

بررسی تأثیر رشد مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب در راستای حصول اهداف توسعه پایدار

کریم امامی^۱

مهناز اکبری*^۲

mz_akbari89@yahoo.com

چکیده

انرژی هسته‌ای یکی از منابعی است که نقش عمده‌ای در تولید برق ایفا می‌کند. تحلیل روند سطح تقاضا و منابع عرضه انرژی در جهان، توجه به روند تهي شدن منابع فسیلی در دهه‌های آینده و اثرات زیست‌محیطی انرژی اتمی، از عواملی هستند که سبب شده‌اند تا انرژی هسته‌ای یکی از حامل‌های قابل‌دسترس و مطمئن انرژی در جهان به شمار رود. از این رو بررسی تأثیرات مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی به منظور درک دلیل سرمایه‌گذاری در این صنعت، از اهمیتی خاص برخوردار است. این مطالعه از دو جنبه زیست محیطی و اقتصادی به بررسی تأثیر رشد مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی در دو گروه منتخب از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، با استفاده از روش داده‌های تلفیقی (Pool data) طی دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۹۱ می‌پردازد. نتایج به دست آمده حاکی از تأثیر مثبت رشد مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه یافته و عدم تأثیر رشد مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه می‌باشد.

کلمات کلیدی: رشد مصرف انرژی هسته‌ای، رشد اقتصادی، داده‌های تلفیقی، اثرات زیست‌محیطی

۱- استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران* (مسئول مکاتبات).

مقدمه

از بحران نفت ۱۹۷۳، ایمنی تأمین انرژی مقوله اصلی در اکثر کشورهای واردکننده نفت می‌باشد و این عدم ایمنی تحقیقاتی را برای منابع ارزان تأمین انرژی داخلی ایجاد کرده است. برخی کشورها به عنوان جزیی از استراتژی افزایش ایمنی تأمین انرژی، نیروگاه‌های هسته‌ای را برای کاهش وابستگی به واردات نفت ساختند (۱). از این رو نیروگاه‌های هسته‌ای در کشورهایی که رشد تقاضای انرژی آنها سریع بوده و سایر منابع تأمین انرژی نادر بوده، جذاب‌تر است (۲). این نیروگاه‌ها نقش عمده‌ای در تولید برق ایفا می‌کنند، به طوری که می‌توانند به تولید و عرضه قابل اعتماد و قابل پیش‌بینی برق مصرفی مورد نیاز برای چندین ماه، به طور مداوم و بدون وقفه بپردازند (۳).

کشورهای مختلف در تولید برق هسته‌ای روند گوناگونی داشته‌اند. استفاده از برق هسته‌ای در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ رشد چشمگیری داشت و در اواخر دهه ۱۹۸۰، کاهش قیمت سوخت‌های فسیلی و افزایش قیمت ساخت نیروگاه هسته‌ای از شتاب رشد استفاده از برق هسته‌ای به شدت کاست و تمایل دولتها برای ساخت نیروگاه هسته‌ای کمتر شد. در حالی که از دهه ۱۹۹۰ کشورهای آسیایی و در حال توسعه تأکید بیشتری بر ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای داشته‌اند. هم‌اکنون ۳۱ کشور با مجموع ۴۳۲ راکتور فعال، از فن آوری هسته‌ای برای تولید برق استفاده می‌کنند که شامل ۱۷ کشور توسعه یافته و ۱۴ کشور در حال توسعه می‌باشند (۴).

از دیگر عوامل رشد این صنعت می‌توان کاهش آلودگی محیط‌زیست و منابع کافی سوخت را نام برد. طبق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی اتمی^۱ در ۴۰ سال اخیر، نیروگاه‌های انرژی هسته‌ای نقش عمده‌ای در کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای از بخش برق در کشورهای OECD^۲ داشته‌اند (۵). گسترش انرژی هسته‌ای در جهان، نقش مهمی در کاهش آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ایفا می‌کند، زیرا وقتی انرژی هسته‌ای تولید می‌گردد، هیچ چیزی از نظر عرفی نمی‌سوزد و

به عبارت دیگر اکسید نمی‌شود و گازهای سمی و مضر تولید نمی‌کند (۶).

علاوه بر وجود منابع فراوان اورانیوم در سراسر جهان، چون مقدار سوخت مورد استفاده برای تولید الکتریسیته در نیروگاه‌های هسته‌ای بسیار کمتر از سوخت نیروگاه‌های فسیلی است، استفاده از سوخت هسته‌ای بسیار کاربردی‌تر از استفاده از سوخت‌های فسیلی که همراه تولید گازهای گلخانه‌ای هستند، به نظر می‌رسد (۷). با این وجود علی‌رغم منافع صنعت هسته‌ای، مجادلات در خصوص مسائلی همچون ابعاد اقتصادی آن، ایمنی هسته‌ای و پسماندهای حاصل از این صنعت، دورنمای مطلوبیت استفاده از آن را تا حدود زیادی تحت تأثیر قرار داده است (۸).

