The causal relationship between renewable electricity generation and GDP growth: OECD and OPEC selected countries

Amir Bahador Khalaj Amirhosseini

MA Energy Economics, Faculty of Economics and Political Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. bahadorkah@yahoo.com

Reza Mohseni

Coressponding Author, Assistant Professor, Member of Department of Economics, Faculty of Economics and Political Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, Research Fellow of Center for Economic and Political Studies, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. re_mohseni@sbu.ac.ir

Abstract

By the reason of increasing environmental worries and also the limits of fossil fuel sources in the world, including Iran, all the developers and developing countries are changing their technology from fossil fuel sources to renewable energy sources.

But because of the renewable energy sources variety and the way that they are used, to invest in this strategic section, total awareness is needful.

This research is reviewing the relation between producing electricity from types of renewable energy sources and GDP growth rate.

According to this, first, existing of short-run and long-run relation between electricity production from types of renewable energy sources and GDP growth rate has been studied with serial correlation panel model (FMOLS - Fully modified least squares) and panel error correction model (ECM).

Results show that in producing electricity from renewable and non-renewable energy, capital and labor variables have a positive and meaningful effect on GDP in short-run and long-run. For example, increasing 1% of electricity production by renewable energy, can raise GDP to 0/66% in the long - run. While electricity production of non-renewable energy can raise GDP to

0/45% in the long - run.

Also results in estimating each energy source show that biomass, solar, waste and wind have a positive and meaningful effect on GDP. That means increasing 1% in the amount of biomass (solar, waste, wind and Geothermal) can increase GDP in order of mentioned to 0/01%, 0/72%, 0/33%, 0/11% and 0/61%. While hydroelectric source has elasticity with 0/11 that it has a positive effect on GDP but this is not a meaningful effect.

Keywords: Renewable energy sources, Nonrenewable energy sources, panel cointegration, electricity generation

JEL Classification: C33,O13,O41

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بررسی رابطه بین تولید برق انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد تولید ناخالص داخلی: کشورهای منتخب OECD و OPEC[1]

امیر بهادر خلج امیر حسینی
کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
bahadorkah@yahoo.com

رضا محسنی
نویسنده مسئول، استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، همکار مرکز مطالعات اقتصادی و سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران re_mohseni@sbu.ac.ir

چکیده

با توجه به رشد هزینه‌های منابع مختلف تولید برق از انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا (خورشیدی، بادی، برق‌آبی، زیست‌توده، زمین‌گرمایی و زباله)، سرمایه‌گذاری در این بخش استراتژیک انرژی جهت تولید برق، می‌بایست با شناخت کافی از هزینه و صرفه اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی این منابع صورت پذیرد؛ زیرا کاهش در تولید و مصرف برق و یا انتخاب منابع پرهزینه‌تر برای تولید برق، می‌تواند عواقب ناخواسته‌ای در کاهش رشد اقتصادی داشته باشد. در این راستا، این مطالعه به بررسی رابطه علیت بین برق تولیدی از انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد تولید ناخالص داخلی می‌پردازد. بر این اساس در ابتدا با استفاده از مدل پانل همجمعی (FMOLS) و مدل تصحیح خطای پانل (ECM)، وجود رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت تولید برق از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر با رشد تولید ناخالص داخلی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تولید برق به‌وسیله انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، سرمایه و نیروی‌کار دارای اثر مثبت و معنادار بر تولید ناخالص داخلی در کوتاه‌مدت و بلندمدت هستند، به گونه‌ای که افزایش یک درصد در تولید برق به‌وسیله انرژی‌های تجدیدپذیر، تولید ناخالص داخلی را به میزان ۰/۰۶۶ درصد در بلندمدت افزایش می‌دهد درحالی‌که تولید برق به‌وسیله انرژی‌های تجدیدناپذیر، تولید ناخالص داخلی را به میزان ۰/۰۵۴ درصد در بلندمدت افزایش می‌دهد. همچنین نتایج برآورد هر منبع نشان می‌دهد که تولید برق از منابع زیست‌توده،

---

۱. این یک مقاله دسترسی آزاد تحت مجوز CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) است.

خورشیدی، زباله و بادی اثر مثبت و معناداری بر تولید ناخالص داخلی دارد. بـه گونـه‌ای که یک درصد افزایش در تولید برق از زیست‌توده، خورشیدی، زباله، بادی و زمین‌گرمایی به ترتیب تولید ناخالص داخلـی را بـه میـزان ۰/۰۱۰، ۰/۰۲۷، ۰/۰۳۳، ۰/۰۱۱ و ۰/۰۱۶ درصد افزایش می‌دهند. درحالی‌که تولید برق از منبـع هیـدروالکتریک (بـرق‌آبـی) دارای کشش ۰/۰۱۱ است که اثر مثبت بر تولید ناخالص داخلی داشته منتهی این اثـر معنـادار نیست.

واژه های کلیدی: *انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی‌ها تجدیدناپذیر، پانـل همجمعـی، تولیـد برق*

طبقه‌بندی JEL: C33,O13,O41

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۰۷ تاریخ بازبینی: ۰۰/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۶/۰۶

فصلنامه راهبرد اقتصادی، سال ۱۰، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، صص ۲۵۱-۲۸۷

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

امروزه با توجه به توسعه روزافزون کشورها، انرژی برق یک نیاز اساسی برای رشد اقتصادی محسوب می‌گردد؛ به‌گونه‌ای که بدون توسعه شبکه‌های برق، رشد صنایع به‌عنوان مهم‌ترین عامل توسعه کشورها به‌تدریج کاهش می‌یابد. از این رو تأمین به موقع و کافی انرژی الکتریکی مورد نیاز فعالین اقتصادی، از مهم‌ترین دغدغه‌های دولت‌هاست که علاوه بر نقش انکارناپذیر آن در توسعه اقتصادی و رفاه اجتماعی، نقش بسزایی در امنیت ملی نیز ایفا می‌کند. از سوی دیگر نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و پایان‌پذیر بودن آنان، کشورهای پیشرفته دنیا را به سمت سرمایه‌گذاری و توسعه منابع جدید سازگار با محیط‌زیست سوق داده است. حال باید دید توسعه منابع تجدیدپذیر انرژی در مقایسه با منابع سوخت‌های فسیلی فارغ از تأثیرات مثبت زیست‌محیطی چه تأثیر اقتصادی‌ای بر تولید ناخالص داخلی کشورها می‌گذارند.

تولید انرژی الکتریکی را می‌توان به دو بخش تقسیم نمود: بخش اول، انرژی الکتریکی حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی و بخش دوم، انرژی الکتریکی حاصل از انرژی باد، خورشید و سایر انرژی‌های تجدیدشونده است. انرژی‌های تجدیدشونده از آن جهت که تأثیر بسیار کمتری بر آلودگی محیط‌زیست دارند، نقش مهمی در تأمین اهداف توسعه‌ی پایدار ایفا می‌کنند. به عنوان مثال تولید انرژی الکتریکی از انرژی خورشیدی تقریباً فاقد آلاینده‌ی مستقیم است. در صورتی که منبع انرژی اولیه به جای خورشید، انرژی باد باشد، فرآیندی که منجر به تولید انرژی الکتریکی می‌شود موجب آلودگی هوا، خاک و آب نخواهد شد.

تولید انرژی الکتریکی از آب نیز فاقد آلاینده‌های مستقیم هوا و خاک است.

در نهایت باید بین منابع دارای قابلیت بهره‌برداری اقتصادی و منابع غیراقتصادی، تفاوت قائل شد. به‌طور مثال استخراج و عرضه‌ی برخی منابع فسیلی مانند نفت خام برخی میادین، به دلیل حجم ذخایر درجا، کیفیت نفت خام، ویژگی‌های سنگ مخزن و ... با توجه به فن‌آوری و قیمت‌های رایج دارای توجیه اقتصادی نیست. همچنین تولید انرژی الکتریکی از منابع تجدیدشونده در برخی مناطق بسیار پرهزینه و با قیمت‌های رایج، فاقد توجیه اقتصادی است. این شرایط طی زمان ثابت نبوده و با تغییر فن‌آوری و قیمت تغییر خواهد کرد.

از مهم‌ترین عناصر تأثیرگذار در مباحث توسعه پایدار، منابع انرژی هستند. از آنجا که انرژی، نیازی اساسی برای تداوم توسعه اقتصادی، رفاه اجتماعی، بهبود کیفیت زندگی و امنیت جامعه است پس از نیروی انسانی، در اختیار داشتن منابع انرژی مناسب کافی، عمده‌ترین عامل اقتصادی جوامع صنعتی به شمار می‌رود. با توجه به این موضوع که توسعه پایدار به نگرانی‌های بلندمدت تأکید دارد (سوواکول، ۲۰۱۱[1]) اگر انرژی به نحوی تولید و مصرف شود که توسعه‌ی انسانی را در بلندمدت در تمامی ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تأمین کند، مفهوم انرژی پایدار، تحقق می‌یابد؛ بنابراین، تأمین انرژی پایدار، ضرورت توسعه پایدار است (بریمانی و کعبی نژادیان، ۱۳۹۳).

با توجه به دو امر امنیت انرژی و توسعه پایدار، توأم با سیاست‌های کاهش وابستگی به نفت و سایر سوخت‌های فسیلی و تجدیدناپذیر، پرداخت و حرکت به سوی استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر ضرورت می‌یابد.

در این رابطه پاین ۱۰۱ مطالعه در خصوص رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی طی سال‌های ۱۹۷۸–۲۰۰۸ را بررسی و اعلام نمود که هیچ اجماعی بین محققان در خصوص رابطه علیت میان این دو عامل وجود ندارد. در عموم مطالعات پیشین بررسی رابطه رشد اقتصادی و انرژی از آزمون‌های علیت متعارف در اقتصادسنجی مانند آزمون علیت هم‌انباشتگی انگل–گرنجر، جوهانسون–جوسیلیسوس،

1. Benjamin K. Sovacool

آزمون علیت گرنجر–سیمز، مدل تصحیح خطا، آزمون علیت بلندمدت تودا–یاموتو استفاده شده است. نتایج حاصل از این مطالعات بیانگر آن است که ۲۳٫۱٪ علیت یک طرفه از مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی، ۱۹٫۵٪ علیت یک طرفه از رشد تولید ناخالص داخلی به مصرف انرژی، ۲۸٫۲ رابطه علیت دوطرفه و ۲۹٫۲٪ مطالعات نیز هیچ رابطه‌ای را نشان نمی‌دهند (Payne, 2010 &2012).

ضمن آن‌که مطالعات زیادی در خصوص نوع رابطه میان انرژی‌های تجدیدپذیر و رشداقتصادی وجود ندارد.

در این مطالعه دو گروه کشورهای منتخب OECD و OPEC مورد توجه قرار گرفته‌اند. علت انتخاب گروه اول، سبد متنوع تولید برق از انواع منابع انرژی در این کشورها است. به طور مثال سوئد، بیشتر برق مصرفی خود را از منبع انرژی زباله و یا کشور آلمان از منبع انرژی بادی تأمین می‌کند.

نکته بعدی که می‌بایست در نظر داشت این است که کشورها از تمامی این منابع تولید برق استفاده نمی‌کنند. برای نمونه بریتانیا منابع انرژی بادی، خورشیدی، برق آبی، زباله، زیست توده، زغال سنگ، نفت و گاز را برای تولید برق به کار می‌گیرند امّا از منبع زمین‌گرمایی استفاده نمی‌کنند.

