تجزیه و تحلیل تقاضای انرژی است. سیستم تقاضای خطی استون، سیستم تقاضای ترانس‌لوگ، سیستم تقاضای با کشش ثابت، سیستم تقاضای روتردام، سیستم تقاضای تقریباً ایده‌آل، الگوهای خودتوضیح، میانگین متحرک، خودتوضیح میانگین متحرک، خودتوضیح جمعی میانگین متحرک، خودتوضیح برداری و تصحیح خطای برداری نیز از معروفترین مدل‌های ساختاری و غیر ساختاری اقتصادسنجی هستند که در تحلیل تقاضای انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در این مقاله از میان الگوهای فوق، مدل دینامیک تصحیح خطای برداری به دلیل ویژگیهای منحصر به فرد، جهت تجزیه و تحلیل پویای تقاضای انرژی در ایران مورد استفاده قرار گرفته است. در این راستا سه الگوی جداگانه برای بررسی تقاضای فرآورده‌های نفتی، برق و گاز طبیعی در ایران طراحی شده است. جهت برآورد این مدل‌های تصحیح خطای برداری طراحی شده برای تحلیل تقاضای انرژی در اقتصاد ایران، از نرم‌افزارهای *Eviews* و *Microfit* و سری‌های زمانی مربوط به متغیرهای تولید ناخالص داخلی حقیقی، قیمت حقیقی حامل‌های انرژی و مقدار فیزیکی تقاضای حاملها در دوره ۱۳۳۸ لغایت ۱۳۸۳ استفاده شده است.

به کارگیری روش جوهانسن، نشان می‌دهد که تعداد بردارهای همجعبی بین متغیرهای مدل تقاضای فرآورده‌های نفتی و مدل تقاضای برق، یک می‌باشد. بین متغیرهای مدل تصحیح خطای برداری گاز طبیعی، رابطه تعادلی بلندمدت پایا وجود ندارد. در مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده‌های نفتی ضرایب تمامی متغیرها در سطح اطمینان بالایی از نظر آماری معنادار هستند و علامت جمله تصحیح خطا نیز صحیح است. در این مدل، سرعت تعدیل انحرافات از رابطه تعادلی بلندمدت، ملایم است. ضرایب رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مدل تصحیح خطای برق، نشان می‌دهد که کشش قیمتی و درآمدی بلندمدت تقاضای برق بالاست و به ترتیب معادل  $0/86$  - و  $1/84$  می‌باشد. لازم به یادآوری است که در این تحقیق منظور از کوتاهمدت دوره کمتر از یک سال و منظور از بلندمدت دوره بیش از یک سال تا زمانی است که در روابط بین متغیرها تغییرات ساختاری به وجود نیامده باشد.

**طبقه بندی JEL:** Q41, C32

**واژگان کلیدی:** تقاضای انرژی، مدل‌های فنی اقتصادی، مدل‌های ساختاری، مدل‌های غیرساختاری، مدل تصحیح خطای برداری، کشش قیمتی، کشش درآمدی.

## ۱- مقدمه

مطالعه تقاضای حاملهای انرژی بر اساس مدل‌های متنوعی میسر می‌باشد. این مدل‌ها را می‌توان با در نظر گرفتن معیارهایی از قبیل اهداف، فروض، درجه توجه به تغییرات فناوری، درجه درونزایی و دامنه توصیف اجزاء بخشهای غیر انرژی اقتصاد، تقسیم‌بندی نمود. روشهای فنی - اقتصادی، اقتصادسنجی، اقتصاد کلان، تحلیل روند، تعادل اقتصادی، کلان‌سنجی و صفحه‌گسترده، عمده‌ترین روشهای بررسی تقاضای انرژی به شمار می‌روند. هر یک از این مدل‌های پیش‌بینی و تجزیه و تحلیل تقاضای انرژی، دارای نقاط قوت و ضعفی می‌باشند. بررسی قابلیت‌ها و کاستیهای این مدلها گویای آن است که مدل تصحیح خطای برداری با هدف این مقاله که ارائه یک تحلیل سیستمی و دینامیک از تقاضای انرژی در کشور ایران می‌باشد، بیشتر سازگار است.

در این مقاله با بهره‌گیری از الگوی انتخابی و با هدف کمی‌سازی میزان تأثیرگذاری متغیرهای کلان بر تقاضای انرژی و تحلیل پویای ارتباط کوتاه مدت و بلندمدت تقاضای انرژی با این عاملها، مدلی طراحی می‌شود و سعی می‌گردد بر اساس نتایج حاصل از اجرای آن به این پرسش که «در ایران ارتباط بین تقاضای انرژی با متغیرهای کلان مؤثر بر تقاضای انرژی از جمله قیمت حاملها و رشد تولید ملی حقیقی، در کوتاه مدت و بلندمدت چگونه است؟»، پاسخ داده شود.

مبانی تئوریک تقاضای انرژی، طراحی مدل تقاضای انواع حاملهای اصلی انرژی، بررسی پایایی<sup>۱</sup> متغیرهای الگو، تعیین طول وقفه بهینه متغیرها در روابط کوتاه مدت و بلندمدت مدل، بررسی وجود و چگونگی لحاظ متغیرهای قطعی در مدل، تعیین و تخمین بردارهای همجسمی مدل و برآورد مدلهای تصحیح خطای برداری تقاضای حاملها، عناوین این مقاله هستند. در پایان مقاله نیز با توجه به ضرایب روابط بلند مدت، کوتاه مدت و ضریب تعدیل، روابط تعادلی بلندمدت و کوتاه مدت تقاضا و متغیرهای مؤثر بر آن، تجزیه و تحلیل می‌شوند.

شایان ذکر است که مدلهای فنی اقتصادی اخیراً در تعدادی از کشورهای در حال توسعه از جمله تایلند و اردن توسط پژوهشگران مؤسسه علمی - تحقیقاتی ADDEM فرانسه اجرا شده است. در ایران نیز یکی از این مدلها تحت عنوان مدل ارزیابی تقاضای انرژی «MEDEE»<sup>۲</sup> توسط نگارنده این مقاله بررسی و در بعضی از بخشهای اقتصاد ایران اجرا شده است. نتیجه اجرای این مدلها گویای آن است که تأثیر عوامل فنی و پیشرفتهای تکنولوژی از تأثیر متغیرهای اقتصادی قیمت و تولید ملی حقیقی کمتر نیست.

جورج هوندرویانیس، در مقاله‌ای با عنوان «برآورد تقاضای خانگی برای برق در یونان»، به بررسی تقاضای خانگی برای برق در کشور یونان می‌پردازد. در این مقاله با بهره‌گیری از داده‌های ماهانه در دوره ۱۹۹۹-۱۹۸۶، حساسیت قیمتی و درآمدی تقاضای خانگی برای برق در کشور یونان در کوتاه مدت و بلندمدت با استفاده از مدل تصحیح خطای برداری مورد بررسی قرار می‌گیرد. (George Hondroyannis ۲۰۰۴) کرومپتون پی و یان

روی وو (۲۰۰۵)، نیز مصرف انرژی را در کشور چین در مقاله‌ای با عنوان «مصرف انرژی در چین: روند گذشته و مسیر آینده»، با استفاده از تکنیک تصحیح خطای برداری تجزیه و تحلیل کرده اند (Crompton, P. and Wu, 2005). رونکا ماهادوان و جان آسافو ادجایه در مقاله‌ای تحت عنوان «مصرف انرژی، رشد اقتصادی و قیمتها: یک ارزیابی مجدد برای کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته»، به بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد تولید ناخالص داخلی حقیقی این کشورها می‌پردازد. اجرای مدل ترکیبی تصحیح خطا با استفاده از داده‌های مربوط به دوره ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۲، نشان دهنده آن است که در کشورهای صادرکننده توسعه یافته در کوتاه مدت و بلندمدت یک رابطه علیت دو جانبه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی وجود دارد. در کشورهای صادرکننده در حال توسعه، صرفاً مصرف انرژی رشد اقتصادی را آنهم فقط در کوتاه مدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. در کشورهای واردکننده اعم از توسعه یافته و در حال توسعه در کوتاه مدت و بلندمدت، یک رابطه علیت دو جانبه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی برقرار است. نهایتاً آنکه در کشورهای واردکننده، فقط در کشورهای توسعه یافته یک رابطه علیت یک طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی وجود دارد. (Renuka Mahadevan and John Asafu-Adjaye, 2007)