هزینه‌های جاری تولید انرژی هسته‌ای در قیاس با سایر انرژی‌ها بسیار پایین است، در حالی که هزینه ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای به طور قابل توجهی بیشتر از سایر نیروگاه‌ها است و نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بسیار بالا دارند (۹). از طرف دیگر بسیاری از تأسیسات و تجهیزات هسته‌ای فقط در برخی کشورهای صنعتی ساخته می‌شوند (۸)، از این رو وجود صرفه اقتصادی در صنعت هسته‌ای در بلندمدت، به زیرساخت‌های هر کشور بستگی دارد.

مصرف انرژی هسته‌ای را می‌توان مترادف با برق هسته‌ای در نظر گرفت زیرا نیروگاه‌های هسته‌ای از گرمای تولید شده برای تولید بخار به منظور به حرکت درآوردن توربین‌های تولید برق استفاده می‌کنند (۷). هدف از ارزیابی اقتصادی رابطه بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی به منظور درک دلیل منطقی سرمایه‌گذاری در این صنعت، برای اقتصاد، مقوله‌های اجتماعی-سیاسی و همچنین محیط‌زیست بوده و دستیابی به اهداف توسعه پایدار را تحت تأثیر قرار خواهد داد.

این پژوهش از دو جنبه زیست‌محیطی و اقتصادی به دنبال بررسی تأثیر رشد مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی است که به منظور تحلیل دقیقتر، برای اولین بار این بررسی در دو گروه تفکیک شده از کشورهای منتخب توسعه یافته و

زمانی مدل بردار تصحیح خطا^۵ انجام شد، فرضیه بازخورد تأیید شد (۱۱). در مطالعه Payne & Taylor (۲۰۱۰) که بر روی ایالات متحده آمریکا طی ۲۰۰۶-۱۹۵۷ و داده‌های سری زمانی روش TY^۶ انجام شد، فرضیه خنثی تأیید شد (۱۲). همچنین Wolde-Rufael & Menyah (۲۰۱۰) نیز در مطالعه‌ای مشابه بر روی ایالات متحده آمریکا طی ۲۰۰۷-۱۹۶۰، تأیید فرضیه خنثی را نتیجه گرفتند (۱). Rufael - Wolde (۲۰۱۰) کشور هند را طی ۲۰۰۶-۱۹۶۹، با داده‌های سری زمانی روش TY بررسی و فرضیه رشد را نتیجه گرفت (۱۳). Ku & Yoo (۲۰۰۹) طی ۲۰۰۵-۱۹۶۵ با داده‌های سری زمانی و مدل بردار تصحیح خطا به این نتایج دست یافتند که در کشور کره فرضیه رشد، در فرانسه و پاکستان فرضیه حفاظت، در سوئیس فرضیه بازخورد و در آرژانتین و آلمان نیز فرضیه خنثی برقرار است (۲). Chiu & Lee (۲۰۱۱) طی ۲۰۰۸-۱۹۶۵ با داده‌های سری زمانی روش TY بیان کردند در کانادا، آلمان و انگلستان فرضیه بازخورد، در ژاپن فرضیه حفاظت و در فرانسه و آمریکا فرضیه خنثی برقرار می‌باشد (۱۴). Rufael Wolde & Menyah (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای دیگر طی ۲۰۰۵-۱۹۷۱ با داده‌های سری زمانی روش TY نتیجه گرفتند در کانادا و سوئد فرضیه حفاظت، در سوئیس، هلند و ژاپن فرضیه رشد و در اسپانیا، فرانسه، انگلستان و آمریکا نیز فرضیه بازخورد برقرار است (۱۵).

در این میان مطالعات بسیار کمی از روش داده‌های ترکیبی^۷ استفاده کرده‌اند:

Apergis & Payne (۲۰۰۹) طی ۲۰۰۵-۱۹۸۰ و مدل بردار تصحیح خطا، ۱۶ کشور را بررسی کرده و یافته‌های آنها حاکی از تأیید فرضیه بازخورد در کوتاه مدت و همچنین تأیید فرضیه رشد در بلندمدت است (۱۶).

بار دیگر Apergis & Payne (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای با روشی مشابه مطالعه پیشین، ۱۹ کشور را طی ۲۰۰۷-۱۹۸۴ مورد بررسی قرار دادند که یافته‌های آنان دلالت بر تأیید فرضیه

در حال توسعه انجام می‌شود. از این رو دو فرضیه مطرح شده در این پژوهش عبارتند از: ۱- رشد مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته تأثیرگذار است. ۲- رشد مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه بی‌تأثیر است.