اساساً انتخاب گروه کشورهای OECD، اولاً به دلیل پیشرفته بودن در دسترسی به انواع منابع جهت تولید برق و ثانیاً به دلیل سبد مصرفی متفاوت، صورت پذیرفته است.

انتخاب کشورهای منتخب OPEC به ترکیب گروه قبلی با توجه به منابع ارزان انرژی فسیلی این کشورها می‌تواند نتایج دقیق‌تری نسبت به رابطه بلندمدت منابع تجدیدناپذیر (NRE) و تولید ناخالص داخلی به ما بدهد؛ بنابراین انتخاب این تنوع از کشورها در این مطالعه، نتایج معتبرتری نسبت به موضوعات مورد بحث در این مطالعه در اختیار قرار می‌دهد.

در این مقاله با تکیه بر مطالعات پیشین مربوط به رابطه بین انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد تولید ناخالص داخلی، به بررسی رابطه بین منابع اصلی تولید برق تجدیدپذیر، شامل زیست‌توده، زمین‌گرمایی، آبی، انرژی خورشیدی، زباله و

بادی با رشد تولید ناخالص داخلی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مطالعه با استفاده از داده‌های تولید برق در ۲۰ کشور OECD و ۸ کشور عضو OPEC طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۹۰، تحلیل رابطه علی بین تولید ناخالص داخلی واقعی و هر منبع انرژی تجدیدپذیر مبتنی بر مدل تصحیح خطای پانل (ECM)، مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین رابطه بلندمدت میان تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی از مدل رگرسیونی حداقل مربعات اصلاح شده (DOLS) استفاده شده است. لذا بعد از مقدمه در بخش دوم، مبانی نظری ارائه می‌گردد و در بخش سوم، مطالعات تجربی معرفی شده است. در بخش چهارم مقاله به معرفی الگو، تخمین و تجزیه و تحلیل اشاره شده است و در نهایت در بخش آخر، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه می‌گردد.

فرضیات پژوهش به شرح زیر ارائه می‌گردند:

۱. رابطه کوتاه‌مدت دوطرفه بین مجموع تولید برق از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید ناخالص داخلی وجود دارد.

۲. انرژی‌های تجدیدپذیر به طور مثبت بر تولید ناخالص داخلی تأثیر می‌گذارند اما تغییرات در تولید ناخالص داخلی اثر منفی بر انرژی‌های تجدید پذیر دارد.

۳. تولید برق از منابع زیست توده، خورشیدی، زباله‌ها و بادی، رابطه مثبت بلندمدت با رشد تولید ناخالص داخلی دارند.

۱. مبانی نظری

میزان دسترسی بنگاه‌های اقتصادی به عوامل تولید بر سطح تولید آن‌ها اثرگذار است و هرگونه تخصیصی از عوامل تولید، نتایج متفاوتی بر سطح تولید کالاها و خدمات در بر خواهد داشت. واضح است که تولید بنگاه‌ها، تولید کل و سطح رشد اقتصادی را تعیین می‌کند؛ بنابراین عوامل تولید از طریق تغییر بر تولید بنگاه‌های تولیدی رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار خواهند داد. لذا اگر تولید هر بنگاه، تابعی از عوامل مختلف باشد، تابع تولید به صورت رابطه شماره ۱ خواهد بود:

$$Q = f(x_i) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در اینجا Q نشان‌دهنده تولیدکل و x_i عوامل مختلف تولید است. همچنین فرض

بر آن است که بین استفاده از این عوامل تولید و میزان تولید رابطه مستقیم وجود دارد؛ یعنی افزایش هر یک از نهاده‌ها منجر به افزایش تولید می‌شود؛ به عبارت دیگر به همراه رشد اقتصادی، تقاضا برای عوامل تولید افزایش می‌یابد.

از طرف دیگر برخی از اقتصاددانان بر این معتقدند که انرژی در طبیعت دارای مقدار ثابت است و در تبیین دیدگاه خود، از اصل اول ترمودینامیک بهره می‌گیرند. طبق این اصل انرژی در طبیعت میزان ثابتی دارد و جبران‌ناپذیر است و می‌تواند به ماده تبدیل شود ولی به هیچ وجه از بین نمی‌رود. تمامی کالاهای تولید شده در اقتصاد از انرژی به دست می‌آیند. به طور کلی آنچه در اقتصاد به کالا تبدیل می‌گردد ناشی از انرژی به کار گرفته شده از طبیعت است. این گروه معتقدند انرژی تنها عامل و مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر رشد اقتصادی است.

بنابراین در مدل‌های بیوفیزیکی که توسط نایز و آیرس (۱۹۸٤) [1]ارائه شده است تولید کالاها در اقتصاد، نیازمند مصرف انرژی است و انرژی مهم‌ترین عامل رشد اقتصادی محسوب می‌گردد و نیروی‌کار و سرمایه، عوامل واسطه‌ای هستند که برای تولید محصول به انرژی وابسته‌اند (AL-Irani, 2006)؛ بنابراین تابع تولید را می‌توان تابعی از نهاده‌های نیروی‌کار، سرمایه و انرژی در نظر گرفت و در نهایت به صورت رابطه شماره ۲ بیان نمود:

$$Q = f(K.E.L)$$:(۲) رابطه

در این تابع فرض بر آن است که بین میزان استفاده از نهاده‌ی انرژی (E) در کنار نهاده‌های نیروی‌کار (L) و سرمایه (K) با تولید (Q) در اقتصاد، رابطه مستقیمی وجود دارد و افزایش هر یک از این عوامل باعث افزایش تولید می‌شود. نهاده انرژی می‌تواند توسط سایر حامل‌های انرژی نظیر برق، گاز، فراورده‌های نفتی، زغال‌سنگ و ... تأمین گردد (آماده و همکاران، ۱۳۸۸).

در نظریه‌های جدید رشداقتصادی نیز به نهاده‌ی انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های اصلی در تابع رشد تأکید شده است. به عنوان مثال استرن و کلولند [2]

---

1. Nair & Ayres
2. Stern & Cleveland

(۲۰۰٤) با استفاده از تابع تولید نئوکلاسیکی رابطه‌ی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را مورد مطالعه قرار دادند. تابع تولید ارائه شده توسط این محققین به صورت رابطه شماره ۳ بیان شده است:

$$(Q_i. \dots . Q_m = F(A. X_i. \dots . X_n. E_i. \dots . E_p)$$:(۳) رابطه

که در این تابع Q_i، نشان‌دهنده انواع کالاها و خدمات تولیدی در اقتصادی است و X_i نیز نشان‌دهنده عوامل مختلف تولید نظیر نیروی‌کار، موجودی سرمایه، زمین و ... است و E_i نشان‌دهنده انواع مختلف انرژی‌های مصرفی از قبیل برق، نفت، گاز و ... و A شاخصی برای پیشرفت تکنولوژی است. رابطه‌ی بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی تحت تأثیر عواملی چون میزان پیشرفت تکنولوژیکی، تغییر در ترکیب نهاده‌ی انرژی، درجه جانشینی بین انرژی و سایر نهاده‌های تولید قرار می‌گیرد (Stern & Cleveland, 2004). استیگلتز[1] (۱۹۷٤) به نقل از اقتصاددانان نئوکلاسیک با اشاره به امکان جانشینی میان عوامل تولید بیان می‌کند که پیشرفت دانش و تکنولوژی از طریق افزایش بهره‌وری در سرمایه و نیروی‌کار، نیاز به مصرف انرژی در فرآیند تولید را کاهش خواهد داد. از این رو فرآیند رشد و تولید اقتصادی با وجود محدودیت در ذخایر انرژی امکان‌پذیر است. در این رابطه برنت و وود[2] (۱۹۷۵) بیان می‌کنند که انرژی به عنوان نهاده واسطه‌ای و به‌منظور به‌کارگیری سرمایه در فرآیند تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد و با افزایش بهره‌وری در سرمایه و رشد تکنولوژی، نیاز به نهاده انرژی کاهش می‌یابد؛ بنابراین انرژی رابطه ضعیف و تفکیک‌پذیری با نیروی‌کار دارد و به‌عنوان یک عامل مؤثر و ضروری در رشد اقتصادی مطرح نمی‌گردد. از این رو از دیدگاه نئوکلاسیک‌ها انرژی، عامل محرک رشد اقتصادی نیست بلکه رشد اقتصادی میزان تقاضا و مصرف انرژی را تعیین می‌کند. بدین جهت سیاست‌های تهدیدکننده مصرف انرژی به‌عنوان عامل بازدارنده رشد اقتصادی محسوب نمی‌گردد.

---

1. Stiglitz
2. Berndt & Wood

۲. پیشینه پژوهش

۲-۱. مروری بر مطالعات تجربی خارجی

آپرجیس و پاینه[1] (۲۰۱۰) طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۵-۱۹۸۵، رابطه‌ی بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی را در ۲۰ کشور عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه[2] با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی پانلی و مدل تصحیح خطا مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که رابطه‌ی هم‌انباشتگی بین مصرف انرژی تجدیدپذیر، رشد اقتصادی، سرمایه و نیروی‌کار وجود دارد. نتایج علیت گرنجری نیز بر وجود رابطه‌ی علی دوطرفه بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت تأکید دارد.

آپرجیس و پاینه (۲۰۱۰) به بررسی رابطه‌ی هم‌انباشتگی و علی بین مصرف انرژی و رشداقتصادی در ۹ کشور آمریکای جنوبی برای دوره‌ی زمانی ۲۰۰۵-۱۹۸۰ با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی پانلی و مدل تصحیح خطا پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند رابطه‌ی تعادلی بلندمدتی بین تولید ناخالص داخلی حقیقی، مصرف انرژی، نیروی‌کار و تشکیل سرمایه‌ی ثابت ناخالص واقعی وجود دارد. از طرف دیگر نتایج علیت حاکی از آن است که هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، رابطه‌ی علی یک طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی وجود دارد.

نور و صدیقی[3] (۲۰۱۰) رابطه‌ی علی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت در ۵ کشور آسیایی (بنگلادش، هند، نپال، پاکستان و سریلانکا) با استفاده از آزمون‌های هم‌انباشتگی پانلی، مدل تصحیح خطا و حداقل مربعات معمولی تعدیل‌یافته[4] طی دوره زمانی ۲۰۰۶-۱۹۷۱ بررسی کرده‌اند. نتایج، حاکی از آن است که در کوتاه‌مدت، علیت یک طرفه از تولید ناخالص داخلی سرانه به مصرف انرژی سرانه وجود دارد. در بلندمدت نیز ۱

---

1. Apergis & Payne
2. Organisation for Economic co-Operation and Development (OESD)
3. Noor & Siddiqi
4. FMOLS: Fully Modofied Ordinary Least Square

درصد افزایش در مصرف انرژی سرانه منجر به کاهش ۱۳ درصد تولید ناخالص داخلی سرانه می‌شود.

بودن و پاین (۲۰۱۰)[1] با مطالعه رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در آمریکا، رابطه یک طرفه از مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر به تولید ناخالص داخلی را مشاهده نمودند.