وان کنون اوه و کی هون لی در مقاله‌ای تحت عنوان «مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کره: آزمون رابطه علیت»، با به کارگیری دو مدل جداگانه چند متغیره و با استفاده از آزمون علیت گرینجر، رابطه علی و معلولی بین مصرف انرژی و رشد تولید ناخالص داخلی حقیقی را در کشور کره تجزیه و تحلیل می‌نمایند. نتایج حاصل از اجرای مدل VECM با استفاده از داده‌های فصلی مربوط به دوره ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۰ گویای آن است که در کوتاه مدت هیچ رابطه علی و معلولی بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی حقیقی در کره وجود ندارد؛ ولی در بلندمدت یک رابطه علیت یک طرفه وجود دارد و رشد تولید ناخالص داخلی حقیقی، علت رشد مصرف انرژی است. (Wankeun Oh and kihoon Lee, 2004)

1. Stationary  
2. Model for Energy Demand Evaluation

زینگ جون ژائو و یانروی وو نیز در مقاله‌ای با عنوان «عوامل تعیین کننده واردات انرژی چین: یک تحلیل تجربی»، تقاضا برای واردات انرژی از جمله نفت خام کشور چین را با استفاده از تکنیک VECM مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. نتایج این مقاله حاکی از آن است که رشد تولیدات صنعتی و گسترش بخش حمل و نقل، واردات انرژی این کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد و چین بدون توجه به قیمت جهانی نفت خام و انرژی، ناچار به واردات آنها از خارج است. (Xingjun Zhao and Yanrui Wu, 2007) رامناتان (Ramanathan, 1999) کریستودولاکیس (Christodoulakis, 1997) سیلک و جوتز (Silk and Joutz, 1997) چنگ و لای (Cheng and Lai, 1997) مسیح و مسیح (Masih and Masih, 1997) و چان و لی (Chan and Lee, 1997) تقاضای بعضی از حامل‌های انرژی را با بهره‌گیری از ارتباط هم‌جمعی بلند مدت بین متغیرها در کشور هند، دانمارک، آمریکا، تایوان، چین و شش کشور در حال توسعه، مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج این تحقیقات نشان داده است که کشش قیمتی و درآمدی تقاضا در بلندمدت، از کوتاه مدت بیشتر است. علاوه بر آن مشخص شده است که در بلندمدت، حساسیت تقاضای حاملها نسبت به قیمت آنها بالاست.

## ۲- مبانی تئوریک تقاضای انرژی

حامل‌های انرژی، هم به عنوان کالای نهایی توسط مصرف کنندگان و هم، به عنوان نهاده‌های تولیدی، توسط بنگاه‌های اقتصادی مورد تقاضا قرار می‌گیرند. تعیین مقدار تقاضا برای آن بخشی از حامل‌های انرژی که به عنوان کالای نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، براساس تئوری رفتار مصرف کننده و از طریق ماکزیم سازی مطلوبیت با توجه به قید بودجه مصرف کننده انجام می‌پذیرد. با تشکیل شرایط مرتبه اول و دوم و با فرض اینکه تابع مطلوبیت مصرف کننده اکیداً شبه مقعر باشد، مقدار تقاضا برای حامل‌های انرژی همانند تقاضا برای سایر کالاهای مصرفی، تابعی از بردار  $n$  بعدی قیمت‌ها و درآمد خواهد بود. در اکثر توابع و سیستم‌های تقاضای مبتنی بر تئوری رفتار مصرف کننده از قبیل سیستم هزینه‌های خطی استون، سیستم تقاضای ترانس لوگ، سیستم تقاضای روتردام، سیستم تقاضای تقریباً ایده آل، سیستم مخارج خطی پاول و مدل‌های تقاضای با کشش ثابت، که در تجزیه و تحلیل تقاضای انرژی، مورد استفاده قرار گرفته‌اند، تقاضای حامل‌های انرژی به درآمد مصرف کنندگان، قیمت حامل و قیمت کالاهای جانشین و مکمل آن، ارتباط داده شده است.

تعیین مقدار تقاضا برای آن بخشی از حامل‌های انرژی که به عنوان نهاده تولیدی در بنگاه‌های اقتصادی در بخش‌های مختلف صنعت، حمل و نقل، کشاورزی و یا تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند، براساس تئوری بنگاه‌ها قابل بررسی و تجزیه و تحلیل می‌باشد. بنگاه‌های تولیدی ممکن است به دنبال حداکثرسازی تولید با توجه به مقدار مشخصی هزینه یا در پی حداقل کردن هزینه‌ها با توجه به مقدار مشخصی تولید و یا به دنبال حداکثرسازی سود باشند. نتایج حاصل از تشکیل شرایط مرتبه اول و دوم، گویای آن است که در هر یک از سه حالت مذکور مقدار تقاضای بنگاه‌ها برای نهاده انرژی بستگی به قیمت حامل مورد نظر و قیمت سایر نهاده‌ها، قیمت محصول تولیدی و یا مقدار تولید محصول دارد.

بنابراین می‌توان عمده‌ترین عوامل اقتصادی مؤثر بر تقاضای انرژی را متغیر قیمت و یک متغیر فعالیت مانند درآمد ملی حقیقی یا تولید ناخالص داخلی حقیقی قلمداد نمود. در مدل‌های تصحیح خطای برداری مورد استفاده در مقالاتی که در قسمت مقدمه به آنها اشاره شد نیز غالباً از متغیرهای قیمت حاملها و تولید ناخالص داخلی حقیقی به عنوان متغیرهای تأثیرگذار بر تقاضای انرژی، استفاده شده است.

## ۳- طراحی مدل تقاضای انواع حامل‌های اصلی انرژی

یکی از مشهورترین سیستم‌های معادلات هم‌زمان، مدل تصحیح خطای برداری است. فیلیپس (Philips) در مقالاتی که در سال‌های ۱۹۵۴ و ۱۹۵۷ در مجله اقتصادی<sup>۱</sup>، منتشر ساخت، مدل تصحیح خطای برداری را برای اولین بار به ادبیات اقتصادی معرفی کرد. این مدل که بعدها توسط هندری (Hendry) و دیگران در تحلیلهای مربوط به مصرف و تقاضای پول مورد استفاده قرار گرفت، جزء مدل‌های پویا به شمار می‌رود.

مبنای آماری استفاده از مدل‌های تصحیح خطای برداری، وجود هم‌جمعی<sup>۲</sup> بین متغیرهای اقتصادی است. مدل‌های پویای تصحیح خطای برداری امکان تعیین روابط بلندمدت بین متغیرهای درونزا را مهیا می‌سازند. علاوه بر آن، این مدل‌ها رفتار کوتاه‌مدت متغیرها را به مقادیر تعادلی بلندمدت آنها مرتبط می‌کنند و نشان می‌دهند چگونه عدم تعادل مربوط به روابط تعادلی بلندمدت متغیرها بر تغییرات پویای کوتاه‌مدت آنها تأثیر می‌گذارد. این ویژگی‌های منحصر به فرد مدل‌های تصحیح خطای برداری که آنها را از سایر

1. Economic Journal  
2. Cointegration

مدل‌های ساختاری و غیرساختاری اقتصادسنجی متمایز می‌سازد، باعث شده است که این مدل‌ها در دهه ۱۹۹۰ به سرعت رشد تکاملی خود را طی کنند.

فرم کلی مدل تصحیح خطای برداری به این شکل است:

$$Y_t = B_1 \Delta Y_{t-1} + B_2 \Delta Y_{t-2} + \dots + B_{p-1} \Delta Y_{t-(p-1)} + \pi Y_{t-p} + V_t \Delta \quad (1)$$
در رابطه (۱)،  $B_1, B_2, \dots, B_{p-1}$  و  $\pi$  ماتریس‌های  $n \times n$  ضرایب  $\Delta Y$  می‌باشند.  $\Delta Y$  نیز بردارهای  $1 \times n$  تفاضل مرتبه اول متغیرهاست. در این رابطه  $p$  بیانگر تعداد وقفه‌ها و  $V_t$  بردار  $1 \times n$  اجزاء استوکاستیک مدل و ماتریس  $\pi$  نیز حاوی اطلاعات مربوط به روابط تعادلی بلندمدت است.  $\alpha = \beta' \pi$  می‌باشد که در آن  $\alpha$  ضرایب تعدیل عدم تعادل و نشان دهنده سرعت تعدیل به سمت تعادل بلندمدت و  $\beta$  ماتریس ضرایب روابط تعادلی بلندمدت و جمله  $Y_{t-p}$  جمله تصحیح خطا (ECT) می‌باشد.