پیشینه پژوهش

Nazlioglu و همکاران در سال ۲۰۱۱ بیان کردند در خصوص ارتباط میان مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی، ۴ فرضیه وجود دارد (۱۰):

فرضیه رشد^۱: در این فرضیه افزایش مصرف انرژی هسته‌ای به طور مستقیم باعث افزایش رشد اقتصادی می‌شود، اگر علیت تک مسیری از مصرف انرژی هسته‌ای به رشد اقتصادی موجود باشد.

فرضیه حفاظت^۲: در این فرضیه علیت تک مسیری از رشد اقتصادی به مصرف انرژی هسته‌ای برقرار است، که نشان می‌دهد سیاستهای حفاظت انرژی به صورت عکس روی رشد اقتصادی تأثیر ندارد.

فرضیه بازخورد^۳: در این فرضیه رابطه علی دوسویه میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی هسته‌ای برقرار است و مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی به صورت مکمل با هم مرتبط هستند. **فرضیه خنثی^۴:** در این فرضیه میان مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی هیچ‌گونه رابطه‌ی علی وجود ندارد که به معنای عدم وجود حساسیت رشد اقتصادی به مصرف انرژی هسته‌ای است.

در این پژوهش تنها بررسی تأثیر مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی مورد نظر می‌باشد، از این رو طبق مطالعات تجربی پیشین، صحت فرضیه‌های رشد و خنثی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در مطالعه اولیه‌ای که توسط Yoo & Jung (۲۰۰۵) بر روی کشور کره و طی ۲۰۰۲-۱۹۷۷ و استفاده از داده‌های سری

5- Vector Error Correction Model (VECM)

6-Toda- Yamamoto

7- Panel data

1- Growth Hypothesis

2- Conservation Hypothesis

3- Feedback Hypothesis

4- Neutrality Hypothesis

توسعه پایدار را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا در کنار بررسیهای اقتصادی مصرف انرژی هسته‌ای، تأثیرات زیست محیطی آن نیز به همان اندازه حایز اهمیت می‌باشد. روند مطلوب رشد اقتصادی و وضعیت محیط‌زیست از مهمترین عوامل دستیابی به توسعه پایدار می‌باشند.

اثرات زیست محیطی: در ۱۵۰ سال اخیر مقدار CO₂ موجود در اثر فعالیتهای انسانی حدود ۲۳ درصد افزایش یافته است. هر سال معادل ۸ میلیارد تن CO₂ به علت فعالیتهای بشر به وجود می‌آید که حدود ۶ میلیارد تن آن از مصرف سوخته‌های فسیلی حاصل می‌شود و ۱/۸ میلیارد تن از صنایع تولید برق منتشر می‌شود.

برخلاف سوخته‌های فسیلی که گازهای تولیدشده را به داخل فضا می‌فرستند زباله‌های جامدی که از طریق سوخت هسته‌ای تولید می‌شوند در طول جریان تولید سوخت در راکتور حفظ و نگهداری می‌شوند و در نهایت هیچ دود یا زباله‌ای وارد فضا نمی‌شود. انرژی هسته‌ای بر میزان CO₂ هوا نمی‌افزاید، به نحوی که یک کیلوگرم اکسید اورانیوم بدون ایجاد اثر گلخانه‌ای تقریباً معادل ۱۶ تن زغال، حرارت تولید می‌کند که منبع انرژی مهمی برای دنیا می‌باشد. برای تولید هر کیلووات ساعت برق در یک نیروگاه زغال‌سنگ سوز، ۶۵۰ تا ۱۲۵۰ گرم گازکربنیک منتشر شده و برای تولید هر کیلووات ساعت برق در نیروگاه‌های گازسوز، ۴۵۰ تا ۶۵۰ گرم گازکربنیک انتشار می‌یابد. درحالی‌که برای تولید برق هسته‌ای که در برخی از مراحل کار با اورانیوم به سوخت فسیلی نیاز است، برای هر کیلووات ساعت برق حدود ۲۵ گرم گاز گلخانه‌ای تولید می‌شود. اگر حدود ۴۴۰ نیروگاه هسته‌ای موجود در سراسر دنیا تعطیل شوند و منابع غیر هسته‌ای جای آن را بگیرد، سالانه ۶۰۰ میلیون تن کربن به دنیا اضافه می‌شود که این مقدار دو برابر مقدار پیش‌بینی‌های پیمان کیوتو برای سال ۲۰۱۰ است. بدون نیروی هسته‌ای خروج دی‌اکسید کربن، ۱/۳ بیشتر از آنچه در حال حاضر است می‌گردد. این امر سالانه ۱۲۰۰ میلیون تن دی‌اکسیدکربن را ذخیره می‌کند. اتحادیه اروپا معتقد است اروپا بدون تکیه بر

