

## بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک

فیروز فلاحی<sup>۱</sup>، رضا رنج پور<sup>۲</sup>، توحید شکری<sup>۳</sup>  
تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۱۶

### چکیده

در این مطالعه به بررسی وجود همگرایی تصادفی و همگرایی بتا در مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک طی دوره زمانی ۱۹۷۱-۲۰۱۱ پرداخته می‌شود. بدین منظور برای آزمون وجود یا عدم وجود همگرایی تصادفی از آزمون ریشه واحد ارائه شده توسط لی و استرازیسیچ (۲۰۰۳) و همچنین جهت آزمون همگرایی بتا از مدل ارائه شده توسط پرون و یابو (۲۰۰۹) استفاده می‌شود. نتایج حاصل از روش پرون و یابو نسبت به وجود یا عدم وجود ریشه واحد حساس نبوده و به این دلیل نتایج حاصله قابل استنادتر از نتایج سایر روش‌ها می‌باشد. نتایج آزمون‌ها بطور کلی نشان می‌دهد که در بین مصرف سرانه انرژی تک تک کشورها، همگرایی تصادفی وجود دارد. بر اساس نتایج روش پرون و یابو، می‌توان اذعان داشت که همگرایی بتا برای مصرف سرانه انرژی کشورهای آنگولا، اکوادور، ایران، نیجریه، قطر و ونزوئلا در رژیم اول (دوره قبل از شکست ساختاری) و برای کشورهای الجزایر، آنگولا، عربستان، اکوادور، امارات، ایران، عراق، لیبی و قطر در رژیم دوم (دوره ی بعد از شکست ساختاری) برقرار است گرچه برای کشورهای نیجریه و ونزوئلا نتایج، حاکی از واگرایی مصرف سرانه انرژی می‌باشد. تاریخ شکست‌های

ffalahi@tabrizu.ac.ir  
reza.ranjpour@gmail.com  
shokritohid@gmail.com

۱ دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)،

۲ دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز،

۳ دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه تبریز،

۱۷۰ □ فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی شماره ۲۹ پاییز ۹۶

ساختاری برآورد شده از این روش‌ها به شکل خوشه‌ای در سال‌های ۱۹۷۷-۱۹۷۴، ۱۹۸۴-۱۹۷۹، ۱۹۹۴-۱۹۸۹ و ۱۹۹۸-۱۹۹۶ متمرکز شده‌اند که دلیل آن، وقوع شوک‌های بزرگ انرژی یا اقتصادی در این سال‌ها می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** مصرف سرانه انرژی، همگرایی بتا، همگرایی تصادفی، شکست ساختاری، ریشه واحد.

**طبقه‌بندی JEL:** Q40, O40, C22

## ۱. مقدمه

انرژی به عنوان یکی از عوامل تعیین کننده در تولید کالا و خدمات، نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. به حدی که نیاز مبرم انسان به آن، بررسی مسائلی همچون پایداری مصرف انرژی، میزان بهره‌وری انرژی، سیر تحولات ساختار سیستم انرژی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و... را بخصوص پس از پدید آمدن رکودهای بزرگ اقتصادی در جهان در طی ۴۰ سال اخیر پراهمیت کرده است.

صنعتی شدن اقتصادها و توسعه‌ی بخش انرژی، با گذشت زمان الگوی مصرف انرژی را تغییر می‌دهد. پیشرفت‌های تکنولوژیکی در بخش انرژی باعث بهبود بهره‌وری انرژی در اکثر کشورها می‌شود. از طرف دیگر، پیدایش موضوعات و چالش‌های جدید منطقه‌ای از جمله مسائل زیست‌محیطی مانند آلودگی هوا، میزان انتشار آلاینده‌ها و... توجه به چگونگی و میزان مصرف انرژی را بیشتر کرده است. جهت برآورد پیش‌بینی‌های دقیق از میزان تقاضای مصرف انرژی در آینده و همچنین روند انتشار گازهای گلخانه‌ای، بررسی ساختار مصرف انرژی کشورها ضرورت فراوان دارد.

باتوجه به اینکه بررسی همگرایی مصرف سرانه‌ی انرژی می‌تواند رفتار مصرف انرژی کشورها را در بلندمدت بدست آورد و از طرفی سود خالص حاصل از استخراج ذخایر انرژی برای کشورها، برابر با کل ارزش ذخایر انرژی درحال استخراج، منهای مصرف داخلی می‌باشد بنابراین می‌توان با اطلاع از رفتار مصرف انرژی این کشورها و اصلاح آن، به حداکثر سود حاصل از صادرات ذخایر انرژی دست یافت.

ضرورت انجام مطالعه در مورد آزمون همگرایی مصرف سرانه انرژی را می‌توان در تحلیل نتایج بدست آمده از آن جستجو کرد. نتایجی که در سیاست‌گذاری کشورها در زمینه پایداری مصرف انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آگاهی از این تحلیل‌ها می‌تواند سیاستگذار را در انتخاب صحیح سیاست‌ها، جهت رسیدن به مصرف پایدار انرژی که دغدغه اکثر کشورهاست راهنمایی کند. به طوریکه یافتن پاسخ به این سوال که اگر کشوری به هرعلتی (افزایش قیمت در اثر آزادسازی یارانه حامل‌های انرژی، رکود یا رشد

اقتصادی، جنگ و...) از میزان مصرف انرژی معمول خود دور شود آیا مجدداً به همان مصرف اولیه خود باز خواهد گشت؟ از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از این رو، در این مطالعه به بررسی همگرایی تصادفی و همگرایی بتای مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک پرداخته می‌شود.

بنابراین اهداف اصلی این مطالعه، یافتن پاسخ به این سوالات است که :

➤ آیا در بین مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک، همگرایی تصادفی وجود دارد؟

➤ آیا در بین مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک، همگرایی بتا وجود دارد؟

جهت رسیدن به این اهداف، علاوه بر استفاده از آزمون های دیکی فولر و فیلیس-پرون، از آزمون های پیشرفته لی و استرازیسیچ (۲۰۰۳) و پرون و یابو (۲۰۰۹) که دارای ویژگی های منحصر به فردی می‌باشند استفاده می‌شود.

این تحقیق در ۵ بخش سازماندهی شده است. در بخش بعدی به مبانی نظری و پیشینه ی تحقیق پرداخته می‌شود. بخش سوم به معرفی روش‌شناسی تحقیق و مباحث اقتصادسنجی مورد استفاده در تحقیق اختصاص دارد. در بخش چهارم، داده‌ها و نتایج تجربی و سرانجام در بخش پایانی، نتیجه گیری ارائه شده است.

## ۲. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

مسئله همگرایی از مدل‌های رشد نئوکلاسیک-مانند مدل سولو<sup>۱</sup> (۱۹۶۵)- که بر پایه ی فرضیه بازدهی نزولی سرمایه تجدیدپذیر استوار می‌باشد بدست آمده است. این الگو نشان می‌دهد که چگونه درآمد سرانه هر اقتصاد، به سمت حالت پایدار خودش و در شرایطی، به سمت درآمد سرانه دیگر اقتصادها همگرا می‌شود. بعدها بارو و سالایی مارتین<sup>۲</sup> با استفاده از فروض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، نزولی بودن بازده نهایی عوامل تولید، فناوری ثابت

1. Solow  
2. Barro and Sala -i- Martin

بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک □ ۱۷۳

و برونزا بودن نرخ رشد نیروی کار و پس انداز، نرخ رشد سرمایه سرانه را به صورت زیر در نظر گرفتند:

$$K^* = sf(k) - (n + \delta)k \quad (1)$$

که در رابطه ی (۱)،  $k$  برابر با سرمایه سرانه،  $s$  نرخ پس انداز،  $n$  نرخ رشد جمعیت،  $\delta$  نرخ استهلاک،  $f(k)$  تابع تولید و  $K^*$  بیانگر نرخ رشد سرمایه می باشد. با مساوی صفر قرار دادن  $K^*$ ، می توان سرمایه سرانه در حالت تعادلی را بدست آورد:

$$K^* = 0 \Rightarrow n + \delta = \frac{sf(k^*)}{k^*} \quad (2)$$

بارو و سالایی مارتین به این نکته اشاره دارند که اگر گروهی از اقتصادها با ساختار اقتصادی نزدیک به هم وجود داشته باشد در این صورت مقادیر  $n$ ،  $s$  و  $\delta$  برای این اقتصادها برابر بوده و در نتیجه در حالت پایدار مقادیر مشابهی برای  $y$  و  $K$  خواهند داشت (فروغی پور، ۱۳۸۵).

از دهه‌ی ۱۹۸۰ مساله همگرایی به یکی از مسائل مهم در ادبیات اقتصاد کلان تبدیل شد. به طوری که تا به حال مطالعات بسیار زیادی در این زمینه در سطح دنیا انجام شده- است. بر اساس پیش‌بینی‌های همگرایی، اقتصادهایی با سطوح پایین مصرف سرانه انرژی نسبت به اقتصادهایی با سطوح بالای مصرف سرانه ی انرژی تمایل دارند که نرخ رشد مصرف سرانه انرژی بیشتری داشته باشند.

پیش‌بینی مدل نئوکلاسیک در ارتباط با همگرایی در مطالعات تجربی بوسیله دو فرضیه مختلف مورد آزمون قرار می‌گیرد. اولین فرضیه که فرضیه همگرایی بتا<sup>۱</sup> نامیده می‌شود خود به ۲ نوع همگرایی شرطی<sup>۲</sup> و همگرایی غیرشرطی (مطلق)<sup>۳</sup> تقسیم می‌شود. در حالت اول، ساختار اقتصادی کشورها از همدیگر متفاوت بوده و هر اقتصاد به سمت سطح پایدار

- 
1. Beta Convergence ( $\beta$  convergence)
  2. Conditional  $\beta$  convergence
  3. Absolute  $\beta$  convergence

بلندمدت خود میل می‌کند. بطوریکه هرچه اختلاف بین سطح پایدار بلندمدت با سطح اولیه زیاد باشد سرعت همگرایی بالاتر خواهد بود. در حالت دوم اقتصادها به سمت حالت پایدار بلندمدت یکسانی همگرا می‌شوند. اما در صورتی این حالت تحقق می‌یابد که اقتصادها از لحاظ ساختار نزدیک به هم باشند. در نتیجه سطح تعادلی بلندمدت این گروه از اقتصادها مشابه هم بوده و تنها اختلاف موجود، در مقادیر اولیه شان خواهد بود.