آپرجیس و پاینه (۲۰۱۱) با استفاده از آزمون‌های هم‌انباشتگی پانلی پدرونی (۱۹۹۰-۲۰۰٤) و تصحیح خطای پانلی (۲۰۰۷-۱۹۹۰) رابطه‌ی بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر با رشد اقتصادی را برای ۸۰ کشور مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهند که رابطه‌ی تعادلی بین تولید ناخالص داخلی واقعی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، مصرف انرژی تجدیدناپذیر، تشکیل سرمایه‌ی ثابت ناخالص واقعی و نیروی‌کار در بلندمدت وجود دارد. نتایج مدل تصحیح خطای پانلی نیز نشان می‌دهد که هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، علیت دوطرفه بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر با رشد اقتصادی وجود دارد.

اتمز و همکاران[2] (۲۰۱۸) تأثیر تولید برق تجدیدپذیر و غیرقابل تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی را با استفاده از روش GMM برای ۱۷٤ کشور در بازه زمانی ۱۹۸۰-۲۰۱۲ مورد مطالعه قرار دادند. نتایج، حاکی از رابطه شدید و مثبت میان تولید برق و رشد اقتصادی است اما تلفات توزیع و انتقال برق اثر منفی بر رشد اقتصادی دارد.

اوزکان و اوزترک (۲۰۱۹)[3] در مطالعه‌ای به بررسی رابطه علی بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی طی دوره ۱۹۹۰- ۲۰۱٦ در کشورهای نوظهور پرداختند. نتایج نشان از عدم رابطه علی بین انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی در کشورهای مورد بررسی (به جز لهستان) دارد؛ بنابراین به دلیل عدم وجود رابطه علیت سیاست‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی، خطری برای نرخ رشد کشورهای مورد بررسی ندارد. درحالی‌که سیاست‌های حفاظت از انرژی ممکن است دارای

1. Bowden & Payne
2. Atems & elt
3. Ozcan & Ozturk

اثرات منفی بر روی سطح عملکرد اقتصادی کشور لهستان داشته باشد.

کابریوماجی و سیولامن (۲۰۱۹)[1] به بررسی ارتباط میان مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی در کشورهای غرب افریقا طی دوره زمانی ۱۹۹۵-۲۰۱٤ پرداختند. نتایج، حاکی از آن است که مصرف انرژی تجدیدپذیر به کاهش رشد اقتصادی در این کشورها منجر می‌شود. از آنجا که ماهیت انرژی تجدیدپذیر در غرب آفریقا اکثراً زیست‌توده چوب است و سوزاندن آن آلودگی زیادی را منتشر می‌کند و انرژی‌های تجدیدپذیر پاک مانند انرژی خورشیدی و بادی که اثرات جانبی بر سلامت انسان ندارد در غرب افریقا کمتر دیده می‌شود، استفاده از انرژی تجدیدپذیر می‌تواند رشد و بهره‌وری اقتصادی را کاهش دهد.

آیدین (۲۰۱۹)[2] به بررسی رابطه علی بین مصرف برق تجدیدپذیر و غیر قابل تجدید و رشد اقتصادی طی سال‌های ۱۹۸۰- ۲۰۱۵ برای ۲٦ کشور OECD پرداخت و جهت بررسی علیت بین متغیرها از دو رویکرد مختلف بهره گرفت. نتایج آزمون علیت Dumitrescu-Hurlin حاکی از تأیید علیت دوطرفه بین مصرف برق غیر قابل تجدیدپذیر و رشد اقتصادی است. در حالی که نتایج آزمون علیت Croux and Reusens حاکی از رابطه علیت دوطرفه موقت بین رشد اقتصادی و مصرف برق تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر است.

۲-۲. مروری بر مطالعات تجربی داخلی

محمدی و همکاران (۱۳۹۱) به تحلیل مدل‌های علیت خطی و غیرخطی از رابطه رشد اقتصادی و مصرف انرژی در ایران طی سال‌های ۱۳٤٦-۱۳۸۹ پرداخته و یافته‌ها حاکی از وجود یک رابطه علی خطی و غیرخطی یک طرفه، از مصرف انرژی به رشد اقتصادی است.

صادقی و همکاران (۱۳۹۳) به دنبال عوامل مؤثر بر تقاضای برق و اثر توسعه مالی به همراه متغیرهای تولید ناخالص داخلی حقیقی، رشد جمعیت و مصرف برق با استفاده از تکنیک ARDL در بازه زمانی ۱۳٦۳-۱۳۹۰ پرداخته‌اند. نتایج این

---

1. Ibrahim KabiruMajia &Chindo Sulaiman
2. Mucahit Aydin

مطالعه تأثیر مثبت و معنی‌دار توسعه مالی بر مصرف برق را تأیید می‌کند.

تهامی‌پور و همکاران(۱۳۹۵) به بررسی تأثیر انرژی پاک بر سرانه رشد اقتصادی در کشور ایران طی دوره ۱۳٤٦-۱۳۹۱ با استفاده از روش ARDL پرداخته‌اند. نتایج، رابطه منفی بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و مصرف مواد سوختنی و بازیافتی و انرژی الکتریکی در کوتاه‌مدت و بلندمدت را نشان می‌دهد.

شهنازی و همکاران(۱۳۹٦) به بررسی وجود رابطه علیت بین مصرف حامل‌های مختلف انرژی با رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش‌های اقتصادی (خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، کشاورزی و حمل و نقل) در دوره ۱۳۷٦-۱۳۹۱ با استفاده از روش علیت تودا و یاماموتو در ایران پرداخته‌اند. نتایج، نشان دهنده رابطه علی یک طرفه از مصرف حامل‌های انرژی به رشد اقتصادی در بخش کشاورزی، رابطه علیت دو طرفه میان متغیر رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با حامل‌های انرژی در بخش‌های حمل و نقل و خانگی، عمومی و تجاری و در نهایت رابطه علیت یک طرفه از رشداقتصادی به مصرف گاز و مصرف برق به رشد اقتصادی و رابطه علیت دو طرفه از رشداقتصادی به مصرف زغال‌سنگ در بخش صنعت است.

ارباب و همکاران (۱۳۹٦) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب اوپک پرداختند. نتیجه حاصل از این پژوهش بیانگر آن است که میزان مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای منتخب عضو اوپک از جمله ایران علت گرنجری رشد اقتصادی در این گروه کشورهاست.

صادقی و همکاران (۱۳۹٦) به بررسی تأثیر افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر بر تولید ناخالص داخلی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با استفاده از داده‌های سری زمانی ۱۹۸۰-۲۰۱۲ و بر مبنای الگوی خودرگرسیون ساختاری SVAR به تحلیل رابطه پویا میان سه متغیر انرژی تجدیدپذیر، رشداقتصادی و انتشار CO2 پرداختند. نتایج، حاکی از آن است که شوک مثبت در مصرف انرژی تجدیدپذیر، منجر به افزایش رشد اقتصادی و انتشار CO2 می‌شود. از طرفی تجزیه و تحلیل واریانس

نیز حاکی از آن است که سهم انرژی تجدیدپذیر در توضیح واریانس خطای پیش‌بینی GDP و CO2 در سطح پایینی قرار دارد.

مرتضوی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی در زیر بخش‌های اقتصادی ایران (صنعت و معدن، خدمات و کشاورزی) با استفاده از داده‌های ترکیبی طی سال‌های ۹۵-۱۳۶۵ پرداختند. برای نیل به هدف مذکور از تحلیل‌های هم انباشتگی پانل و جهت تخمین روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت به ترتیب از برآوردگرهای حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) و روش میانگین گروهی (MG) استفاده شد. برآورد بلندمدت مدل بیان می‌دارد که ارتباط معنی‌دار و مثبت میان سرمایه و تولید ناخالص داخلی با مصرف انرژی و یک ارتباط غیر معنی‌دار متغیر نیروی‌کار با مصرف انرژی وجود دارد. همچنین وجود رابطه کوتاه‌مدت بین تمامی متغیرهای مدل، تأیید گردید.

جمع‌بندی

مطالعات حاکی از آن است که هیچ اجمال و نتیجه گیری نهایی در خصوص رابطه علیت میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی وجود ندارد. در عموم مطالعات پیشین بررسی رابطه رشد اقتصادی و انرژی از آزمون‌های علیت معمول در اقتصادسنجی مانند آزمون علیت هم‌انباشتگی انگل-گرنجر، جوهانسون-جولیسوس، آزمون علیت گرنجر-سیمز، مدل تصحیح خطا، آزمون علیت بلندمدت تودا-یاموتو و مدل اصلاح خطای تلفیقی پانل استفاده شده است. ضمن آنکه مطالعات زیادی در خصوص نوع رابطه میان انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی وجود ندارد.

مطالعات پیشین عموماً بر رابطه‌ی بین مصرف برق و رشد تولید ناخالص داخلی استوار بوده است. این سبک از مطالعات به علت مشخص نبودن منبع اولیه تأمین برق مصرف‌کننده نهایی نمی‌تواند الگویی از رابطه منفرد منابع اولیه تولید برق و تولید ناخالص داخلی به دست دهد. نوآوری این مطالعه بررسی رابطه از منبع اولیه تولید با واحد گیگاوات ساعت و تولید ناخالص داخلی بوده که رابطه علیت بلندمدت و کوتاه مدت کلی و جزئی این منابع را با رشد تولید ناخالص داخلی در اختیار قرار می‌دهد.

۳. روش، معرفی داده‌ها، تخمین و تجزیه و تحلیل الگو

در این مطالعه با توجه به مسائل مختلف و با استفاده از رویکردهای نوین اقتصادسنجی در تلاش خواهیم بود تا در ابتدا رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرهای الگو و نوع رابطه آن شناسایی گردد. سپس در صورت تأیید رابطه علی، منابع انرژی‌های تجدیدپذیر با توجه به تأثیر آن‌ها بر رشد اقتصادی در کشورهای مورد بررسی، اولویت‌بندی خواهد شد. بر این اساس مدل تصحیح خطای پانل (ECM) برای تحلیل رابطه علیت بین تولید ناخالص داخلی حقیقی و هر یک از شش منبع انرژی‌های تجدیدپذیر، مورد بررسی قرار می‌گیرد (Apergis and Payne, 2012).

استفاده از تکنیک پانل جهت مطالعه رشد از امتیازات متعددی برخوردار است و از همه مهم‌تر آن‌که این روش‌ها به ما امکان می‌دهند تا اثر متغیرهای حذف‌شده‌ای را که در طول زمان همچنان تداوم می‌یابد در رگرسیون، وارد گردد. امتیاز دیگر این روش در آن است که مقادیر تأخیری متغیرهای توضیحی را می‌توان در موارد ضرورت به عنوان متغیر ابزاری مورد استفاده قرار داد و بدین ترتیب تورش‌های ناشی از خطای اندازه‌گیری و هم‌زمانی را برطرف کرد.

اغلب مدل‌های اقتصادسنجی که در دهه‌های قبل مورد استفاده قرار می‌گرفت بر فرض پایایی سری‌های زمانی استوار بود. بعدها که ناپایایی بیشتر سری‌های زمانی آشکار شد، به کارگیری متغیرها منوط به انجام آزمون‌های پایایی مربوطه شد. چنانچه متغیرها ایستا باشند تخمین‌های حاصل، مشکل رگرسیون ساختگی را نخواهند داشت؛ اما چنانچه متغیرها ایستا نباشند می‌بایست رابطه همجمعی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل را بررسی نماییم.