بازخورد در بلندمدت و همچنین تأیید فرضیه رشد در کوتاه مدت دارد (۱۷). در آخرین مطالعه صورت گرفته Nazlioglu و همکاران (۲۰۱۱) روش وابستگی متقاطع داده‌های ترکیبی ناهمگن، ۱۴ کشور از گروه کشورهای OECD را طی ۲۰۰۷-۱۹۸۰ بررسی و نتایج آنها نشان داد که در ۱۱ مورد از آنها فرضیه خنثی برقرار است و فرضیه رشد در مجارستان و فرضیه حفاظت در انگلستان و اسپانیا تأیید می‌شود.

با توجه به مطالعات صورت گرفته، نتایج حاصل از هر تکنیک اقتصادسنجی (داده‌های سری زمانی یا ترکیبی) در هر کشور تفاوت دارد، به طوری که Ku & Yoo از روش سری زمانی مدل بردار تصحیح خطا برای فرانسه استفاده کردند و فرضیه حفاظت را برای آن تأیید کردند، در حالی که Chiu از داده‌های سری زمانی روش TY برای فرانسه فرضیه خنثی را تأیید کردند. همچنین نتایج حاصل از یک روش مشترک در یک کشور بر اساس دوره زمانی متفاوت است، زیرا Rufael Wolde & Menyah در بررسی سری زمانی روش TY برای آمریکا طی ۲۰۰۷-۱۹۶۰ فرضیه خنثی را تأیید، اما طی ۲۰۰۵-۱۹۷۱ فرضیه بازخورد تأیید شد.

از این رو بررسی این موضوع از طریق تکنیک‌های مناسب اقتصادسنجی حایز اهمیت است. فقدان اتفاق آرا در تأثیرگذاری مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی در مطالعات خارج از ایران و همچنین عدم بررسی و پژوهش در ایران در این رابطه، فضایی برای تحلیل این موضوع از روشهای مختلف فراهم کرده است.

مبانی نظری

رشد اقتصادی را باید افزایش در تولید ناخالص ملی واقعی بدانیم به طوری که کاهش، افزایش و ثبات تولید ناخالص ملی واقعی به ترتیب به معنی تنزیل، رشد و ثبات اقتصادی می‌باشد. اثر انرژی بر رشد اقتصادی، به نقش انرژی در ساختار تولید بستگی دارد. روند رشد اقتصادی به کمک دو نوع عامل اقتصادی و غیراقتصادی مشخص می‌شود. از جمله مهمترین عوامل غیراقتصادی، اثرات زیست محیطی است که بر پیشرفت اقتصادی و ارتقای زندگی جمعی تأثیر مستقیم داشته و روند

علی‌رغم منافع کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در صنعت هسته‌ای، مجادلات در خصوص مسائلی همچون ابعاد اقتصادی آن، ایمنی هسته‌ای و پسماندهای حاصل از این صنعت، دورنمای مطلوبیت استفاده از آن را تا حدود زیادی تحت تأثیر قرار داده است.

روش پژوهش

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش در بازه زمانی ۲۰۱۱-۱۹۹۱ به صورت سالانه می‌باشند که از WDI^۱ استخراج شده‌اند. جامعه آماری تحقیق شامل کشورهای منتخب از دو گروه کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه می‌باشد. کشورهای منتخب توسعه‌یافته شامل ۷ کشور بلژیک، فرانسه، مجارستان، سوئد، سوئیس، بریتانیا و ایالات متحده آمریکا است. کشورهای منتخب در حال توسعه نیز شامل ۷ کشور آرژانتین، برزیل، بلغارستان، مکزیک، روسیه، آفریقای جنوبی و اوکراین است.

برای متغیر رشد اقتصادی، از رشد GDP^۲ واقعی (برحسب قیمت‌های ثابت سال ۲۰۰۰ به دلار آمریکا) استفاده شده است. برای متغیر مصرف انرژی هسته‌ای از مصرف برق هسته‌ای (بر حسب کیلووات ساعت) استفاده شده است. برای متغیر سرمایه از تشکیل سرمایه ثابت ناخالص (بر حسب قیمت‌های ثابت سال ۲۰۰۰ به دلار آمریکا) استفاده شده است. برای متغیر رشد نیروی کار نیز از کل نیروی کار (بر حسب نفر) استفاده شده است.

استفاده از تولید ناخالص داخلی (GDP) به جای تولید ناخالص ملی (GNP)^۳ برای تحلیل ارتباط میان رشد مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی مناسبتر است، زیرا ضرورت نیاز به مصرف انرژی هسته‌ای در کشور به کالاها و خدمات تولید شده در درون کشور بستگی دارد، نه بیرون از کشور (۲).