در این مقاله جهت تحلیل روابط کوتاه مدت و روابط پویای تعادلی بلند مدت بین تقاضا و متغیرهای اقتصادی مؤثر بر آن، از مدل‌های تصحیح خطای برداری بهره گرفته می‌شود. مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده‌های نفتی، برق و گاز طبیعی در حالت کلی به شکل زیر است:

$$\Delta Y_t = \gamma_1 + \lambda_1 t + \sum_{i=2}^p B_{i-1} \Delta Y_{t-i} + \alpha [\beta' \quad \gamma_2 \quad \lambda_2] \begin{bmatrix} Y_t - p \\ 1 \\ t \end{bmatrix} + V_t \quad (2)$$

در رابطه فوق  $\gamma_1, \lambda_1, \gamma_2$  و  $\lambda_2$  به ترتیب بردارهای  $1 \times 3$  ضرایب عرض از مبدأ و ضرایب متغیر روند در قسمت روابط کوتاه مدت و روابط تعادلی بلند مدت مدل می‌باشند.  $B_1, B_2, \dots, B_{p-1}$  نیز ماتریس‌های  $3 \times 3$  ضرایب متغیرها در روابط کوتاه مدت هستند.  $\Delta Y_t$  ها نیز بردارهای  $1 \times 3$  متغیرهای درونزا و وقفه‌های آنها را نشان می‌دهند. متغیرهای درونزا در مدل‌های تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده‌های نفتی، الکتریسیته و گاز طبیعی، عبارتند از:

$\Delta y_{1t} = D \setminus LOPD_2$	تفاضل مرتبه اول لگاریتم تقاضای فرآورده‌های نفتی	مدل تقاضای فرآورده‌های نفتی
$\Delta y_{2t} = D \setminus LRPOPC_2$	تفاضل مرتبه اول لگاریتم قیمت واقعی فرآورده‌های نفتی	
$\Delta y_{3t} = D \setminus LR GDP$	تفاضل مرتبه اول لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی	
$\Delta y_{1t} = D \setminus LED_2$	تفاضل مرتبه اول لگاریتم تقاضای الکتریسیته	مدل تقاضای الکتریسیته
$\Delta y_{2t} = D \setminus LRPEC_2$	تفاضل مرتبه اول لگاریتم قیمت واقعی الکتریسیته	
$\Delta y_{3t} = D \setminus LR GDP$	تفاضل مرتبه اول لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی	
$\Delta y_{1t} = D \setminus LNGD_2$	تفاضل مرتبه اول لگاریتم تقاضای گاز طبیعی	مدل تقاضای گاز طبیعی
$\Delta y_{2t} = D \setminus LRPNGC_2$	تفاضل مرتبه اول لگاریتم قیمت واقعی گاز طبیعی	
$\Delta y_{3t} = D \setminus LR GDP$	تفاضل مرتبه اول لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی	

جهت تعیین روابط تعادلی بلندمدت بین متغیرهای درونزای مدل از روش جوهانسن استفاده می‌شود. در این روش، بردارهای همجعبی و برآورد ضرایب مربوط به روابط تعادلی بلندمدت بین متغیرها با استفاده از ضرایب آن متغیرها در الگوی VAR تعیین می‌شود.

در روش جوهانسن (Johansen) که در چند ساله اخیر به سرعت تبدیل به یک ابزار اساسی در برآورد الگوهای اقتصادی سری زمانی شده است، در سه مرحله به ترتیب: آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته انجام و مرتبه جمعی بودن متغیرها مشخص؛ طول بهینه وقفه جهت تضمین پایایی جملات خطای مدل تصحیح خطای برداری، و نیز تعداد بردارهای همجعبی مدل تعیین می‌شوند. در مرحله چهارم لزوم وارد کردن متغیرهای قطعی همچون عرض از مبدأ و روند زمانی در بردارهای همجعبی بررسی می‌شود. در این مرحله وجود روند زمانی در آمار سری زمانی متغیرهای الگو مشخص و تبیین می‌گردد که متغیرهای قطعی عرض از مبدأ و روند در بردارهای همجعبی وارد شوند یا در الگوی تصحیح خطای برداری کوتاه مدت لحاظ گردند.

#### ۴- بررسی پایایی متغیرهای الگوی VECM

در این تحقیق با استفاده از روش دیکی-فولر تعمیم یافته، پایایی متغیرهای مدل آزمون و در آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته، با استفاده از معیارهای حنان-کوئین، شوارز-بیزین و آکائیک، طول بهینه وقفه هر یک از

متغیرها تعیین می‌شود. جایی که این معیارها بیشترین مقدار خود را داشته باشند، طول وقفه بهینه است و بین اجزاء استوکاستیک معادله رگرسیون دیکی- فولر، خود همبستگی وجود ندارد. اگر در طول وقفه بهینه، قدر مطلق آماره آزمون از قدر مطلق مقدار بحرانی برای آماره دیکی - فولر تعمیم یافته بیشتر باشد، فرضیه عدم (ریشه واحد یا ناپایایی) رد می‌شود و متغیر پایا است.

نتایج مربوط به اجرای آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته با استفاده از برنامه نرم افزاری Microfit، گویای آن است که تفاضل مرتبه اول سری زمانی لگاریتم طبیعی تولید ناخالص داخلی واقعی در حالت مقدار ثابت، موقعی که طول وقفه بهینه بر اساس معیار شوارز- بیزین تعیین شود، ناپایا و در حالت تعیین طول وقفه بهینه بر اساس معیار های حنان - کونین و اکائیک پایا است. البته در حالتی که معادله آزمون دیکی- فولر فقط شامل مقدار ثابت باشد، حتی در صورتی که طول وقفه بهینه بر اساس معیار شوارز - بیزین تعیین شود، در سطح اطمینان ۹۰٪ متغیر DILRGDP پایا می‌باشد. در سطح اطمینان ۹۰٪، آماره آزمون دیکی- فولر برای این متغیر ۲/۸۵۰۳- و مقدار بحرانی آن ۲/۶۰۶۹- است. در حالت مقدار ثابت و روند نیز DILRGDP پایا است. بنابراین می‌توان تفاضل مرتبه اول سری زمانی لگاریتم طبیعی تولید ناخالص داخلی واقعی را پایا دانست.

مقادیر آماره آزمون و مقدار بحرانی دیکی - فولر در سطح وقفه بهینه در حالت مقدار ثابت برای سری زمانی لگاریتم طبیعی تقاضای برق و لگاریتم طبیعی تقاضای فرآورده های نفتی، بیانگر آن است که فرضیه صفر وجود ریشه واحد یا ناپایایی در مورد این دو متغیر در سطح اطمینان ۹۵٪ رد می‌شود. بنابراین، با فرض اینکه فرایند ایجاد داده‌های سری‌زمانی برای LED2 و LOPD2 فاقد روند و صرفاً شامل جمله رانش باشد، این دو متغیر پایا یا جمعی از مرتبه صفر (I(0 هستند. البته اگر فرایند ایجاد داده ها برای سری های زمانی LED2 و LOPD2 شامل جمله رانش و روند زمانی باشد، خود متغیرها ناپایا هستند و تفاضل مرتبه اول آنها پایا است. فرآورده های نفتی و برق در زمره سوخته‌های آسان قرار دارند، لذا ممکن است که تقاضای فرآورده های نفتی و برق بدون تغییر عوامل اقتصادی مؤثر بر تقاضای آنها، نیز افزایش یابد. در نتیجه انتظار می‌رود که فرایند ایجاد داده های سری های زمانی تقاضای فرآورده های نفتی و برق دارای جمله رانش و روند زمانی باشد. ظاهر نمودار متغیرهای LED2 و LOPD2 نیز مؤید این مطلب است که فرایند ایجاد داده ها در این دو متغیر، دارای عرض از مبدأ و روند است. در پیش گرفتن روش گام به گام نیز دلالت بر وجود عرض از مبدأ و روند در فرایند ایجاد داده ها در سری‌های زمانی LED2 و LOPD2 دارد. آزمون ریشه واحد در حالت عمومی معادله دیکی- فولر برای متغیرهای DILED2 و DILOPD2 نشان می‌دهد که این متغیرها پایا هستند. لذا پروسه گام به گام آزمون پایایی متوقف می‌شود و نتیجه گرفته می‌شود که فرایند ایجاد داده ها در این دو سری زمانی، دارای عرض از مبدأ و روند است. ارقام منعکس شده در حالت مقدار ثابت و در حالت مقدار ثابت و روند برای تفاضل مرتبه اول سری زمانی لگاریتم طبیعی تقاضای گاز طبیعی نشان می‌دهند که بر اساس تمامی معیارهای شوارز- بیزین، حنان- کونین و اکائیک، این متغیر پایا می‌باشد. بنابراین این نتیجه می‌شود که متغیرهای لگاریتم طبیعی تقاضای گاز طبیعی، برق و فرآورده های نفتی، همگی جمعی از مرتبه یک هستند.