آزمون‌های ریشه واحد داده‌های ترکیبی توسط کواه[1] (۱۹۹۲ و ۱۹۹٤) و بریتون[2] (۱۹۹٤) بنا شد و سپس توسط مطالعات لین و لیواین[3] (۱۹۹۲ و ۲۰۰۳) و ایم و همکاران[4] (۱۹۹۷ و ۲۰۰۳) توسعه داده شد.

---

1. Quah
2. Breitung
3. Levin & Lin
4. Im &elt

نمونه آماری پژوهش شامل ۲۰ کشور منتخب سازمان OECD، کشورهای استرالیا، اتریش، بلژیک، کانادا، دانمارک، فرانسه، آلمان، ایسلند، ایتالیا، ژاپن، لوکزامبورگ، هلند، نیوزلند، نروژ، پرتقال، اسپانیا، سوئد، سوئیس، بریتانیا و ایالات متحده آمریکا و ۸ کشور منتخب سازمان OPEC، کشورهای الجزایر، ایران، عراق، نیجریه، آنگولا، ونزوئلا، امارات متحده عربی و اکوادور در بازه زمانی ۱۹۹۰ الی ۲۰۱۶ است.

تخمین بردار بلندمدت

هدف از آزمون‌های هم‌انباشتگی پانل، در نهایت پاسخ به این پرسش است که آیا رابطه‌ی بلندمدتی وجود دارد یا خیر؟ با فرض تأیید وجود هم‌انباشتگی پانل، گام بعدی، تخمین بردار است. در سالیان اخیر رویکردهای محدودی برای تخمین بردار هم‌انباشتگی پانل مورد استفاده واقع شده است. رویکرد اول استفاده از روش حداقل مربعات اصلاح شده (FMOLS) است که توسط پدرونی (۲۰۰۱) [1]برای تخمین روابط بلندمدت هم‌انباشتگی پنل معرفی شده است. روش دیگری که کمتر مورد استفاده واقع شده، روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) است که توسط استاک و واتسون (۱۹۹۳) [2]مطرح شده است که با اعمال تعدیلاتی در روش حداقل مربعات معمولی واکنش متغیر وابسته نسبت به تغییرات متغیرهای مستقل را مورد بررسی قرار می‌دهد. از مهم‌ترین مزیت‌های این روش در مقایسه با دیگر تخمین زننده‌های بردار هم‌انباشتگی این است که در نمونه‌های کوچک نیز کاربرد داشته و از ایجاد تورش هم‌زمانی جلوگیری می‌کند و همچنین از توزیع مجانبی نرمال برخوردار است.

تخمین زن گروه میانگین ادغام شده (PMG) و آزمون علیت

آخرین مرحله از تخمین، برآورد ضرایب کوتاه‌مدت مدل تصحیح خطای پانل با استفاده از روش PMG ارائه شده توسط پسران و همکاران (۱۹۹۹) [3]و سپس بررسی رابطه علیت بین متغیرهای الگو است. PMG تخمین زن میانه است زیرا هم

1. Pedroni
2. Stock & Watson
3. Hashem Pesaran

شامل ادغام (Pooling) و هم میانگین‌گیری (Averaging) است.

تصریح مدل

با استفاده از چهارچوب تابع تولید به رابطه بین انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید ناخالص داخلی به صورت رابطه شماره ٤ بیان می‌گردد:

$$Y_{it} = f(K_{it}. L_{it}. RE_{it}. NRE_{it}) \quad \text{رابطه (۴):}$$

Y بیانگر تولید، L و K به ترتیب نشان دهنده نیروی کار و سرمایه برای کشور i در سال t است. سرمایه و نیروی‌کار در مدل برای کنترل تورش متغیرهای احتمالی حذف شده گنجانده شده است (Lutkepohl, 1982).

در این نوع مدل رشد به عنوان یک مدل رشد سولو، انرژی الکتریکی به عنوان یک نهاده تولید به دو بخش مجزای انرژی تجدید پذیر (RE) و انرژی تجدید ناپذیر (NRE) تقسیم می‌گردد. همچنین عامل تولید برق از منابع تجدیدناپذیر برای تفکیک تأثیرات مختلف منابع انرژی تجدیدپذیر بر رشد تولید ناخالص داخلی مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ لذا الگو به‌صورت رابطه شماره ٥ تصریح می‌گردد:

$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_2 RE_{it} + \beta_3 NRE_{it} + \beta_4 K_{it} + \beta_5 L_{it} + \varepsilon_{it} \quad \text{رابطه (۵):}$$

الگوی فوق برای ٦ منبع تولید برق تجدید پذیر، گسترش داده می‌شود. به این منظور تولید برق هریک از ٦ منبع انرژی تجدیدپذیر به صورت جداگانه به جای متغیر RE در معادله فوق جایگزین شده و متغیر NRE با مکمل آن منبع انرژی تجدیدپذیر یعنی تولید برق کل منهای منبع انرژی تجدید پذیر مورد بحث، جایگزین خواهد شد تا اثر تفکیک‌پذیر آن مشخص و مورد بحث قرار گیرد.

به طور مثال، رابطه اقتصادسنجی بلندمدت برای انرژی بادی عبارت خواهد بود از:

$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_2 RE^1_{it} + \beta_3 NRE^1_{it} + \beta_4 K_{it} + \beta_5 L_{it} + \varepsilon_{it} \quad \text{رابطه (۶):}$$

که در آن Y_{it} تولید ناخالص داخلی، K سرمایه، L نیروی‌کار، RE^1 انرژی برق تولید شده از انرژی بادی، NRE^1 تولید کل منهای تولید انرژی بادی، محاسبه می‌شود.

متغیر مکمل به عنوان وسیله‌ایتأثیر تفکیک تـأثیر منـابع مختلـف انـرژی بـر تولیـد ناخالص داخلی در نظر گرفته می‌شود. بدین سبب از دست رفتن درجـه آزادی در مدل تخمین زده شده به حداقل می‌رسد. پنج منبع دیگـر انـرژی‌هـای تجدیدپـذیر یعنی خورشیدی، زیست توده، زمین گرمایی، زباله و برق آبی نیز از الگوی مشـابه پیروی خواهند کرد.

طبق مدل تصریح شده معادلات زیر در این بخش مورد برآورد قرار می‌گیرند:

رابطه (۷):

$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_2 RE_{it} + \beta_3 NRE_{it} + \beta_4 K_{it} + \beta_5 L_{it} + \varepsilon_{it}$$

که در آن Y_{it} تولید ناخالص داخلی بر حسـب میلیـون دلار بـه قیمـت ثابـت سـال ۲۰۱۰، K سرمایه برحسب میلیون دلار به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰، L نیروی‌کـار بـر حسب هزار نفر، RE برق تولید شده از انرژی‌های تجدیدپذیر برحسـب گیگـاوات ساعت و NRE برق تولید شده از انرژی‌هـای تجدیدناپـذیر بـر حسـب گیگـاوات ساعت است.

همچنین برای هر یک از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر معادلـه‌ای جداگانـه بـه شرح زیر مورد برآورد قرار می‌گیرد:

رابطه (۸):

$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_2 NWAS_{it} + \beta_3 WAS_{it} + \beta_4 K_{it} + \beta_5 L_{it} + \varepsilon_{it}$$
$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_2 NHYD_{it} + \beta_3 HYD_{it} + \beta_4 K_{it} + \beta_5 L_{it} + \varepsilon_{it}$$
$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_2 NGEO_{it} + \beta_3 GEO_{it} + \beta_4 K_{it} + \beta_5 L_{it} + \varepsilon_{it}$$
$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_2 NSOL_{it} + \beta_3 SOL_{it} + \beta_4 K_{it} + \beta_5 L_{it} + \varepsilon_{it}$$
$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_2 NWIN_{it} + \beta_3 WIN + \beta_4 K_{it} + \beta_5 L_{it} + \varepsilon_{it}$$

که در آن Y_{it} تولید ناخالص داخلی، K سرمایه، L نیروی‌کار، WIN انرژی برق تولید شده از هر یک منبع انرژی بادی، NWIN تولید نسـبی انـرژی، غیـر از هـر یـک از منابع انرژی تجدیدپذیر (در مثال غیر از انرژی بادی) در معادله است. BIO انـرژی برق تولید شده از طریق انرژی زیست‌توده، HYD انرژی برق تولید شـده از طریـق هیدروالکتریک یا برق‌آبی، WAS انـرژی بـرق تولیـد شـده از طریـق زبالـه، GEO انرژی برق تولید شده از طریق انرژی زمین‌گرمایی، SOL انرژی برق تولید شـده از طریق انرژی خورشیدی، WIN انرژی برق تولید شده از طریق انرژی باد هستند.

تجزیه و تحلیل نتایج

آزمون پایایی متغیرها

نتایج حاصل از آزمون ریشه واحد معادله اثر تولید برق از مجموع انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر تولید ناخالص ملی در جدول ۱ گزارش شده است. نتایج حاکی از آن است که متغیر تولید ناخالص ملی، سرمایه و تولید برق به وسیله انرژی‌های تجدیدناپذیر بر اساس آزمون لوین لین چو در سطح پایا هستند و براساس سایر آزمون‌ها در سطح پایا نیستند. همچنین سایر متغیرها در سطح ناپایا هستند. بر این اساس آزمون پایایی با یک بار تفاضل‌گیری متغیرها حاکی از آن است که کلیه متغیرها پایا هستند.

جدول ۱. نتایج پایایی متغیرهای رابطه ۱

	Levin–Lin–Chu	Im, Pesaran and Shin	ADF - Fisher Chi-square	PP - Fisher Chi-square
Y	-۴/۴۹۵ (۰/۰۰۰)*	۲/۳۶۴ (۰/۹۹۱)	۳۲/۰۷۱ (۰/۹۹۵)	۳۷/۴۱۳ (۰/۹۷۳)
YΔ	-۸/۸۰۲ (۰/۰۰۰)*	-۱۰/۴۱۲ (۰/۰۰۰)*	۲۱۷/۳۸۱ (۰/۰۰۰)*	۳۰۶/۶۸۱ (۰/۰۰۰)*
RE	۰/۵۵۱ (۰/۷۰۹)	۳/۹۷۰ (۱/۰۰۰)	۳۵/۰۴۳ (۰/۹۸۷)	۷۰/۲۴۸ (۰/۰۹۵)
REΔ	-۱۱/۶۷۰ (۰/۰۰۰)*	-۱۴/۹۵۰ (۰/۰۰۰)*	۳۱۳/۳۱۵ (۰/۰۰۰)*	۵۵۳/۲۸۲ (۰/۰۰۰)*
NRE	-۲/۷۴۲ (۰/۰۰۳)*	۱/۲۴۵ (۰/۸۹۳)	۴۹/۰۴۷ (۰/۷۳۳)	۵۴/۹۲۴ (۰/۵۱۵)
NREΔ	-۹/۳۱۶ (۰/۰۰۰)*	-۱۱/۷۴۳ (۰/۰۰۰)*	۲۴۷/۱۳۳ (۰/۰۰۰)*	۴۶۶/۵۵۰ (۰/۰۰۰)*
K	-۴/۳۹۳ (۰/۰۰۰)*	۰/۳۴۲ (۰/۶۳۳)	۴۸/۳۴۲ (۰/۷۵۶)	۴۱/۷۰۲ (۰/۹۲۲)
KΔ	-۱۱/۰۶۹ (۰/۰۰۰)*	-۱۲/۴۵۳ (۰/۰۰۰)*	۲۶۵/۲۵۸ (۰/۰۰۰)*	۴۲۲/۳۰۶ (۰/۰۰۰)*
L	-۰/۲۱۵ (۰/۴۱۴)	۵/۱۸۴ (۱/۰۰۰)	۳۸/۲۸۴ (۰/۹۶۶)	۶۳/۲۶۱ (۰/۲۳۵)
LΔ	-۳/۴۶۹ (۰/۰۰۰)*	-۵/۹۲۷ (۰/۰۰۰)*	۱۳۰/۳۸۲ (۰/۰۰۰)*	۲۳۷/۶۲۷ (۰/۰۰۰)*

مأخذ: محاسبات تحقیق

* معنی‌داری متغیرها را نشان می‌دهد.