علاوه بر نهاده‌های کار و سرمایه، انرژی نیز به‌عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید در بحث‌های اقتصاد کلان مطرح است و تولید تابعی از نهاده‌های کار، سرمایه و انرژی تلقی می‌شود (۱۹).

انرژی هسته‌ای نمی‌تواند نقش بارزی در کاهش دفع دی اکسید کربن داشته باشد.

آلودگیهای ناشی از نیروگاههای فسیلی سبب وقوع حوادث و مشکلات بسیار زیاد بر محیطزیست و انسانها می‌شود، از این رو به جهت افزایش خطرات و نگرانیهای تدریجی در مورد اثرات مخرب انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از کاربرد فرآیند انرژیهای فسیلی، واضح است که از کاربرد انرژی هسته‌ای به‌عنوان یکی از رهیافتهای زیست‌محیطی برای مقابله با افزایش دمای کره زمین و کاهش آلودگی محیطزیست یاد می‌شود (۱۸).

در خصوص بررسی تأثیرات زیست‌محیطی مصرف انرژی هسته‌ای، ضایعات و ایمنی هسته‌ای دو چالش مهم در این صنعت به شمار می‌آیند. حجم زباله‌های هسته‌ای اندک است اما همین مقدار زباله به خاطر خطرات بالقوه‌ی زیاد، باید با امنیت کامل نگهداری شود. در صورتی که تمهیدات ویژه امنیتی برای نیروگاههای هسته‌ای صورت گیرد، می‌توان آنها را به دقت نگهداری، بسته‌بندی و ذخیره کرد. با توجه به حجم زباله‌های هسته‌ای و پیشرفتهای به دست آمده در علوم هسته‌ای در زمینه دفن نهایی این زباله‌ها در صخره‌های عمیق زیرزمینی و با حفاظت و استتار ایمنی کامل، مشکلات موجود تا حدود زیادی از نظر فنی در کشورهای توسعه‌یافته حل شده است و مانع تأثیرات منفی گسترده بر محیطزیست آنها می‌شود. علاوه بر دانش دفع و کنترل ضایعات هسته‌ای، توان تأمین هزینه آن نیز مؤلفه‌ای مهم به شمار می‌رود. تضمین دانش، کیفیت و مدیریت نیروگاههای هسته‌ای در حال احداث و یا در حال کار، نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا در صورت عدم رعایت موارد امنیتی لازم برای نیروگاهها، منجر به وقوع حوادث جبران‌ناپذیری می‌شود تا حدی که سایر کشورها را نیز در معرض خطر قرار می‌دهد. از جمله این حوادث می‌توان حادثه تری مایل آیلند، حادثه چرنوبیل و حادثه فوکوشیما را نام برد. در نتیجه، داشتن نیروگاههای هسته‌ای با ضریب امنیت بالا مستلزم تکنولوژی پیچیده صنعتی، سرمایه‌های مالی گزاف برای تجهیزات پیشرفته و منابع انسانی متخصص است.

1- World Development Indicator

2- Gross Domestic Product

3- Gross national Product

$$X = \alpha K^\alpha L^\beta (\tau E)^{1-\alpha-\beta} \quad (3)$$

که در آن X تولید ناخالص داخلی، K سرمایه، L نیروی کار و E انرژی است. α بهره‌وری کل عوامل تولید، τ ضریب تکنولوژی و افزایش آن نشان‌دهنده استفاده از کارایی انرژی است.

به منظور برآورد تأثیر مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب طی دوره‌ی مورد بررسی، از الگوی زیر برای انجام آزمون فرضیه استفاده می‌کنیم:

$$d \ln(GDP_{it}) = \beta_0 + \beta_1 d \ln(NE_{it}) + \beta_2 d \ln(K_{it}) + \beta_3 d \ln(L_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$\begin{cases} i = 1, 2, \dots, N \\ t = 1, 2, \dots, T \end{cases}$$

به طوری که: GDP_{it} تولید ناخالص داخلی کشور i در سال t ام، NE_{it} مصرف انرژی هسته‌ای کشور i در سال t ام، K_{it} تشکیل سرمایه ثابت ناخالص کشور i در سال t ام و L_{it} کل نیروی کار کشور i در سال t ام می‌باشد.

یافته‌ها

در ابتدا از آزمون مانایی^۱ (ایستایی) دیکی-فولر، برای بررسی مانایی متغیرها استفاده می‌کنیم. فرضیه H_0 مبنی بر وجود ریشه واحد، در صورت مانا بودن متغیرها، رد شده و دیگر نیازی به آزمون همگرایی^۲ نیست.