مشاهده نمودار سری زمانی لگاریتم طبیعی قیمت واقعی برق، فرآورده های نفتی و گاز طبیعی، حاکی از آن است که این متغیرها فاقد روند می‌باشند. مقایسه آماره آزمون و مقدار بحرانی آماره دیکی- فولر تعمیم یافته در حالت مقدار ثابت و روند نشان می‌دهد که فرضیه عدم را نمی‌توان در مورد متغیر لگاریتم طبیعی قیمت برق، رد نمود ولی این فرضیه در مورد تفاضل مرتبه اول این متغیر رد می‌شود. بنابراین متغیر LRPEC2 جمعی از مرتبه یک (I(1 است. تفاضل مرتبه اول متغیر LRPOPC2 در حالتی که معادله آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته فقط شامل عرض از مبدأ باشد، پایا است. اگر این معادله شامل روند و عرض از مبدأ باشد، در سطح اطمینان ۹۵٪ نمی‌توان فرضیه عدم را رد نمود. پس در این حالت و سطح اطمینان، تفاضل مرتبه اول لگاریتم طبیعی قیمت واقعی فرآورده های نفتی ناپایا است. در سطح اطمینان ۹۰٪ در حالت وجود روند و مقدار ثابت، مقدار آماره آزمون دیکی- فولر ۳/۳۱۱۷- و مقدار بحرانی ۳/۱۹۴۹- است. بنابراین در سطح اطمینان ۹۰٪ حتی در حالت وجود روند و عرض از مبدأ در معادله آزمون دیکی- فولر، متغیر DILRPOPC2 پایا است. تفاضل مرتبه اول متغیر لگاریتم قیمت واقعی گاز طبیعی نیز در حالت مقدار ثابت پایا است. متغیر DILRPNCG2 در حالت وجود روند و مقدار ثابت در معادله آزمون دیکی- فولر، در سطح اطمینان ۹۵٪ پایا نیست. این متغیر در سطح اطمینان ۹۰٪ پایا است و مقدار آماره آزمون دیکی- فولر آن ۳/۲۶۹۶- و مقدار بحرانی آماره دیکی- فولر ارائه شده توسط مکینون برای آن ۳/۱۹۸۸- است. مشاهده نمودار لگاریتم طبیعی قیمت واقعی فرآورده های نفتی و گاز طبیعی حاکی از آن است که فرایند ایجاد داده ها در این دو سری زمانی صرفاً شامل عرض از مبدأ است. در نتیجه تفاضل مرتبه اول آنها در سطح اطمینان ۹۵٪ نیز پایا می‌باشد. بنابراین، متغیرهای LRPOPC2، LRPNGC2 و LRPEC2 نیز همگی جمعی از مرتبه یک (I(1 هستند.

مباحث طرح شده در این قسمت، آشکار می‌سازد که تمامی هفت متغیر موجود در مدل تصحیح خطای برداری طراحی شده، جمعی مرتبه یک (I(1 می‌باشند، لذا در صورت وجود رابطه همجمعی بین آنها، جمله تصحیح خطا نیز پایا خواهد بود. در نتیجه می‌توان جهت تعیین تعداد بردارهای همجمعی بین آنها از روش

جوهانسن بهره گرفت. یادآوری می‌نماید که روش جوهانسن فقط برای حالتی طراحی شده است که خود متغیرها یا تفاضل مرتبه آنها، پایا باشند.

۵- تعیین طول وقفه بهینه متغیرها در روابط کوتاه مدت مدل های VECM طول وقفه بهینه متغیرها در مدل VECM با استفاده از آزمون F قابل تعیین است. برای این کار هر یک از معادلات مدل های غیرمقید و مقید، به روش OLS برآورد می‌گردد. اگر آماره F محاسبه شده در نتیجه تخمین معادله های مقید و غیرمقید از F جدول بیشتر باشد، فرضیه عدم دال بر صفر بودن ضرایب وقفه آخر متغیرها رد می‌شود. در صورتی که F محاسبه شده از F جدول کمتر باشد، فرضیه عدم مبنی بر صفر بودن ضرایب وقفه آخر متغیرها پذیرفته می‌شود و مدل پذیرفته شده، مدل مقید است.

تعداد محدود مشاهدات در این تحقیق، حاکی از آن است که طول وقفه بهینه زیاد نخواهد بود. فرض می‌شود طول وقفه متغیرها در روابط کوتاه مدت مدل های تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی، برق و گاز طبیعی «دو» و در مدل های خود توضیح برداری مربوطه «سه» می‌باشد. با این شرایط، مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی، برق و گاز طبیعی به شکل زیر خواهد بود.

$$\Delta Y_t = \gamma_1 + \lambda_1 t + B_1 \Delta Y_{t-1} + B_2 \Delta Y_{t-2} + \alpha [\beta' \quad \gamma_2 \quad \lambda_2] \begin{bmatrix} Y_{t-3} \\ 1 \\ t \end{bmatrix} + V_t \quad (3)$$

تعیین وقفه بهینه در اینجا مترادف آزمون معنادار بودن ضرایب وقفه دوم تفاضل مرتبه اول متغیرها است. جهت آزمون معنادار بودن این ضرایب، هر یک از معادلات مدل های غیرمقید و مقید به روش OLS برآورد و با استفاده از  $R^2$  آنها، آماره F محاسبه می‌گردد. نتایج آزمون در جدول زیر منعکس شده است.

جدول (۱): تعیین طول وقفه بهینه متغیرها در مدل تصحیح خطای برداری فرآورده های نفتی

شماره معادله	حالت معادله	مقدار $F(3,28)$ و $F(3,29)$		F محاسبه شده	$H_0$	مدل مورد قبول
		۰/۰۱	۰/۰۵			
۱	شامل عرض از مبدأ	۴/۵۱	۲/۹۲	۱/۴	$\alpha_{1,i,2} = 0$	مقید
	شامل عرض از مبدأ و روند	۴/۵۷	۲/۹۵	۱/۲۳	$\alpha_{1,i,2} = 0$	مقید
۲	شامل عرض از مبدأ	۴/۵۱	۲/۹۲	۰/۲۲	$\alpha_{2,i,2} = 0$	مقید
	شامل عرض از مبدأ و روند	۴/۵۷	۲/۹۵	۰/۳۱	$\alpha_{2,i,2} = 0$	مقید
۳	شامل عرض از مبدأ	۴/۵۱	۲/۹۲	۱/۲۴	$\alpha_{3,i,2} = 0$	مقید
	شامل عرض از مبدأ و روند	۴/۵۷	۲/۹۵	۱	$\alpha_{3,i,2} = 0$	مقید

جدول (۲): تعیین طول وقفه بهینه متغیرها در مدل تصحیح خطای برداری برق

شماره معادله	حالت معادله	مقدار $F(3,28)$ و $F(3,29)$		F محاسبه شده	$H_1$	مدل مورد قبول
		۰/۰۱	۰/۰۵			
۱	شامل عرض از مبدأ	۴/۵۱	۲/۹۲	۱/۰۴	$\alpha_{1,i,2} = 0$	مقید
	شامل عرض از مبدأ و روند	۴/۵۷	۲/۹۵	۱/۲۲	$\alpha_{1,i,2} = 0$	مقید
۲	شامل عرض از مبدأ	۴/۵۱	۲/۹۲	۱/۱۱	$\alpha_{2,i,2} = 0$	مقید

شماره معادله	حالت معادله	مقدار $F(3,28)$ و $F(3,29)$		F محاسبه شده	$H_i$	مدل مورد قبول
		۰/۰۵	۰/۰۱			
۳	شامل عرض از مبدأ و عرض از مبداوروند	۲/۹۵	۴/۵۷	۳/۹۶	$\alpha_{2,i,2} = 0$	در ۰/۰۵ غیر مقید در ۰/۰۱ مقید
	شامل عرض از مبدأ	۲/۹۲	۴/۵۱	۰/۵۳	$\alpha_{2,i,2} = 0$	مقید
	شامل عرض از مبداوروند	۲/۹۵	۴/۵۷	۰/۸۹	$\alpha_{2,i,2} = 0$	مقید

دقت در ارقام مندرج در جدول (۱) نشان می‌دهد که در هیچ یک از معادلات مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی، وقفه دوم تفاضل مرتبه اول متغیرها معنادار نیست، پس طول وقفه بهینه آنها یک و طول وقفه بهینه مدل «دو» می‌باشد.

نتایج آزمون مندرج در جدول (۲) نیز حاکی از آن است که در معادلات اول و سوم مدل تصحیح خطای برداری تقاضای برق، طول بهینه روابط کوتاه مدت مدل «یک» و طول روابط بلند مدت تعادلی نیز «دو» می‌باشد. در معادله دوم و در سطح اطمینان ۹۵٪، طول وقفه بهینه تفاضل مرتبه اول متغیرها در حالت وجود عرض از مبدأ «یک» و در حالت وجود عرض از مبدأ و روند «دو» تعیین شده و نمودار D1LRPEC2 حاکی از آن است که این متغیر فاقد روند زمانی و نتیجه گرفته می‌شود که در سطح اطمینان ۹۵٪، طول وقفه بهینه روابط کوتاه مدت در معادله دوم، «یک» می‌باشد.

جدول (۳) : تعیین طول وقفه بهینه متغیرها در مدل تصحیح خطای برداری گاز طبیعی

شماره معادله	حالت معادله	مقدار $F(3,28)$ و $F(3,29)$		F محاسبه شده	$H_i$	مدل مورد قبول
		۰/۰۵	۰/۰۱			
۱	شامل عرض از مبدأ	۲/۹۲	۴/۵۱	60/3	$\alpha_{1,i,2} = 0$	در ۰/۰۵ غیر مقید در ۰/۰۱ مقید
	شامل عرض از مبداوروند	۲/۹۵	۴/۵۷	62/3	$\alpha_{1,i,2} = 0$	در ۰/۰۵ غیر مقید در ۰/۰۱ مقید
۲	شامل عرض از مبدأ	۲/۹۲	۴/۵۱	۱/۱۴	$\alpha_{2,i,2} = 0$	مقید
	شامل عرض از مبداوروند	۲/۹۵	۴/۵۷	۱/۵۸	$\alpha_{2,i,2} = 0$	مقید
۳	شامل عرض از مبدأ	۲/۹۲	۴/۵۱	۱/۹۰	$\alpha_{3,i,2} = 0$	مقید
	شامل عرض از مبداوروند	۲/۹۵	۴/۵۷	۱/۸۸	$\alpha_{3,i,2} = 0$	مقید

در جداول فوق  $i=1,2,3$  است و اجزاء اندیس  $\alpha$  به ترتیب نشان دهنده شماره معادله، شماره متغیر و تعداد وقفه متغیرها می‌باشند.

در مدل تصحیح خطای برداری تقاضای گاز طبیعی و در سطح اطمینان ۹۵٪، در معادلات دوم و سوم مدل که در آنها متغیر سمت چپ D1LRPNGC2 و D1LRGDP می‌باشد، در دو حالت وجود عرض از مبدأ و وجود عرض از مبدأ و روند، فرضیه عدم را نمی‌توان رد کرد. بنابراین در این معادلات وقفه دوم تفاضل مرتبه اول متغیرها در سطح ۹۵٪ معنادار نیست و طول وقفه بهینه آنها «یک» و در معادله اول که متغیر سمت چپ آن LNGD2 می‌باشد، کمیت F محاسبه شده از مقدار بحرانی آن در سطح ۹۵٪ بیشتر ولی از مقدار بحرانی F در سطح ۹۹٪ کمتر است. بنابراین در این معادله نیز، در سطح اطمینان ۹۹٪ معنادار بودن وقفه دوم تفاضل مرتبه اول متغیرها رد می‌شود.

**۶- بررسی وجود و چگونگی لحاظ متغیرهای قطعی در مدل های VECM**  
 لحاظ با عدم لحاظ متغیرهای عرض از مبدأ و روند و چگونگی وارد ساختن آنها در مدل تصحیح خطای برداری، پنج حالت مختلف را برای آن متصور می سازد. در حالت اول، مدل فاقد عرض از مبدأ و روند است. در این حالت که مقیدترین مدل تصحیح خطای برداری است، بردارهای عرض از مبدأ و روند، هم در روابط کوتاه مدت و هم، در بردارهای همجمعی مدل صفر می باشند؛ یعنی  $\gamma_1 = \lambda_1 = \gamma_2 = \lambda_2 = 0$ .  
 در حالت دوم، مدل تصحیح خطای برداری فاقد روند است<sup>۲</sup>. در این حالت نیز روابط کوتاه مدت، فاقد عرض از مبدأ هستند و عرض از مبدأ تنها به قسمت روابط بلند مدت تعادلی مدل محدود می گردد. در حالت دوم بردارهای  $\gamma_1$  و  $\lambda_2$  صفر می باشند و بردار  $\gamma_2$  مخالف صفر است.  
 مدل تصحیح خطای برداری در حالت سوم فاقد روند است ولی هم روابط تعادلی بلند مدت و هم روابط کوتاه مدت آن دارای عرض از مبدأ هستند.<sup>۳</sup> به عبارت دیگر بردارهای  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  مخالف صفر و بردارهای  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  برابر صفر می باشند. اگر  $\gamma_1 \neq 0$  باشد یعنی روابط کوتاه مدت مدل شامل عرض از مبدأ باشند، در آن صورت روابط بلند مدت تعادلی حاوی روند خواهند بود. اما از آنجایی که  $\lambda_2 = 0$  قرار داده شده است، فرض می شود که عرض از مبدأ روابط کوتاه مدت از ترکیب عرض از مبدأ روابط بلند مدت تعادلی و روابط کوتاه مدت تعادلی به دست می آید.  
 در حالت چهارم، روابط کوتاه مدت مدل دارای عرض مبدأ هستند ولی فاقد روند می باشند در حالی که روابط بلند مدت تعادلی هم دارای عرض از مبدأ و هم دارای روند هستند.<sup>۴</sup> در این حالت  $\gamma_1 \neq 0$ ،  $\gamma_2 \neq 0$ ،  $\lambda_1 = 0$  و  $\lambda_2 \neq 0$  است. در حالت پنجم، روابط کوتاه مدت مدل دارای روند و عرض از مبدأ و روابط تعادلی نیز دارای عرض از مبدأ و روند زمانی درجه دوم هستند.<sup>۵</sup> به عبارت دیگر در این حالت  $\gamma_1 \neq 0$ ،  $\gamma_2 \neq 0$ ،  $\lambda_1 \neq 0$  و  $\lambda_2 \neq 0$  است.  
 در اکثر مدل های اقتصاد کلان کاربردی، وقتی که متغیرها شامل روند زمانی هستند، مدل تصحیح خطای برداری شبیه حالت چهارم است که در آن ضریب روند زمانی مقید است. در جاهایی که متغیرهای درونزا و بیرونزا روند زمانی ندارند نیز مدل تصحیح خطای برداری شبیه به حالت دوم است. بنابراین مدل های تصحیح خطای برداری طراحی شده در این تحقیق نیز از نظر متغیرهای قطعی شبیه به حالت دوم یا حالت چهارم می باشند. به همین دلیل در ادامه، مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی، برق و گاز طبیعی تنها در این دو حالت بررسی می شوند.

**۷- تعیین تعداد روابط تعادلی بلندمدت و تخمین بردارهای همجمعی مدل های VECM**  
 تعداد ریشه های مشخصه مخالف صفر ماتریس  $\pi$ ، رتبه آن را مشخص می سازد. رتبه ماتریس  $\pi$  برابر تعداد بردارهای همجمعی مستقل است. برای تعیین تعداد بردارهای همجمعی به روش حداکثر درست نمایی جوهانسن، از آماره آزمون اثر ( $\lambda_{trace}$ ) یا آماره آزمون حداکثر مقدار ویژه ( $\lambda_{max}$ )، استفاده می شود. آماره آزمون  $\lambda_{trace}$  به شکل  $\lambda_{trace} = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$  و آماره آزمون  $\lambda_{max}$  نیز به صورت  $\lambda_{max} = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1})$  تعریف می شوند. تا موقعی که آماره آزمون اثر یا آماره آزمون حداکثر مقدار ویژه از مقادیر بحرانی ارائه شده توسط جوهانسن و جوسیلیوس بزرگتر باشد، فرضیه صفر (وجود  $r$  بردار همجمعی) در مقابل فرضیه رقیب (وجود  $r + 1$  بردار همجمعی) رد می شود. وقتی که  $\lambda_{max}$  یا  $\lambda_{trace}$  از مقادیر بحرانی کوچکتر باشد، فرضیه صفر پذیرفته می شود و رتبه ماتریس  $\pi$  یا تعداد بردارهای همجمعی که روابط پایایی را بین متغیرها ارائه می کنند، مشخص می شود.

با این تفاسیر، جهت تعیین رتبه ماتریس  $\pi$  که در واقع نشان دهنده تعداد بردارهای همجمعی است، مدل تصحیح خطای برداری (۳) برای تقاضای فرآورده های نفتی، برق و گاز طبیعی، به کمک روش جوهانسن برآورد و مقادیر ویژه، کمیتهای آماره آزمون اثر و حداکثر مقدار ویژه به همراه مقادیر بحرانی ارائه شده توسط جوسیلیوس و جوهانسن در سطح اطمینان ۹۵٪، در جداول (۴) تا (۶) منعکس شده است.

<sup>1</sup> No intercepts or trend

<sup>2</sup> Restricted intercepts and no trends

<sup>3</sup> Unrestricted intercepts and no trends

<sup>4</sup> Unrestricted intercepts and restricted trends

<sup>5</sup> Unrestricted intercepts and unrestricted trend



جدول (۴): تعیین تعداد بردارهای همجمله در مدل تصحیح خطای برداری فرآورده‌های نفتی

نوع آزمون	تعداد بردارهای همجمله		حالت دوم		حالت چهارم	
	H	H <sub>1</sub>	آماره	مقدار بحرانی در %۹۵	آماره	مقدار بحرانی در %۹۵
trace $\lambda$	$r=1$	$r \geq 1$	۴۵/۲۹۵۲	۳۴/۸۷	۴۴/۸۴۸۱	۴۲/۳۴
	$r=2$	$r \geq 2$	۱۱/۲۹۹۴	۲۰/۱۸	۲۲/۲۵۱۴	۲۵/۷۷
	$r=3$	$r \geq 3$	۳/۵۰۹۸	۹/۱۶	۹/۹۶۷۲	۱۲/۳۹
max $\lambda$	$r=1$	$r=1$	۳۳/۹۹۵۸	۲۲/۰۴	۲۲/۵۹۶۷	۲۵/۴۲
	$r=2$	$r=2$	۷/۷۸۹۶	۱۵/۸۷	۱۵/۲۸۴۲	۱۹/۲۲
	$r=3$	$r=3$	۳/۵۰۹۸	۹/۱۶	۹/۹۶۷۲	۱۲/۳۹
مقادیر ویژه در حالت دوم	۰/۰۸۴۰۰۶		۰/۱۷۶۹۵		۰/۵۷۲۵۴	
مقادیر ویژه در حالت چهارم	۰/۱۵۹۸۱		۰/۳۱۷۵۸		۰/۴۳۱۵۹	

جدول (۵): تعیین تعداد بردارهای همجمله در مدل تصحیح خطای برداری برق

نوع آزمون	تعداد بردارهای همجمله		حالت دوم		حالت چهارم	
	H	H <sub>1</sub>	آماره	مقدار بحرانی در %۹۵	آماره	مقدار بحرانی در %۹۵
trace $\lambda$	$r=1$	$r \geq 1$	۳۹/۹۷۰۱	۳۴/۸۷	۵۲/۱۹۵۲	۴۲/۳۴
	$r=2$	$r \geq 2$	۱۱/۱۰۵۱	۲۰/۱۸	۱۹/۱۴۲۰	۲۵/۷۷
	$r=3$	$r \geq 3$	۲/۸۲۷۷	۹/۱۶	۹/۵۶۸۰	۱۲/۳۹
max $\lambda$	$r=1$	$r=1$	۲۰/۷۶۴۵	۲۲/۰۴	۳۲/۵۲۴	۲۵/۴۲
	$r=2$	$r=2$	۱۲/۲۴۸۰	۱۵/۸۷	۱۲/۵۷۳۹	۱۹/۲۲
	$r=3$	$r=3$	۲/۸۲۷۷	۹/۱۶	۹/۵۶۸۰	۱۲/۳۹
مقادیر ویژه در حالت دوم	۰/۲۹۱۸۲		۰/۲۸۳۵۵		۰/۴۰۴۹۵	
مقادیر ویژه در حالت چهارم	۰/۱۵۱۴۳		۰/۲۶۹۷۴		۰/۵۲۲۳۵	

جدول (۶): تعیین تعداد بردارهای همجمله در مدل تصحیح خطای برداری گاز طبیعی

نوع آزمون	تعداد بردارهای همجمله		حالت دوم		حالت چهارم	
	H	H <sub>1</sub>	آماره	مقدار بحرانی در %۹۵	آماره	مقدار بحرانی در %۹۵
trace $\lambda$	$r=1$	$r \geq 1$	۲۰/۱۷۱۷	۲۴/۸۷	۲۲/۴۴۱۷	۴۲/۳۴
	$r=2$	$r \geq 2$	۱۱/۴۷۲۰	۲۰/۱۸	۹/۴۵۵۰	۲۵/۷۷
	$r=3$	$r \geq 3$	۵/۴۴۸۸	۹/۱۶	۴/۰۶۰۲	۱۲/۳۹
max $\lambda$	$r=1$	$r=1$	۹/۱۹۵۷	۲۲/۰۴	۱۲/۹۹۱۸	۲۵/۴۲
	$r=2$	$r=2$	۶/۱۲۷۲	۱۵/۸۷	۵/۳۹۴۸	۱۹/۲۲
	$r=3$	$r=3$	۵/۴۴۸۸	۹/۱۶	۴/۰۶۰۲	۱۲/۳۹
مقادیر ویژه در حالت دوم	۰/۱۲۵۱۶		۰/۱۴۲۰۲		۰/۲۰۵۳۸	
مقادیر ویژه در حالت چهارم	۰/۰۶۲۵۲۲		۰/۱۲۲۱۷		۰/۲۹۵۱۷	

طبق آزمون حداکثر مقدار ویژه، در مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی و در حالت دوم، موقعی که فرضیه عدم وجود یک بردار همجمله و فرضیه مقابل وجود دو بردار بلند مدت تعادلی پایا و مقدار آماره آزمون  $7/7896$  است که از مقدار بحرانی آن در سطح  $95\%$  که معادل  $15/87$  می باشد، کمتر است. پس نمی توان فرضیه عدم را رد نمود و تعداد بردارهای همجمله برابر یک و طبق آماره آزمون اثر نیز در این حالت تعداد بردارهای همجمله یک می باشد. در این حالت، مقدار آماره آزمون اثر، هنگامی که فرضیه عدم  $r=1$  و فرضیه مقابل  $r=2$  است،  $11/2994$  و مقدار بحرانی در سطح  $95\%$  آطمینان  $20/18$  است. در این مدل در حالت چهارم، تعداد بردارهای همجمله بر اساس آزمون اثر

یک ولی بر اساس آزمون حداکثر مقدار ویژه صفر است. بر اساس مطالعات مونت کارلو، آزمون اثر بعضاً قویتر از آزمون حداکثر مقدار ویژه است. لذا بین متغیرهای درونزای مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی در هر دو حالت، یک بردار همجمعی وجود دارد که تخمین ضرایب آن در جدول زیر منعکس شده است.

جدول (۷): تخمین بردارهای همجمعی مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی

حالت دوم		حالت چهارم		متغیر
بردار همجمعی شده	بردار همجمعی به هنجار شده	بردار همجمعی	بردار همجمعی به هنجار شده	
-۰/۳۱۱	-۱/۰۰۰	۰/۱۹۴	-۱/۰۰۰	LOPD2
۰/۱۹۴	۰/۶۲۳	-۰/۲۳۰	۱/۲۱۲	LRPOPC2
۰/۵۲۰	۱/۶۷۳	-۰/۶۳۸	۳/۲۹۷	LRGDP
-۰/۰۲۲	-۱۶/۱۵۴			INPT
		۰/۰۱۶	-۰/۰۸۴	T

بر اساس آزمون  $\lambda_{trace}$  در حالتی دوم و چهارم، یک بردار همجمعی بین متغیرهای درونزای مدل تصحیح خطای برداری تقاضای الکتریسیته وجود دارد. در حالت چهارم، آزمون حداکثر مقدار ویژه نتایج آزمون اثر را در خصوص وجود یک رابطه تعادلی بلند مدت پایا بین متغیرهای LRGDP و LRPEC2 تأیید می نماید. در حالت دوم نیز طبق آزمون  $\lambda_{max}$ ، در سطح اطمینان ۹۰٪ یک بردار همجمعی وجود دارد. برآورد روابط تعادلی بلند مدت پایا بین متغیرهای درونزا در جدول ذیل درج شده است.

جدول (۸): تخمین بردارهای همجمعی مدل تصحیح خطای برداری تقاضای برق

حالت دوم		حالت چهارم		متغیر
بردار همجمعی	بردار همجمعی به هنجار شده	بردار همجمعی	بردار همجمعی به هنجار شده	
۰/۶۴۵	-۱/۰۰۰	۱/۱۹۵	-۱/۰۰۰	LED2
۰/۸۰۱	-۱/۲۴۱	۱/۰۲۴	-۰/۸۵۷	LRPEC2
-۱/۵۵۰	۲/۴۰۲	-۲/۳۰۰	۱/۸۴۱	LRGDP
۶/۷۲۳	-۱۰/۴۱۷			INPT
		-۰/۰۴۲	۰/۰۳۵	T

دقت در نمودار تقاضای برق، نشاندهنده وجود روند در این سری زمانی است. بنابراین مدل تصحیح خطای برداری این حامل انرژی از لحاظ متغیرهای قطعی شبیه حالت چهارم است. در این حالت ضرایب مربوط به رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مدل، همگی از علامت صحیح برخوردار هستند. ضرایب بردار همجمعی در مدل تقاضای برق، نشاندهنده کشش درآمدی و کشش قیمتی بلند مدت می باشند. کشش قیمتی بلندمدت تقاضای برق ۰/۸۶- و کشش درآمدی بلندمدت آن ۱/۸۴+ است. اگر در مدل تقاضای گاز طبیعی، فرضیه صفر، عدم وجود رابطه همجمعی بین متغیرهای درونزا و فرضیه مقابل، وجود یک بردار همجمعی باشد، مقادیر آماره آزمون حداکثر مقدار ویژه در حالتی دوم و چهارم، به ترتیب ۹/۱۹۵۷ و ۱۳/۹۹۱۸، و مقادیر بحرانی آنها به ترتیب ۲۲/۰۴ و ۲۵/۴۲ می باشند. بنابراین فرضیه عدم را نمی توان رد نمود. آماره آزمون  $\lambda_{trace}$  نیز برای فرضیه عدم  $r=0$  در حالتی دوم و چهارم به ترتیب ۲۰/۶۷۱۷ و ۲۳/۴۴۶۷ که از مقادیر بحرانی آن یعنی ۳۴/۸۷ و ۴۲/۳۴ کمتر می باشد و فرضیه عدم پذیرفته می شود. بنابراین بین متغیرهای LNGD2، LRPNGC2 و LRGDP در هیچ یک از حالت ها، رابطه تعادلی بلند مدت پایا وجود ندارد. پس جهت شبیه سازی تقاضای گاز طبیعی به جای مدل VEC از مدل VAR بهره گرفته می شود.

#### ۸- برآورد مدل های تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی و برق

نتایج حاصل از برآورد مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی شامل ضرایب مربوط به عبارت تصحیح خطا و ضرایب روابط کوتاه مدت در تمامی معادلات مدل، در جداول ذیل منعکس شده است.

مشاهده نمودار LOPD2 روشن می سازد که این متغیر دارای روند است. پس احتمال تطابق مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی از نظر روند و جزء ثابت با حالت چهارم بیشتر از حالت دوم است. در حالت چهارم، تمامی ضرایب در سطح اطمینان بالای ۹۵٪ از نظر آماری معنی دار هستند. علامت ضرایب متغیرهای dLRPOPC21 و dLRGDP1 در رابطه کوتاه مدت مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی و همچنین علامت عبارت تصحیح خطای این مدل، صحیح می باشند.

جدول (۹): نتایج برآورد مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی در حالت دوم

شرح	متغیر وابسته	متغیرهای توضیحی	ضریب	انحراف معیار	آماره t
معادله ۱	dLOPD2	dLOPD21	-۰/۳۵۴۹۱	۰/۱۸۵۲۰	-۱/۹۱۶۴
		dLRPOPC21	-۰/۱۴۳۶۳	۰/۰۵۹۳۴۴	-۲/۴۲۰۳
		dLRGDP1	۰/۴۷۳۲۸	۰/۱۲۸۹۲	۳/۶۷۱۲

0/74.0	0.43810	0.25149	(ecm1(-1	عبارت تصحیح خطا	
<b>ecm1=-.31090LOPD2+.19375LRPOPC2+.52008LRGDP-5.0223</b>					
-1/1962	0/59907	-0/71663	dLOPD21	dLRPOPC2	معادله ۲
-0/26180	0/19196	-0/05256	dLRPOPC21		
0/92922	0/41701	0/38750	dLRGDP1		
0/79993	0/14172	0/01336	(ecm1(-1		
<b>ecm1=-.31090LOPD2+.19375LRPOPC2+.52008LRGDP-5.0223</b>					
-1/1209	0/24775	-0/40159	dLOPD21	dLRGDP	معادله ۳
-1/8439	0/79390	-0/14339	dLRPOPC21		
4/0987	0/17246	0/70688	dLRGDP1		
2/2320	0/08609	0/13082	(ecm1(-1		
<b>ecm1=-.31090LOPD2+.19375LRPOPC2+.52008LRGDP-5.0223</b>					
عبارت تصحیح خطا					

**جدول (۱۰): نتایج برآورد مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی در حالت چهارم**

شرح	متغیر وابسته	متغیرهای توضیحی	ضریب	انحراف معیار	آماره [
معادله ۱	dLOP2	INPT	-1/2660	0/30578	-4/1339
		dLOPD21	-0/41194	0/19331	-2/1309
		dLRPOPC21	-0/12214	0/05844	-2/0863
		dLRGDP1	0/03715	0/13112	4/0967
		(ecm1(-1	-0/18861	0/44129	-4/2741
<b>Ecml= .19359LOPD2 -.23472LRPOPC2 -.63837LRGDP +.016330T</b>					
معادله ۲	dLRPOPC2	INPT	0/44873	0/99238	0/45204
		dLOPD21	-0/05794	0/62758	-0/91613
		dLRPOPC21	-0/024957	0/19006	-0/13131
		dLRGDP1	0/31198	0/42566	0/80440
		(ecm1(-1	0/063840	0/14326	0/44502
<b>Ecml= .19359LOPD2 -.23472LRPOPC2 -.63837LRGDP +.016330T</b>					
معادله ۳	dLRGDP	INPT	-0/19329	0/41191	-0/46925
		dLOPD21	-0/34572	0/26041	-1/3276
		dLRPOPC21	-0/11770	0/078865	-1/4925
		dLRGDP1	0/71644	0/17663	4/0522
		(ecm1(-1	-0/32458	0/09446	-0/05600
<b>Ecml= .19359LOPD2 -.23472LRPOPC2 -.63837LRGDP +.016330T</b>					
عبارت تصحیح خطا					

ضریب عبارت تصحیح خطا ۰/۱۹- می باشد. قدر مطلق مقدار ضریب عبارت تعدیل، سرعت ملایمی از همگرایی به سمت تعادل بلند مدت را نشان می دهد. به عبارت دیگر، در صورت وقوع شوک و انحراف از منحنی تقاضای بلند مدت، تقاضای فرآورده های نفتی به سمت سطح تعادلی بلند مدت خود اصلاح می شود بگونه ای که در سال اول حدود ۹٪ از خطای پدید آمده اصلاح می گردد. در مدل های تصحیح خطای برداری فوق، متغیرها به صورت لگاریتمی می باشند. بنابراین ضرایب متغیرهای قیمت و درآمد در رابطه بلند مدت، کشش قیمتی و درآمدي بلند مدت را نشان می دهند. مدل تصحیح خطای برداری تقاضای برق نیز، در حالتی که صرفاً روابط کوتاه مدت آن شامل جزء ثابت باشند و همین طور در حالتی که روابط کوتاه مدت شامل عرض از مبدا و روابط بلندمدت در برگیرنده روند و عرض از مبدا باشند، برآورد و نتایج آن در جداول (۱۱) و (۱۲) منعکس شده است.

**جدول (۱۱): نتایج برآورد مدل تصحیح خطای برداری تقاضای برق در حالت دوم**

شرح	متغیر وابسته	متغیرهای توضیحی	ضریب	انحراف معیار	آماره [
معادله ۱	dLED2	dLED21	0/4893	0/13595	3/3022
		dLRPEC21	-0/084168	0/44316	-1/8993
		dLRGDP1	0/20973	0/11191	1/8740
		(ecm1(-1	-0/13861	0/34435	4/0252
<b>ecm1 = .64537LED2+.80060LRPEC2-1.5500LRGDP+6.7230</b>					
معادله ۲	dLRPEC2	dLED21	0/36068	0/48751	0/72984
		dLRPEC21	-0/13151	0/15892	-0/82753
		dLRGDP1	0/25659	0/40132	0/93438
		(ecm1(-1	-0/21222	0/12348	-1/7182
<b>ecm1 = .64537LED2+.80060LRPEC2-1.5500LRGDP+6.7230</b>					
معادله ۳	dLRGDP	dLED21	-0/05053	0/22145	-0/24810
		dLRPEC21	-0/042701	0/072190	-0/09151
		dLRGDP1	0/02265	0/18230	2/8889
		(ecm1(-1	0/074352	0/06093	1/3255
<b>ecm1 = .64537LED2+.80060LRPEC2-1.5500LRGDP+6.7230</b>					
عبارت تصحیح خطا					

جدول (۱۲): نتایج برآورد مدل تصحیح خطای برداری تقاضای برق در حالت چهارم

شرح	متغیر وابسته	متغیرهای توضیحی	ضریب	انحراف معیار	آماره t
معادله ۱	dLED2	INPT	۱/۲۷۴۶	۰/۳۹۷۸۵	۳/۲۰۳۸
		dLED21	-۰/۴۰۳۲۲	۰/۱۷۹۱۰	۲/۲۹۰۲
		dLRPEC21	-۰/۰۶۳۲۲۰	۰/۰۴۶۶۳۰	-۱/۳۰۸۷
		dLRGDP1	۰/۲۳۷۳۲	۰/۱۲۹۹۲	۱/۸۳۰۹
		(ecm1(-1	۰/۱۱۶۴۸	۰/۰۳۶۶۷۰	۳/۱۷۶۴
عبارت تصحیح خطا					
معادله ۲	dLRPEC2	INPT	-۴/۵۱۳۸	۱/۱۸۹۱	-۳/۷۹۶۰
		dLED21	۱/۳۲۲۵	۰/۵۲۶۳۴	۲/۵۱۲۷
		dLRPEC21	-۰/۱۳۰۵۲	۰/۱۳۹۰۷	-۰/۹۴۸۵۰
		dLRGDP1	-۰/۵۱۴۱۸	۰/۳۸۷۴۰	-۱/۳۲۷۲
		(ecm1(-1	-۰/۴۱۶۴۹	۰/۱۰۹۶۰	-۳/۸۰۰۰
عبارت تصحیح خطا					
معادله ۳	dLRGDP	INPT	۰/۹۷۱۰۴	۰/۶۰۷۵۰	۱/۵۹۸۴
		dLED21	-۰/۱۱۰۳۱	۰/۲۸۸۹۰	-۰/۴۱۰۲۰
		dLRPEC21	-۰/۰۳۶۵۸۱	۰/۰۷۱۰۵۰	-۰/۵۱۴۸۶
		dLRGDP1	۰/۵۸۲۰۲	۰/۱۹۹۹۲	۲/۹۴۰۷
		(ecm1(-1	۰/۰۹۰۴۳۶	۰/۰۵۵۹۹۳	۱/۶۱۴۹
عبارت تصحیح خطا					

وجود روند در سری زمانی لگاریتم تقاضای برق، مشخص می کند که مدل تصحیح خطای برداری تقاضای برق از نظر متغیرهای قطعی شبیه حالت چهارم است. در این حالت، تمامی متغیرهای مدل بجز dLRPEC21 از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار هستند. شاید معنادار نبودن این متغیر به دلیل آن است که بعضی از مشاهدات مربوط به این متغیر در سالهای ابتدایی دوره، مبتنی بر نظر کارشناسی هستند. تمامی متغیرهای رابطه کوتاه مدت از علامت صحیح برخوردارند.

#### ۹- نتیجه گیری

نتایج آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته نشان می دهد که براساس معیارهای شوارز - بیزین، حنان کوئین و آکائیک، تمام متغیرهای مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی، برق و گاز طبیعی، جمعی از مرتبه یک (1) می باشند. تقاض اول اغلب این متغیرها در سطح اطمینان ۹۵٪ پایا است و تعداد اندکی از آنها نیز در سطح اطمینان ۹۰٪ پایا می باشند. طول بهینه وقفه متغیرها در هر سه مدل تصحیح خطای برداری، دو می باشد.

در مدل های تصحیح خطای برداری فرآورده های نفتی و برق، یک رابطه تعادلی بلندمدت پایا بین متغیرهای مدل وجود دارد. در مدل تصحیح خطای برداری طراحی شده برای گاز طبیعی، هیچ رابطه تعادلی بلندمدت پایایی بین تقاضای گاز طبیعی با متغیرهای کلان مؤثر بر آن، وجود ندارد. رابطه تعادلی بلندمدت تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی مشخص می سازد که کشش درآمدی تقاضای فرآورده های نفتی بالا و معادل ۳/۲۹۷ است. براساس ضرایب بردار همجمعی بین متغیرهای تصحیح خطای برداری تقاضای برق نیز کشش قیمتی و درآمدی بلندمدت تقاضای برق به ترتیب ۰/۸۵۷- و ۱/۸۴۱ و قدر مطلق کشش قیمتی بلندمدت تقاضای برق قابل ملاحظه است.

این مطلب دلالت بر آن دارد که سیاست قیمتی به طور بالقوه یک ابزار کنترل تقاضای برق و افزایش صرفه جویی محسوب می شود. ضریب تعدیل انحرافات از رابطه تعادلی بلندمدت در مدل تصحیح خطای برداری تقاضای فرآورده های نفتی نیز ۰/۱۹- می باشد. پایین بودن قدر مطلق ضریب تعدیل نشان می دهد که سرعت همگرایی به سمت رابطه تعادلی بلندمدت کند است.

## فهرست منابع

- ۱- اداره بررسی‌های اقتصادی طرحها و برنامه‌ها، مدیریت تأمین و توزیع، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، "خبرنامه انرژی"، شماره ۲، آبان ۱۳۷۶.
- ۲- اداره حساب‌های اقتصادی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، "حساب‌های ملی ایران، سال‌های مختلف".
- ۳- دفتر برنامه ریزی انرژی، معاونت امور انرژی، وزارت نیرو، "ترازنامه انرژی، سال‌های مختلف".
- ۴- گروه تحلیل و انتشار آمار، مرکز اطلاع رسانی، معاونت برنامه ریزی، سازمان مدیریت توانیر، وزارت نیرو؛ "آمار تفصیلی صنعت برق ایران، سال‌های مختلف"، تهران.
- ۵- گروه تحلیل و انتشار آمار، مرکز اطلاع رسانی، معاونت برنامه ریزی، سازمان مدیریت توانیر، معاونت امور برق، وزارت نیرو، "سی و چهار سال صنعت برق ایران در آیینة آمار (۱۳۷۹-۱۳۴۶)".
- ۶- گروه تحلیل و انتشار آمار، مرکز اطلاع رسانی، معاونت برنامه ریزی، سازمان مدیریت توانیر، وزارت نیرو، "صنعت برق ایران سال‌های مختلف"، تهران.
- ۷- مدیریت اجرایی گاز، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران.
- ۸- مدیریت تأمین و توزیع، شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران، "وضعیت تأمین و مصرف فرآورده‌های نفتی، ماه‌های مختلف سال ۱۳۷۷"، تهران، ۱۳۷۸.
- ۹- مدیریت تأمین و توزیع، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران.
- ۱۰- نوفرستی، محمد (۱۳۷۸) ریشه واحد و هم‌جمعی در اقتصادسنجی؛ تهران: مؤسسه خدمات فرهنگی رسا، چاپ اول.
- 11- Crompton, P., Wu, Y. (2005) Energy Consumption in China: Past Trends and Future Directions; Energy Economics, Vol. 27, pp: 195-208.
- 12- Deaton, Angus and Muellbauer, June (1980) An Almost Ideal Demand System; The American Economic Review, Vol. 70, No. 3, pp:312-326.
- 13- Enders, Walter (1995) Applied Econometric Time Series; John Wiley & Sons, Inc; USA.
- 14- Engle, R.F., Granger. C.W.J. (1987) Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing; Econometrica, Vol. 55, No.2, PP: 251-276.
- 15- Hondroyannis, George (2004) Estimating Residential Demand for Electricity in Greece; Energy Economic, Vol. 26, pp: 319-334.
- 16- Johansen. Søren (2000) Modelling of Cointegration in the Vector Autoregressive Model; Economic Modelling, Vol. 17, pp:359-373.
- 17- Kerry, Patterson (2000) " An Introduction to Applied Econometrics : A Time Series Approach; Macmillan Press, London.
- 18- Pesaran, M.Hashem (1997) An Introduction to Dynamic Models; Lecture Notes, Chapter 8.
- 19- Pesaran, M.Hashem, Ron, P. Smith & Takamasa Akiyama (1998) Energy Demand in Asian Developing Economies; Oxford University Press.
- 20- Pesaran, M.Hashem & Pesaran, Bahram (1997) Working With Microfit 4 Interactive Econometric Analysis; Camfit Data Limited.
- 21- Pesaran, M. Hashem; Estimating Engel Curve and Almost Ideal Demand Systems; Handout.
- 22- Renuka, Mahadevan & John Asafu, Adjaye (2007) Energy Consumption, Economic Growth and Prices: A Reassessment using Panel VECM for Developed and Developing countries; Energy Policy, Vol. 35, pp: 2481-2490.
- 23- Simmons, Peter and Weiserbs, Daniel (1979) Translog Flexible Functional Form and Associated Demand Systems; The American Economic Review, Vol. 69, No. 5, December, pp: 89-901.
- 24- United Nation (1996) Economic Sustainability and Environmental Betterment through Energy Saving and Fuel Switching in Developing Countries; Programme for Asian Cooperation on Energy and Environment (PACE-E), New York.
- 25- United Nation (1995) Sectoral Energy Demand Analysis and Long - term Forecast; Programme for Asian Cooperation on Energy and Environment (PACE-E), New York.
- 26- Wankeun, Oh and kihoon, Lee (2004) Energy Consumption and Economic Growth in Korea: Testing the Causality Relation; Journal of Policy Modeling, Vol. 26, pp: 973-981.
- 27- Xingjun, Zhao & Yanrui, Wu (2007) Determinants of Chains Energy Import: An Empirical Analysis; Energy Policy, Vol. 35, pp: 4235-4246.