آزمون هم‌انباشتگی

با توجه به نتایج آزمون پایایی می‌توان وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها را با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی برای تمامی معادلات بررسی نمود. دو نوع آزمون برای متغیرهای مورد نظر به کار گرفته شد: آماره‌های پانلی و گروهی پدرونی و آزمون کائو. هر یک از این آزمون‌ها برای محاسبه آماره‌های مربوطه از تکنیک‌ها و فروض متفاوتی استفاده می‌کنند. آزمون‌های اشاره شده بر اساس فرضیه صفر مبنی بر نبود رابطه هم‌انباشتگی و فرضیه آلترناتیو مبنی بر هم‌انباشتگی سری‌ها صورت می‌گیرد. در آزمون‌های پدرونی و کائو از معیار اطلاعاتی شوارتز برای تعیین طول وقفه استفاده شد. تخمین طیفی بر مبنای بارتلت کرنل و پهنای باند با انتخاب خودکار وقفه بر مبنای نیووی-وست صورت گرفت. جدول ۲ و ۳ نتایج آزمون‌های هم‌انباشتگی را نشان می‌دهند.

جدول ۲. نتایج آزمون هم‌انباشتگی پدرونی

Wind	Waste	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	Aggregate renewable	
							Within dimension
۱/۴۵۶ (۰/۰۷۲)***	۲/۵۸۴ (۰/۰۰۴)*	۵/۱۸۴ (۰/۰۰۰)*	۱/۱۲۹ (۰/۱۲۹)	۲/۳۵۷ (۰/۰۰۹)*	۲/۱۸۸ (۰/۰۱۴)**	۲/۰۸۵ (۰/۰۱۸)**	Panel v-stat
۱/۳۸۵ (۰/۹۱۷)	۲/۷۸۱ (۰/۹۹۷)	۲/۷۷۱ (۰/۹۹۷)	-۳/۴۹۰ (۰/۰۰۰)*	۲/۳۵۵ (۰/۹۹۱)	۱/۶۴۱ (۰/۹۴۹)	-۰/۳۰۳ (۰/۳۸۱)	Panel rho-stat
-۱/۳۳۲ (۰/۰۹۱)***	-۰/۲۷۶ (۰/۳۹۱)	-۰/۴۰۸ (۰/۳۴۱)	-۹/۰۵۱ (۰/۰۰۰)*	۰/۶۱۲ (۰/۷۳۰)	-۱/۳۲۷ (۰/۰۹۲)***	-۱۰/۵۲۷ (۰/۰۰۰)*	Panel pp-stat
-۲/۶۹۱ (۰/۰۰۳)*	-۰/۴۵۳ (۰/۳۲۵)	-۱/۶۲۶ (۰/۰۵۲)**	-۲/۱۱۲ (۰/۰۱۷)**	۰/۳۵۷ (۰/۶۳۹)	-۲/۰۰۶ (۰/۰۲۲)**	-۱۰/۷۰۳ (۰/۰۰۰)*	Panel ADF-stat
							Between dimension
۲/۵۵۷ (۰/۹۹۴)	۳/۳۲۵ (۰/۹۹۹)	۴/۱۲۸ (۱/۰۰۰)	۲/۵۵۲ (۰/۹۹۴)	۲/۶۷۳ (۰/۹۹۶)	۳/۹۲۱ (۱/۰۰۰)	۴/۵۷۵ (۱/۰۰۰)	Group rho-stat
-۲/۳۲۴ (۰/۰۱۰)*	-۳/۱۷۱ (۰/۰۰۰)*	-۱/۶۵۶ (۰/۰۴۸)**	-۲/۹۶۱ (۰/۰۰۱)*	-۱/۶۲۹ (۰/۰۵۱)**	-۲/۴۹۵ (۰/۰۰۶)*	-۳/۰۵۸ (۰/۰۰۱)*	Group pp-stat
-۴/۳۶۱ (۰/۰۰۰)*	-۳/۲۸۴ (۰/۰۰۰)*	-۳/۹۵۷ (۰/۰۰۰)*	-۱/۷۱۲ (۰/۰۴۳)**	-۳/۷۴۵ (۰/۰۰۰)*	-۲/۷۸۴ (۰/۰۰۲)*	-۴/۵۵۹ (۰/۰۰۰)*	Group ADF-stat

مأخذ: محاسبات تحقیق

* معنی‌داری متغیرها را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج آزمون هم‌انباشتگی کائو

Wind	Waste	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	Aggregate renewable	
							KAO
−۵/۲۰۹ (۰/۰۰۰)*	−۴/۱۵۶ (۰/۰۰۰)*	−۵/۲۷۱ (۰/۰۰۰)*	−۶/۷۵۲ (۰/۰۰۰)*	−۳/۱۶۳ (۰/۰۰۰)*	−۴/۲۴۱ (۰/۰۰۰)*	−۲/۹۹۴ (۰/۰۰۱)*	ADF

مأخذ: محاسبات تحقیق

* معنی‌داری متغیرها را نشان می‌دهد.

براساس نتایج به دست آمده در معادله انرژی برق تولید شده به وسیله مجموع انرژی‌های تجدیدپذیر و معادله‌های انرژی برق تولید شده به وسیله انرژی زیست توده، هیدروالکتریک و باد، پنج آزمون از هفت آزمون پدرونی وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای معادله را تأیید می‌کنند و نتایج آزمون کائو نیز تأیید وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای این معادلات است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در معادلات انرژی برق تولید شده به وسیله انرژی زمین‌گرمایی و زباله، سه آزمون از هفت آزمون پدرونی وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای معادله را تأیید می‌کنند. با توجه به معنادار بودن آزمون کائو، وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای این معادلات مورد تأیید قرار می‌گیرد.

برآورد روابط بلندمدت

پس از تأیید وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مورد نظر، گام بعد برآورد رابطه بلندمدت است. برای تخمین بردار همجمعی از رویکرد حداقل مربعات اصلاح‌شده (FMOLS) استفاده شد. جدول ٤ نتایج به دست آمده از برآورد رابطه بلندمدت را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که تولید برق به وسیله انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، سرمایه و نیروی‌کار دارای اثر مثبت و معنادار بر تولید ناخالص داخلی در بلندمدت است به گونه‌ای که افزایش یک درصدی در تولید برق به وسیله انرژی‌های تجدیدپذیر، تولید ناخالص داخلی را به میزان ۰/۰٦٦ درصد افزایش می‌دهد. در حالی که تولید برق به وسیله انرژی‌های تجدیدناپذیر، تولید ناخالص داخلی را به میزان ۰/۰٥٤ درصد افزایش می‌دهد. نتایج به دست آمده مطابق با انتظار بوده است.

مطالعه اولر و فترز (۲۰۱٤)[1] کشش ۰/۱٤۹ را برای انرژی‌های تجدیدپذیر و کشش ۰/۳۲۹ را برای انرژی‌های تجدیدپذیر گزارش کردند که از این مطالعه کشش بیشتری به دست آوردند که می‌توان به دلیل کشورهای مورد بررسی که کشورهای توسعه‌یافته هستند، باشد.

مطالعه آپرجیس و پاینه (۲۰۱۱) کشش ۰/۲٦۵ برای کشورهای در حال توسعه و ۰/٤۲۹ را برای کشورهای توسعه‌یافته برآورد نمودند. همچنین این محققین در مطالعه‌ی دیگری کشش ۰/۰۷٤ را برای کشورهای نوظهور به دست آوردند.

به طورکلی بخش انرژی از دو طریق به فعالیت‌های اقتصادی کمک می‌کند:

نخست اینکه تولید انرژی خود یکی از بخش‌های مهم اقتصادی است که سبب ایجاد اشتغال و ارزش‌افزوده در بخش‌های استخراج، انتقال و توزیع کالا و خدمات در تمام طول چرخه‌ی اقتصاد می‌شود.

دوم اینکه بخش انرژی محرکی است که در سایر بخش‌های اقتصادی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. در مواجهه با دو چالش کندی رشد اقتصادی و ضرورت کربن‌زدایی از اقتصاد، کشورها به دنبال ارائه راهکارهایی به منظور بهبود عملکرد اقتصادی هم‌زمان با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. گرچه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر نمی‌تواند تنها راهکار پاسخگویی به افزایش تقاضای انرژی باشد اما ظرفیت قابل توجهی جهت ایجاد رشد اقتصادی و تنوع‌بخشی در آن را دارد؛ بنابراین توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند نقش مهمی در دستیابی به رشد اقتصادی سبز ایفا کند. انرژی‌های تجدیدپذیر دارای هزینه اولیه بالایی هستند منتهی در طول بهره‌برداری از آن دیگر هزینه‌ی خاصی ندارند و این خود دلیلی برای کشش بیشتر به دست آمده برای انرژی‌های تجدیدپذیر نسبت به کشش به دست آمده برای انرژی‌های تجدیدناپذیر است.

نتایج برآورد هر منبع تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر نیز نشان می‌دهد که منابع زیست‌توده، خورشید، زباله و باد دارای اثر مثبت و معناداری بر تولید

---

1. Adrienne Ohler & Ian Fetters

ناخالص داخلی هستند؛ به گونه‌ای که یک درصد افزایش در زیست‌توده، خورشید، زباله، باد و زمین گرمایی به ترتیب تولید ناخالص داخلی را به میزان ۰/۰۱۰، ۰/۰۲۷، ۰/۰۳۳، ۰/۰۱۱ و ۰/۰۱۶ درصد افزایش می‌دهند. در حالی که منبع هیدروالکتریک دارای کشش ۰/۰۱۱ است که اثر مثبت بر تولید ناخالص داخلی داشته منتهی این اثر معنادار نیست. می‌توان معنادار نبودن این ضریب را به علت ثابت بودن ذخایر آب و وابستگی استفاده از این منبع به ظرفیت آبی و سدها مرتبط دانست. با توجه به ضرایب کشش، سرمایه‌گذاری‌ها می‌بایست بیشتر در انرژی بادی، انرژی هیدروالکتریک و انرژی زیست‌توده صورت گیرد که بیشترین حساسیت را نسبت به تولید ناخالص داخلی دارند. در مطالعه اولر و فترز (۲۰۱۴) ضرایب کشش‌های ۰/۲۲۹، ۰/۱۱۴، ۰/۰۹۶، ۰/۰۸۵، ۰/۰۵۵ و ۰/۰۵۳ را به ترتیب برای انرژی زیست‌توده، هیدروالکتریک، زباله، زمین‌گرمایی، خورشیدی و بادی به دست آورده‌اند.