هژبرکیانی و واردی (۱۳۷۹) در مطالعه خود بیان داشتند انرژی یکی از نهاده‌های مهمی است که نادیده گرفتن آن در تابع تولید می‌تواند اریب جدی در برآورد پارامترهای تابع ایجاد کند. در این مطالعه، اثر نهاده انرژی در کنار دو نهاده موجودی سرمایه و نیروی کار در بخشهای مختلف اقتصادی بررسی و آزمون شده است. نتایج این بررسی نشان داد، عامل انرژی در کنار دو عامل مهم دیگر، بااهمیت است و تأثیر مستقیم در سطح تولید دارد (۲۰).

اگر تولید را تابعی از نهاده‌های سرمایه، کار و انرژی در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$Q = f(K, L, E) \quad (1)$$

سه عامل نیروی کار، سرمایه و انرژی باعث تغییر سطح تولید می‌گردند، و نهاده E می‌تواند از مجموعه‌ای عوامل نظیر نفت، گاز، زغال‌سنگ و ... تأمین شود که به حاملهای انرژی مشهورند. سپس افزایش در هر یک از نهاده‌های سرمایه، نیروی کار و انرژی باعث افزایش تولید می‌گردد، به بیان ریاضی داریم (۲۱):

$$\frac{\partial Q}{\partial K} > 0 \quad \text{و} \quad \frac{\partial Q}{\partial L} > 0 \quad \text{و} \quad \frac{\partial Q}{\partial E} > 0 \quad (2)$$

که در این پژوهش عامل انرژی را منحصراً انرژی هسته‌ای در نظر گرفتیم. Blitzer (۱۹۸۱) در بررسی خود مبنی بر تأثیر انرژی بر رشد و توسعه اقتصادی از تابع تولید کابداگلاس استفاده نمود که عامل انرژی نیز به‌عنوان یکی از عوامل تولید در جریان تولید جریان دارد (۲۲). از معروفترین توابعی که در بیان روابط ساختاری در تولید، از گذشته مورد استفاده قرار گرفته است، تابع تولید کابداگلاس می‌باشد (۲۳). این تابع خصوصیات ضرورت، همگنی، یکنواختی، تقعر، پیوستگی، مشتق‌پذیری، غیرمنفی و غیرتهی بودن را دارد. این تابع خصوصیت ضرورت مصرف نهاده را به خوبی نمایان می‌سازد (۲۴).

Wei (۲۰۰۶) در مطالعه‌ی خود مبنی بر تأثیر دستاوردهای بهره‌وری انرژی در تولید و استفاده از انرژی با تابع تولید کابداگلاس، تابع تولید کابداگلاس را این‌گونه بیان کرد (۲۵):

1- Stationary

2- Cointegration

جدول ۱- نتایج آزمون ایستایی دیکی فولر تعمیم یافته

نام متغیر	کشورهای توسعه یافته	کشورهای در حال توسعه
رشد اقتصادی	۵۹/۹۰۷۶	۴۸/۱۶۸۳
رشد مصرف انرژی هسته‌ای	۱۰۸/۸۲۸	۱۱۲/۷۴۵
رشد تشکیل سرمایه ثابت ناخالص	۶۶/۸۸۷۴	۶۱/۶۳۰۶
رشد کل نیروی کار	۵۱/۶۲۶۶	۴۶/۶۸۱۸

نتایج حاصل از آزمون لیمر نشان می‌دهد که فرضیه H_0 قبول شده و اثر مدل داده‌های تلفیقی در مقابل مدل اثرات ثابت در هر دو گروه کشورها پذیرفته می‌شود. برآورد الگوی داده‌های تلفیقی با عرض از مبدأ، خود همبستگی مرتبه دوم برای کشورهای توسعه یافته و خود همبستگی مرتبه اول برای کشورهای در حال توسعه صورت گرفته است.

نتایج حاصل شده، نشان می‌دهد تمام متغیرها در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد مانا می‌باشند. از آزمون لیمر برای تعیین مدل مناسب جهت برآورد الگوی پژوهش استفاده می‌کنیم. این آزمون برای نشان دادن تأیید مدل اثرات ثابت^۱ در مقابل مدل داده‌های تلفیقی انجام می‌شود. در این آزمون، فرضیه H_0 ، یکسان بودن عرض از مبدأها (روش داده‌های تلفیقی) و در مقابل، فرضیه مخالف یعنی H_1 ، ناهمسانی عرض از مبدأها (روش داده‌های ترکیبی) می‌باشد. در صورت تأیید مدل اثرات ثابت، باید آزمون هاسمن^۲ را برای تأیید مدل اثرات ثابت یا تأیید مدل اثرات تصادفی^۳ انجام داد. سرانجام با تشخیص مدل مناسب، الگوی ذکر شده برای هر یک از گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه برآورد می‌شود.

جدول ۲- نتایج آزمون لیمر

کشورهای توسعه یافته	کشورهای در حال توسعه
۱/۴۹۷۵	۰/۸۱۸۷
(۰/۱۸۳۴)	(۰/۵۵۷۲)

- 1- Fixed effect
2- Hausman
3- Random effect

جدول ۳- نتایج برآورد الگو برای کشورهای توسعه یافته

متغیر وابسته: رشد اقتصادی		
متغیر توضیحی	ضریب	آماره t
رشد مصرف انرژی هسته‌ای	۰/۰۱۴۳	۲/۱۶۳۴
رشد تشکیل سرمایه ثابت ناخالص	۰/۱۶۷۴	۲۲/۲۸۴۷
رشد کل نیروی کار	۰/۲۶۷۷	۳/۶۳۷۹
آماره F	۱۶۵/۳۶۱۶	
ارزش احتمال	۰/۰۰۰۰	
R ²	۰/۸۶	
R ² تعدیل شده	۰/۸۶	
آماره دوربین واتسون	۱/۸۳	

متغیرهای رشد مصرف انرژی هسته‌ای، رشد تشکیل سرمایه ثابت ناخالص و رشد کل نیروی کار، اثر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه یافته منتخب در این مطالعه دارند و اثر معناداری این متغیرها در سطح معناداری ۹۵ درصد مورد پذیرش واقع گشته است. متغیر رشد مصرف انرژی

هسته‌ای از لحاظ آماری معنادار می‌باشد و ضریب آن مثبت و به مقدار ۰/۰۱۴۳ می‌باشد که نشان دهنده آن است که با افزایش ۱ درصدی رشد مصرف انرژی هسته‌ای، رشد اقتصادی به میزان ۱/۴ درصد افزایش می‌یابد. به این ترتیب فرضیه اول این پژوهش پذیرفته می‌شود.

جدول ۴- نتایج برآورد الگو برای کشورهای در حال توسعه

متغیر وابسته: رشد اقتصادی		
متغیر توضیحی	ضریب	آماره t
رشد مصرف انرژی هسته‌ای	-۰/۰۰۰۶	-۰/۹۴۷۱
رشد تشکیل سرمایه ثابت ناخالص	۰/۲۸۰۲	۲۲/۳۷۲۹
رشد کل نیروی کار	۰/۲۶۶۰	۳/۲۵۶۳
آماره F	۱۸۵/۵۹۷۶	
ارزش احتمال	۰/۰۰۰۰	
R ²	۰/۸۴	
R ² تعدیل شده	۰/۸۴	
آماره دوربین واتسون	۲/۱۴	

منابع

1. Wolde Rufael, yemane, Menyah, Kojo. CO₂ emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US; Energy Policy, 2010, Volume 38, Issue 6, June: 2911–2915
2. Yoo, seung hoon, Ku, se ju. Casuel relationship between nuclear energy Consumption and economic growth: A multi-country analysis; energy policy, 2009, Volume 37, Issue 5, May: 1905–1913
3. Energy Information administration; July 2013: <http://www.eia.gov/nuclear>
4. World Nuclear Association; July 2013: <http://www.world-nuclear.org/Nuclear-Basics>
5. International Atomic Energy Agency; July 2013: <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Main>
۶. حجت، سید سعید «انرژی هسته‌ای روشی مناسب جهت تقابل با اثر گلخانه‌ای» اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، ۱۳۸۵
7. Nuclear Energy Institute; July 2013: <http://www.nei.org/why-nuclear-energy>
۸. سلیمی ترکمانی، حجت، «استفاده از انرژی هسته‌ای: مزایا، معایب و چالش پیش‌رو» چاپ مؤسسه حقوقی فانوس، ۱۳۹۱
۹. خادمیان، حامد «انرژی هسته‌ای» نشر سفیدسار، ۱۳۸۹، تهران: ۴۵–۵۹
10. Nazlioglu, saban, et al. Nuclear energy consumption and economic growth in OECD countries; energy policy, 2011, Volume 39, Issue 10, October: 6615–6621

متغیرهای رشد تشکیل سرمایه ثابت ناخالص و رشد کل نیروی کار اثر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه منتخب در این مطالعه دارند و اثر معناداری این متغیرها در سطح معناداری ۹۵ درصد مورد پذیرش واقع گشته است. متغیر رشد مصرف انرژی هسته‌ای نیز از لحاظ آماری معنادار نمی‌باشد. از این رو مدل برآورد شده برای بررسی در کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که رشد مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی هیچ‌گونه تأثیری ندارد. به این ترتیب فرضیه دوم این پژوهش نیز پذیرفته می‌شود.