فرضیه دوم که فرضیه‌ی همگرایی سیگما<sup>۱</sup> نامیده می‌شود در حالتی اتفاق می‌افتد که پراکندگی در میان مصرف سرانه‌ی انرژی گروهی از اقتصادها در طی زمان کاهش یابد. در ضمن وجود همگرایی بتا همگرایی سیگما را نیز به همراه دارد.

نوع دیگری از همگرایی، همگرایی تصادفی<sup>۲</sup> می‌باشد. همگرایی تصادفی چنین بیان می‌کند که شوک‌های وارده بر روند مصرف سرانه انرژی، در طی زمان اثری موقت داشته و چنین شوک‌هایی، اگرچه باعث ایجاد نوسان در شیب و روند متغیر می‌شوند، اما این تغییرات موقتی بوده و متغیر، روند طبیعی خود را باز خواهد یافت. به عبارت دیگر همگرایی تصادفی وجود دارد اگر اختلاف یا نسبت متغیر مورد بررسی مانا باشد (فلاحی و رودریگز<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷).

همگرایی مصرف انرژی بین کشورهای مختلف می‌تواند به دلایل مختلفی همچون انتقال تکنولوژی، بهبود کارایی استفاده از انرژی و یا تغییر ترکیب حامل‌های انرژی اتفاق بیفتد. در مدل‌های رشد درون‌زا، اثر جذب تکنولوژی، سهم بزرگی در همگرا شدن مصرف انرژی کشورها دارد. با توجه به اینکه کپی‌برداری یا انتقال تکنولوژی بسیار آسان‌تر و کم هزینه‌تر از خلق تکنولوژی می‌باشد کشورهایی که امکانات مورد نیاز جهت انتقال این تکنولوژی‌ها را دارند با استفاده از آن می‌توانند بهره‌وری انرژی خود را افزایش داده و مصرف سرانه انرژی خود را سریعاً پایین آورند. به طوری که بامول<sup>۴</sup> (۱۹۸۶)، انتشار

- 
1. Sigma Convergence ( $\sigma$  convergence)
  2. Stochastic Convergence
  3. Fallahi and Rodriguez
  4. Baumol

بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک □ ۱۷۵

تکنولوژی را عامل مهمی در همگرایی دانسته و تکنولوژی را همانند یک کالای عمومی توصیف می‌کند که انتشار آن موجب همگرایی کشورها می‌گردد.

به عقیده بامول جهانی شدن برای کشورهای در حال توسعه یک مزیت بزرگ می‌باشد که به واسطه آن می‌توانند با تقلید از کشورهای پیشرفته نرخ رشد بهره‌وری‌شان را افزایش دهند. دلیل این امر آن است که کشورهای پیشرفته در مسیر اختراع یک تکنولوژی جدید نیازمند انجام یک سری آزمون و خطا هستند که هزینه بر می‌باشد ولی کشور مقلد نیازی به طی کردن این مسیر ندارد (رنجیر و علمی، ۱۳۹۰). همچنین همگرایی می‌تواند در نتیجه تغییر در ترکیب حامل‌های انرژی از طریق کاهش در مصرف سوخت‌های فسیلی حاصل شود. به طوری که در اوایل تشکیل اوپک، کشورهای صنعتی و توسعه‌یافته اقدام به تغییر در الگوی مصرف انرژی و جایگزین‌سازی سایر حامل‌های انرژی به جای نفت نمودند و در مقابل افزایش قیمت نفت تلاش نمودند با افزایش بهره‌وری در مصرف انرژی، کمترین آسیب را ببینند (حشمت‌زاده، ۱۳۹۰).

جهت اثبات وجود یا عدم وجود همگرایی ۲ دیدگاه بارز وجود دارد:

الف) رویکرد کلاسیک همگرایی که در این رویکرد، اثبات وجود همگرایی با انجام یک رگرسیون مقطعی که به شکل زیر می‌باشد صورت می‌پذیرد (بارو و سالایی مارتین ۱۹۹۱):

$$Gy_i = \alpha + \beta \ln y_{i,0} + \theta z_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

در رابطه (۳)  $Gy_i$  برابر متوسط نرخ رشد مصرف سرانه انرژی کشور  $i$  ام طی یک دوره‌ی مشخص می‌باشد که معادل  $Gy_i = \ln y_{i,t} - \ln y_{i,0}$  است  $\ln y_{i,0}$  لگاریتم مصرف سرانه انرژی در ابتدای دوره و  $\ln y_{i,t}$  لگاریتم مصرف سرانه انرژی در پایان دوره می‌باشد.  $Z$  بردار متغیرهای کنترل،  $\varepsilon_i$  جمله‌ی خطای تصادفی،  $i$  نمایانگر مقطع و  $\alpha$  عرض از مبدا مدل می‌باشد.

در معادله‌ی فوق، اگر مدل بدون لحاظ کردن متغیرهای کنترل برآورد شود و ضریب برآورد شده برای  $\beta$  بین صفر و منفی یک باشد ( $-1 < \beta < 0$ ) فرضیه‌ی همگرایی مطلق  $\beta$  تأیید می‌شود. اما در صورتی که ضریب برآورد شده برای  $\beta$  با وارد کردن متغیر شرطی به مدل، بین صفر و منفی یک بدست آید فرضیه‌ی همگرایی شرطی  $\beta$  مورد پذیرش قرار می‌گیرد.

ب) روش سری‌های زمانی: این روش آزمون همگرایی که توسط برنارد و دورلاف<sup>۱</sup> (۱۹۹۵) مطرح شد بیشتر بر روی اختلاف مصرف سرانه انرژی کشورها نسبت به همدیگر و یا نسبت به یک مقدار متوسط می‌باشد.

در این روش، فرضیه‌ی همگرایی بر اساس آزمون‌های سری زمانی بدین صورت مطرح می‌شود که اگر پیش‌بینی‌های بلندمدت از مصرف سرانه انرژی برای دو کشور در یک دوره‌ی مشخص برابر باشد می‌توان گفت مصرف سرانه‌ی انرژی برای این دو کشور همگرا می‌باشد به طوری که:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} E (y_{i,t+k} - y_{j,t+k}) = 0 \quad (۴)$$

که در رابطه (۴)،  $y_{i,t+k}$  مصرف سرانه انرژی کشور  $i$  ام برای دوره‌ی زمانی  $t+k$  و  $y_{j,t+k}$  مصرف سرانه انرژی کشور  $j$  ام برای دوره‌ی زمانی  $t+k$  است. در این آزمون اگر اختلاف بین مصرف سرانه انرژی کشورهای  $i$  و  $j$  دارای ریشه واحد نباشد، می‌توان نتیجه گرفت که مصرف سرانه انرژی این دو کشور همگرا می‌باشد.

در مطالعه‌ی پرون (۱۹۸۹)<sup>۲</sup>، اثبات شد که بررسی آزمون ریشه واحد بدون در نظر گرفتن شکست ساختاری، نتایج به دست آمده را کم اعتبار و گاهی بی اعتبار می‌کند. بنابراین از آن به بعد، این آزمون‌ها با لحاظ حداقل یک شکست ساختاری انجام می‌شود بطوری که نقطه‌ی شکست بصورت درون‌زا از خود داده‌ها برآورد می‌شود. یکی از آزمون‌هایی که از شکست ساختاری بهره می‌برد و استفاده‌های گسترده‌ای از آن در تخمین

---

1. Bernard & Durlauf  
2. Perron

بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک □ ۱۷۷

آزمون‌های ریشه واحد برای متغیرهای اقتصادی مختلف شده است. آزمون زیوت و اندروز (۱۹۹۲)<sup>۱</sup> می‌باشد. بعدها لامسدین و پاپل (۱۹۹۷)<sup>۲</sup> با گسترش مدل پایه‌ای شکست ساختاری پرون، امکان وجود ۲ نقطه شکست در ساختار داده‌ها را در مدل خود وارد کردند. لی و استرازیسیچ (۲۰۰۳)<sup>۳</sup> و جول و همکاران (۲۰۰۳)<sup>۴</sup>، با تعمیم مدل پایه‌ای به چند شکست ساختاری درون‌زا، قدرت تشخیص آزمون ریشه واحد را افزایش دادند.

### مطالعات خارجی

چن و لی (۲۰۰۷)<sup>۵</sup>، با استفاده از آزمون مانایی تابلویی کاریون-ای - سیلواستره و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۲) که برای مصرف سرانه انرژی ۱۰۴ کشور در طی دوره زمانی ۲۰۰۵ - ۱۹۶۵ انجام شده بود با تقسیم این کشورها به ۷ منطقه نشان دادند که برای هر منطقه، همگرایی تصادفی در مصرف سرانه انرژی وجود دارد.

لین و اسمیت (۲۰۰۹)<sup>۷</sup>، به بررسی وجود همگرایی مصرف سرانه انرژی بین بخشی، برای کشور ایالات متحده طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۸-۱۹۷۳ پرداختند. آنها با استفاده از مدل حافظه‌ی بلند مدت<sup>۸</sup> به این نتیجه رسیدند که اگرچه در بخش‌های تجاری و صنعتی، مصرف سرانه انرژی ناماناست اما در بخش خانگی، مصرف سرانه انرژی مانا می‌باشد.

اوزتورک و آسلان (۲۰۱۱)<sup>۹</sup>، مصرف سرانه انرژی بخشی در ترکیه را با استفاده از آزمون ریشه واحد لی و استرازیسیچ در طی سالهای ۲۰۱۰ - ۱۹۷۱ مطالعه نموده و نشان دادند که مصرف سرانه انرژی بین بخشی در ترکیه ماناست. به این معنا که در بین مصرف سرانه‌ی انرژی بین بخشی در ترکیه همگرایی تصادفی وجود دارد و هرگونه شوک وارده بر بخش‌های انرژی در این کشور اثر موقتی خواهد داشت.

- 
1. Zivot and Andrews
  2. Lumsdaine and Papell
  3. Lee and Strazicich
  4. Jewell et al
  5. Chen and Lee
  6. Carrion-i-Silvestre et al
  7. Lean and Smyth
  8. Long Memory
  9. Ozturk and Aslan

محمدی و رام (۲۰۱۲)<sup>۱</sup>، همگرایی مصرف جهانی انرژی را در طی دوره ۲۰۱۰ - ۱۹۶۰ برای ۱۰۸ کشور بررسی کرده و با وجود شواهدی مبنی بر قوی بودن همگرایی مصرف برق در جهان، میزان همگرایی مصرف سرانه انرژی در کل کشورهای جهان را ضعیف عنوان می‌کنند. منگ و همکاران (۲۰۱۲)<sup>۲</sup>، به بررسی همگرایی مصرف سرانه انرژی در بین ۲۵ کشور OECD برای دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۶۰ می‌پردازند و به این نتیجه می‌رسند که شاخص‌های مورد مطالعه، همگرایی مصرف سرانه انرژی در میان کشورهای OECD را تأیید می‌کند.

کولا و همکاران (۲۰۱۲)<sup>۳</sup>، با استفاده از آزمون ریشه واحد لی و استرازیسیچ<sup>۴</sup> برای ۲۳ کشور OECD، در مورد مانایی مصرف سرانه برق آنها برای دوره ی زمانی ۲۰۱۰-۱۹۶۰، مطالعه ای را صورت دادند. نتایج نشان می‌دهد که شاخص مصرف سرانه ۲۱ کشور از ۲۳ کشور OECD مانا می‌باشد. لیدل (۲۰۱۲)<sup>۵</sup>، در مقاله ای با عنوان "بازبینی همگرایی شدت انرژی در جهان و تفاوت‌های منطقه ای" دو پنل مختلف از کشورها را که در یکی ۱۱۱ کشور و در دیگری ۱۳ کشور جای داده بود را بررسی کردند. آنها با استفاده از روش پویایی درون توزیعی به این نتیجه رسید که در هر دو پانل وجود همگرایی مورد تأیید است.

هریاس و لیو (۲۰۱۳)<sup>۶</sup>، در مطالعه‌ای به بررسی همگرایی شدت انرژی استان‌های چین با استفاده از داده‌های ماهانه سالهای ۲۰۰۹-۲۰۰۳ پرداختند. در این مطالعه که از آزمون‌های ریشه واحد خطی و غیرخطی استفاده شده، همگرایی تصادفی شدت انرژی بین استان‌های مختلف کشور چین مورد تأیید قرار گرفت. هائو و همکاران (۲۰۱۵)<sup>۷</sup>، با استفاده از داده‌های پانل ۲۹ استان چین و به دو روش رگرسیون ایستا و پویا به بررسی همگرایی مصرف

- 
1. Mohammadi and Ram
  2. Meng et al
  3. Kula et al
  4. Lee and Strazicich
  5. Liddle
  6. Herrerias and Liu
  7. Hao et al

بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک □ ۱۷۹

سرانه انرژی پرداختند و نتایج نشانگر آن است که در صورت لحاظ یک نقطه‌ی شکست در سال ۱۹۹۶، بین مصرف سرانه انرژی این استان‌ها همگرایی وجود دارد گرچه سرعت این همگرایی پایین می‌باشد.

فلاحی و وویا<sup>۱</sup> (۲۰۱۵) در طی یک مقاله به بررسی مصرف انرژی سرانه در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی<sup>۲</sup> پرداختند. آنها با استفاده از روش زیرنمونه‌گیری و تشکیل فاصله اطمینان به این نتیجه رسیدند که تنها در ۱۳ کشور دلایل کافی برای وجود همگرایی مصرف انرژی وجود دارد.

در سال ۲۰۱۶ فلاحی و همکاران<sup>۳</sup> به بررسی ماندگاری مصرف انرژی در ۱۰۷ کشور در طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۷۱ پرداختند. نتایج این مطالعه نشانگر این است که کشورهای دنیا را می‌توان به ۳ گروه تقسیم کرد: آنهایی که مصرف انرژی آنها مانا هست که اغلب شامل کشورهای توسعه یافته و کشورهای غنی از منابع انرژی می‌باشد، گروه دوم کشورهایی که مصرف انرژی آنها نامانا هست و گروه سوم کشورهایی که سری زمانی مصرف انرژی در آنها دارای ویژگی انفجاری می‌باشد. همچنین فلاحی (۲۰۱۷) با استفاده از روش زیرنمونه-ای<sup>۴</sup> به بررسی همگرایی مصرف سرانه انرژی در بین ۱۰۹ کشور در طی دوره ۲۰۱۳-۱۹۷۱ پرداخته است. بدین منظور وی به جای بررسی همگرایی کشورها به یک کشور خاص یا میانگین مصرف انرژی، همگرایی تک‌تک کشورها نسبت به هم را بررسی کرده است. نتایج حاصل از ۷۹۶۲ زوج-کشور نشانگر وجود همگرایی تصادفی در بین این کشورها می‌باشد.

- 
1. Fallahi and Voia
  2. OECD
  3. Fallahi et al
  4. Subsampling

## مطالعات داخلی

به دلیل اینکه در ادبیات اقتصاد انرژی کشور تاکنون مطالعه‌ای در مورد همگرایی مصرف سرانه انرژی انجام نشده است، لاجرم به چند نمونه از مطالعات صورت گرفته در داخل کشور که در مورد همگرایی GDP و یا بهره‌وری انرژی می‌باشد، اشاره می‌شود.

ابریشمی و همکاران (۱۳۸۷)، در طی مطالعه‌ای به بررسی همگرایی بهره‌وری انرژی در کشورهای اسلامی در طول سالهای ۲۰۰۳-۱۹۸۰ به کمک روش اقتصادسنجی فضایی پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این کار پژوهشی، دلالت بر همگرایی سیگما و بتا در بین کشورهای اسلامی دارد.

رنجبر و علمی (۱۳۸۷)، به تفسیر مدل سری زمانی و شاخص‌های نابرابری از شکل گیری همگرایی در کشورهای گروه D-8 پرداختند. آنها در چارچوب مدل سولو - سوان، فرضیه همگرایی تولید ناخالص سرانه واقعی را برای گروه‌های مختلف کشورها در بازه‌های زمانی مختلف آزمون کردند. در همه موارد، آنها مشاهدات قوی مبنی بر همگرایی منطقه‌ای بلندمدت را ملاحظه کردند. همچنین پراکندگی درآمد سرانه این مناطق در طی زمان به طور پیوسته کاهش یافته و سرعت همگرایی سالانه در حدود ۲ درصد گزارش شد. فلاحی و همکاران (۱۳۹۰)، در مقاله خود به بررسی همگرایی بتا بین ایران و کشورهای منتخب اسلامی با متدولوژی سری زمانی در طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۵-۱۹۶۵ پرداخته‌اند. نتایج برآوردی حاکی از وجود همگرایی بتا در اکثر کشورهای اسلامی به سمت مقدار متوسط درآمد سرانه این گروه از کشورها می‌باشد.

بهبودی و همکاران (۱۳۹۱)، در مطالعه‌ای با عنوان "بررسی همگرایی بهره‌وری انرژی در متخی از کشورهای عضو OECD با رویکرد اقتصادسنجی فضایی" طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۳ وجود همگرایی بهره‌وری انرژی را تأیید کردند. همچنین نتایج نشانگر وجود وابستگی فضایی بین کشورها بود، بدین معنا که مجاورت، تاثیر مثبت بر رشد بهره‌وری انرژی در بین این کشورها دارد.

بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک □ ۱۸۱

شهبازی و حمیدی‌رزی (۱۳۹۳)، در مطالعه‌ی ای به بررسی همگرایی شدت انرژی بین کشورهای عضو اوپک طی دوره‌ی زمانی ۲۰۱۰-۱۹۷۱ پرداختند. نتایج این مطالعه که از روش‌های آزمون دوجانبه همگرایی پسران و همگرایی سیگما استفاده شده‌است حاکی از آن است که واگرایی در شدت انرژی بین کشوری تأیید می‌شود و شرط لازم همگرایی دوجانبه با احتمال کمتری پذیرفته می‌شود.

### ۳. روش شناسی تحقیق

کارلینو و میلز<sup>۱</sup> (۱۹۹۳)، شروط لازم برای وجود همگرایی در مدل نئوکلاسیکی را چنین بیان می‌کنند:

۱. همگرایی تصادفی وجود داشته‌باشد. این شرط در صورتی تحقق می‌یابد که سری‌های زمانی مورد مطالعه مانا باشند.

۲. همگرایی بتا وجود داشته باشد.

که در ادامه دو مورد فوق مورد بررسی قرار می‌گیرند.

### همگرایی تصادفی

یک راه معمول جهت آزمون وجود همگرایی تصادفی در یک سری زمانی، استفاده از آزمون ریشه واحد می‌باشد. اگر فرضیه صفر آزمون ریشه واحد مبنی بر نامانایی داده‌ها رد نشود سری زمانی مورد نظر ناماناست و همگرایی تصادفی برای این سری زمانی وجود ندارد. اما اگر فرضیه صفر این آزمون رد شود می‌توان گفت سری زمانی مورد نظر مانا می‌باشد و در این صورت شوک‌های وارده بر روند متغیر اثری ناپایدار خواهد داشت و همگرایی تصادفی وجود دارد.

در این مطالعه جهت آزمون همگرایی تصادفی از آزمون ریشه واحد ارائه شده توسط لی و استرازیسیچ<sup>۲</sup> (۲۰۰۳) که یک آزمون مبتنی بر حداقل LM<sup>۳</sup> هست استفاده می‌شود.

---

1. Carlino and Mills  
2. Lee and Strazicich  
3. Minimum LM Unit Root Test

آزمون فوق، امکان وجود یک نقطه شکست ساختاری را در مرحله آزمون فرضیه نامانایی فراهم می‌کند و بر پایه‌ی رگرسیون حداقل مربعات باقیمانده تعمیم یافته<sup>۱</sup> طرح ریزی شده است.  
به این شکل که:

$$Y_t = \delta' Z_t + X_t \quad \text{که} \quad X_t = \beta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

که در آن  $Z_t$  شامل متغیرهای برون‌زا است و فرضیه‌ی صفر آزمون ریشه واحد برابر  $\beta = 1$  می‌باشد.

در واقع آزمون ریشه واحد ارائه شده توسط لی و استرازیسیچ (۲۰۰۳)، همان آزمون اشمیت و فیلیپس<sup>۲</sup> (۱۹۹۲) با امکان لحاظ کردن یک شکست ساختاری می‌باشد. بطوریکه اگر  $Z_t = [1, t]'$  باشد، آنگاه آزمون مذکور تبدیل به آزمون ریشه واحد LM بدون شکست ساختاری ارائه شده توسط اشمیت و فیلیپس (۱۹۹۲) خواهد شد. لی و استرازیسیچ (۲۰۰۳)، دو مدل برای تغییرات ساختاری ارائه می‌دهند. مدل A (مدل سقوط<sup>۳</sup>) که امکان انتقال در سطح را فراهم می‌آورد و در آن:

$Z_t = (1, t, D_t)'$  زمانی که  $D_t = 1$  برای  $t \geq T_B + 1$  است و برای سایر حالات  $D_t$  برابر صفر می‌باشد.  $T_B$  نقطه‌ی شکست می‌باشد و مدل C که امکان تغییر در سطح و روند را تحت فرضیه‌ی جایگزین خود فراهم می‌آورد و در آن:

$Z_t = (1, t, D_t, DT_t)'$  زمانی که  $DT_t = t - T_{Bj}$  برای  $t \geq T_B + 1$  است و برای سایر حالات  $DT_t$  مساوی صفر می‌باشد. فرضیه‌ی صفر آزمون برابر با  $\beta = 1$  و فرضیه جانشین  $\beta < 1$  می‌باشد.

آماره‌های آزمون ریشه واحد LM را می‌توان از طریق معادله‌ی زیر بدست آورد:

- 
1. RALS (Residual Augmented Least squares)
  2. Schmidt and Phillips
  3. Crash Model

بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک □ ۱۸۳

$$\Delta Y_t = \delta' \Delta Z_t + \varphi S_{t-1}^* + u_t \quad (6)$$

بطوریکه  $\Delta Z_t = Y_t - \psi_x - Z_t \delta$ ،  $t = 2, \dots, T$ ،  $S_t^* = Y_t - \psi_x - Z_t \delta$  بر روی  $\Delta Y_t$  رگرسیون می‌باشد.

$$\delta' = [\delta_1, \delta_2, \delta_{3i}, \delta_{4i}]', \quad i = 1, \dots, R \quad (7)$$

و  $\psi_x$  برابر MLE مقید و  $S_t^*$  در رابطه (۴)، بیانگر سری‌های روند می‌باشد.

$$S_t = Y_t - \psi - Z_t \delta, \quad t = 2, \dots, T \quad (8)$$

و در آن  $\psi = Y_1 - Z_1 \delta$  می‌باشد.

جهت تصحیح خطاهای خود همبستگی، رابطه‌ی بالایی را همانند آزمون دیکی فولر تعمیم یافته شامل عبارات تعمیم یافته‌ی  $\Delta S_{t-j}$ ،  $j = 1, 2, \dots, k$  می‌شود. فرضیه‌ی صفر آزمون ریشه واحد بشکل  $\varphi = 0$  و آماره‌ی آزمون LM اینچنین خواهد شد:

$$\rho = T \cdot \varphi \quad (9)$$

$$\tau = \text{آماره‌ی صفر آزمون } t \text{ آماره‌ی } \varphi = 0$$

و معادله‌ی مورد آزمون به شکل رابطه (۱۰) تبدیل می‌شود:

$$\Delta y_t = \delta' \Delta Z_t + \varphi S_{t-1}^* + \sum_{j=1}^k d_j \Delta S_{t-j}^* + e_t \quad (10)$$

که  $\tau_{LM}^*$  بعنوان  $t$  آماره‌ی برای  $\varphi = 0$  می‌باشد. تعیین محل نقاط شکست ( $T_B$ ) از طریق جستجو در میان تمام نقاط شکست ممکن و آماره‌ی آزمون ریشه واحد تعیین می‌شود. نقطه شکست انتخاب شده نقطه‌ای هست که دارای حداقل آماره آزمون LM باشد.

### همگرایی بتا

برای بررسی آزمون همگرایی بتا از تابع روند به شکل زیر استفاده می‌شود:

$$Y_t = \mu + \beta t + u_t \quad (11)$$

که در آن  $Y_t$  نشانگر شاخص نابرابری متغیر مورد بررسی می‌باشد. این شاخص را می‌توان بصورت نسبت مصرف سرانه انرژی هر کشور به میانگین مصرف سرانه انرژی کشورهای گروه تعریف کرد. لذا جهت محاسبه شاخص نابرابری مصرف انرژی، برای هر کشور  $i$ ، نسبت مصرف سرانه‌ی انرژی (PCEU) به میانگین کل مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک بشکل زیر محاسبه می‌شود:

$$Y_{it} = \text{PCEU}_{it} / \text{average PCEU}_t \quad (12)$$

این نرمال‌سازی یعنی استفاده از نسبت مصرف سرانه انرژی هر کشور به متوسط مصرف سرانه انرژی کشورها این امکان را فراهم می‌آورد تا اثر شوک‌های جهانی که همه‌ی این کشورها را تحت تاثیر قرار داده (برای مثال شوک‌های بزرگ قیمتی نفت) حذف کرده و فقط روی روند مصرف سرانه انرژی کشور مورد بررسی متمرکز شد (لی و چانگ، ۲۰۰۹).

همچنین  $\beta$  میان متوسط نرخ رشد  $Y_t$  در طول زمان،  $\mu$  نشانگر مقدار اولیه  $Y_t$  و  $u_t$  جز اخلال با میانگین صفر می‌باشد. در این حالت همگرایی  $\beta$  ادعا می‌کند که باید کشورهای با مصرف سرانه انرژی اولیه ی بالاتر، رشد مصرف کندتری نسبت به کشورهای با مصرف سرانه انرژی پایین تر داشته باشند تا اینکه در بلندمدت به یک سطح همگرا شوند. بنابراین جهت رسیدن به همگرایی، کشوری که دارای مقدار  $Y_t$  اولیه‌ی مثبت می‌باشد ( $\mu > 0$ ) باید نرخ رشد منفی را تجربه کند ( $\beta < 0$ ) و کشوری با مقدار  $Y_t$  اولیه منفی ( $\mu < 0$ ) نرخ رشد مثبت خواهد داشت ( $\beta > 0$ ).

در این مطالعه به طور آشکار در ارتباط با داده‌های مصرف سرانه انرژی، مهمتر از هر مسأله‌ای به امکان لحاظ شکست ساختاری در تابع روند متغیر توجه شده‌است. پیش‌تر یکی از دلایل مهمی که باعث رسیدن به نتایج نامطلوب و غیر صحیح در آزمون‌های همگرایی می‌شد نادیده گرفتن شکست‌های ساختاری بود اما این مشکل با جایگزینی روش‌های

بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک □ ۱۸۵

جدید سری زمانی و روش پانل دیتا و تحلیل‌های زنجیره‌ای مارکوف<sup>۱</sup> بجای روش‌های اقتصادسنجی مبتنی بر داده‌های مقطعی و استفاده از نتایج بدست‌آمده از این مطالعات رفع شد و باعث بوجود آمدن روش‌هایی شد که امکان بررسی شکست‌های ساختاری را نیز میسر می‌ساخت (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۰).

در مطالعه حاضر جهت آزمون همگرایی بتا از روش ارائه شده توسط پرون و یابو (۲۰۰۹)<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. نقطه‌ی قوت این روش نسبت به روش‌های متداول پیشین این است که نتایج بدست‌آمده از این روش، صرفنظر از اینکه متغیر سری زمانی (در این مطالعه نابرابری مصرف سرانه انرژی) مورد بررسی انباشته از درجه  $I(0)$  باشد یا انباشته از درجه  $I(1)$ ، حساس نمی‌باشد و یا به عبارت دیگر مانایی یا نامانایی داده‌ها، تفاوتی در نتایج آزمون ایجاد نخواهد کرد و در آن نیازی به رفع مسأله‌ی خود همبستگی<sup>۳</sup> نیست.

پرون و یابو (۲۰۰۹b) به آنالیز مسأله‌ی آزمون فرضیه بر روی ضریب یک مدل روند خطی می‌پردازند در شرایطی که هیچگونه اطلاعی از طبیعت جز اخلاص، راجع به اینکه  $I(0)$  یا  $I(1)$  است وجود نداشته باشد که این موضوع نقطه‌ی قوت بسیار بزرگی تلقی می‌شود. اگر محل شکست ساختاری در تابع روند بصورت برون‌زا معلوم باشد که کار بسیار ساده است و مدل ارائه شده پرون و یابو (۲۰۰۹a) مستقیماً استفاده می‌شود. اما زمانی که اطلاع دقیقی از محل شکست داده‌ها وجود ندارد توزیع توابع Exp, Mean, Sup آزمون‌های والد در محل شکست داده‌ها، برای موارد  $I(0)$  و  $I(1)$  برابر نخواهد بود (اندروز و پلابرگر ۱۹۹۴)<sup>۵</sup>. پرون و یابو (۲۰۰۹b) آنالیز قبلی خود را در مورد آزمون تغییرات در عرض از مبدا و شیب تابع روند سری زمانی تک متغیره توسعه دادند. آنها جهت رفع این

1. Markov Chain

2. Perron and Yabu

۳. آنچه که مسلم است این است که مصرف سرانه انرژی هر سال به مصرف سرانه انرژی سال‌های قبل بستگی دارد. و این موضوع به این معنی است که بین  $y_t$  و  $y_{t-1}$  و ... خود همبستگی وجود خواهد داشت. و در نتیجه بین جملات اخلاص  $U_t$  و  $U_{t-1}$  و ... نیز خود همبستگی وجود خواهد داشت.

4. Wald Tests

5. Andrews and Ploberger

مشکل در مواردی که محل شکست داده‌ها بصورت درونزا تعیین می‌شود از یک روش تخمین تورش تصحیح شده OLS برای  $\alpha$  که توسط روی و فولر (۲۰۰۱)<sup>۱</sup> پیشنهاد شده بود استفاده کردند.

با لحاظ کردن یک نقطه شکست ساختاری در عرض از مبدا و شیب، مدل مورد بررسی به شکل زیر درمی‌آید:

$$y_t = \mu_1 DU_{1t} + \beta_1 DT_{1t} + \mu_2 DU_{2t} + \beta_2 DT_{2t} + u_t \quad (13)$$

که  $DU$  و  $DT$  نشانگر متغیرهای مجازی برای وجود شکست در عرض از مبدا و شیب می‌باشند. بطوریکه  $\mu_1$  و  $\mu_2$  به ترتیب برابر عرض از مبدا قبل و بعد از نقطه‌ی شکست می‌باشند. همچنین  $\beta_1$  و  $\beta_2$  به ترتیب برابر ضرایب شیب متغیر مورد بررسی قبل و بعد از نقطه‌ی شکست می‌باشند. یعنی  $\beta_1$  نمایانگر نرخ رشد مصرف سرانه‌ی انرژی قبل از نقطه‌ی شکست و  $\beta_2$  نمایانگر نرخ رشد مصرف سرانه‌ی انرژی بعد از نقطه‌ی شکست ساختاری می‌باشد.

به طور کلی مدل‌های شکست ساختاری به اشکال زیر طبقه بندی می‌شوند:

مدل A (مدل سقوط<sup>۲</sup>) که فقط امکان انتقال در عرض از مبدا را فراهم می‌آورد و در آن:

$$Z_t = (1, DU_t, t)' \text{ و } \psi = (\mu_1, \mu_2, \beta_1)' \text{ که } DU_t = 1(t > T_B) \text{ ، } T_B \text{ نقطه‌ی شکست و } T_B = [\lambda_1 T]$$

در این مدل  $\mu_2 = 0$  مورد آزمون قرار می‌گیرد.

مدل B (تغییر رشد<sup>۳</sup>) که امکان تغییرات یکباره در شیب تابع روند را فراهم می‌آورد و در آن:

$$Z_t = (1, t, DT_t)' \text{ و } \psi = (\mu_1, \beta_1, \beta_2)' \text{ که } DT_t = 1(t > T_B)(t - T_B) \text{ و فرضیه صفر در این مورد برابر } \beta_2 = 0 \text{ می‌باشد.}$$

و مدل C که امکان تغییر در عرض از مبدا و شیب را فراهم می‌آورد و در آن:

- 
1. Roy and Fuller
  2. Crash Model
  3. Changing Growth

۱۸۷ □ بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک

در این مطالعه امکان شکست ساختاری برای عرض از مبدا و شیب فراهم شده است. بن دیوید و پاپل<sup>۱</sup> (۱۹۹۸)، نشان دادند که مدل C، برای داده های اقتصادی اکثر کشورها مناسب می باشد.

فرضیه صفر این مدل، مبنی بر عدم وجود شکست ساختاری در روند برابر  $\mu_2 = 0, \beta_2 = 0$  می باشد. در صورت عدم رد فرضیه صفر، مدل (۱۲) تبدیل به یک مدل روند خطی  $\mu_1 + \beta_1 t$  با جز اختلال  $u_t$  خواهد شد. فرآیند مورد نظر امکان این که جزء اختلال دارای خودهمبستگی و نامانایی باشد را می دهد و حتی در آزمون پیشنهاد شده توسط پرون و یابو (۲۰۰۹)، نیاز به آگاهی از اینکه جز اختلال، همجمعی از چه درجه ای است نیز نمی باشد زیرا این آزمون در هر دو حالت  $I(0)$  و  $I(1)$  دارای قدرت آزمون بالایی می باشد.

زمانی که محل شکست داده ها نامشخص باشد پرون و یابو (۲۰۰۹b) از متدولوژی ارائه شده توسط اندروز و پلابرگر (۱۹۹۴) بهره می برند که بدین شکل می باشد:

$$\text{Mean} - W_{FS} = T^{-1} \sum_{\Lambda} W_{FS}(\lambda_1') \quad (14)$$

$$\text{Exp} - W_{FS} = \log[T^{-1} \sum_{\Lambda} \exp(\frac{1}{2} W_{FS}(\lambda_1'))] \quad (15)$$

$$\text{Sup} - W_{FS} = \sup_{\Lambda} W_{FS}(\lambda_1') \quad (16)$$

بطوریکه برای  $\epsilon > 0$ ،  $\Lambda = \{ \lambda_1'; \epsilon \leq \lambda_1' \leq 1 - \epsilon \}$  می باشد. معمولاً مقدار  $\epsilon$  برای مطالعات مختلف بین ۰/۱۰ تا ۰/۲ می باشد تا داده های زیادی از دست نرود. در این مطالعه جهت بالا رفتن قدرت آزمون از مقدار ۰/۰۵ استفاده شده است.

مقادیر بحرانی مدل های مختلف این آزمون در مقاله پرون و یابو (۲۰۰۹) آورده شده است.

---

1. Ben David and Papell

#### ۴. توصیف داده‌ها و نتایج تجربی

نمونه‌ی آماری مورد مطالعه، کشورهای عضو اوپک که شامل ۱۲ کشور ایران، عراق، کویت<sup>۱</sup>، عربستان، ونزوئلا، قطر، لیبی، امارات متحده عربی، الجزایر، نیجریه، اکوادور و آنگولا می‌باشد. کشورهای عضو اوپک با وجود اینکه از نظر جغرافیایی بسیار پراکنده می‌باشند اما دارای ویژگی مشترک بسیار مهمی می‌باشند و آن، وابستگی شدید این کشورها به درآمد‌های حاصل از فروش نفت می‌باشد. داده‌های سالانه مصرف سرانه انرژی<sup>۲</sup> برای دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۱۹۷۱ از پایگاه بانک جهانی<sup>۳</sup>، استخراج شده‌اند و اختلاف آنها از میانگین کشورهای مورد بررسی محاسبه شده است. نرم افزارهای مورد استفاده در این مطالعه شامل Eviews و GAUSS می‌باشند.

کشورهای مورد بررسی را می‌توان بر اساس مصرف سرانه انرژی به سه گروه تقسیم نمود:

الف) کشورهایی با مصرف سرانه‌ی انرژی بالا (مصرف سرانه انرژی بالاتر از ۴۰۰۰۰) که شامل کشورهای عربستان، امارات و قطر می‌باشد.

ب) کشورهایی با مصرف سرانه‌ی انرژی متوسط (مصرف سرانه‌ی انرژی بین ۴۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰) که شامل کشورهای ایران، ونزوئلا و لیبی می‌باشد.

ج) کشورهایی با مصرف سرانه‌ی انرژی پایین (مصرف سرانه‌ی انرژی پایین تر از ۲۰۰۰۰) که شامل کشورهای عراق، الجزایر، نیجریه، اکوادور و آنگولا می‌باشد.

در جدول ۱ و در ستون دوم مقادیر مربوط به آزمون دیککی فولر<sup>۴</sup> تعمیم یافته برای حالتی که فقط عرض از مبدا در مدل وارد شده و در ستون سوم مقادیر مربوط به آزمون دیککی فولر برای حالتی که هم عرض از مبدا و هم روند زمانی در مدل لحاظ شده‌اند

۱. به دلیل ناقص بودن داده‌های مربوط به مصرف سرانه‌ی انرژی کشور کویت، این کشور از لیست کشورهای مورد بررسی کنار گذاشته شد.

۲. Per capita energy use (kg of oil equivalent per capita)

۳. World Bank

۴. Dickey and Fuller

بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک □ ۱۸۹

گزارش شده است. در ستون آخر تعداد وقفه‌ی بهینه نشان داده شده است که برای تعیین تعداد وقفه‌ی بهینه از معیار شوارتز استفاده شده است.

جدول (۱). نتایج حاصل از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته

کشورها	فقط عرض از مبدا $Z_t = \{1\}$	عرض از مبدا و روند $Z_t = \{1, t\}$	وقفه
الجزایر	-۲/۸*	-۳/۸۷**	۱
آنگولا	-۴/۴۲***	-۳/۳۴۵**	۵
عربستان	۰/۴	-۳/۰۱۳	۱۳
اکوادور	-۳/۲۹**	-۳/۱۸*	۱
امارات متحده عربی	-۳/۷۲***	-۳/۶۳**	۱
ایران	۰/۲۶۵	-۱/۳۵	۱۱
عراق	-۳/۰۱۹**	-۳/۰۰۶*	۱۰
لیبی	-۳/۹۶***	-۳/۴۶**	۱۰
نیجریه	-۳/۴۳**	-۳/۷۶**	۱
قطر	-۳/۶۱***	-۳/۴۹**	۵
ونزوئلا	-۳/۰۲۹**	-۴/۴۲***	۱

\*\*\*، \*\* و \* به ترتیب نشانگر معنی داری در سطوح ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج جدول ۱، وجود ریشه واحد برای داده‌های مصرف سرانه انرژی ۹ کشور در سطح معناداری ۱۰٪ رد شده است. به این معنا که مصرف سرانه انرژی کشورهای الجزایر، آنگولا، اکوادور، امارات، عراق، لیبی، نیجریه، قطر و ونزوئلا با توجه به این آزمون مانا بوده و همگرایی تصادفی برقرار می باشد.

در جدول ۲ و در ستون دوم مقادیر مربوط به آزمون فیلیپس- پرون برای حالتی که فقط عرض از مبدا در مدل وارد شده و در ستون سوم مقادیر مربوط به آزمون فیلیپس- پرون برای حالتی که هم عرض از مبدا و هم روند زمانی در مدل لحاظ شده‌اند گزارش شده است. همچنین ستون چهارم مقادیر مربوط به آزمون فیلیپس- پرون برای حالتی که از داده‌ها یک بار تفاضل گرفته شده و فقط عرض از مبدا در مدل وارد شده و در ستون پنجم

مقادیر مربوط به آزمون فیلیپس-پرون برای حالتی که از داده‌ها یک بار تفاضل گرفته شده و هم عرض از مبدا و هم روند زمانی در مدل لحاظ شده‌اند گزارش شده است.

جدول (۲). نتایج حاصل از آزمون فیلیپس پرون

کشورها	عرض از مبدا $Z_t = \{1\}$	عرض از مبدا و روند $Z_t = \{1, t\}$	با یک بار تفاضل گیری عرض از مبدا $Z_t = \{1\}$	با یک بار تفاضل گیری عرض از مبدا و روند $Z_t = \{1, t\}$
الجزایر	۶۲۰/-۱	-۱/۹۴۸	-۲/۸۶۳*	-۲/۸۰۱۷
آنگولا	-۳/۲۵۷**	-۱/۱۶۸	-۴/۶۵۴***	-۴/۶۹۹***
عربستان	-۰/۳۷۸	-۱/۹۹۶	-۲/۷۵۱*	-۲/۶۶۵
اکوادور	-۱/۳۷۳	-۰/۶۵۶	-۳/۰۸۰**	-۲/۹۵۱
امارات متحده عربی	-۱/۱۹۷	-۰/۹۸۲	-۴/۰۷۳***	-۴/۱۳۰***
ایران	۰/۵۳۳	۰/۸۴۹	-۲/۷۴۱*	-۲/۶۳۹
عراق	-۲/۰۷۳	-۲/۰۷۲	-۳/۰۵۶**	-۳/۰۴۷**
لیبی	-۴/۴۲۳***	-۴/۰۷۰***	-۳/۲۵۱**	-۳/۴۱۰***
نیجریه	-۳/۰۱۷**	-۱/۲۹۰	-۳/۷۲۱***	-۴/۱۶۴***
قطر	-۲/۴۰۲	-۲/۴۹۳	-۲/۲۷۵	-۲/۲۲۹
ونزوئلا	-۲/۳۸۲	-۱/۲۲۴	-۲/۶۵۲*	-۲/۶۲۱

\*, \*\*, \*\*\* به ترتیب نشانگر معنی داری در سطوح ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج جدول فوق، در حالت بدون لحاظ کردن روند، شاخص نابرابری مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای آنگولا، لیبی و نیجریه مانا می‌باشد و در حالتی که روند نیز لحاظ می‌شود تنها کشور لیبی فرضیه‌ی وجود ریشه واحد را رد می‌کند.

همچنین جدول ۲ نشان می‌دهد که با یک بار تفاضل‌گیری از شاخص نابرابری مصرف سرانه‌ی انرژی، در حالتی که روند لحاظ نشده باشد مصرف سرانه‌ی انرژی تمامی کشورها بجز کشور قطر در سطح معنی داری ۱۰٪ مانا می‌باشد و فرضیه‌ی صفر این آزمون مبنی بر وجود ریشه واحد را رد می‌کنند. از طرفی با یک بار تفاضل‌گیری از داده‌ها و در حالت وارد کردن

۱۹۱ □ بررسی وجود همگرایی تصادفی و بنا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک

روند زمانی در مدل، شاخص نابرابری مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای آنگولا، امارات، عراق، لیبی و نیجریه مانا می‌باشد.

نتایج حاصل از به کارگیری آزمون ریشه واحد به روش لی و استرازیسیچ (۲۰۰۳)، با لحاظ یک شکست ساختاری برای دوره‌ی زمانی مذکور در جدول ۳ آورده شده‌است. بر اساس این نتایج، فرضیه‌ی صفر مبنی بر وجود ریشه واحد برای شاخص نابرابری مصرف سرانه انرژی در سطح معناداری ۱۰٪ برای ۷ کشور آنگولا، عربستان، امارات، ایران، عراق، نیجریه و ونزوئلا رد شده‌است. به این معنا که شاخص نابرابری مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای فوق در سطح معناداری ۱۰٪ مانا بوده و همگرا می‌باشد.

جدول (۳). نتایج حاصل از روش لی و استرازیسیچ (۲۰۰۳)

کشور ها				عرض از مبدا	متغیر مجازی مربوط به عرض از مبدا	متغیر مجازی مربوط به شیب
	$\tau^*LM$	$T_B$	وقفه	Constant	DB	DU
الجزایر	-۳/۲	۴فصل ۱۹۹۴	۱۲	۰/۰۰۱***	۰/۰۰۰۴	-۰/۰۰۰۵
آنگولا	-۵/۴۸***	۲فصل ۱۹۷۷	۸	-۰/۰۰۴***	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱
عربستان	-۴/۴۸**	۱فصل ۱۹۸۴	۶	۰/۰۰۰۳	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۰۰۸
اکوادور	-۳/۶۹	۱فصل ۱۹۸۱	۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۰۰۰۶
امارات متحده عربی	-۴/۵۱**	۲فصل ۱۹۸۶	۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۵	-۰/۰۰۰۵
ایران	-۴/۱۶	۲فصل ۱۹۷۷	۱۰	۰/۰۰۰۴***	۰/۰۰۰۹	-۰/۰۰۰۵**
عراق	-۴/۵**	۲فصل ۱۹۷۴	۱۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	-۰/۰۰۰۰۴*
لیبی	-۳/۷۲	۱فصل ۱۹۹۴	۶	۰/۰۰۰۵***	۰/۰۰۰۳	-۰/۰۰۰۰۵***
نیجریه	-۵/۴۸***	۳فصل ۱۹۷۹	۶	-۰/۰۰۰۲***	-۰/۰۰۰۳	-۰/۰۰۰۰۳
قطر	-۳/۷۱	۳فصل ۱۹۷۶	۶	۰/۰۰۰۴	-۰/۰۰۰۰۶	-۰/۰۰۰۱۲
ونزوئلا	-۴/۴۷**	۳فصل ۱۹۷۹	۷	-۰/۰۰۰۴	-۰/۰۰۰۰۶	-۰/۰۰۰۰۲
$\lambda$ مقادیر بحرانی در سطح ۱۰٪		۵ -۴/۱۷	۴ -۴/۱۸	۳ -۴/۱۸	۲ -۴/۲	۱ -۴/۲۱

\*\*\* و \*\* و \* به ترتیب نشانگر معنی داری در سطوح ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

برای کشورهای الجزایر، آنگولا، اکوادور، امارات، لیبی، نیجریه، قطر و ونزوئلا نقطه‌ی شکست ساختاری در سطح ۱۰٪ معنادار نمی‌باشد. پس برای این کشورها از نتایج آزمون‌های ریشه واحد بدون شکست ساختاری استفاده می‌کنیم. نتایج آزمون دیکی فولر تعمیم یافته در جدول ۱ آمده‌است.

بر اساس جدول ۳، وجود ریشه واحد برای داده‌های مصرف سرانه انرژی ۹ کشور در سطح معناداری ۱۰٪ رد شده‌است. به این معنا که مصرف سرانه انرژی کشورهای الجزایر، آنگولا، اکوادور، امارات، عراق، لیبی، نیجریه، قطر و ونزوئلا با توجه به این آزمون مانا بوده و همگرایی تصادفی برقرار می‌باشد.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های شاخص نابرابری مصرف سرانه‌ی انرژی برای تمامی کشورهای عضو اوپک، یا در حالت بدون وجود شکست ساختاری و یا با وجود یک شکست ساختاری مانا می‌باشند و این یعنی، برای مصرف سرانه‌ی انرژی تمامی این کشورها همگرایی تصادفی وجود دارد. این نتایج در جدول ۵ آورده شده‌است.

جدول ۴ نشانگر تخمین‌های  $\mu$  و  $\beta$  و نقطه‌ی شکست با استفاده از آزمون پرون و یابو (۲۰۰۹) می‌باشد. بر اساس نتایج این جدول، مشاهده می‌شود که تخمین  $\mu$  برای تمامی کشورها از لحاظ آماری مخالف صفر است که نشان دهنده وجود نابرابری بین مصرف سرانه‌ی انرژی کشورها و سطح متوسط مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک در سال ۱۹۷۱ می‌باشد. همچنین جدول، گویای این مطلب است که کشورهای الجزایر، عربستان، امارات، عراق و لیبی قبل از نقطه‌ی شکست نسبت به متوسط مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک واگرا و بقیه‌ی کشورها همگرایی را تجربه کرده‌اند.

در دوره‌ی بعد از شکست ساختاری اکثر کشورها به جز نیجریه و ونزوئلا به سمت متوسط مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک همگرا شده‌اند. این درحالی است که همین ۲ کشور، قبل از نقطه‌ی شکست همگرا بوده‌اند. واگرایی این دو کشور در بعد از نقطه شکست ساختاری به سمت مصرف کمتر انرژی هست چرا که در نقطه بعد از شکست این دو کشور دارای عرض از مبدا منفی بوده‌اند و در طول دوره بعد از شکست ساختاری

بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک □ ۱۹۳

دارای روند منفی در مصرف انرژی بوده‌اند. که این امر نشان می‌دهد عملکرد این دو کشور بهتر از متوسط کشورهای مورد بررسی بوده‌است. نکته‌ی حائز اهمیت آن است که تمام کشورهایی که قبل از نقطه‌ی شکست، واگرایی را نشان می‌دادند، بعد از شکست به سمت روند متوسط مصرف سرانه انرژی متمایل شده و با آن همگرا می‌شوند.

جدول (۴). نتایج حاصل از روش پرون و یابو (۲۰۰۹)

کشور ها	عرض از مبدا		شیب	
	قبل از شکست	بعد از شکست	قبل از شکست	بعد از شکست
الجزایر	۳/۴۸۳**	۲/۱۹۹۴	۰/۱۶۳***	۰/۰۰۱***
آنگولا	۳/۰۷۷**	۴/۱۹۸۲	۰/۴۲۹***	-۰/۰۰۶***
عربستان	۱/۰۸۰	۳/۱۹۸۴	۰/۴۶۲***	۰/۰۰۵***
اکوادور	۱/۶۲۳	۲/۱۹۹۶	۰/۲۴۶***	-۰/۰۰۱***
امارات متحده عربی	۴/۱۷۷**	۳/۱۹۸۶	۱/۸۱۵***	۰/۰۱۵***
ایران	۱/۹۵۹	۴/۱۹۸۹	۰/۴۱۲***	-۰/۰۰۱***
عراق	۰/۶۱۸	۳/۱۹۹۸	۰/۲۱۳***	۰/۰۰۱***
لیبی	۱۰/۳۶***	۱/۱۹۹۱	۰/۶۱۱***	-۰/۰۰۹***
نیجریه	۱۴/۳۸***	۴/۱۹۷۹	۰/۴۰۰***	-۰/۰۰۳***
قطر	۰/۵۸۵	۲/۱۹۹۷	۵/۰۷***	۰/۰۱۱***
ونزوئلا	۶/۵۹۳***	۳/۱۹۷۹	۱/۰۸۳***	-۰/۰۰۵***
سطح معنی‌داری مقادیر بحرانی			۰.۰۵ ۳/۱۲	۰.۰۱ ۵/۲۵
			۰.۱۰ ۲/۴۸	

\*, \*\*, و \*\*\* به ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطوح ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۵). خلاصه‌ی آزمون‌های ریشه واحد

بدون شکست	مانا	الجزایر
بدون شکست	مانا	آنگولا
با شکست	مانا	عربستان
بدون شکست	مانا	اکوادور
بدون شکست	مانا	امارات
با شکست	مانا	ایران
با شکست	مانا	عراق
بدون شکست	مانا	لیبی
بدون شکست	مانا	نیجریه
بدون شکست	مانا	قطر
بدون شکست	مانا	ونزوئلا

منبع: یافته‌های تحقیق

خلاصه نتایج حاصل از روش پرون و یابو در مورد همگرایی یا واگرایی مصرف سرانه‌ی انرژی کشورها قبل و بعد از نقطه شکست در جدول ۶ آمده‌است.

جدول (۶). خلاصه‌ی نتایج روش پرون و یابو

بعد از شکست	قبل از شکست	کشور
همگرا	واگرا	الجزایر
همگرا	همگرا	آنگولا
همگرا	واگرا	عربستان
همگرا	همگرا	اکوادور
همگرا	واگرا	امارات
همگرا	همگرا	ایران
همگرا	واگرا	عراق
همگرا	همگرا	لیبی
واگرا	همگرا	نیجریه
همگرا	همگرا	قطر
واگرا	همگرا	ونزوئلا

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک □ ۱۹۵

جداول ۷ و ۸ چگونگی پراکندگی نقاط شکست ساختاری را در روند مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک طی دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۱۹۷۱ با بهره‌گیری از آزمون لی و استرازیسیچ (۲۰۰۳) و پرون و یابو (۲۰۰۹) نشان می‌دهند.

با تمرکز بر روی این نمودارها قاعده‌ی مورد انتظار در محل نقاط شکست بدست آمده از تخمین‌ها به وضوح دیده می‌شود. بطوریکه محل نقاط شکست بدست آمده، بلافاصله پس از سال‌های وقوع شوک انرژی یا اقتصادی در جهان تخمین زده شده‌است. برای مثال، اولین شوک نفتی سال ۱۹۷۳ و ۱۹۷۴ که ناشی از جنگ اعراب و اسرائیل بود قیمت حامل‌های انرژی را به شدت افزایش داد. از طرفی در نمودار ۱ نشان داده شده‌است که نقاط شکست ۴ کشور در فاصله‌ی زمانی ۱۹۷۷-۱۹۷۴ رخ داده‌است.

تأثیر شوک نفتی سال ۱۹۷۹، به دلیل وقوع انقلاب اسلامی ایران و جنگ ایران و عراق در این نمودارها به خوبی مشهود است. شوک نفتی سال ۱۹۸۶، که به دلیل شکست اوپک در کنترل قیمت‌ها اتفاق افتاد. همچنین در دوره‌ی زمانی ۱۹۹۰-۱۹۹۷، مصرف جهانی نفت به خاطر دلایلی همچون رشد اقتصادی منطقه‌ی آسیا - اقیانوسیه افزایش پیدا کرده و سبب افزایش قیمت آن شد. کاهش تولید نفت توسط کشور روسیه در آن دوران مزید بر علت شد که پیامد این رویدادهای مهم جهانی، در جداول زیر به وضوح ملاحظه می‌شود.

جدول (۷). چگونگی پراکندگی نقاط شکست ساختاری در روند مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک طی دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۱۹۷۱ با استفاده از آزمون لی و استرازیسیچ

۱۹۹۴	۱۹۸۶	۱۹۷۹-۱۹۸۴	۱۹۷۴-۱۹۷۷
**	*	****	****

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۸). چگونگی پراکندگی نقاط شکست ساختاری در روند مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک طی دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۱۹۷۱ با استفاده از آزمون پرون و یابو

۱۹۷۹-۱۹۸۴	۱۹۸۶	۱۹۸۹-۱۹۹۴	۱۹۹۶-۱۹۹۸
****	*	***	***

منبع: یافته‌های تحقیق

## ۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتایج آزمون‌ها بطور کلی نشان می‌دهد که فرضیه‌ی صفر مربوط به وجود ریشه واحد را برای همه کشورهای می‌توان رد نمود. فلذا همگرایی تصادفی در تمام کشورها برقرار است. به عبارت دیگر، می‌توان گفت مصرف سرانه انرژی تک تک کشورهای عضو اوپک مانا بوده و به عبارتی در بین مصرف سرانه انرژی این کشورها همگرایی تصادفی وجود دارد.

بر اساس نتایج روش پرون و یابو، می‌توان اذعان داشت که همگرایی بتا برای مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای آنگولا، اکوادور، ایران، نیجریه، قطر و ونزوئلا در رژیم اول (دوره قبل از شکست ساختاری) و برای کشورهای الجزایر، آنگولا، عربستان، اکوادور، امارات، ایران، عراق، لیبی و قطر در رژیم دوم (دوره ی بعد از شکست ساختاری) برقرار است. منتها برای کشورهای نیجریه و ونزوئلا نتایج حاکی از واگرایی مصرف سرانه انرژی می‌باشد.

از آنجایی که در بحث همگرایی تصادفی، مصرف سرانه انرژی تمامی کشورهای مورد بررسی در این مطالعه یا با لحاظ یک شکست ساختاری و یا بدون وجود شکست ساختاری دارای فرآیند مانا می‌باشند، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که هرگونه طراحی سیاست در مدیریت تقاضای انرژی برای هر کدام از کشورها اثری موقت خواهد داشت. یعنی اعمال چنین سیاست‌هایی جهت تغییر الگوی مصرفی هر کدام از کشورها با شکست مواجه خواهد شد.

در بحث همگرایی بتا، با توجه به اینکه آزمون‌ها نشان از وجود همگرایی بتا در بین مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک دارد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که الگوی مصرفی کشورهایی با مصرف سرانه انرژی پایین تر (الجزایر، آنگولا، اکوادور، عراق) به سرعت در حال نزدیک شدن به الگوی مصرفی کشورهای پر مصرف است و می‌توانند سیاست‌های خود را نسبت به آن تنظیم کنند.

بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای عضو اوپک □ ۱۹۷

علاوه بر این، در این نتایج اثر شوک های جهانی بر روی مصرف سرانه انرژی کشورها به وضوح قابل مشاهده است. بطوریکه در فاصله ی کوتاهی از وارد شدن شوک، اثرات آن در بین مصرف کشورهای مختلف دیده می شود. پس با توجه به نتایج این مطالعه می توان انتظار داشت که پس از هر شوک بزرگ جهانی، یک تغییر محسوس اما موقتی در روند مصرف سرانه‌ی انرژی این کشورها رخ خواهد داد.

به طور کلی می توان بیان کرد که نتایج آزمون‌ها نشانگر وجود همگرایی تصادفی در بین مصرف سرانه انرژی تک تک کشورهاست. همچنین بر اساس نتایج روش پرون و یابو، می توان اذعان داشت که همگرایی بتا برای مصرف سرانه‌ی انرژی کشورهای آنگولا، اکوادور، ایران، نیجریه، قطر و ونزوئلا در رژیم اول (دوره قبل از شکست ساختاری) و برای کشورهای الجزایر، آنگولا، عربستان، اکوادور، امارات، ایران، عراق، لیبی و قطر در رژیم دوم (دوره ی بعد از شکست ساختاری) برقرار است. نقاط شکست ساختاری برآورد شده در مدل‌های فوق، با سالهای مربوط به وقوع انقلاب اسلامی ایران، جنگ ایران و عراق، جنگ اعراب و اسرائیل و رشد اقتصادی کشورهای آسیای شرقی متقارن می باشد.

## منابع و مأخذ

- Abrishami, Hamid., Alamolhoda, Neda., Amiri, Meysam. (2008). Investigating the convergence of energy efficiency in Islamic countries during the course of spatial econometrics. *Quarterly Energy Economics Review*. 15: 7-34.
- Andrews, D.K., Ploberger, W., (1994). Optimal Tests When a Nuisance Parameter Is Present Only Under the Alternative. *Econometrica*. 62, 1383- 1414.
- Barro, R.J., Sala-i-Martin, X., (1991). Convergence across States and Regions. *Brookings Paper on Economic Activity*. The Brookings Institution, pp. 107-182.
- Baumol, W. J., (1986). "Productivity Growth, Convergence and Welfare: What the Long Run Data Show?" *American Economic Review*, Vol. 16, No. 10, PP. 72-85.
- Behboodi, Davood., Fallahi, Firouz., Sheybani, Amineh. (2013). Energy efficiency convergence in selected OECD member countries with spatial econometric approach; *Quarterly Journal of Applied Economic Studies in Iran*. 60: 113-140.
- Bernard, A. B., Durlauf, S. N. (1995). Convergence in International Output; *Journal of Applied Econometrics*, v.10, pp. 97-108.
- Carrion-i-Silvestre, J.L., Del Barrio-Castro, T., Lopez-Bazo, E., (2002). Breaking the Panels: An Application to GDP per Capita. *The Econometrics Journal*. 8, 159–175.
- Carlino, C. A. Mills, L. O. (1993). Are US Regional Incomes Convergence?; *Journal of Monetary Economics*, v.32, pp. 335-346.
- Chen, P.F., Lee, C.C., (2007). Is Energy Consumption per Capita Broken Stationary? New Evidence from Regional Based Panels. *Energy Policy* 35, 3526–3540
- Dickey D.A., Fuller W.A., (1979). Distributions of the Estimator for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of American Statistical Association*. 74, 427-431.
- Fallahi, F .and Rodriguez, G., (2015) Structural Breaks and Labor Market Disparities in the Canadian Provinces .*Journal of Economic Studies* 42, 322-342.
- Fallahi, Firouz., Salmani, Behzad., Kiyani, Simin. Beta Type Convergence Survey between Iran and Selected Islamic Countries. *Iranian Economic Research Quarterly*. 4: 171-194.
- Fallahi, F and Voia M.C (2015), Convergence and persistence in per capita energy use among OECD

- Countries: Revisited using confidence intervals, *Energy Economics* 52, 246-253.
- Fallahi, F, Karimi, M, Voia, MC (2016) Persistence in world energy consumption: Evidence from subsampling confidence intervals, *Energy Economics* 57, 175-183.
- Fallahi, Firouz (2017), Stochastic convergence in per capita energy use in world. *Energy Economics* 65, 228-239.
- Foroughipour, Elham. (2007). Sigma and Beta convergence between OPEC member countries. *Quarterly Journal of Business Research*. 39: 135-156.
- Hao, Y., Wang, Sh., Zhang, Z. (2015). Examine the Convergence in Per Capita Energy Consumption in China with Breakpoints, the 7th International Conference on Applied Energy, 2617 – 2625
- Heshmatzadeh, Mohammadbagher . (2012). Fifty years of OPEC and politics. *Strategic Quarterly*. 3:57-80.
- Herrerias, M. J., Liu, G. (2013) Electricity Intensity across Chinese Provinces: New Evidence on Convergence and Threshold Effects, *Energy Economics*, Vol. 36, PP. 268–276.
- Jewell, T., Lee, J., Tieslau, M., Strazisich, M.C., (2003). Stationary of Health Expenditure and GDP: evidence from panel unit root tests with heterogeneously structural breaks. *Journal of Health Economics*. 22. 313-323.
- Kula, F., Aslan, A., Ozturk, I., (2012). Is per Capita Electricity Consumption Stationary? Time Series Evidence from OECD Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16, 501–503.
- Lean, H.H., Smyth, R., (2009). Long Memory in U.S. Disaggregated Petroleum Consumption: Evidence from Univariate and Multivariate LM Tests for Fractional Integration. *Journal of Energy Policy*. 3205-3212.
- Lee, C. C. Chang, C. P. (2009). Stochastic Convergence of per Capita Carbon Dioxide Emission and Multiple Structural Breaks in OECD Countries; *Economic Modelling*. 26, 1375-1381.
- Lee, J., Strazicich, M., (2001). Break Point Estimation and Spurious Rejections with Endogenous Unit Root Tests. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 63, 535–558.
- Lee, J., Strazicich, M.C., (2003). Minimum Lagrange Multiplier Unit root test with Two Structural Breaks. *The Review of Economics and Statistics*. 85, 1085-1089.
- Lee, J., Strazicich, M.C., (2003). Minimum LM Unit Root Test with One Structural Break. *The Review of Economics and Statistics*. 47, 177-183.
- Liddle, B. (2010), "Revisiting World Energy Intensity Convergence for Regional Differences", *Applied Energy*, Vol. 87, PP. 3218–3225.

- Lumsdaine, R., Papell D. (1997), Multiple Trend Breaks and the Unit Root Hypothesis, *Review of Economics and Statistics*, 79. 212-218.
- Meng, M., Payne, J. E., Lee, J., (2012). Convergence in per capita energy use among OECD countries. *Energy Economics*. 36, 536–545.
- Mohammadi, H., Ram, R., (2012). Cross-Country Convergence in Energy and Electricity Consumption, *Energy Economics*. 34, 1882–1887.
- OPEC (2014), *Opec Annual Report*: <http://www.opec.org/>
- Ozturk, I., Aslan, A., (2011). Are Fluctuations in Energy Consumption per Capita Transitory? Evidence from Turkey. *Energy Exploration and Exploitation*. 29, 161–167.
- Perron, P. (1989), The Great Crash, the Oil Price Shock and the Unit Root Hypothesis, *Journal of Econometrics* 115. 1-27.
- Perron, P., (2006). Dealing with Structural Breaks. In: Mills, T.C., Patterson, K. (Eds.), *New Palgrave Handbook of Econometrics*, vol. 1., pp. 278–352.
- Perron. Y., Yabu. T. (2009a). Testing for Shifts in Trend with an Integrated or Stationary Noise Component. *Journal of Business and Economic Statistics*. 27, 369-396.
- Perron. Y., Yabu. T. (2009b). Estimating Deterministic Trends with an Integrated or Stationary Noise Components. *Journal of Econometrics*. 151, 56-69.
- Phillips, P., Perron, P., (1998). Testing for a Unit Root Time Series Regression. *Journal of Biometrika*. 75 (2), 335-346.
- Ranjbar, Omid., Elmi, Zahra. (2008). Interpretation of time series model and inequality indicators of convergence formation in D-8 countries. *Quarterly journal of Iranian economic research*. 35: 51-78.
- Schmidt, P., Phillips, P., (1992). LM Tests for a Unit Root in the Presence of Deterministic Trends. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 54, 257-287.
- Shahbazi, Kiyoomarth., Hamidi-Razi, Davood. (2014). Energy intensity convergence between OPEC member countries (a bilateral approach). *Quarterly Journal of Economic Research and Policy*. 71: 173-198.
- Solow, R., (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economic*. 70, 65–94.
- World Bank (2014), *World Development Indicators*, online 2014: <http://www.worldbank.org/>
- Zivot, E. Andrews (1992), Further Evidence of the Great Crash, the Oil Price Shock and the Unit Root test Hypothesis, *Journal of Business and Economic Statistics* 10, 251-270.

## بررسی وجود همگرایی تصادفی و بتا در مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک

فیروز فلاحی<sup>۱</sup>، رضا رنج پور<sup>۲</sup>، توحید شکری<sup>۳</sup>  
تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۱۶

### چکیده

در این مطالعه به بررسی وجود همگرایی تصادفی و همگرایی بتا در مصرف سرانه انرژی کشورهای عضو اوپک طی دوره زمانی ۱۹۷۱-۲۰۱۱ پرداخته می‌شود. بدین منظور برای آزمون وجود یا عدم وجود همگرایی تصادفی از آزمون ریشه واحد ارائه شده توسط لی و استرازیسیچ (۲۰۰۳) و همچنین جهت آزمون همگرایی بتا از مدل ارائه شده توسط پرون و یابو (۲۰۰۹) استفاده می‌شود. نتایج حاصل از روش پرون و یابو نسبت به وجود یا عدم وجود ریشه واحد حساس نبوده و به این دلیل نتایج حاصله قابل استنادتر از نتایج سایر روش‌ها می‌باشد. نتایج آزمون‌ها بطور کلی نشان می‌دهد که در بین مصرف سرانه انرژی تک تک کشورها، همگرایی تصادفی وجود دارد. بر اساس نتایج روش پرون و یابو، می‌توان اذعان داشت که همگرایی بتا برای مصرف سرانه انرژی کشورهای آنگولا، اکوادور، ایران، نیجریه، قطر و ونزوئلا در رژیم اول (دوره قبل از شکست ساختاری) و برای کشورهای الجزایر، آنگولا، عربستان، اکوادور، امارات، ایران، عراق، لیبی و قطر در رژیم دوم (دوره ی بعد از شکست ساختاری) برقرار است گرچه برای کشورهای نیجریه و ونزوئلا نتایج، حاکی از واگرایی مصرف سرانه انرژی می‌باشد. تاریخ شکست‌های

ffalahi@tabrizu.ac.ir  
reza.ranjpour@gmail.com  
shokritohid@gmail.com

۱ دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)،  
۲ دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز،  
۳ دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه تبریز،

## Stochastic and Beta Convergence in Per Capita Energy Use among OPEC Member Countries

Firouz Fallahi<sup>1</sup>, Reza Ranjpour<sup>2</sup>, Tohid Shokri<sup>3</sup>

Received: 2016/06/03

Accepted: 2017/11/07

### Abstract

The stochastic and  $\beta$  convergences of per capita energy use (PCEU) in the OPEC member countries are examined during the period 1971-2011. Several unit root tests, including the test introduced by Lee and Strazicich (2003) are used to examine the existence of the stochastic convergence in the series. Next, to study the possibility of the existence of  $\beta$ -convergence, the approach of Perron and Yabu (2009) is employed. Both methods allow for an endogenous structural break point in the series. In addition, the approach of Perron and Yabu (2009) is robust to the presence of a unit root and the results remain the same for the unit-root and stationary series. The results show that the PCEU in Angola, Ecuador, Iran, Nigeria, Qatar, and Venezuela had experienced beta convergence during the first regime (the period before the break point). In the second regime, the PCEU in Algeria, Angola, Saudi Arabia, Ecuador, UAE, Iran, Iraq, Libya, and Qatar shows a convergent pattern. In addition, the estimated break points are clustered and correspond to the major energy and economic crises.

**Keywords:** Per capita Energy Use,  $\beta$ -convergence, Stochastic Convergence, Structural Break, Unit Root.

**JEL Classification:** C22, O40, Q40.

---

1. Associate Professor of Economics, University of Tabriz, (Corresponding Author),  
Email: ffallahi@tabrizu.ac.ir

2. Associate Professor of Economics, University of Tabriz, Email: reza.ranjpour@gmail.com

3. Ph.D Student of Economics, University of Tabriz, Email: shokritohid@gmail.com