جدول ٤. نتایج برآورد رابطه بلندمدت FMOLS

	LOG(GDP)	LOG(GDP)	LOG(GDP)	LOG(GDP)	LOG(GDP)	LOG(GDP)	LOG(GDP)
Log (Renew)	۰/۰۶۶ ۴/۰۹۳ (۰/۰۰۰)*	–	–	–	–	–	–
Log (Non-renew)	۰/۰۵۴ ۲/۶۸۴ (۰/۰۰۷)*	–	–	–	–	–	–
	–	۰/۰۱۰ ۲/۷۸۴ (۰/۰۰۵)*	–	–	–	–	–
Log (Non-bio)	–	۰/۰۹۲ ۶/۰۲۷ (۰/۰۰۰)*	–	–	–	–	–
Log (Geo)	–	–	۰/۰۱۶ ۱/۹۱۷ (۰/۰۵۶)	–	–	–	–
Log (Non-geo)	–	–	−۰/۰۷۷ −۱/۱۹۳ (۰/۲۳۴)*	–	–	–	–
Log (Hydro)	–	–	–	۰/۰۱۱ ۰/۷۱۱ (۰/۴۷۷)	–	–	–

Log (Non-hydro)	–	–	–	۰/۰۷۱ ۴/۱۳۰ (۰/۰۰۰)*	–	–	–
Log (Solar)	–	–	۰/۰۲۷ ۱۲/۳۰۶ (۰/۰۰۰)*	–	–	–	–
Log (Non-solar)	–	–	۰/۲۰۷ ۶/۰۸۹ (۰/۰۰۰)*	–	–	–	–
Log (Waste)	–	–	–	–	–	۰/۰۳۳ ۵/۹۵۳ (۰/۰۰۰)*	–
Log (Non-waste)	–	–	–	–	–	۰/۰۶۲ ۲/۱۲۴ (۰/۰۳۴)**	–
Log (Wind)	–	–	–	–	–	–	۰/۰۱۱ ۴/۹۷۳ (۰/۰۰۰)*
Log (Non-wind)	–	–	–	–	–	–	۰/۰۹۳ ۶/۹۳۷ (۰/۰۰۰)*
Log (Capital)	۰/۲۱۸ ۱۰/۰۴ (۰/۰۰۰)*	۰/۲۶۸ ۱۷/۰۹۷ (۰/۰۰۰)*	۱/۱۲۹ ۴۱/۷۷۵ (۰/۰۰۰)*	۰/۱۳۹ ۷/۰۴۷ (۰/۰۰۰)*	۰/۴۱۶ ۱۳/۳۷ (۰/۰۰۰)*	۰/۳۷۹ ۱۱/۱۵۱ (۰/۰۰۰)*	۰/۲۴۷ ۱۶/۴۲۱ (۰/۰۰۰)*
Log (Labor)	۰/۴۵۴ ۶/۰۹۵ (۰/۰۰۰)*	۰/۰۷۱ ۱/۰۰۶ (۰/۳۱۴)	−۰/۰۶۲ −۰/۸۱۶ (۰/۴۱۵)*	۰/۳۳۲ ۲/۱۸۴ (۰/۰۲۹)*	۰/۲۴۹ ۴/۰۰۴ (۰/۰۰۰)*	۰/۷۳۳ ۷/۴۱۱ (۰/۰۰۰)*	۰/۰۰۸ ۰/۱۴۱ (۰/۸۸۷)
N	۷۲۸	۵۴۴	۲۰۸	۶۹۸	۵۲۰	۴۲۴	۵۴۴

مأخذ: محاسبات تحقیق

* معنی‌داری متغیرها را نشان می‌دهد.

برآورد روابط کوتاه‌مدت

در ادامه، رابطه کوتاه‌مدت بر اساس الگوی تصحیح خطا برآورد شد. نتایج تخمین الگوی تصحیح خطا در جدول ۵ گزارش شده است.

جدول ۵. نتایج برآورد رابطه کوتاه‌مدت

	LOG(GDP)	LOG(GDP)	LOG(GDP)	LOG(GDP)	LOG(GDP)	LOG(GDP)	LOG(GDP)
Δ(Renew)	۰/۰۱۵ (۰/۰۰۳)*	–	–	–	–	–	–
Δ(Non-renew)	۰/۰۲۷ (۰/۰۰۰)*	–	–	–	–	–	–
Δ(Bio)	–	۰/۰۱۱ (۰/۰۰۰)*	–	–	–	–	–

Δ(Non-bio)	–	۰/۰۴۹ (۰/۰۰۰)*	–	–	–	–	–
Δ(Geo)	–	–	−۰/۰۰۲ (۰/۴۹۲)	–	–	–	–
Δ(Non-geo)	–	–	۰/۱۶۶ (۰/۰۰۰)*	–	–	–	–
Δ(Hydro)	–	–	–	۰/۰۱۳ (۰/۰۱۹)**	–	–	–
Δ(Non-hydro)	–	–	–	۰/۰۶۱ (۰/۰۰۰)*	–	–	–
Δ(Solar)	–	–	–	–	۰/۰۱۲ (۰/۰۰۰)*	–	–
Δ(Non-solar)	–	–	–	–	۰/۰۴۸ (۰/۰۰۰)*	–	–
Δ(Waste)	–	–	–	–	–	۰/۰۱۹ (۰/۰۰۰)*	–
Δ(Non-waste)	–	–	–	–	–	۰/۰۳۳ (۰/۰۰۰)*	–
Δ(Wind)	–	–	–	–	–	–	۰/۰۱۲ (۰/۰۰۰)*
Δ(Non-wind)	–	–	–	–	–	–	۰/۰۴۱ (۰/۰۰۰)*
Δ(Capital)	۰/۰۶۲ (۰/۰۰۰)*	۰/۲۰۷ (۰/۰۰۰)*	۰/۱۵۲ (۰/۰۰۰)*	۰/۱۳۵ (۰/۰۰۰)*	۰/۲۱۸ (۰/۰۰۰)*	۰/۲۳۲ (۰/۰۰۰)*	۰/۲۰۲ (۰/۰۰۰)*
Δ(Labor)	۰/۷۸ (۰/۰۰۰)*	۰/۶۷۶ (۰/۰۰۰)*	۰/۸۹۹ (۰/۰۰۰)*	۰/۹۰۷ (۰/۰۰۰)*	۰/۲۶۹ (۰/۰۰۰)*	۰/۷۲۴ (۰/۰۰۰)*	۰/۶۳۷ (۰/۰۰۰)*
ECM	−۰/۱۰۶ (۰/۰۰۰)*	−۰/۲۶۵ (۰/۰۰۰)*	−۰/۱۲۹ (۰/۰۰۰)*	−۰/۳۴۵ (۰/۰۰۰)*	−۰/۰۷۲ (۰/۰۰۰)*	−۰/۰۷۵ (۰/۰۰۰)*	−۰/۲۷۶ (۰/۰۰۰)*

مأخذ: محاسبات تحقیق

* معنی‌داری متغیرها را نشان می‌دهد.

نتایج حاکی از آن است که تولید برق به وسیله انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، سرمایه و نیروی‌کار دارای اثر مثبت و معنادار بر تولید ناخالص داخلی در کوتاه‌مدت هستند. همچنین نتایج برآورد هر منبع نشان می‌دهد که منابع زیست‌توده، خورشید، زباله، باد و هیدروالکتریک اثر مثبت و معناداری در کوتاه‌مدت بر تولید ناخالص داخلی دارند. در حالی که منبع انرژی زمین‌گرمایی اثر منفی بر تولید ناخالص داخلی دارد اما این اثر معنادار نیست. نتایج نشان‌دهنده آن است که انرژی‌های تجدیدپذیر در کوتاه‌مدت و بلندمدت همسو بوده و باعث افزایش تولید ناخالص ملی می‌شود. در این راستا باید سیاست‌گذاری دولت‌ها در

زمینه انرژی با توجه به اثر مثبت تولید برق از این منابع در بلندمدت نسبت به منابع تجدیدناپذیر فسیلی، با در نظر گرفتن سرمایه‌گذاری بیشتر در انرژی‌های تجدیدپذیر باشد تا بتوان بیشترین بازده را از این انرژی‌ها به دست آورد. ضریب تصحیح خطا در تمامی برآوردها منفی و کوچک‌تر از یک و بیانگر سرعت تعدیل کوتاه‌مدت است؛ به عبارت دیگر اگر شوکی به رابطه تعادلی وارد شود طی هر دوره زمانی (سال)، خطای عدم تعادل با چه سرعتی تعدیل گردیده و مقدار کوتاه‌مدت به سمت مقدار تعادل بلندمدت خود میل می‌کند. در این راستا براساس برآوردهای کوتاه‌مدت صورت گرفته در معادله اول ۰/۱۰٦ درصد از انحراف از تعادل بلندمدت تولید ناخالص ملی اصلاح می‌شود. به عبارتی اگر شوکی به رابطه تعادلی وارد شود در هر سال حدوداً ۱۰ درصد از انحراف از تعادل اصلاح می‌شود. همچنین این ضریب برای سایر انرژی‌ها به ترتیب معادلات در هر دوره ۰/۲٦٥، ۰/۱۲۹، ۰/۳٤٥، ۰/۰۷۲، ۰/۰۷٥، ۰/۲۷٦ درصد است که انحراف از تعادل بلندمدت تولید ناخالص داخلی اصلاح می‌شود.

رابطه علیت گرنجری

همواره در روند رشد و توسعه اقتصادی از انرژی به عنوان نیروی محرکه‌ای در جهت تسریع این فرآیند نامبرده شده است. ولیکن میزان اهمیتی که در الگوهای مختلف برای انرژی در نظر گرفته می‌شود متفاوت است. در همین راستا فروض متفاوتی در ارتباط میان انرژی و رشد اقتصاد مطرح شده است که در حالت کلی به چهار فرض مختلف تقسیم می‌شود (Apergis & Payne, 2009 &2010):

الف) فرضیه رشد به موقعیتی اشاره دارد که در آن مصرف انرژی به طور مستقیم و یا به عنوان مکمل سرمایه و نیروی‌کار نقشی حیاتی در روند رشد اقتصادی ایفا می‌کند. چنین فرضیه‌ای بیانگر وجود علیت یک‌طرفه از انرژی به سمت رشد اقتصادی است. در این شرایط سیاست‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی اثرات منفی بر رشد اقتصادی خواهد داشت.

ب) فرضیه صرفه‌جویی در مصرف انرژی بدان معناست که رشد اقتصادی پویا موجب استفاده فزاینده از انرژی خواهد شد. این فرضیه در صورتی تأیید

می‌شود که رابطه علیت یک‌طرفه از رشد اقتصادی به طرف مصرف انرژی وجود داشته باشد. در این صورت سیاست‌های حفاظت از انرژی که ممکن است از استفاده فزاینده انرژی جلوگیری کند، اثر منفی بر رشد اقتصادی نخواهد داشت.

ج) فرضیه بازخورد، بیانگر رابطه متقابل میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی است. این فرضیه زمانی حمایت می‌شود که رابطه‌ای دوسویه میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی وجود داشته باشد. تحت این شرایط سیاست‌های صرفه‌جویی و کاهش در مصرف منابع انرژی می‌تواند عملکرد رشد اقتصادی را کاهش دهد و به همین ترتیب تغییرات در رشد اقتصادی می‌تواند در مصرف انرژی منعکس شود.