نتیجه‌گیری

انرژی هسته‌ای با توجه به منابع زیست‌محیطی و صرفه اقتصادی آن در بلندمدت، می‌تواند جانشین خوبی برای منابع فسیلی در تولید انرژی الکتریسیته شود. برآیند میزان فواید و معایب استفاده از انرژی هسته‌ای و لزوم توجیه اقتصادی به‌کارگیری این فن آوری، می‌تواند در نحوه گذر از چالش استفاده غیر صلح‌آمیز آن مؤثر بوده و در نهایت در ارزیابی نهایی از میزان مطلوبیت این منبع عظیم انرژی، مفید باشد. با توجه به نتایج حاصل از برآورد الگو می‌توان گفت در صنعت هسته‌ای، سیاستهای انرژی، هزینه‌های نگهداری ضایعات هسته‌ای، هزینه‌های بالای تکنولوژی در این صنعت و سایر هزینه‌های هسته‌ای، به علاوه بازده بلندمدت اقتصادی این صنعت، از عواملی هستند که تأثیر مثبت مصرف انرژی هسته‌ای را بر روی درآمد و رشد اقتصادی کم می‌کنند. کشورهای در حال توسعه به دلیل محدود بودن منابع مالی در دسترس، عمدتاً در حوزه‌هایی سرمایه‌گذاری می‌کنند که هزینه سرمایه‌گذاری پایین بوده و زمان برگشت اصل سرمایه کوتاه باشد. این در حالی است که این ملاحظات، با سرمایه‌گذاری در انرژی هسته‌ای برای این کشورها تأمین نمی‌شود، چرا که در این حوزه زمان برگشت سرمایه طولانی و هزینه سرمایه‌گذاری بالا است، چیزی که در نهایت مانع از جایگزینی آن با سوخت فسیلی می‌شود. لذا گزینه انرژی هسته‌ای برای اکثر کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه‌یافته، به دلیل ضعفهای ساختار موجود، چندان گزینه ملموسی نیست.

- اقتصادی و زیست محیطی» همایش ملی سوخت، انرژی و محیط زیست، ۱۳۸۷
۱۹. ملکی، رضا «بررسی رابطه علیت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران» پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۷۸: ۶
۲۰. هژبر کیانی، کامبیز و واردی، سیده شایسته، «بررسی ضریب اهمیت انرژی در تولید بخش کشاورزی ایران» فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۳۷۹، شماره ۳۰، تابستان: ۴۲-۶
۲۱. آماده، حمید و همکاران «بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخشهای مختلف اقتصاد ایران» مجله تحقیقات اقتصادی، ۱۳۸۸، شماره ۸۶، بهار: ۳۸-۱
22. Blitzer, C. R. Energy and the development; an overview of selected issues, Ed. Aver, U. S. A, P. Publ, Electrical Power Research Institute and Pergaman Press, 1981: 471-477.
23. Cobb, C.W. and P.H. Douglas. A theory of production; American Economic Review, 1928, 1:139-165.
۲۴. اعظم‌زاده شورکی، مهدی و همکاران، «انتخاب تابع تولید و برآورد ضریب اهمیت انرژی در بخش کشاورزی» مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۳۹۰، شماره ۷۶، زمستان: ۲۳۰-۲۰۵
25. Wei, taoyuan. Impact of energy efficiency gains on output and energy use with Cobb–Douglas production function; Energy Policy, 2007, Volume 35: 2023–2030
11. Yoo, seung hoon, Jung, Kun oh. Nuclear energy consumption and economic growth in Korea; Progress in Nuclear Energy, 2005, Volume 46: 101-109
12. Payne, J.E., Taylor, J.P. Nuclear energy consumption and economic growth in the US: an empirical note; Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 2010, 5(3): 301–307
13. Wolde Rufael, yemane. Bounds test approach to cointegration and causality between nuclear energy consumption and economic growth in India; energy policy, 2010, Volume 38, Issue 1, January: 52–58
14. Lee, chien chiang, Chiu, yi bin. Nuclear energy consumption, oil prices, and economic growth: Evidence from highly industrialized countries; energy economics, 2011, Volume 33, Issue 2, March: 236–248
15. Wolde Rufael, yemane, Menyah, Kojo. Nuclear energy consumption and economic growth in nine developed countries; energy economics, 2010, Volume 32, Issue 3, May: 550–556
16. Apergis, Nicholas, Payne, James. A panel study of nuclear energy consumption and economic growth; energy economics, 2009, Volume 32, Issue 3, May: 545–549
17. Apergis, Nicholas, et al. On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth; ecological economics, 2010, Volume 69, Issue 11, September: 2255–2260
۱۸. کاظمی‌راد، لادن و همکاران «بررسی جایگزینی انرژی هسته‌ای با سوخت‌های فسیلی از دیدگاه