فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی
سال بیستم، شماره 62، تابستان 1391، صفحات 194- 171

رابطه مصرف انرژی و درآمد: آزمون فرضیه زیست محیطی کوزنتس با استفاده از رویکرد مدل‌های رگرسیونی انتقال ملایم پانل[1]

محسن مهرآرا
دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران
mmehrara@ut.ac.ir
حسین امیری
دانشجوی دکترای اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی
hossienamiri@gmail.com
محمد حسنی سرخ بوزی
دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس

در این مقاله به بررسی ارتباط بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه مبتنی بر فرضیه زیست محیطی کوزنتس برای 13 کشور عضو اوپک در دوره زمانی (2008-1980) با استفاده از یک مدل رگرسیونی انتقال ملایم پانل پرداخته شده است. همچنین، در رابطه مذکور متغیرهای دیگری همچون نسبت کالاهای صنعتی به کل صادرات کالا، نسبت واردات صنعتی به کل واردات کالا و نسبت ارزش‌افزوده بخش صنعت به تولید ناخالص داخلی نیز لحاظ شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که کشش درآمدی برای تمام کشورها بین صفر و یک است، لذا می‌توان مصرف انرژی را برای این کشورها یک کالای بی‌کشش تلقی کرد. همچنین، براساس نتایج بدست آمده فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس تأیید می‌شود، به این ترتیب که ابتدا با افزایش درآمد سرانه، کشش مصرف سرانه انرژی افزایش می‌یابد و در مراحل بعدی و با افزایش بیشتر درآمد و گذر از حد آستانه کشش درآمدی مذکور کاهش می‌یابد، لذا رابطه بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه در این گروه کشورها به صورت یک منحنی U معکوس قابل نمایش است.

طبقه بندی JEL: *Q50، Q43، Q5*.
واژه‌های کلیدی: *مصرف سرانه انرژی، درآمد سرانه، مدل رگرسیونی انتقال ملایم پانل، کشش درآمدی مصرف سرانه انرژی*.

* تاریخ دریافت: 1390/1/20 تاریخ پذیرش: 1390/10/29

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

1. مقدمه

محدودیت منابع انرژی و پایان‌پذیری آنها و همچنین مسائل مربوط به آلودگی محیط‌زیست موجب شده که مصرف انرژی حتی برای صادرکنندگان نفتی نیز با اهمیت تلقی گردد. مصرف سرانه بالای انرژی در کشورهای نفتی یکی از دغدغه‌های اصلی سیاستگذاران در این کشورها می‌باشد. به همین دلیل مسائل جانب تقاضای انرژی و عوامل تعیین‌کننده آن تا آنجا در اعماق موضوعات انرژی کشورهای جهان رسوخ کرده است که تقریباً هیچ کشوری را نمی‌توان یافت که نسبت به آنها بی‌تفاوت باشد.

در کشورهای عضو اوپک نرخ رشد مصرف سرانه انرژی (47 درصد طی دوره 2007 - 1980) عموماً بیشتر از نرخ رشد تولید ناخالص داخلی (GDP)[1] سرانه (0/6- درصد طی دوره 2007 - 1987) بوده است، اما در کشورهای سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD)[2] و متوسط کشورهای جهان در بیشتر سال‌ها نرخ رشد مصرف انرژی سرانه (1/5 و 2 درصد به‌ترتیب برای کشورهای OECD و متوسط کشورهای جهان در دوره 2007 - 1980) کمتر از نرخ رشد GDP سرانه (2/5 و 3 درصد به ترتیب برای کشورهای OECD و متوسط کشورهای جهان در دوره 2007 تا 1980) بوده است. البته این شکاف در متوسط کشورهای جهان تحت تأثیر رشد بالای مصرف انرژی بویژه در کشورهای نوظهور طی دهه اخیر معکوس شده است (نمودار و جداول پیوست را ملاحظه نمایید). لذا هم اکنون تمام کشورها به ویژه کشورهای صادرکننده نفت نگرانی‌های بسیاری در خصوص کارایی استفاده از انرژی دارند. این کارایی با شاخص‌های مختلفی همچون شدت استفاده از انرژی[3] یا کشش مصرف انرژی (نسبت به درآمد) اندازه گیری می‌شود.

بدنبال افزایش قابل‌توجه در قیمت‌های انرژی، مطالعه عوامل تعیین‌کننده مصرف سرانه انرژی، شدت استفاده از انرژی و همچنین کشش مصرف انرژی (به عنوان شاخص‌های کارایی انرژی) از موضوعات با اهمیت در ادبیات اقتصاد انرژی بوده است. برخی مدل‌های تجربی نشان داده‌اند که مصرف سرانه انرژی یا شدت استفاده از انرژی در یک کشور از یک منحنی U معکوس پیروی می‌کند (دستایس و دیگران، 2009). به این معنا که ابتدا با افزایش درآمد سرانه شدت استفاده از انرژی (یا مصرف سرانه انرژی) در طول فرایند توسعه اقتصادی افزایش می‌یابد، اما با عبور درآمد سرانه از یک آستانه مشخص شدت استفاده از انرژی ثابت مانده و در نهایت کاهش می‌یابد. در برخی مطالعات کشش درآمدی مصرف انرژی نیز رفتار مشابهی را دنبال کرده است (به‌عنوان مثال دستایس و دیگران، 2009 را

1. Gross Domestic Product
2. Organization for Economic Cooperation and Development
3. Energy Intensity

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

ملاحظه نمایید). احتمالاً در سطوح پایین درآمدی، مصرف انرژی یک محدودیت اساسی برای رشد اقتصادی محسوب می‌شود، اما با افزایش درآمد سرانه در پی افزایش سهم خدمات و صنایع با تکنولوژی بالا، کاهش سهم صنایع انرژی‌بر، توسعه سیستم حمل و نقل و گسترش دغدغه‌های زیست‌محیطی شدت استفاده از انرژی کاهش می‌یابد(دیستیس و همکاران ، 2007).

در بسیاری از مطالعات تجربی گذشته معادله تقاضای انرژی بصورت یک رابطه خطی - لگاریتمی تصریح و برآورد شده است، اما محدودیت اساسی رویکرد مذکور آن است که چنین تصریحی قادر به تشخیص و آزمون منحنی مشاهده شده U معکوس در خصوص ارتباط بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه نیست. یک راه‌حل برای فائق‌آمدن بر این محدودیت، استفاده از یک تصریح لگاریتمی درجه دوم می‌باشد (آنگ، 1987). این تابع درجه دوم می‌تواند تقریبی برای رابطه غیرخطی فوق درنظرگرفته شود، اما این روش هنوز دارای یک مشکل اساسی می‌باشد. تابع درجه دوم یک فرم غیرخطی خاص و محدودکننده را میان متغیرها تحمیل می‌کند و قادر نیست اشکال غیرخطی دیگر را مورد شناسایی قرار دهد.

ارتباط بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی بر اساس ادبیات نظری و تجربی موجود کاملاً واضح است، هرچند که در این ادبیات نتیجه روشنی از این موضوع که آیا مصرف انرژی به عنوان نتیجه و یا پیش‌نیاز رشد اقتصادی است به چشم نمی‌خورد. با توجه به متدولوژی‌های اقتصادسنجی هنوز هم جهت رابطه علیت بین مصرف انرژی و متغیرهای اقتصادی موضوعی بحث‌برانگیز باقی مانده است (دستاس و دیگران، 2009). بر اساس ادبیات‌نظری و تجربی، متغیرهای متعددی بر مصرف انرژی در یک کشور دامن می‌زنند ازجمله رشد اقتصادی، تولیدات صنعتی، واردات کالاهای صنعتی، صادرات کالاهای صنعتی و نسبت ارزش‌افزوده بخش صنعت به کل GDP (کریشناچایتانیا، 2007). در این مقاله اثر (غیرخطی) درآمد سرانه به همراه سایر عوامل مذکور را بر مصرف انرژی مبتنی بر الگوهای غیرخطی از نوع الگوهای انتقال ملایم پانل[1] مورد مطالعه قرار می‌دهیم. این رویکرد از انعطاف‌پذیری بالایی در الگوسازی رابطه غیرخطی میان متغیرها برخوردار بوده و در آن تغییر پارامترها در طول زمان به شیوه‌ای پیوسته الگوسازی می‌شوند، لذا این روش برای رفع ناهمگنی بین کشورها و تشخیص ارتباط متغیر بین GDP و مصرف سرانه انرژی در طول زمان یا رژیم‌های مختلف مناسب است. مطالعه حاضر با استفاده از داده‌های تابلویی و برای کشورهای اوپک طی دوره(2008-1980) انجام می‌شود.

بخش دوم این مقاله به مرور مطالعات انجام شده در خصوص رابطه بین مصرف انرژی و درآمد و همچنین منحنی کوزنتس اختصاص دارد. در بخش سوم به معرفی مدل PSTR و ارائه مبانی نظری

1. Panel Smooth Transition Regression (PSTR)

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

مربوط به رابطه بین مصرف انرژی و GDP واقعی پرداخته شده و سه الگو در خصوص رابطه بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه تصریح و برآورد شده است. در تصریح اول تنها رابطه دو متغیر درآمد سرانه و مصرف سرانه انرژی برآورد می‌شود. در تصریح دوم متغیرهای نسبت صادرات کالاهای صنعتی به کل صادرات کالا و نسبت واردات کالاهای صنعتی به کل واردات به عنوان شاخص‌هایی از وسعت یا سهم فعالیت‌های صنعتی به متغیرهای الگو اضافه شده است. در تصریح سوم نسبت ارزش‌افزوده بخش صنعت به کل تولید ناخالص داخلی جایگزین دو متغیر فوق شده است. بخش چهارم به ارائه نتایج حاصل آزمون‌های ریشه واحد و تخمین الگوی PSTR با استفاده از روش NLS و ارائه نتایج تجربی اختصاص دارد. نتایج حاصل از این بخش، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس مبنی بر ارتباط غیرخطی بصورت U معکوس میان مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه را تأیید می‌کند. در بخش آخر نیز مباحث مذکور جمع‌بندی و نتیجه‌گیری شده‌اند.

2. مطالعات تجربی

سیمون کوزنتس در سال 1995 رابطه درآمد سرانه و نابرابری درآمدی را بصورت یک رابطه U معکوس مطرح می‌کند، اما بعدها مفهوم منحنی کوزنتس در سایر حوزه‌ها نیز بکار گرفته شد. مطالعات تجربی رابطه میان متغیرهای زیست‌محیطی و درآمد سرانه را نیز شبیه منحنی کوزنتس اولیه و بصورت U معکوس نشان می‌دهد (دیندا، 2004). پس از آن، منحنی کوزنتس برای توصیف رابطه بین کیفیت محیط‌زیست و درآمد سرانه مورد توجه قرار گرفت. تعدادی از مطالعات مربوط به بررسی رابطه بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه نیز در نتایج خود وجود رابطه‌ای شبیه منحنی کوزنتس را برای این دو متغیر مشاهده کرده‌اند. به‌عنوان مثال، کول و دیگران (1997) در مطالعه خود برای کشورهای OECD با استفاده از مدل‌های پانل (اثرات ثابت و تصادفی) نشان دادند که با افزایش درآمد سرانه، مصرف سرانه انرژی در طول دوره (1992 ـ 1970) افزایش یافته است.

آگراس و چاپمن (1999) در مطالعه خود شواهدی مبنی بر وجود رابطه‌ای مشابه منحنی کوزنتس برای درآمد و مصرف سرانه انرژی از طریق داده‌های پانل در طول دوره (1990 –1970) مشاهده نکردند. در مقاله‌ای دیگر، سوری و چاپمن (1998) با استفاده از مدل‌های پانل نشان دادند که با افزایش درآمد سرانه، مصرف سرانه انرژی با نرخ فزاینده افزایش می‌یابد و نقطه برگشت منحنی کوزنتس خارج از محدوده داده‌های مدل است.

ریچمن و کافمن (2006 a,b) نیز با استفاده از داده‌های پانل در نتایج خود نشانه‌های اندکی از منحنی کوزنتس را مشاهده کردند. آنها برخلاف یافته‌های سوری و چاپمن نشان دادند که با افزایش درآمد، مصرف انرژی با نرخ کاهنده افزایش می‌یابد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

اسماعیلی و عبدالله‌زاده(2009) برای استخراج نفت (نه برای مصرف انرژی) با استفاده از داده‌های پانل کشورهای صادرکننده نفت در بازه‌زمانی(2000-1990) رابطه‌ای مشابه منحنی کوزنتس را مورد تأیید قرار دادند.

ارسینی و لوزاتی (2009) نیز رابطه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی سرانه را برای 113 کشور و در بازه زمانی (2004–1971) مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که برای تمام کشورها رابطه بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی سرانه دارای آهنگی مثبت و با کشش کم می‌باشد. همچنین، برآورد این مدل شواهدی در تأیید فرضیه منحنی کوزنتس ارائه نمی‌داد.

در یکی از مطالعات اخیر، نوگین ون (2009) یک تحلیل نیمه پارامتریک برای بررسی رابطه بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه مبتنی بر مجموعه داده‌های پانل ارائه کرد. این مقاله یک تخمین دقیق از وجود ارتباط بین درآمد و مصرف انرژی را ارائه می‌دهد و بصورت متقاعدکننده‌ای وجود رابطه U معکوس را بین مصرف انرژی و درآمد تأیید می‌کند، به این معنا مصرف انرژی که برای اکثر کشورها با افزایش درآمد افزایش می‌یابد و سپس برای کشورهای با درآمد بالا مصرف انرژی در یک مقدار معین ثابت می‌ماند.

دستایس و دیگران (2009) نیز در مقاله خود از مدل رگرسیونی آستانه‌ای انتقال ملایم پانل و داده‌های 44 کشور در بازه زمانی(1999-1950) استفاده کردند. نتایج آنها دلالت برآن داشت که با افزایش سطح درآمد، کشش تقاضای انرژی کاهش می‌یابد، بطوری‌که رابطه بین کشش مصرف انرژی و درآمد در کشورهای مورد مطالعه بصورت یک رابطه نیمه معکوس U[1] ظاهر گردید.

3. الگوی اقتصادسنجی

پایه و اساس رویکرد تجربی این مقاله شامل یک پانل N کشوری برای معادله مصرف انرژی می‌باشد. مشکل ناهمگنی مقطعی و بی‌ثباتی مدل تقاضای انرژی یک مشکل غیرقابل‌انکار است. اسمیت و پسران (1995) و هسیائو(2003) نشان دادند که نادیده گرفتن این دو مسئله باعث ایجاد تورش می‌شود. همچنین، هنسن و کینگ(1996) بیان کرده‌اند که اگر در داده‌های بین کشوری[2] ناهمگنی وجود داشته باشد باعث تخمین کشش درآمدی بیشتر از یک خواهد شد.

معمولاً رفع این دو مشکل در داده‌ها بصورت همزمان بسیار مشکل است. یک راه‌حل ساده برای رفع این دو مشکل ساختن یک مدل رگرسیونی آستانه‌ای ملایم پانل (PSTR)[3] می‌باشد که اخیراً

1. Half Inverted-U Shaped
2. Cross-Country
3. Panel Smooth Threshold Regression

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

بوسیله فوک و دیگران (2004) و گونزالز و دیگران (2005) کولتز وهاربین و دیگران (2005) و فویکیا و دیگران (2008) ارائه و گسترش یافته است.

در این رویکرد تغییر پارامترها در بین کشورها و همچنین تغییر پارامترها در طول زمان به شیوه‌ای پیوسته الگوسازی می‌شود، لذا این رویکرد برای کنترل اثرات ناهمگنی بین کشورها و تغییرپذیری ارتباط بین GDP سرانه و مصرف انرژی در طول زمان مناسب است. مدل رگرسیونی انتقال ملایم یک مدل رگرسیونی سری زمانی غیرخطی است که می‌توان آن را بعنوان یک شکل توسعه‌یافته از مدل رگرسیونی تغییر وضعیت[1] که توسط باکون و واتس (1971) معرفی شد تلقی کرد. این محققان دو خط رگرسیونی را در نظر گرفتند و به طراحی مدلی پرداختند که درآن گذار از یک خط به خط دیگر بصورت ملایم اتفاق می‌افتد. در ادبیات سری زمانی، گرنجر- تراسورتا (1993) برای نخستین‌بار به تشریح و پیشنهاد مدل انتقال ملایم[2] در مطالعات خود پرداختند. مدل مذکور را می‌توان برای داده‌های سری زمانی به دو شکل انتقال ملایم نمایی[3] و انتقال ملایم لوجستیک[4] بصورت زیر مورد استفاده قرار داد:

$$Y_t=\alpha+\varphi z_t+\theta z_t F(q_t)+\varepsilon_t=\alpha+\{\varphi+\theta F(q_t)\}z_t+\varepsilon_t \quad (1)$$

$$\text{LSTR: } F(q_t)=1/((1+\exp\{-\gamma (q_t-c)\})) \quad (2)$$

$$\text{ESTR: } F(q_t)=1-1/((\exp\{-\gamma (q_t-c)^2\})) \quad (3)$$

که در آن، y_t: متغیر وابسته، α: عرض از مبدأ و z_t: بردار متغیرهای توضیحی است. در تصریح مذکور، ضرایب متغیرهای توضیحی دیگر کمیت ثابتی نبوده و تابعی از متغیر q_t است. $F(q_t)$: تابع انتقال، q_t: متغیر گذار، c: پارامتر آستانه و $\gamma>0$: پارامتر شیب نامیده می‌شوند. q_t می‌تواند هر یک از متغیرهای الگو (z_t)، وقفه‌های آنها و یا متغیری خارج از الگو باشد. تصریح فوق بیانگر این است که الگو می‌تواند بصورت یک تابع خطی با ضرایبی که بطور تصادفی در طول زمان تغییر می‌کنند نیز تفسیر شود.

برای الگوی LSTR ضرایب $\varphi+\theta F(q_t)$ بعنوان تابعی از q_t به صورت یکنواخت از φ به $\varphi+\theta$ تغییر می‌کنند (هنگامی که q_t از $-\infty$ به $+\infty$ حرکت می‌کند)، اما برای تابع ESTR ضرایب بصورت متقارن

1. Regime Switching
2. Smooth Threshold Regression
3. Exponential Smooth Threshold Regression (ESTR)
4. Logistic Smooth Threshold Regression (LSTR)

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

حول نقطه میانی c از φ به φ+θ تغییر می‌یابند (هنگامی که q_t از c بسمت $\pm\infty$ حرکت می‌کند). لذا مدل LSTR دارای قابلیت مدلسازی رفتار متقارن متغیرها می‌باشد. به‌عنوان مثال، این الگو برای توصیف فرایندهایی که در دوره‌های رونق رفتاری متفاوت از دوره‌های رکودی دارند و انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر بصورت ملایم صورت می‌پذیرد مدلی قابل اتکاء و مناسب است. از سوی دیگر، مدل ESTR برای شرایطی مناسب است که ضرایب یا فرایند تعدیل پویا در مقادیر حدی (بالا و پایین) q_t رفتاری مشابه داشته و تنها در مقادیر میانی رفتاری متفاوت از خود نشان دهند. زمانی که پارامتر شیب $\gamma=0$ باشد تابع گذار $F(q_t)= 1$ خواهد بود، بنابراین مدل STR به یک مدل خطی تبدیل می‌شود. از سوی دیگر، زمانی که $\gamma \to \infty$ مدل LSTR به مدل رگرسیونی تغییر وضعیت با دو رژیم گسسته تبدیل می‌شود. در مدل ESTR، اگر $\gamma \to \infty$ عملاً به یک الگوی خطی می‌رسیم. در ادامه به معرفی متغیرهای اثرگذار بر مصرف انرژی و سپس به تصریح معادله مصرف انرژی پرداخته می‌شود.

بر اساس ادبیات نظری و تجربی، متغیرهای متعددی بر مصرف انرژی (در یک کشور) دامن می‌زنند. در ادامه به برخی از مهم‌ترین آنها که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند اشاره می‌شود.

3-1. تولید

مصرف انرژی یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولید محسوب می‌شود (کلیولند،1984). به علاوه، تقاضای شرطی برای نهاده‌های تولید[1] از جمله انرژی همواره به عنوان تابعی از سطح ستانده یا تولید قابل استخراج است. لذا مصرف انرژی مانند هر نهاده دیگری به مقیاس فعالیت‌های اقتصادی در یک کشور بستگی دارد. به لحاظ تجربی نیز مصرف انرژی در اقتصادهای جهان از جمله کشورهای درحال‌توسعه و نوظهور تا حد زیادی متأثر از رشد اقتصادی درآن کشورها می‌باشد (چووسا، تمازین و چایتانیا، 2008). نرخ‌های رشد اقتصادی بالا با بوجود آوردن نیازهای جدید فشار فزاینده‌ای را بر مصرف انرژی وارد می‌آورند.

ظهور و توسعه بازارهای جدید مصرف بالاتر انرژی را در پی خواهد داشت که این خود منجر به انتشار مقادیر متنابهی از گازهای سمی می‌گردد. افزایش انتشار گازهای سمی موجب افزایش اقدامات مربوط به حفاظت محیط‌زیست شده که این نیز به نوبه خود تولیدناخالص‌داخلی و رشد پایدار اقتصادی را در بلندمدت افزایش می‌دهد (شفیک، 1994). لذا پیش‌بینی می‌شود که نرخ رشد اقتصادی دارای ارتباط مستقیمی با مصرف انرژی باشد، بدین معنا که افزایش رشد اقتصادی، افزایش مصرف انرژی را در پی خواهد داشت.

1. Conditional Factor Demand Function

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

2-3. تولیدات صنعتی

اینکه انرژی یک نهادهٔ اساسی در فعالیت‌های اقتصادی و بویژه فعالیت‌های صنعتی و تولیدی محسوب می‌شود یک حقیقت آشکار و روشن است (چایتانیا، 2007). شواهد تجربی نشان می‌دهد که شدت مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصاد یکسان نیست. شدت انرژی در بخش‌های صنعت و حمل و نقل به مراتب بیشتر از شدت آن در بخش خدمات و کشاورزی است (عباسی‌نژاد و وافی‌نجار، 1383). لذا رشد اقتصادی در بخش‌های مختلف اثر مشابهی بر مصرف انرژی ندارد. نیاز کشورهای درحال‌توسعه به انرژی در مسیر گذار به مرحله صنعتی‌شدن با افزایش تولیدات صنعتی و ایجاد کارخانجات متنوع و همچنین زیرساخت‌های اقتصادی به شدت افزایش یافته است (چایتانیا، 2007).

3-3. واردات کالاهای صنعتی

واردات کالاهای ساخته شده صنعتی دارای اثر دوسویه بر مصرف انرژی در کشور می‌باشد (چووسا، تمازین و چایتانیا، 2008). افزایش در واردات کالاهای صنعتی مصرف انرژی را کاهش خواهد داد، اگر چنانچه واردات کالاهای مذکور به منظور جایگزینی آنها با کالاهای مشابه تولید داخل (که با صرف انرژی بالایی تولید می‌شدند) باشد، اما اگر واردات صنعتی از نوع ماشین‌آلات و کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای باشند مصرف انرژی در کشور بالا خواهد رفت؛ چرا که به تولید بیشتر در کشور دامن خواهد زد، لذا اثر خالص افزایش واردات کالاهای صنعتی بر مصرف انرژی در کشور می‌تواند مثبت یا منفی باشد(چاپمن، 1998).

4-3. صادرات کالاهای صنعتی

تولید کالاهای صنعتی قابل صدور با مصرف انرژی بالایی همراه است و منجر به افزایش بیشتر مصرف انرژی می‌گردد(چووسا ، تمازین و چایتانیا، 2008). بدلیل محدودیت‌های محیط‌زیستی تولید بسیاری از کالاهای صنعتی با انرژی‌بری بالا به کشورهای درحال‌توسعه که دغدغه کمتری نسبت به مسائل زیست‌محیطی دارند، منتقل شده است.

سوری و چاپمن (1998) معتقدند که صادرات کالاهای صنعتی در تمام اقتصادهای درحال‌توسعه دنیا رو به افزایش است. نکته جالب توجه آنکه تقاضا برای این محصولات از این کشورها با نرخ بالایی در حال افزایش است و مشتری اصلی آنها اقتصادهای توسعه یافته‌اند. بر اساس متغیرهای فوق معادلات تابع مصرف انرژی با سه تصریح بصورت زیر برآورد می‌گردند:

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

$$ec_{it} = \alpha_i + \beta_1 y_{it} + \beta_2 y_{it} g(q_{it} : \gamma, \delta) + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$ec_{it} = \alpha_i + \beta_1 y_{it} + \eta Mexport_{it} + \gamma_1 Mimport_{it} + (\beta_2 y_{it} + \eta Mexport_{it} + \gamma_1 Mimport_{it}) g(q_{it} : \gamma, \delta) + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$ec_{it} = \alpha_i + \beta_1 y_{it} + \delta_1 Industry_{it} + (\beta_2 y_{it} + \delta_2 Industry_{it}) g(q_{it} : \gamma, \delta) + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$g(q_{it}, \gamma, c) = \frac{1}{1 + \exp(-\gamma(q_{it} - c))}, \gamma > 0 \quad (7)$$

در این معادلات ec_{it}: لگاریتم مصرف سرانه انرژی، y_{it}: لگاریتم درآمد سرانه، $Mexport_{it}$: نسبت صادرات کالاهای صنعتی به کل صادرات کالا، $Mimport_{it}$: نسبت واردات کالاهای صنعتی به کل واردات کالا، $Industry_{it}$: نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به تولید ناخالص داخلی و $\varepsilon_{it} \approx iid(0.\sigma_2^2)$ می‌باشد. همچنین فرض می‌کنیم که تابع انتقال به صورت معادله (7) باشد. همانطور که پیش از این اشاره شد شدت استفاده از انرژی در تمام بخش‌ها یکسان نیست و وسعت و کیفیت بخش صنعت عامل مهمی در مصرف انرژی به حساب می‌آید. در تصریح (5) اهمیت بخش صنعت با دو متغیر سهم صادرات و واردات صنعتی و در تصریح (6) با سهم ارزش‌افزوده صنعت اندازه‌گیری شده است. در ضمن استفاده از این سه متغیر بطور همزمان نتایج رضایت‌بخشی بر حسب معناداری ضرایب و آزمون‌های تشخیصی بدست نمی‌دهد.

حال سوال این است که چه متغیری مقدار کشش درآمدی مصرف انرژی را تعیین می‌کند؟ فرضیه کوزنتس در معادله تقاضای انرژی دلالت بر رابطه U معکوس میان متغیرهای درآمد سرانه با شاخص‌هایی مانند مصرف سرانه، شدت استفاده از انرژی یا کشش درآمدی مصرف انرژی دارد. لذا در تابع انتقال، لگاریتم درآمد سرانه (y_{it}) بعنوان متغیر آستانه (q_{it}) انتخاب می‌شود. با مشتق‌گیری از رابطه (4) کشش درآمدی برای کشور i در زمان t یک متوسط وزنی از پارامترهای (β_1) و (β_2) بصورت زیر می‌باشد:

$$e_{it}^{y} = \frac{\partial e_{it}}{\partial y_{it}} = (\beta_1 + \beta_1 g(y_{it}, \gamma, c) + \beta_2 y_{it} \frac{\partial g(y_{it}, \gamma, c)}{\partial y_{it}} \quad (8)$$

بنابراین، کشش یا شیب الگو PSTR به سطح درآمد سرانه بستگی داشته و در رژیم‌های حدی (سطوح درآمد سرانه پایین و بالا) مقادیر متفاوتی است. حتی علامت شیب نیز ممکن است با تغییر درآمد سرانه تغییر کند.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

4. تخمین الگو و نتایج

در این مطالعه برای برآورد الگو از مشاهدات پانل (سری زمانی و مقطعی) برای 13 کشور اوپک طی دوره (2008-1980) استفاده شده است. کل مشاهدات برابر 338 می‌باشند. داده‌ها از پایگاه شاخص‌های توسعه جهانی[1] (2008) و مرکز اطلاعات انرژی[2] جمع‌آوری شده‌اند.

پیش از تخمین مدل PSTR ابتدا می‌بایست نسبت به غیرخطی بودن الگو ایجاد اطمینان نمود. برای این منظور خطی بودن الگو را آزمون می‌کنیم. سپس، در صورت رد فرضیه صفر مبنی بر خطی بودن الگو آن را با استفاده از روش حداقل مربعات غیرخطی مبتنی بر روش اثرات فردی ثابت[3] تخمین می‌زنیم. برای انجام آزمون خطی بودن به عنوان مثال برای الگوی (4) می‌بایست فرضیه صفر را بصورت زیر آزمون کرد:

$$H_0 : y = 0; \beta_2 = 0 \qquad (9)$$

اما تحت فرضیه صفر پارامترهای الگو قابل شناسایی نبوده و آماره t متناظر با این آزمون دارای توزیع استاندارد نیست (این توزیع دارای پارامترهای مزاحم و نامعلوم می‌باشد). برای فائق آمدن بر مشکل فوق استفاده از آماره ضریب لاگرانژ[4] پیشنهاد شده است. اگر SSR_0 را مجموع مجذور خطای پانل در فرضیه H_0 (مدل پانل خطی با اثرات انفرادی) و SSR_1 مجموع مجذورات خطای پانل در فرضیه H_1 یعنی PSTR بنامیم، آماره مذکور عبارت است از:

$$LM = ((SSR_0 - SSR_1)/K)/(SSR_0/(TN - N - K)) \qquad (10)$$

که در آن، K تعداد متغیرهای توضیحی می‌باشد. بر طبق فرضیه صفر آماره ضریب لاگرانژ دارای توزیع کای‌دو با k درجه آزادی می‌باشد و آماره F متناظر با آن دارای توزیع تقریبی $F(k, TN - N - k)$ می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون خطی بودن در جدول (1) گزارش شده است. به علاوه، نتایج آزمون فرضیه خطی بودن بر مبنای آماره‌های آزمون غیراستاندارد مبتنی بر $\beta_2 = 0$ یا $H_0 : Y = 0$, نیز در جدول (1) ارائه شده است. همان‌گونه‌که از جدول (1) ملاحظه می‌شود فرضیه خطی بودن در هر سه مدل (5)، (6) و (7) رد می‌شود.

بر مبنای آزمون دوم نیز فرضیه خطی بودن الگو رد می‌گردد. همانگونه که ملاحظه می‌شود شواهد قوی برای رد فرضیه صفر حتی در سطح اهمیت یک درصد وجود دارد، لذا فرضیه خطی بودن رد شده و فرضیه رقیب یعنی غیرخطی بودن در تمام الگوها پذیرفته می‌شود.

1. World Development Indictors (WDI)
2. Energy Information Administration (EIA)
3. Fixed Effects
4. Lagrange Multiplayer (LM)

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

جدول 1. آزمون خطی بودن

آزمون خطی بودن	مدل 4	مدل 5	مدل 6
مقدار آماره F مرتبط با فرضیه $\beta_2 = 0$	15/99	....	30/87
مقدار آماره F مرتبط با فرضیه $\eta_2 = 0$	....	12/96	....
مقدار آماره F مرتبط با فرضیه $\gamma_2 = 0$	....	20/33	....
مقدار آماره F مرتبط با فرضیه $\delta_2 = 0$	....	....	44/73
مقدار آماره F مرتبط با فرضیه مشترک $\gamma_2 = 0$ و $\eta_2 = 0$	....	12/66	....
مقدار آماره F مرتبط با فرضیه مشترک $\delta_2 = 0$ و $\beta_2 = 0$	....	....	23/33
مقدار آماره F مرتبط با فرضیه $\gamma = 0$	19/11	26/98	12/18
مقدار آماره LM_F	4/89	2/95	7/53

تمام آماره‌های فوق در سطوح اطمینان یک درصد معنادار می‌باشد.

مأخذ: نتایج تحقیق.

پیش از برآورد مدل به روش حداقل مربعات غیرخطی (NLS)[1] ابتدا آزمون‌های ریشه واحد را برای متغیرهای مدل انجام می‌دهیم. زمانی که تعداد مشاهدات سری زمانی برای کشورها کافی باشد می‌توان مانایی را با استفاده از آزمون‌های ریشه واحد بصورت جداگانه برای هریک از کشورها مورد بررسی قرار داد، اما قدرت آزمون‌های ریشه واحد هنگامی که طول دوره داده‌ها کم است بسیار پایین می‌باشد. در این شرایط استفاده از آزمون‌های ریشه واحد برای داده‌های تابلویی برای افزایش قدرت آزمون‌ها ضروری است. به‌عنوان مثال، آزمون‌های معمول ریشه واحد مانند دیکی - فولر (DF)[2]، دیکی فولر تعمیم‌یافته (ADF)[3] و فیلیپس - پرون (PP)[4] که برای یک سری زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند از توان آزمون پایینی برخوردار بوده و دارای تورش به سمت قبول فرض صفر هستند.

1. Non Linear Least Squares
2. Dickey-Fuller
3. Augmented Dickey-Fuller
4. Phillips-Perron

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

این موضوع زمانی که حجم نمونه کوچک است $n < 50$ خیلی تشدید می‌شود یکی از روش‌هایی که برای رفع این مشکل پیشنهاد شده، استفاده از داده‌های پانل برای افزایش حجم نمونه و آزمون ریشه واحد در داده‌های پانل[1] است.

همانطور که پیش از این بیان شد قدرت آزمون ریشه واحد پانل به مراتب بیشتر از آزمون‌های ریشه واحد منفرد می‌باشد، لذا مانایی داده‌های مربوط به متغیرهای الگو را از طریق ریشه واحد پانل آزمون کرده‌ایم. برای این منظور از چهار روش از مهم‌ترین آزمون‌های ریشه واحد با داده‌های تابلویی استفاده می‌کنیم، هرچندکه ممکن است روش‌های مختلف در آزمون‌های ریشه واحد مبتنی بر داده‌های تابلویی نتایج متناقضی ارائه دهند. این روش‌ها عبارتند از:

- آزمون لوین، لین و چو (LLC)[2]
- آزمون ایم، پسران و شین (IPS)[3]
- آزمون فیشر-ADF و فیشر-PP[4] که توسط مادالا و وو (1999) و چوی (2001) ارائه شده است.

برای تشریح این آزمون‌ها الگوی AR(1) بین بخشی زیر را در نظر می‌گیریم:

$$Y_{it} = P_i Y_{it-1} + X_i \delta_i + \varepsilon_{it} \qquad (11)$$

که در آن، Y_{it} متغیر مورد بررسی، $i = 1, 2, \ldots, N$ معرف کشورها، $t = 1, 2, \ldots, T$ معرف تعداد مشاهدات سری زمانی در هر کشور، X_{it} نماینده متغیرهای قطعی[5] مانند عرض از مبدأ و روند، ρ_i ضریب خودهمبستگی و ε_{it} جمله اخلال بوده که فرض می‌شود بین کشورهای مختلف مستقل از هم هستند. اگر $|\rho_i| < 1$ باشد در این صورت Y_i مانا و چنانچه $|\rho_i| = 1$ باشد، Y_i دارای ریشه واحد و نامانا تلقی می‌شود.

به منظور این آزمون دو پیش‌فرض در مورد ρ_i وجود دارد. نخست اینکه فرض کنیم عوامل مشترکی بین کشورهای مختلف وجود دارند، بطوری‌که ρ_i برای تمام کشورها یکسان است ($\rho_i = \rho$ به ازای هر i یا برای تمام کشورها). آزمون LLC بر این اساس پایه‌ریزی شده‌اند.

از سوی دیگر، فرض دوم این است که بین کشورها ρ_i یکسان در نظر گرفته نشود. آزمون IPS و آزمون‌های نوع فیشر نیز بر اساس این فرض استوارند. در این آزمون‌ها فرضیه صفر وجود یک ریشه واحد می‌باشد. نتایج آزمون‌های ریشه واحد پانل برای متغیرهای الگو شامل ec_{it} لگاریتم مصرف سرانه

1. Panel Unit Roots Tests
2. Levin, Lin and Chu
3. Im, Pesaran and Shin
4. Fisher-Type Tests Using ADF and PP Tests
5. Deterministic Variables

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

انرژی، Y_{it} لگاریتم درآمد سرانه، $Mexport_{it}$ نسبت صادرات کالاهای صنعتی به کل صادرات کالا، $Mimport_{it}$ نسبت واردات کالاهای صنعتی به کل واردات کالا، $Industry_{it}$ نسبت ارزش‌افزوده بخش صنعت به تولید ناخالص داخلی در جدول (2) ارائه شده است. با توجه به نتایج فوق تمام متغیرهای مدل مانا می‌باشند.

جدول 2. نتایج آزمون‌های ریشه واحد برای متغیرهای مدل درسطح

روش آزمون / متغیرها	Levin,lin Cho-Stat	Im,Pesaran and Shin W-Stat	ADF-Fisher Chi-Quare	PP-Fisher Chi-Quare
ec_{it}	-5/85	-4/07	25/54	30/53
	(0/002)	(0)	(0/002)	(0)
Y_{it}	-6/17	-4/96	27/66	19/91
	(0/02)	(0)	(0)	(0/08)
$Mexport_{it}$	-7/71	4/06	26/73	27/98
	(0)	(0)	(0/02)	(0/07)
$Mimport_{it}$	-5/14	-2/61	31/26	30/46
	(0/04)	(0/01)	(0)	(0)
$Industry_{it}$	-3/22	-3/10	35/51	37/58
	(0)	(0)	(0)	(0)

توضیحات: اعداد داخل پرانتز معرف **(P-Value)** می‌باشد.

مأخذ: نتایج تحقیق.

در مرحله بعد به تخمین مدل PSTR با استفاده از روش NLS بر مبنای معادلات (4)، (5) و (6) پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از تخمین این سه مدل در جدول (3) گزارش شده است. با توجه به سه تصریح فوق شاهد ارتباط غیرخطی میان درآمد سرانه و مصرف سرانه انرژی هستیم. از میان سه تصریح فوق، تصریح دوم بهترین برازش را بر اساس معیارهای انتخاب الگو مانند معیارهای شوراز یا آکاییک بدست می‌دهند. پارامتر شیب ملایم تابع انتقال نشان می‌دهد که تابع انتقال پرشیب نیست (این مقدار برای مدل (4) برابر 1/05، مدل (5) برابر 1/25 و مدل (6) 2/15 بدست آمده است). با توجه به ضرایب پارامترهای تخمین‌زده شده ملاحظه می‌شود که در مدل (5) پارامتر β_1 منفی و پارامتر β_2 مثبت و معنادار می‌باشند که به خوبی نشان‌دهنده رفتار متفاوت مصرف سرانه انرژی در سطوح متفاوت درآمد سرانه می‌باشد. به عبارت دیگر، در رژیم‌های مختلف مصرف سرانه انرژی رفتار متفاوتی از خود نشان

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

می‌دهد. نتیجه مذکور متضمن آن است که با افزایش درآمد سرانه، بهره‌وری یا کشش مصرف انرژی ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. در نمودار (6) پیوست بر اساس مدل (5) که الگوی مرجح تشخیص داده می‌شود کشش درآمدی مصرف سرانه انرژی با توجه به متغیر آستانه برای کشورهای اوپک ترسیم شده است. همانگونه‌که در این نمودار ملاحظه می‌شود با افزایش درآمد سرانه واقعی، کشش درآمدی مصرف سرانه انرژی نیز افزایش می‌یابد، اما از یک سطحی به بعد با افزایش درآمد سرانه، کشش درآمدی مصرف سرانه انرژی کاهش می‌یابد که به خوبی رفتار مصرف انرژی را در رژیم‌های حدی نشان می‌دهد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

جدول3. نتایج نهایی تخمین مدل PSTR

نتایج نهایی مدل PSTR	مدل 4	مدل 5	مدل 6
پارامتر (β_2)	-2/182*	-4/724*	-1/02*
	(0/742)	(1/346)	(0/37)
پارامتر (β_2)	2/195*	3/892*	1/52*
	(0/549)	(0/96)	(0/273)
پارامتر η_2	...	-0/036**	....
		(0/016)	
پارامتر η_2	...	0/064*	....
		(0/020)	
پارامتر Y_1	...	-0/14*	....
		(0/011)	
پارامتر Y_2	....	0/176*	....
		(0/012)	
پارامتر δ_1	....	....	-0/029*
			(0/005)
پارامتر δ_2	....	....	0/048*
			(0/007)
پارامتر C	2/6	3/9	2/8
پارامتر γ	1/05	1/25	2/15
R^2	0/95	0/92	0/82
مجموع مجذورات‌خطا	130/892	58/501	100/185
آماره آکائیک	1/906	1/652	1/895
آماره شوارتز	1/94	1/765	1/962
آماره حنان کوئین	1/92	1/698	1/922

توضیحات: مقادیر داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشد.

* نشان‌دهنده معناداری در سطوح اطمینان یک درصد و در سطوح اطمینان پنج درصد می‌باشد.

مأخذ: نتایج تحقیق.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

این موضوع به خوبی در مورد پارامترهای نسبت صادرات صنعتی به کل صادرات کالا و همچنین نسبت واردات صنعتی به کل واردات کالا در تصریح (5) و نسبت ارزش‌افزوده بخش صنعت به تولید ناخالص داخلی در تصریح (6) نیز مشاهده می‌شود. نتایج مذکور نشان می‌دهد که در رژیم‌های بالای درآمد سرانه (در کشورها یا دوره‌هایی که درآمد سرانه بالا بوده است) اثر سهم صنعت و همچنین نسبت صادرات و واردات صنعتی بر مصرف سرانه انرژی به مراتب بیشتر از این اثر برای رژیم‌های درآمد سرانه پایین بوده است. در واقع، به نظر می‌رسد که با افزایش درآمد سرانه شدت استفاده از انرژی در بخش صنعت به سرعت افزایش می‌یابد. افزایش سهم واردات صنعتی نیز ظرفیت این کشورها در استفاده بیشتر از انرژی را بالا برده و شدت استفاده از انرژی را در این کشورها به سرعت بالا می‌برد. تمام ضرایب برآورد شده در هر سه الگو معنادار هستند. متغیرهای مستقل در سه مدل به ترتیب قادرند 95، 92 و 82 درصد از تغییرات مصرف سرانه انرژی را توضیح دهند.

با توجه به پارامترهای تخمین‌زده‌شده در مرحله قبل می‌توانیم برای هر کشور و در هر زمان کشش درآمدی مصرف سرانه انرژی را محاسبه کنیم. با توجه به اینکه در مدل (4) نتایج رضایت‌بخش‌تری بدست آمده است کشش درآمدی مصرف سرانه انرژی را برای مدل (5) محاسبه می‌کنیم. این کشش‌ها به توجه به معادله (8) محاسبه شده است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

جدول 4. کشش درآمدی مصرف انرژی برای **13** کشور اوپک

کشور	مدل 5	
	$\bar{e}^{y}$	$\overline{\sigma}$
الجزایر	0/809	0/097
آنگولا	0/112	0/521
اکوادور	0/829	0/188
امارات متحده عربی	0/743	0/140
اندونزی	0/537	0/102
ایران	0/695	0/142
عراق	0/656	0/507
کویت	0/960	0/124
لیبی	0/799	0/066
نیجریه	0/921	0/151
قطر	0/316	0/478
عربستان سعودی	0/543	0/113
ونزوئلا	0/787	0/142
تمام کشورها	0/708	0/275

مأخذ: نتایج تحقیق.

ستون $\bar{e}^{y}$ جدول (5) نشان‌دهنده متوسط کشش درآمدی مصرف انرژی با توجه به مدل (5) برای کشورهای اوپک می‌باشد. همچنین، ستون $\overline{\sigma}$ نشان‌دهنده انحراف معیار کشش درآمدی مصرف انرژی در سال‌های مختلف برای هر کشور است. همانگونه که در جدول فوق ملاحظه می‌شود کشش درآمدی مصرف سرانه انرژی برای کشورهای اوپک بین صفر و یک تغییر می‌کند، لذا نتایج نشان می‌دهد که مصرف انرژی در این کشورها نسبت به درآمد بی‌کشش است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

6. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هنگامی‌که نرخ رشد اقتصادی به طور محسوسی بالا می‌رود فشار فزاینده‌ای بر منابع وارد می‌گردد. در این راستا تقاضا برای نیروی انسانی متخصص بالا می‌رود، نیاز به سرمایه و تجهیزات افزایش می‌یابد و مواد خام و انرژی بیشتری به مصرف می‌رسد. محدودیت منابع انرژی و پایان‌پذیری آنها موجب شد که مسائل تقاضای انرژی حتی برای عرضه‌کنندگان انرژی نیز با اهمیت تلقی گردد. با توجه به آنکه کشورهای عضو اوپک دارای منابع غنی انرژی، مخازن بزرگ نفتی، معادن عظیم زیرزمینی و پتانسیل بالقوه انرژی بوده، تبیین رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی می‌تواند در سیاستگذاری‌های بخش انرژی این کشورها کمک مؤثری نماید.

هنگامی‌که می‌خواهیم رابطه بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه را مدلسازی کنیم وجود ناهمگنی مقطعی و بی‌ثباتی در معادله تقاضای انرژی منجر به بروز اریب در نتایج می‌شود. اگر این دو موضوع در تحلیل‌های اقتصادسنجی نادیده گرفته شوند ممکن است تخمین‌ها نتایج گمراه‌کننده‌ای بدست دهند. عموماً رفع این دو مشکل بصورت همزمان بسیار مشکل است. یک راه‌حل برای فائق‌آمدن بر این مسئله استفاده از الگوی رگرسیونی انتقال ملایم در تصریح یک مدل پانل غیرخطی است. در این رویکرد تغییر پارامترها در بین کشورها و همچنین تغییر پارامترها در طول زمان به شیوه‌ای پیوسته الگوسازی می‌شود، لذا این رویکرد برای رفع ناهمگنی بین کشورها و تغییرپذیری ارتباط بین GDP و مصرف انرژی در طول زمان مناسب است.

در این مقاله از یک مدل رگرسیونی انتقال ملایم مبتنی بر داده‌های تابلویی برای تخمین ارتباط بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه واقعی برای 13 کشور عضو اوپک و در دوره زمانی (2008-1980) استفاده شده است. همچنین، برای بررسی دقیق‌تر رابطه مذکور متغیرهای دیگری شامل نسبت کالاهای صنعتی به کل صادرات کالا، نسبت واردات صنعتی به کل واردات کالا و نسبت ارزش‌افزوده بخش صنعت به تولید ناخالص داخلی (به عنوان شاخص‌هایی از کیفیت و عمق بخش صنعت) نیز به متغیرهای مدل اضافه شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که کشش درآمدی مصرف انرژی برای تمام کشورها بین صفر و یک می‌باشد لذا می‌توان مصرف سرانه انرژی را برای این کشورها یک کالای کم‌کشش تلقی کرد. همچنین، از دیگر نتایج این مقاله تأیید فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس می‌باشد، به این ترتیب که ابتدا با افزایش درآمد سرانه کشش درآمدی مصرف سرانه انرژی افزایش می‌یابد و در مراحل بعدی با افزایش بیشتر درآمد سرانه کشش درآمدی مصرف سرانه انرژی کاهش می‌یابد (کارایی نهایی استفاده از انرژی بهبود می‌یابد). لذا رابطه بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه غیرخطی بوده و بصورت یک منحنی U معکوس قابل نمایش است. در نهایت نتایج مهم این مقاله بطور خلاصه بصورت زیر می‌باشد:

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

ـ رابطه بین درآمد سرانه و مصرف سرانه انرژی به صورت غیرخطی می‌باشد.

ـ بطور متوسط کشش درآمدی مصرف سرانه انرژی برای تمام کشورهای اوپک بین صفر و یک است.

ـ رابطه بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه در طول زمان و بین کشورهای مختلف تغییر می‌کند.

ـ فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در خصوص رابطه میان کشش درآمدی مصرف انرژی و درآمد سرانه تأیید می‌شود، به این ترتیب که ابتدا با افزایش درآمد سرانه، کشش مصرف انرژی (که به عنوان شاخصی از بهره‌وری نهایی انرژی نیز تلقی می‌گردد) افزایش می‌یابد و در مراحل بعدی و با افزایش بیشتر درآمد، کشش درآمدی مذکور کاهش می‌یابد، لذا رابطه بین مصرف سرانه انرژی و درآمد سرانه در این گروه کشورها بصورت یک منحنی U معکوس قابل نمایش است.

ـ افزایش سهم صادرات و واردات صنعتی و همچنین ارزش‌افزوده بخش صنعت، کشش درآمدی و شدت استفاده از انرژی را به سرعت افزایش می‌دهد. صنعتی شدن به سرعت به مصرف فزاینده انرژی در این کشورها دامن می‌زند.

منابع

عباسی‌نژاد، حسین و داریوش وافی‌نجار (1379-1350)، *بررسی کارایی و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمت انرژی در بخش صنعت و حمل و نقل با روش TSLS*.

Agras J. Chapman (1999), "A Dynamic Approach to the Environmental Kuznets Curve Hypothesis", *Energy Economics*, Vol. 28, PP. 267-277.

Ang, B.W. (1987), "A Cross-Sectional Analysis of Energy-Output Correlation", *Energy Economics*, October, PP. 274-285.

Bacon, D. W. & D.G.Watts (1971), "Estimating the Transition Between two Intersecting Straight Lines", *Biometrika*, Vol. 58, PP. 19-52.

Chaitanya, V. K. (2007), "Rapid Economic Growth and Industrialization in India, China & Brazil: at What Cost?".

Chousa, J.P., Tamazin, A. & K. Chaitanya (2008), "Rapid Economic Growth at the Cost of Environment Degradation?", Panel Data Evidence from BRIC Economies.

Cleveland, C. J. (1984), "Energy and the US Economy", *A Biophysical Perspective Science*, Vol. 225, PP. 890-897.

Cole, M. A., Rayner, A. J. & J. M. Bates (1997), "The Environmental Kuznets Curve: an Empirical Analysis", *Environment and Development Economics*, Vol 2, PP. 401- 416.

Colletaz, G. & C. Hurlin (2006), "Threshold Effects in the Public Capital Productivity: an International Panel Smooth Transition Approach", University of Orleans, Working Paper.

Destais G. Fouquau & J. C. Hurlin (2009), "Energy Demand Models: A Threshold Panel Specification of the Kuznets Curve", Université De Grenoble.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

Destais, G. Fouquau, J. & C. Hurlin (2007), *Economic Development and Energy Intensity: a Panel Data Analysis*, In the Econometrics of Energy Systems (EdS) J. Keppler, R. Bourbonnais and J. Girod, Palgrave MacMillan, Basingstoke.

Dinda, S. (2004), "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, Vol. 49, PP. 431-455.

Engle, R. F. & C. W. J. Granger (1987), "Cointegration and Error Correction Representation, Estimation and Testing", *Econometrica*, Vol. 55, PP. 251– 276.

Esmaeili A. & N. Abdollahzadeh (2009), "Oil Exploitation and the Environmental Kuznets Curve", *Energy Policy*, Vol. 37, PP. 371- 374.

Fisher, R. A. (1932), *Statistical Methods for Research Workers*, 4th Edition, Edinburgh: Oliver & Boyd.

Fok, D., Van Dijk, D. & P. Franses (2004), "A Multi- Level Panel STAR Model for US Manufacturing Sectors", Working Paper, University of Rotterdam.

Fouquau, J., Hurlin, C. & I. Rabaud (2008), "The Feldstein–Horioka Puzzle: a Panel Smooth Transition Regression Approach", *Economic Modeling*, Vol. 25, PP. 284–299.

Granger C. & T. Terasvirta (1993), "Modeling Non Linear Economic Relationships", Oxford University Press.

Gonz?lez, A., Ter?svirta, T. & D. Van Dijk (2005),"Panel Smooth Transition Regression Model", Working Paper Series in Economics and Finance 604.

Hansen, P. & A. King, (1996), "The Determinants of Health Care Expenditure: a Cointegration Approach", *Journal of Health Economics*, Vol. 15, No.1, PP. 127–137.

Hsiao, C. (2003), *Analysis of Panel Data, Publication by the Press Syndicate of the University of Cambridge*, Second Edition.

Im, K.S., Pesaran, M.H. & Y. Shin (2003), "Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels", *Journal of Econometrics*, Vol. 115, PP. 53– 74.

Kao, C. & M. Chiang (2000), "On the Estimation and Inference of a Cointegrated Regression in Panel Data", *Advances in Econometrics*, Vol. 15, PP. 179– 222.

Levin, A. & C.F. Lin (1993), "Unit Root Tests in Panel Data: New Results", Working Paper, University of California, San Diego.

Luzzati T. & M. Orsini (2009), "Investigating the Energy-Environmental Kuznets Curve", *Energy Journal*, Vol. 34, PP. 291- 300.

Maddala, G. S. & S. Wu (1999), "A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and A New Simple Test", Oxford Bulletin of Economics and Statistics, Vol. 61, PP. 631–52.

Nguyen-Van, Phu (2010), "Energy Consumption and Income: A Semi Parametric Panel Data Analysis", *Energy Economics, Elsevier*, Vol. 32, No.3, PP. 557-563.

Richmond A.K. & R.K. Kaufmann (2006a), "Energy Prices and the Turning Points: the Relationship between Income and Energy Use/Carbon Emissions", *Energy Journal*, Vol. 27, PP. 157- 180.

Richmond A.K. & R.K. Kaufmann (2006b), "Is There a Turning Point in the Relationship between Income and Energy Use and/or Carbon Emissions?", *Ecological Economics*, Vol. 56, PP. 176 -189.

Shafik, N. (1994), "Economic Development and Environmental Quality: an Econometric Analysis", Oxford Economic Papers, Vol. 46, PP. 757–773.

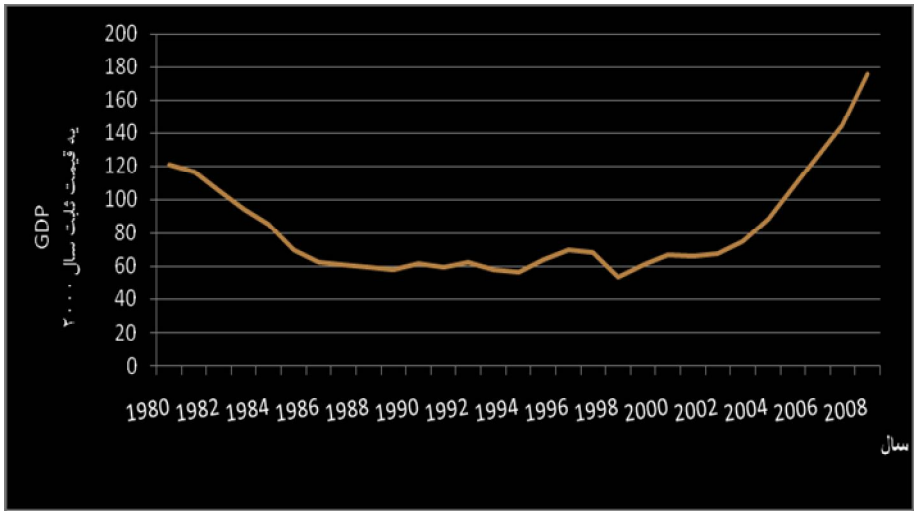
Pesaran, H.M. & R. Smith (1995) "Estimating Long-Run Relationships from Dynamic Heterogeneous Panels", *Journal of Econometrics*, Vol. 68, PP. 79-113.

Suri V. & D. Chapman (1998), "Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve", *Ecological Economics*, Vol. 25, PP. 195-208.

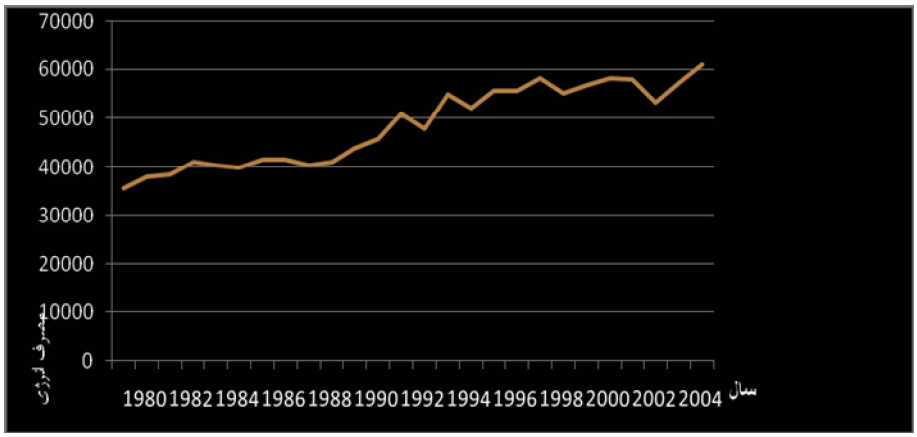
World Bank (2005), "World Development Report", Washington: World Bank Press.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

پیوست

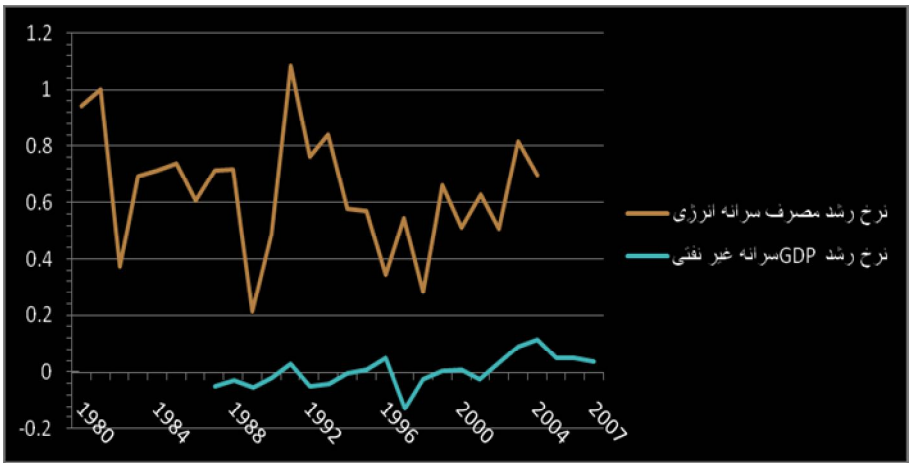


نمودار 1. روند GDP کشورهای عضو اوپک در بازه (2007-1980)

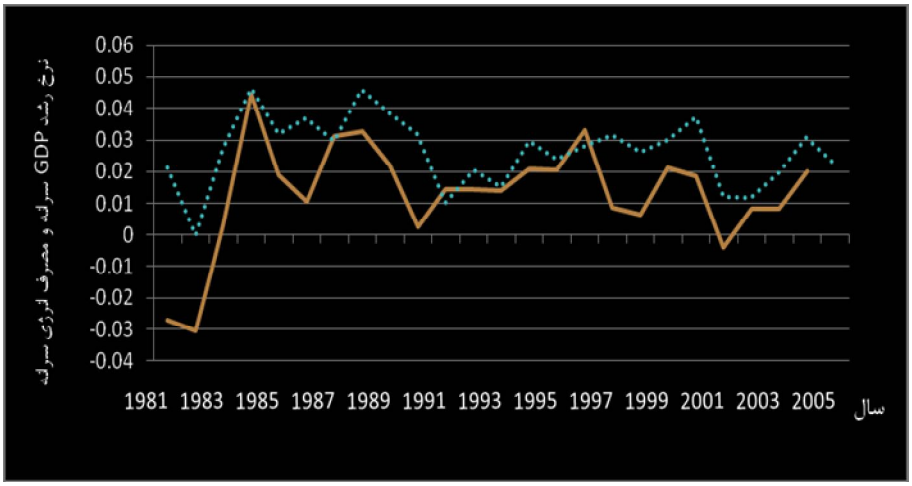


نمودار 2. روند مصرف انرژی کشورهای عضو اوپک در بازه (2004-1980)

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]



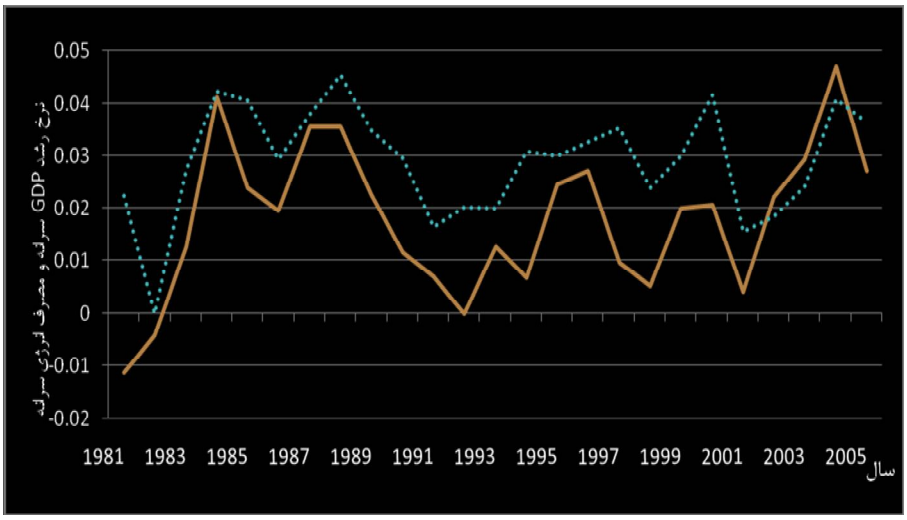
نمودار 3. نرخ رشد GDP سرانه غیرنفتی و مصرف سرانه انرژی در کشورهای عضو اوپک در بازه (2007-1980)



در نمودار فوق خط آبی رنگ نشانگر نرخ مصرف سرانه انرژی و خط قرمز رنگ نشانگر نرخ رشد GDP سرانه می‌باشد.

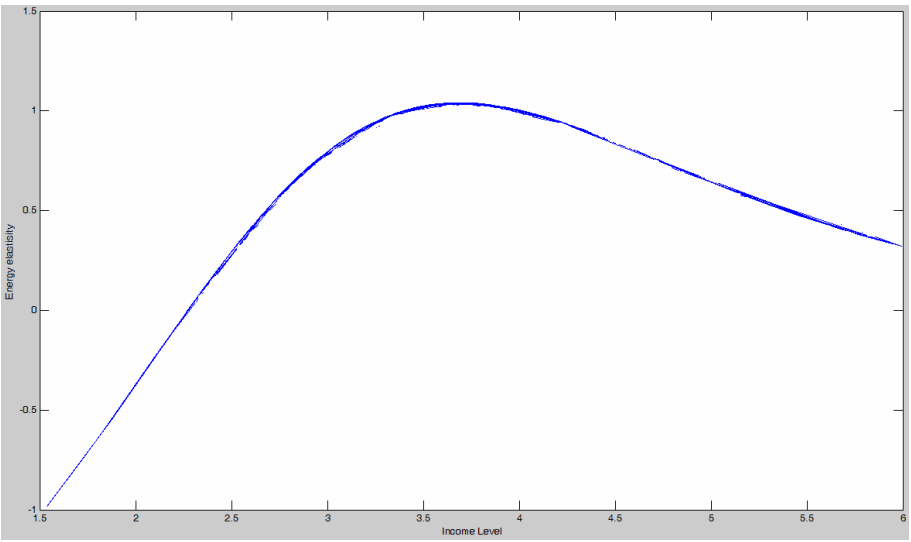
نمودار 4. نرخ رشد GDP و مصرف انرژی سرانه کشورهای OECD در بازه (2007-1980)

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]



در نمودارفوق خط آبی رنگ نشانگر نرخ‌مصرف سرانه انرژی و خط قرمزرنگ نشانگر نرخ‌رشد GDP سرانه می‌باشد.

نمودار 5. نرخ رشد GDP و مصرف انرژی سرانه در جهان در بازه (1980-2007)



نمودار 6. رابطه بین کشش مصرف انرژی سرانه و درآمد سرانه مطابق با مدل (5)

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-09-16]