د) فرضیه خنثایی نشان می‌دهد که مصرف انرژی بر رشد اقتصادی تأثیر نمی‌گذارد. در واقع عدم وجود رابطه علیت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی شواهدی بر وجود فرضیه خنثایی ارائه می‌دهد. در این مورد، سیاست صرفه‌جویی و حفاظت از منابع انرژی که به منظور کاهش مصرف انرژی اختصاص داده شده است، هیچ تأثیری بر رشد اقتصادی نخواهد داشت (منگاکی ۲۰۱۱[1]).

اگرچه وجود رابطه بلندمدت میان متغیرهای مدل بیانگر وجود رابطه بین متغیرها (حداقل در یک جهت) خواهد بود اما جهت علیت گرنجری بین متغیرها را نمی‌تواند تعیین کند؛ بنابراین برای بررسی جهت رابطه علیتی میان متغیرهای مدل، از آزمون علیت گرنجری بر اساس آماره والد استفاده خواهد شد. در این تحلیل فرضیه عدم مبنی بر صفر بودن ضریب متغیرها در مقابل فرضیه جانشین، آزمون می‌شود. بدیهی است اگر بر اساس آماره والد فرضیه صفر رد شود، یک رابطه علیت گرنجری از طرف متغیر مستقل به وابسته وجود دارد. نتایج آماره والد برای بررسی روابط علیت گرنجری بین متغیرها در جدول ٦ ارائه شده است:

جدول ٦. نتایج روابط علیت گرانجر تولید برق به وسیله مجموع انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر

فرضیه صفر	w-stat	Zbar-stat	Prob
نیروی کار علیت تولید ناخالص داخلی نیست	۴/۰۵۱	۳/۸۹۴	۰/۰۰۰
تولید ناخالص داخلی علیت نیروی‌کار نیست	۱۲/۳۱۸	۲۱/۵۰۲	۰/۰۰۰
سرمایه علیت تولید ناخالص داخلی نیست	۴/۱۴۲	۴/۰۹۱	۰/۰۰۰

1. Menegaki

تولید ناخالص داخلی علیت سرمایه نیست	۸/۶۵۱	۱۳/۶۹۱	۰/۰۰۰
انرژی‌های تجدیدناپذیر علیت تولید ناخالص داخلی نیست	۲/۳۷۱	۰/۳۱۶	۰/۷۵۱
تولید ناخالص داخلی علیت انرژی‌های تجدیدناپذیر نیست	۵/۳۵۵	۶/۶۷۳	۰/۰۰۰
انرژی‌های تجدیدپذیر علیت تولید ناخالص داخلی نیست	۲/۳۹۳	۰/۳۶۵	۰/۷۱۵
تولید ناخالص داخلی علیت انرژی‌های تجدیدپذیر نیست	۵/۳۲۷	۶/۶۱۴	۰/۰۰۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

طبق نتایج به دست آمده رابطه علیت دو طرفه بین نیروی کار و تولید ناخالص ملی و نیز بین سرمایه و تولید ناخالص ملی وجود دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد علیت یک طرفه از سمت تولید ناخالص داخلی به تولید برق به وسیله انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر وجود دارد. بر این اساس در حالت کلی، فرضیه صرفه‌جویی در مورد انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر مورد تأیید قرار می‌گیرد.

طبق نتایج به دست آمده رابطه علیت دو طرفه بین نیروی‌کار، سرمایه، تولید برق به وسیله انرژی باد و تولید ناخالص ملی وجود دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد علیت یک طرفه از سمت تولید ناخالص داخلی به تولید برق به وسیله سایر انرژی‌ها وجود دارد. در مورد انرژی باد، فرضیه بازخورد که بیانگر رابطه متقابل میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی است، مورد تأیید قرار می‌گیرد. تحت این شرایط، سیاست‌های صرفه‌جویی و کاهش در مصرف منابع انرژی می‌تواند عملکرد رشد اقتصادی را کاهش دهد و به همین ترتیب تغییرات در رشد اقتصادی می‌تواند در مصرف انرژی منعکس شود.

جمع‌بندی و پیشنهادها

امروزه با توجه به توسعه روزافزون کشورها، نیروی برق یک نیاز اساسی برای رشد اقتصادی به شمار می‌آید به گونه‌ای که بدون توسعه شبکه‌های برق، رشد صنایع به‌عنوان مهم ترین عامل توسعه کشورها متوقف می‌شود. از این‌رو تأمین به‌موقع و به‌اندازه‌ی انرژی الکتریکی مورد نیاز مردم و صنایع از مهم ترین دغدغه‌های دولت‌هاست که علاوه بر نقش انکارناپذیر آن در توسعه اقتصادی و

رفاه اجتماعی، نقش به سزایی در امنیت ملی نیز ایفا می‌کند. از طرفی با افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی و همچنین محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی در دنیا و از جمله در ایران، عمده کشورهای توسعه‌یافته و در حال‌توسعه در سراسر جهان در حال تغییر تکنولوژی از سوخت‌های فسیلی به سمت منابع تجدیدپذیر هستند؛ اما تنوع منابع انرژی تجدیدپذیر و نوع استفاده از انواع آن‌ها جهت سرمایه‌گذاری کشورها در این بخش استراتژیک انرژی می‌بایست با شناخت کافی صورت پذیرد.

نتایج برآوردی از مطالعه به وضوح نشان داد ممکن است در کوتاه‌مدت به علت بالا بودن هزینه‌های ثابت طرح‌های توسعه و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر، تأثیر کمتری بر رشد تولید ناخالص داخلی نسبت به توسعه انرژی از طریق سوخت‌های فسیلی بگذارد اما در بلندمدت با توجه به کاهش قابل توجه نرخ خوراک نیروگاه‌های تجدیدپذیر نسبت به سوخت‌های فسیلی، رشد تولید ناخالص داخلی بالاتر خواهد بود؛ بنابراین نتایج برآورد شده توسط این مطالعه نشان می‌دهد که علاوه بر تأثیر مثبت زیست‌محیطی توسعه نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، تأثیر اقتصادی این منابع نیز در بلندمدت مثبت خواهد بود.

در این راستا این مطالعه به بررسی رابطه بین برق تولیدی از انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد تولید ناخالص داخلی پرداخت. بر این اساس در ابتدا با استفاده از مدل پانل هم‌انباشتگی (FMOLS) و مدل تصحیح خطای پانل (ECM) وجود رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت تولید برق از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر با رشد تولید ناخالص داخلی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تولید برق به وسیله انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، سرمایه و نیروی‌کار دارای اثر مثبت و معنادار بر تولید ناخالص داخلی در بلندمدت هستند به گونه‌ای که افزایش یک درصد در تولید برق به وسیله انرژی‌های تجدیدپذیر تولید ناخالص داخلی را به میزان ۰/۰٦٦ درصد افزایش می‌دهد. در حالی که تولید برق به وسیله انرژی‌های تجدیدناپذیر تولید ناخالص داخلی را به میزان ۰/۰٥٤ درصد افزایش می‌دهد. همچنین نتایج برآورد هر منبع نشان می‌دهد که منابع زیست‌توده، خورشید، زباله و باد اثر مثبت و معناداری بر تولید ناخالص داخلی دارند به

گونه‌ای که یک درصد افزایش در زیست‌توده، خورشیدی، زباله، بادی و زمین‌گرمایی به ترتیب تولید ناخالص داخلی را به میزان ۰/۰۳۳، ۰/۰۲۷، ۰/۰۱۶، ۰/۰۱۱ و ۰/۰۱۰ درصد افزایش می‌دهند؛ در حالی که منبع هیدروالکتریک دارای کشش ۰/۰۱۱ است که اثر مثبت بر تولید ناخالص داخلی داشته اما این اثر معنادار نیست. نتایج مدل تصحیح خطای پانل (ECM) نشان‌دهنده آن بود که تولید برق به وسیله انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، سرمایه و نیروی‌کار دارای اثر مثبت و معنادار بر تولید ناخالص داخلی در کوتاه‌مدت است. همچنین نتایج برآورد هر منبع نشان می‌دهد که منابع زیست‌توده، خورشید، زباله، باد و هیدروالکتریک دارای اثر مثبت و معناداری بر تولید ناخالص داخلی هستند.

با توجه به نتایج حاصل از مطالعه، پیشنهادهای ذیل ارائه می‌گردد:

– از آنجا که رشد اقتصادی هدف اصلی اکثریت کشورها است و جهت دست‌یابی به این هدف، بالطبع انرژی بیشتری مصرف می‌شود. لزوم اصلاح الگوی تولید و مصرف انرژی‌های آلاینده به انرژی‌های پاک و کم‌تر آلاینده و همچنین افزایش سیاست‌های مناسب به منظور توسعه تولید انرژی نو و تجدیدپذیر با اعطای انگیزه‌های اقتصادی بایستی در دستور کار دولت‌ها قرار گیرد. سرمایه‌گذاری کورکورانه و بی‌توجهی به اولویت‌بندی زیست‌محیطی و اقتصادی در زمینه تولید برق از منابع مختلف و مصرف آن می‌تواند آهنگ رشد اقتصادی کشور را کاهش دهد. در همین راستا تولید برق از انرژی خورشیدی و زباله که اولویت اولیه این مطالعه شناخته شده است و با توجه به نتایج روابط علیت گرنجری سیاست‌های صرفه‌جویی و کاهش در تولید و مصرف منابع این انرژی، می‌تواند عملکرد رشد اقتصادی را کاهش دهد و به همین ترتیب تغییرات در رشد اقتصادی می‌تواند در تولید و مصرف انرژی منعکس شود.

– مشکل اصلی فرآوری توسعه، به کارگیری انرژی تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری اولیه بیشتر آن نسبت به سوخت‌های فسیلی است. همان طور که نتایج نشان داد میزان کشش انرژی‌های تجدیدپذیر بیشتر از انرژی‌های تجدیدناپذیر است؛ بنابراین در این زمینه دولت می‌تواند با ایجاد زمینه برای

همکاری‌های بین‌المللی و حمایت از سرمایه‌گذاران خصوصی زمینه توسعه آن را فراهم آورد. حذف تدریجی یارانه انرژی فسیلی و سوق درآمدهای حاصل از آن به تأمین مالی در پروژه‌های تولید و توسعه انرژی تجدیدپذیر، تشویق بخش خصوصی جهت سرمایه‌گذاری و ایجاد تقویت همکاری‌های بین‌المللی جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، توصیه می‌شود.

– ایران به سبب ویژگی‌های اقلیمی، یکی از کشورهای مستعد جهت تولید انرژی برق از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر است. هرچند که در این زمینه اقداماتی نیز صورت گرفته است؛ از جمله می‌توان به طرح توجیهی احداث نیروگاه خورشیدی ۱۰ مگاواتی یا طرح توجیهی احداث نیروگاه بادی ۵۰ مگاواتی اشاره کرد. وجود این طرح‌ها خود گواه آن است که مطالعاتی برای این تغییرات آغاز شده است.

با توجه به نتایج تحقیق، اولویت سرمایه‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش انرژی خورشیدی و زباله است اما در ایران اولویت سیاست‌گذاران، در حال حاضر سرمایه‌گذاری بیشتر در نیروگاه‌های انرژی بادی است. در این راستا حضور بخش خصوصی به دلیل اهمیت خصوصی‌سازی در این زمینه بسیار مهم می‌باشد. به همین خاطر باید سعی شود با فراهم آوردن تمهیداتی سبب تشویق و افزایش امنیت سرمایه‌گذاران خصوصی در این بخش شوند.

– روند کنونی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر نشان می‌دهد که طی دو دهه آینده در اکثر کشورهای جهان در زمینه فعالیت‌های R&D و استقرار فناوری‌های تجاری شده، هزینه قابل توجهی صرف خواهد شد که در این زمینه دولت‌ها از لحاظ سیاست‌گذاری و حمایت‌های مالی نقش اصلی را بر عهده خواهند داشت. لذا تدوین برنامه‌های ملی در راستای حمایت از تحقیقات و فناوری و انجام تحقیقات کاربردی مطابق با نیازهای محلی و ملی که منجر به پیشرفت هدفمند صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد شد، از الزامات کلیدی توسعه کاربرد تجدیدپذیرها در بخش انرژی کشور است.

منابع

ابریشمی، حمید (۱۳۸۱). اقتصادسنجی کاربردی. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.

ارباب، حمیدرضا. امامی میبدی، علی و رجبی قادری، صبا (۱۳۹٦). رابطه مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب اوپک. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران (۲۳). صص ٥٦-۲۹.

آقایی، مجید و رضاقلی‌زاده، مهدیه (۱۳۹٤). مصرف انرژی و رشد ارزش‌افزوده در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران: رویکرد هم‌انباشتگی و تصحیح خطای پانل. مجله اقتصاد و توسعه منطقه‌ای ۲۲(۹) صص 67-31.

آماده، حمید. قاضی، مرتضی و عباسی‌فر، زهره (۱۳۸۸). بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران. مجله تحقیقات اقتصادی (۸٦). صص ۱-۳۸.

بریمانی، مهدی و کعبی نژادیان، عبدالرزاق (۱۳۹۳). انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار در ایران. دوفصلنامهٔ علمی- تخصصی شماره تجدیدپذیر و نو (۱). صص۲۱-۲٦.

ترکی، معصومه (۱۳۸٦). «مقایسه هزینه‌های خارجی تولید برق از نیروگاه‌های تولید برق». پژوهش‌نامه توسعه پایدار و محیط‌زیست. تهران. انتشارات پژوهشکده تحقیقات استراتژیک.

تهامی پور، مرتضی. عابدی، سمانه. کریمی بابا احمدی، رضا. ابراهیمی زاده، مرتضی (۱۳۹٥). بررسی تأثیر انرژی‌های تجدید پذیر بر سرانه رشد اقتصادی واقعی ایران. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران. (٥) ۱۹. صص ٥۳-۷۷.

حیدری، کیومرث (۱۳۹٤). اقتصاد برق:کاربرد مفاهیم و نظریه های اقتصاد.تهران. مولف.

شهنازی، روح‌الله. هادیان، ابراهیم و جرگانی، لطف‌الله (۱۳۹٦). بررسی رابطه علیت میان مصرف حامل‌های انرژی، رشد اقتصادی و دی‌اکسید کربن در بخش‌های اقتصاد ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی. (۷) ۲۸. صص ٥۱-۷۰.

صادقی، سید کمال. رنج پور، رضا و مختار زاده خانقاهی، نصرت (۱۳۹۳). مدل‌سازی رابطه مصرف برق و توسعه مالی در اقتصاد ایران. فصلنامه اقتصاد انرژی

ایران.۳(۱۰). صص ۱۳۱-۱۴۹.
صادقی، سید کمال. سجودی، سکینه و احمدزاده دلجوان، فهیم (۱۳۹۶). تأثیر انرژی‌های تجدید پذیر بر رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست در ایران. فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی.۳(۶). صص ۱۷۱-۲۰۲.
کنعانی ممان، یاسر (۱۳۹۷). چارچوب تأثیر مؤلفه‌های امنیت انرژی بر مدل‌های عرضه بهینه انرژی با تکیه بر روش‌های تلفیقی سناریو و مدل‌های تصادفی. فصلنامه مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری‌های عمومی.۸(۲۷). صص ۴۹-۶۶.
محمدی، تیمور. ناظمان، حمید و نصرتیان نسب، محسن (۱۳۹۱). رابطه رشد اقتصادی و مصرف انرژی در ایران (تحلیلی از مدل‌های علیت خطی و غیرخطی). فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی.۲(۵). صص ۱۵۳-۱۷۰.
مزینی، امیرحسین. عصاری آرانی، عباس. افشاریان، بهناز و رسولی، احمد (۱۳۹۴). بازتعریف رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران (رویکرد بخشی-استانی). فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی.۹(۲). صص ۶۷-۸۹.
نوفرستی، محمد (۱۳۷۸). ریشه واحد و همجمعی در اقتصادسنجی. تهران. انتشارات رسا.
همتی، عبدالناصر (۱۳۸۳) اقتصاد انرژی. تهران. موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.
سوواکول، ب. (۱۳۹۱)، مرجع امنیت انرژی. ترجمه علیرضا طیب، موسسه ابرار معاصر تهران، چاپ اول.
مرتضوی، سید ابوالقاسم و الهی، مهدی و اسعدی، محمد علی، (۱۳۹۷)،تاثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی در بخش های مختلف اقتصاد ایران. فصلنامه نظریه های کاربردی اقتصاد، دوره: ۵، شماره: ۳
Apergis, N., Payne, J.E. (2010a). Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. Energy Policy 38. 656–660
Apergis, N., Payne, J.E.(2010b). Renewable energy consumption and growth in Eurasia. Energy Econ 32. 1392–1397.
Apergis, N., Payne, J.E., 2012b. Renewable and non-renewable energy consumption– growth nexus: evidence from a panel error correction model. Energy Econ 34.733–738.
Asia Pacific Energy Research Center (APERC), A Quest for energy security in the 21th century. Institute of Energy Economics2007. http://www.ieej.or.jp/aperc2007.pdf.
Atems, Bebonchu, Hotaling, Chelsea, 2018, The effect of renewable and nonrenewable electricity generation on economic growth, Energy Policy. Volume 112. January 2018. Pages 111-118.

Badr M., Benjamin R.,. Comparative cost of California central station electricity generation technologies, California Energy Commission, Gray Davis. Governor. 100-03-001F. 2003. Refer information in: www.energy.ca.gov/reports/2003-06-06_100-03-001F.PDF.

Best, Rohan,.Burke, Paul J,2018, Electricity availability: A precondition for faster economic growth?, Energy Economics. Volume 74, August 2018, Pages 321-329.

Dalians D., Petassis D., Santamouris M., Argirou A., Cartalis C., Social cost of electricity generation in Greece, Journal Renewable Energy, 85, 2002, (3), 409–434.

Ewing, B.T., Sari, R., Soytas, U., 2008. The relationship between disaggregate energy consumption and industrial production in the United States: an ARDL approach.Energy Econ. 30, 2302–2313.

Fisher, R.A.," Statistical Methods for Research Workers", Oliver & Boyd, Edinburgh, 4th Edition. 1932.

Grassi G., Potential employment impacts of bioenergy activity on employment, Proceedings of the 9thEuropean Bioenergy conference, 1996, Vol. I, pp. 419-423.

Im, K. S., Pesaran, M. H., and Shin, Y." Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels",University of Cambridge, Deparment of Applied Economics. 1997.

International Renewable Energy Agancy (IRENA 2017), Rethinking Enrgy 2017

Kao, C., Chiang, M.H., 2000. On the estimation and inference of a cointegrated regression in panel data. Center for Policy Research, Paper 145.

Levin, A., and Lin, C. F.,. Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties, University of California, San Diego, Discussion Paper No: 92-93. 1992.

Maddala, G.S., and Wu, S., (). A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New. Simple Test, Oxford Bulletin of Economics and Statistics, Special Issue, 61:631-652. 1999.

Pedroni, P,. Panel Cointegration, Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis, New Results, Indiana University. 1997.

Pesaran,H,M, " A Simple Panel Unit Root Test in Presence of Cross Section

Dependence", Mimeo, University of Southern California. 2003.

Phillips, P.C.B, and Sul,D." Dynamic Panel Estimation and Homogeneity Testing Under Cross Section Dependence",Econometrics Journal, 6(1),217-259. 2003.

Quah, D." Exploiting Cross-Section Variation for Unit Root Inference in Dynamic Data",Economics Letters, 44:9-19. 1994.

RENEWABLES 5102, GLOBAL STATUS REPORT, online ren21.net/gsr-2017-producs/

Stern, D.I., Cleveland, C.J., (2004).Energy and Economic Growth, Rensselaer Working Papers in Economics No. 0410,Rensselaer Polytechnic Institute, USA, 1-42

Vine E. Breaking down the silos: the integration of energy efficiency, renewable energy, demand response and climate change. Energy Efficiency 2008;1:49–63.

R. Ayres and I. Nair, 'Thermodynamics and economics', Physics Today, Vol 35, 1984, pp 62-71

Stern, D.I. & C. J. Cleveland (2004), "Energy and Economic Growth, Rensselaer", Working Papers in Economics 0410.

Brendt, E.R. & Wood, D.O. (1975), "Technology, Prices and the Derived Demand for Energy". Review of economics and Statistics, No.57, PP.259- 268.

Noor, S., Siddiqi, M.W., (2010). "Energy consumption and economic growth in south asian countries: A co-integrated panel analysis". Int. J. Hum. Soc. Sci. 5 (14)

Bowden, N., Payne, J.E., (2010). "Sectoral analysis of the causal relationship between renewable and non-renewable energy consumption and real output in the US". Energy Sources Part B 400–408.

Ozcan B., Ozturk I., (2019). "Renewable energy consumption-economic growth nexus in emerging countries": A bootstrap panel causality test Renew. Sustain. Energy Rev., 104, pp. 30-37.

KabiruMajia I, Sulaimana C, Abdul-Rahim A.S.(2019). "Renewable energy consumption and economic growth nexus: A fresh evidence from West Africa". Energy Reports, Volume 5, November 2019, Pages 384-392.

Aydin M, (2019). "Renewable and non-renewable electricity consumption–economic growth nexus: Evidence from OECD countries". Renewable

Energy Volume 136, June 2019, Pages 599-606.

Breituing, j. and Meyer, W., (1994), “Testing for Unit Roots in Panel Data: Are Wages on Different Bargaining Levels Cointegrated?”, Applied Economics, Vol.26, pp.353-361.

Pedroni, P., 1999. “Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors.” Oxf. Bull. Econ. Stat. 61 (S1), 653–670. Pedroni, P., 2001. Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. Adv. Econ. 15, 93–130.

Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993); “ A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems”, Econometrica: Journal of the Econometric Society, no. 61 (4), pp. 783-820.

Pesaran, H. and Shin, M,Y. (1999) .“Auto regressive distributed lag modeling approach to cointegratin analysis,In: Storm, S.(ED)”.

Lutkepohl, H., 1982. Non-causality due to omitted variables. J. Econ. 19, 267–378. Marques, A.C., Fuinhas, J.A., 2012. Is renewable energy effective in promoting growth? Energy Policy 46, 434–442.

Ohler, A. and Fetters I. (2014). “The causal relationship between renewable electricity generation and GDP growth: A study of energy sources”, Energy Economics Volume 43, May 2014, Pages 125-139.

Menegaki, A.N., 2011. "Growth and renewable energy in Europe: a random effect model with evidence for neutrality hypothesis". Energy Econ. 33, 257–263.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی