فصلنامه علمی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی
سال دهم، شماره چهل، پاییز ۱۳۹۹ (۵۴-۳۵)

Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research
Vol. 10, No. 40, September 2020 (35-54)

بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و نوآوری‌های فنی و رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن

نسیم مسعودی[۱]، نظر دهمرده قلعه‌نو[۲]، *مرضیه اسفندیاری[۳]

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲. استاد گروه اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳. استادیار گروه اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان

(دریافت: ۱۳۹۸/۶/۵ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۱)

Impact of Renewable Energies, Technical Innovations and Economic Growth on Carbon Dioxide Emissions

Nasim Masoudi[1], Nazar Dahmardeh Ghaleno[2], *Marziyeh Esfandiari[3]

1. Ph.D. Student of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
2. Professor, Department of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
3. Assistant Professor of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

(**Received:** 27/Aug/2019 **Accepted:** 23/Sep/2019)

چکیده:

مصرف گسترده انرژی‌های تجدیدناپذیر در کنار افزایش گسترده فعالیت‌های اقتصادی در چند دهه اخیر پیامدهای زیست محیطی گسترده‌ای داشته است. افزایش دمای زمین، تغییرات آب و هوایی، بالا آمدن سطح آب دریاها و در نهایت تشدید منازعات بین‌المللی از جمله این پیامدها محسوب می‌شوند. طی سالیان اخیر برخی کشورها تلاش گسترده‌ای در راستای استفاده بیشتر از پتانسیل‌های انرژی‌های تجدیدپذیر را شروع نموده‌اند. این تلاش‌ها در راستای مزایای بیشتر استفاده از این انرژی‌ها و همچنین رعایت توافقنامه‌های بین‌المللی برای کاهش دمای کره زمین بوده است. در واقع طی دهه‌های اخیر رشد پایدار اقتصادی برای اکثر اقتصادهای جهان به یک هدف مهم تبدیل شده است. لازمه دست‌یابی به این هدف، تثبیت یا کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. این امر مستلزم گذار از فعالیت‌های اقتصادی مبتنی بر منابع انرژی آلاینده به فعالیت‌های مبتنی بر فناوری‌ها و مصرفی با تأثیر محیط زیست کم‌تر است. هدف این مطالعه بررسی اثر نوآوری‌های فنی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار CO_2 در کشورهای منتخب آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر (IRENA) با استفاده از رویکرد ایستا، پویا و ضرایب بلندمدت داده‌های ترکیبی طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۹۰ بود. نتایج این مطالعه نشان داد که نوآوری فنی و انرژی‌های تجدیدناپذیر تأثیر مثبتی بر انتشار CO_2 داشته است اما اثر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 منفی و معنی‌دار بوده است. تأثیر رشد اقتصادی نیز بر انتشار CO_2 مثبت و معنی‌دار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انرژی‌های تجدیدپذیر، نوآوری فنی، انتشار CO_2، پانل دیتا.

طبقه‌بندی JEL: P28، Q55، F64.

Abstract:

The widespread consumption of non-renewable energy, along with the widespread increase in economic activity over the past few decades, has had broad environmental implications. These consequences include rising global temperatures, climate change, rising sea levels, and ultimately escalating international disputes. In recent years, some countries have begun extensive efforts to make more use of renewable energy potentials. These efforts have been in line with the greater benefits of using these energies as well as observing international agreements to reduce global temperatures. Indeed, in recent decades sustainable economic growth has become an important goal for most of the world's economies. To this end is necessary to stabilize or reduce greenhouse gas emissions. This necessitates the transition from polluting energy-based economic activities to less environmentally-friendly, technology-based and consumer-friendly economic activities. CO_2 was selected by the International Renewable Energy Agency (IRENA) in selected countries using a static, dynamic, and long-term coefficient of combined data over the period 1990–2016. The results of this study showed that technical innovations and non-renewable energies had a positive effect on CO_2 emissions, but the effect of renewable energies on CO_2 emissions was negative and significant. Also, the effect of economic growth on CO_2 emission is Positive and significant.

Keywords: Renewable Energy, Technical Innovation, CO_2 Emission, Data Panel.
JEL: P28, Q55, F64.

* **نویسنده مسئول:** مرضیه اسفندیاری (این مقاله مستخرج از رساله دکتری تحت عنوان "مطالعه تطبیقی تأثیرات نوآوری فنی و انرژی تجدیدپذیر بر آلودگی محیط زیست (مطالعه موردی کشورهای منتخب آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر)" می‌باشد)

*Corresponding Author: Marziyeh Esfandiari E-mail: m.esfandiari@eco.usb.ac.ir

۱- مقدمه

طی دهه‌های اخیر رشد پایدار اقتصادی برای اکثر اقتصادهای جهان به یک هدف مهم تبدیل شده است. لازمه دست‌یابی به این هدف، تثبیت یا کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. این امر مستلزم گذار از فعالیت‌های اقتصادی مبتنی بر منابع انرژی آلاینده به فعالیت‌های اقتصادی پایدار مبتنی بر فناوری‌ها و مصرفی با تأثیر محیط زیست کم‌تر است (استرن[1]، ۲۰۰۷؛ فاکسن[2]، ۲۰۱۱: ۲۳۰). طبیعت همیشه برای انسان اهمیت داشته است و به همین دلیل نیاز شدید به حفاظت از تنوع زیستی وجود داشته است. یک راه برای دست‌یابی به این هدف، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. از آنجا که انتشار کربن نقش مهمی در تولید گازهای گلخانه‌ای دارد بررسی عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای اهمیت فراوانی دارد (بیک[3]، ۲۰۱۶: ۳۵۳، داسیلوا و همکاران[4]، ۲۰۱۸: ۵۰). یک اثر مستقیم گازهای گلخانه‌ای گرم شدن کره زمین بوده است. همین موضوع دلیل اصلی برای گسترش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر است (لیو و خیو[5]، ۲۰۱۸: ۶۵۱، ناین و کاکینکا[6]، ۲۰۱۹: ۱۰۵۲). تغییرات اقلیمی از زمان ورود به قرن حاضر یک چالش اساسی بوده است. به همین دلیل، بسیاری از مطالعات لزوم کاهش انتشار CO_2 که باعث برهم خوردن موجودیت انسان شده است را مورد بحث قرار داده‌اند (دوکان و سیکر[7]، ۲۰۱۶: ۱۰۷۶). ادبیات تجربی به این واقعیت اشاره دارد که مصرف انرژی و رشد اقتصادی عامل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای است (جارک و پیرینو[8]، ۲۰۱۷: ۱۰۵، لو و خو، ۲۰۱۸: ۶۴۹). اقتصاددانان اکولوژیک همانند نایر و آیرس[9] (۲۰۰۸) بیان می‌کنند که در مدل بیوفیزیکی رشد، انرژی تنها و مهم‌ترین عامل رشد است. به طوری که از نظر آنها نیروی کار و سرمایه، عوامل واسطه‌ای هستند که برای استفاده به انرژی نیاز دارند. در حالی که از نظر برخی از اقتصاددانان نئوکلاسیک مانند برندت و دنیسون[10] (۲۰۱۱)، انرژی از طریق تأثیری که بر نیروی کار و سرمایه می‌گذارد، به طور غیرمستقیم بر رشد اقتصادی مؤثر است و مستقیماً اثری بر رشد اقتصادی ندارد (قائد و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۳۸). این اقتصاددانان معتقدند که انرژی یک نهاده واسطه‌ای است و عوامل اساسی تولید تنها نیروی کار، سرمایه و زمین هستند. اما مصرف بی رویه انرژی، به ویژه سوخت‌های فسیلی برای تحقق هدف رشد اقتصادی سبب افزایش آلودگی محیط زیست شده است (قزوینیان و همکاران، ۱۳۹۷: ۹۵). پیامدهای زیست‌محیطی گرم شدن کره زمین و تغییرات اقلیمی کره زمین و انتشار گازهای گلخانه‌ای نگرانی‌ها را در مورد مصرف انرژی تجدید ناپذیر افزایش داده است و اقبال عمومی به استفاده از انرژی تجدیدپذیر رواج بیشتری یافته چرا که از مهم‌ترین ویژگی‌های انرژی تجدیدپذیر کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و کمک به حفاظت از محیط‌زیست است (ابوی و همکاران، ۱۳۹۷: ۶۸). مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر به‌عنوان منابع انرژی ایجاد شده می‌تواند نگرانی‌های روزافزون را در مورد انتشار گازهای گلخانه‌ای، قیمت بالا، انرژی فرار و وابستگی به منابع انرژی خارجی را کاهش دهد (خوشنویس یزدی و شکوری[11]، ۲۰۱۷: ۲۰).

همچنین رویکردهای چالش برانگیزی در زمینه اثرات نوآوری فنی بر محیط زیست، در طی سال‌های اخیر در جریان بوده است. ادبیات رشد درون‌زا نشان می‌دهد که نوآوری فنی می‌تواند اثر مثبتی بر محیط زیست، در بلندمدت داشته باشد. بر اساس استدلال اقتصاددانان موافق این دیدگاه، نوآوری فنی به طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق کاهش هزینه اطلاعات و مبادلات، افزایش بهره‌وری عوامل تولید، افزایش پس‌انداز و بهبود جریان تخصیص منابع، سبب افزایش سرمایه‌گذاری می‌شود و در نتیجه اثرات مثبتی بر محیط زیست دارد. در مقابل این دیدگاه، برخی از اقتصاددانان بر این باورند که نوآوری فنی می‌تواند به محیط زیست آسیب برساند. آنها بیان می‌کنند اگر نوآوری فنی باعث بهبود در تخصیص منابع و در نتیجه باعث افزایش بازدهی پس‌انداز گردد، ممکن است نرخ پس انداز کاهش یابد که این امر منجر به بحران اعتبارات شده و از طریق کاهش سرمایه‌گذاری، به محیط زیست، صدمه وارد می‌کند (دوگان و سیکر، ۲۰۱۶: ۴۳۱).

با توجه به اینکه آلودگی محیط زیست یکی از چالش برانگیزترین موضوعات مورد بحث در دنیای امروز است، بسیاری از محققان در مورد این مسئله بحث کرده‌اند. روش‌ها، رویکردها و نمونه‌های مورد بررسی مختلف، نتایج متناقضی ارائه کرده است و بررسی‌ها در این زمینه همچنان ادامه دارد.

1. Stern (2007)
2. Foxon (2011)
3. Baek (2016)
4. Da Silva et al. (2018)
5. Liu & Xiao (2018)
6. Nguyen & Kakinaka (2019)
7. Dogan & Seker (2016)
8. Jarke & Perino (2017)
9. Nair & Ayres (2008)
10. Berndt & Denison (2011)
11. Khoshnevis Yazdi & Shakouri (2017)

با توجه به این موضوع هدف این مطالعه بررسی تأثیرات نوآوری فنی و انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی بر آلودگی محیط زیست در کشورهای منتخب آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر (IRENA) با استفاده از رویکرد ایستا، پویا و ضرایب بلندمدت داده‌های ترکیبی طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۹۰ می‌باشد.

۲- مبانی نظری

طی دهه‌های گذشته بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست مورد توجه اقتصاددانان و اکولوژیست‌ها بوده است. آنها اغلب به دنبال اثبات این پدیده بودند که وقتی سطح درآمد پایین است کیفیت محیط زیست بدتر می‌شود و وقتی درآمد افزایش می‌یابد و از سطح آستانه عبور کند، سطح آلودگی کاهش می‌یابد. اگر پدیده مذکور وجود داشته باشد رابطه U- شکل معکوس بین سطح رشد اقتصادی و آثار زیست محیطی برقرار است که در ادبیات اقتصاد محیط زیست به منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) معروف است. در سال‌های ۱۹۹۰ شاهد ظهور فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس[1] (EKC)، و سیل مطالعاتی که هر کدام با استفاده از آلاینده‌های متفاوت درصدد آزمایش این فرضیه برآمدند، بودیم. اولین مجموعه از مطالعات تجربی EKC توسط گروسمن و کروکر درسال ۱۹۹۱ به منظور ارزیابی اثرات زیست محیطی تجارت آزاد آمریکای شمالی[2]، این مطالعه را انجام دادند. گروسمن و کروکر (۱۹۹۱) فرضیه EKC را برای دی اکسید گوگرد، دود سیگار و ذرات معلق با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده توسط سیستم نظارت جهانی زیست محیطی[3] و تولید ناخاص داخلی سرانه در مقیاس برابری قدرت خرید برای ۵۲ شهر در ۳۲ کشور در طول دوره زمانی ۱۹۸۸-۱۹۷۷ مورد بررسی قرار دادند. برای دی اکسید گوگرد و دود سیگار نقطه برگشت را در درآمد سرانه ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ دلار برآورد نمود و در رابطه با ذرات معلق دریافت که حتی در سطوح پایین درآمدی همواره کاهش می‌یابند. به هر صورت در سطوح درآمدی بالاتر از ۱۰۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ دلار هر سه آلاینده مجدداً کاهش می‌یابند. شافیک و بندیوپادیا (۱۹۹۲) فرضیه EKC را برای ۱۰ شاخص تخریب زیست محیطی مختلف شامل عدم دسترسی به آب سالم و بهداشت مناسب، جنگل زدایی، ضایعات شهری، اکسیدهای گوگرد و انتشار کربن برآورد نمودند. نمونه آنها شامل ۱۴۹ کشور در بازه زمانی ۱۹۶۰ تا۱۹۹۰ بود و از توابع لگاریتمی- خطی، لگاریتمی- درجه دوم و فرم تابع چند جمله‌ای درجه سوم لگاریتمی استفاده نمودند. آنها دریافتند که عدم دسترسی به آب سالم و بهداشت مناسب به‌طور یکنواخت با افزایش درآمد کاهش می‌یابد و ضایعات شهری، اکسیدهای گوگرد و انتشار کربن در طول زمان افزایش می‌یابد اما جنگل‌زدایی مستقل از سطوح درآمدی است. به‌طور کلی، آلاینده‌های هوا با نقطه برگشت در سطح درآمد۳۰۰ تا ۴۰۰۰ دلار با فرضیه زیست محیطی کوزنتس مطابقت داشت. پانایوتو (۱۹۹۵) با استفاده از داده‌های مقطعی نتایج مشابهی را با نقطه برگشت درآمد در دامنه ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ برای این آلاینده‌ها به دست آورد. وی همچنین دریافت که جنگل‌زدایی با نقطه برگشت درآمد سرانه در حدود۸۰۰ دلارفرضیه EKC را تأیید می‌کند.

بخش بزرگی از مطالعات نیز بر ارتباط بین مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های زیست محیطی متمرکز بوده‌اند. رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی از زمان بروز شوک‌های نفتی در دهه ۷۰ میلادی توسط محققان مورد مطالعه قرار گرفته است. علاوه بر بروز شوک‌های نفتی، مسائل زیست محیطی مانند تغییرات آب و هوایی، گرم‌تر شدن کره زمین، نابودی و اتمام منابع طبیعی و سوختی از جمله عواملی بودند که ضرورت بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی را دو چندان می‌کرد. یکی از دلایل اصلی گرم شدن کره زمین، انتشار گازهای گلخانه‌ای است که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای رابطه مستقیم با میزان مصرف انرژی کشورها دارد حال آنکه، انرژی به عنوان یکی از عوامل تولید و موتور محرکه رشد اقتصادی به شمار می‌رود، بنابراین اگر کنترل انتشار آلاینده‌ها رشد کشورها را کاهش دهد، تناقض در اهداف کشورها ایجاد می‌شود. اقتصاددانان اکولوژیک همانند نایر و آیرس (۲۰۰۸) بیان می‌کنند که در مدل بیوفیزیکی رشد، انرژی تنها و مهم‌ترین عامل رشد است. به طوری که از نظر آنها نیروی کار و سرمایه، عوامل واسطه‌ای هستند که برای استفاده به انرژی نیاز دارند. در حالی که از نظر برخی از اقتصاددانان نئوکلاسیک مانند برندت و دنیسون[4] (۲۰۱۱: ۵۱۲۴)، انرژی از طریق تأثیری که بر نیروی کار و سرمایه می‌گذارد، به طور غیرمستقیم بر رشد اقتصادی مؤثر است و مستقیماً اثری بر رشد اقتصادی

1. Environmental Kuznets Curve
2. NAFTA
3. Global Environmental Monitoring System(GEMS)
4. Berndt & Denison (2011)

ندارد. این اقتصاددانان معتقدند که انرژی یک نهاده واسطه‌ای است و عوامل اساسی تولید تنها نیروی کار، سرمایه و زمین هستند. اما مصرف بی رویه انرژی، به ویژه سوخت‌های فسیلی برای تحقق اهداف رشد اقتصادی سبب افزایش آلودگی محیط زیست شده است. برخی از صاحب نظران اقتصادی، مانند برندت و وود[1] (۱۹۷۵) بر این باورند که انرژی و سرمایه با یکدیگر ترکیب شده و عامل تولید G را ایجاد می‌کنند که پس از ترکیب آن با نیروی کار، محصول به دست می‌آید. در این صورت شکل کلی تابع تولید به صورت: $Q=f\ [G(K,L),L]$ خواهد بود. در چارچوب مکتب نئوکلاسیک نیز، استرن و کلولند[2] (۲۰۰۴)، رابطه بین مصرف انرژی و فعالیت‌های اقتصادی را به صورت تابع تولید زیر بیان کرده‌اند:

$$(Q_1 \ldots, Q_m) = f\ (A, X_1, \ldots, X_n, E_1, \ldots, E_p)$$

که در آن Q_1، تولید کالاها و خدمات، X_1، نهاده‌های تولیدی از قبیل سرمایه، نیروی کار، E_1، حامل‌های انرژی و A، وضعیت تکنولوژیکی یا شاخص بهره‌وری کل عوامل است. در تابع فوق، رابطه بین انرژی و تولیدکل به وسیله عواملی از قبیل جانشینی بین انرژی و دیگر نهاده‌ها، تغییرات تکنولوژیکی، تغییر ترکیب عوامل انرژی و تغییر ترکیب محصول تولیدی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. توسعه اقتصادی به عنوان یک رکن اساسی در مجموعه سیاست‌های هر کشور مطرح است و امروزه انرژی یکی از عوامل اصلی و ضروری توسعه اقتصادی در هر جامعه تلقی می‌شود. رشد روز افزون جمعیت، وابستگی به انرژی و به تبع آن رشد مصرف انرژی به ویژه انرژی‌های فسیلی موجب افزایش مشکلات زیست محیطی شده است. یکی از مهم‌ترین آلودگی‌های بخش انرژی آلودگی هوا در اثر انتشار و نشت گازهای آلاینده ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است. اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، مونوکسید کربن، ذرات معلق، هیدروکربن‌ها و دی اکسید کربن از جمله گازهای آلاینده و گلخانه‌ای هستند که در اثر فعالیت‌های بخش انرژی به ویژه احتراق سوخت‌های هیدروکربنی به وجود می‌آیند. گازهای آلاینده‌ای مانند S0x، CO و NOx سبب بارش باران‌های اسیدی، بروز مخاطرات بهداشتی و سلامتی برای انسان و سایر موجودات می‌شوند و عمدتاً از دیدگاه منطقه‌ای و ملی مورد توجه قرار می‌گیرند؛ در صورتی که گازهای گلخانه‌ای مانند دی اکسید کربن سبب بروز پدیده تغییر آب و هوا و گرمایش جهانی می‌شوند و از بعد جهانی حائز اهمیت می‌باشند (دفتر برنامه‌ریزی انرژی، ۱۳۸۲: ۳۱۲). برخلاف آلودگی ناشی از آب یا هوا که اثرات فوری و قابل تشخیص بر سلامتی به جا می‌گذارد، انتشار دی اکسید کربن به طور مقطعی بی‌ضرر است و در بلندمدت محیط زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

مایر و کنت[3] ارتباط بین مصرف انرژی و تخریب محیط زیست را به این صورت بیان می‌کنند که هر چند پس از انقلاب صنعتی به ویژه در دهه‌های اخیر با استفاده بیشتر از انرژی، متوسط بهره‌وری عوامل تولید افزایش یافته است اما استفاده از انرژی به خاطر تأثیرات آلوده کننده‌اش باعث تخریب بیش از پیش محیط زیست گردیده است تا حدی که بخش انرژی را بیشترین سهامدار تغییر در شرایط محیط زیست می‌دانند. لذا، می‌توان عنوان کرد سیاست انرژی و سیاست محیط زیست رابطه‌ای تنگاتنگ با یکدیگر دارند (مایر و کنت، ۲۰۰۷: ۲۴۸۵).

برخی مطالعات تجربی نیز برقراری منحنی زیست محیطی کوزنتس را ناشی از تجارت بین‌الملل و انتقال صنایع آلوده کننده می‌دانند. بدین صورت که، تجارت بین‌الملل شرایطی را فراهم می‌کند که در آن صنایع آلاینده از مناطق توسعه یافته (آلوده) به سمت مناطق با آلودگی کمتر منتقل شوند.

از منظر نظری، رابطه بین واردات و مصرف انرژی نیز قابل توجیه است. توزیع کالاهای وارداتی به یک کشور نیازمند شبکه حمل و نقل برای توزیع واردات است و این شبکه حمل و نقل به وسیله انرژی سوخت‌گیری می‌کند. همچنین، کالاهای وارداتی بسته به ترکیب کالاها می‌تواند بر مصرف انرژی اثر بگذارد. کالاهای وارداتی بادوام مانند اتومبیل، یخچال و غیره کاربران بزرگ انرژی هستند و افزایش در این نوع از کالاهای وارداتی تقاضا برای انرژی را افزایش خواهد داد، افزایش مصرف انرژی نیز به نوبه خود بر میزان تولید CO_2 به صورت مثبتی تأثیر می‌گذارد (سادورسکی، ۲۰۰۹: ۴۵۹).

طی سال‌های اخیر و با افزایش گرایش به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، اثر این نوع از انرژی‌ها بر انتشار CO_2 و کیفیت محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است. انرژی تجدیدپذیر، که انرژی برگشت‌پذیر نیز نامیده می‌شود، به انواعی از انرژی می‌گویند که منبع تولید آن نوع انرژی، بر خلاف انرژی‌های تجدیدناپذیر (فسیلی)، قابلیت آن را دارد که توسط طبیعت در یک بازه زمانی کوتاه مجدداً به وجود آمده یا به عبارتی تجدید شود. در سال‌های اخیر با توجه به اینکه منابع انرژی تجدیدناپذیر رو به اتمام هستند این منابع مورد توجه قرار

1. Berndt & Wood (1975)
2. Stern & Cleveland (2004)
3. Myer & Kent (2007)

گرفته‌اند. نگرانی درباره تغییرات زیست محیطی در کنار افزایش قیمت روزافزون نفت و اوج تولید نفت و حمایت دولت‌ها، باعث رشد روزافزون وضع قوانینی می‌شود که بهره‌برداری و تجاری سازی این منابع سرشار تجدیدپذیر را تشویق می‌کنند. به عنوان مثال توربین‌های بادی برای راه‌اندازی و بهره‌برداری نیاز به هیچ گونه سوختی ندارند، بنابراین در قبال انرژی الکتریکی تولید آلودگی مستقیمی ایجاد نمی‌کنند. بهره‌برداری از این توربین‌ها دی اکسید کربن، دی اکسید گوگرد، جیوه، ذرات معلق یا هیچ گونه عامل آلوده کننده هوا تولید نمی‌کند. در زمانی که برق مورد نیاز شبکه توسط توربین‌های برق بادی تزریق می‌شود، برق تولیدی سایر نیروگاه‌ها کاهش یافته از این رو در مصرف سوخت فسیلی این نیروگاه‌ها صرفه‌جویی می‌گردد که با توجه به میزان تزریق برق بادی به شبکه، از انتشار آلاینده‌های محیط زیست کاسته خواهد شد.

نوآوری‌های فنی نیز می‌توانند نقش مهمی در کاهش سوخت‌های فسیلی داشته باشند (تنگ و تن، ۲۰۱۳: ۳۰۰) برخی از محققین نشان دادند که مخارج تحقیق و توسعه اثر مثبتی در رشد اقتصادی داشته است (لوتز، ۲۰۱۵: ۶۰؛ فنگ، ۲۰۱۱: ۵۱۲۶). سرمایه‌گذاری در مخارج تحقیق و توسعه و تغییرات در تکنولوژی می‌تواند انتشار CO_2 را کاهش دهد (جونز، ۲۰۰۲: ۵۷۳). بنابراین نوآوری‌های فنی نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی و بهبود کارایی انرژی ایفا می‌کند. نظریات بحث برانگیزی درباره اثرات نوآوری فنی بر محیط زیست، رشد اقتصادی و مصرف انرژی در طی سال‌های اخیر در جریان بوده است. ادبیات رشد درون‌زا نشان می‌دهد که نوآوری فنی می‌تواند اثر مثبتی بر محیط زیست، رشد اقتصادی و مصرف انرژی بلندمدت داشته باشد. بر اساس استدلال اقتصاددانان موافق این دیدگاه، نوآوری فنی به طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق کاهش هزینه اطلاعات و مبادلات، افزایش بهره‌وری عوامل تولید، افزایش پس‌انداز و بهبود جریان تخصیص منابع، موجبات افزایش سرمایه‌گذاری و در نتیجه اثرات مثبتی بر محیط زیست، رشد اقتصادی و مصرف انرژی خواهد داشت. در مقابل این دیدگاه، برخی از اقتصاددانان بر این باورند که نوآوری فنی می‌تواند به محیط زیست، رشد اقتصادی و مصرف انرژی آسیب برساند. آنها معتقدند که اگر نوآوری فنی باعث بهبود در تخصیص منابع و در نتیجه باعث افزایش بازدهی پس‌انداز گردد، ممکن است نرخ پس‌انداز کاهش یابد، که این امر منجر به بحران اعتبارات شده و از طریق کاهش سرمایه‌گذاری، به محیط زیست، رشد اقتصادی و مصرف انرژی صدمه وارد می‌کند (دوگان و سیکر، ۲۰۱۶: ۴۳۱). برای بیان تأثیر مثبت نوآوری‌های فنی بر انتشار دی اکسید کربن از مدل‌های رشد و هزینه‌های تحقیق و توسعه کمک گرفته می‌شود. زیرا هزینه‌های تحقیق و توسعه از طریق افزایش تولید و سرمایه و مصرف انرژی به طور غیرمستقیم بر انتشار گازهای گلخانه‌ای تأثیر می‌گذارند. در مدل‌های رشد به نقش تحقیق و توسعه، به عنوان موتور رشد اقتصادی تأکید شده است. تحقیق و توسعه اجازه می‌دهد تا کالاهای سرمایه‌ای جدیدی معرفی گردند که ممکن است نقش بیشتر و بهتری در تولید نسبت به کالاهای سرمایه‌ای موجود، داشته باشند. به دلیل آنکه محصول تابعی از انواع مختلف کالاهای سرمایه‌ای یا کیفیت کالاهای سرمایه‌ای است پس اگر تابع تولید بازدهی نزولی نسبت به هر یک از نهاده‌ها داشته باشد، آنگاه رشد درون‌زا وجود خواهد داشت. این نگرش توسط رومر، بارو و سالای مارتین ارائه شده است. کمک دوم تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی این است که باعث ایجاد اثرات جانبی در موجودی علم و دانش می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که بوجود آمدن اثرات جانبی از طریق فعالیت‌های تحقیق و توسعه، سبب ایجاد بازدهی ثابت به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه شده و باعث افزایش موجودی علم و دانش در یک نرخ ثابت می‌شوند. یکی از یافته‌های جالب این مدل آن است که رشد درون‌زا می‌تواند از طریق انباشت دانش و بدون سرمایه‌گذاری در کالاهای سرمایه‌ای فیزیکی ایجاد شود. از طرف دیگر مطالعات تجربی ارتباط قوی بین نرخ رشد تولید ناخالص ملی با سرمایه فیزیکی را تأیید می‌کنند. بنابراین به‌منظور ایجاد چنین ارتباطی باید بعضی از سرمایه‌های فیزیکی را که به رشد واکنش می‌دهند، وارد مدل نمود. در این بخش ساده‌ترین مدلی که توسط بارو و سالای مارتین بیان شده، ارائه می‌شود. با توجه به اثرات مثبت نوآوری‌های فنی بر رشد اقتصادی می‌توان گفت که نوآوری فنی از طریق گسترش تولید، تقاضا برای نهاده‌های انرژی را افزایش می‌دهند و زمینه افزایش انتشار CO_2 را فراهم می‌کنند.

۳- ادبیات موضوع

جایانتاکوماران و لی[1] به بررسی ارتباط بین تخریب محیط زیست، تجارت، مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در چین و هند با استفاده از الگوی خود بازگشتی با وقفه‌های توزیعی

1. Jayanthakumaran & Liu (2012)

(ARDL) طی دوره ۲۰۰۷-۱۹۷۱ می‌پردازند. براساس نتایج به دست آمده، سطح بالای انتشار دی اکسید کربن به‌طور منفی و معناداری میزان تولید دو کشور را تحت تأثیر قرار داده است (جایانتاکوماران و لی، ۲۰۱۲: ۴۵۷).

اومری[1] ارتباط بین انتشار دی اکسیدکربن سرانه، GDP سرانه و مصرف انرژی در کشورهای MENA را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که مصرف انرژی سرانه اثر مثبت روی انتشار سرانه برای همه کشورها دارد (اومری، ۲۰۱۳: ۶۶۰).

ژائو[2] و همکاران ۳۰ استان در کشور چین را طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۱ با استفاده از اقتصادسنجی فضایی پانلی تجمیعی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تولید سرانه استان‌ها تأثیر منفی و معنادار روی شدت انتشار دی اکسیدکربن دارد و سرریز فضایی آلودگی و شوک‌های انرژی مثبت است (ژائو و همکاران، ۲۰۱۴: ۴۹).

آپرگیس و پاین[3] برای هفت کشور آمریکای مرکزی از حداقل مربعات معمولی (OLS) اصلاح شده و مدل تصحیح خطای برداری براساس آزمون علیت گرنجر طی دوره ۱۹۸۰-۲۰۱۰ استفاده می‌کنند. نتایج نشان داد که انرژی و عوامل اقتصادی بر میزان انتشار CO_2 تأثیر گذار است. همچنین، یک علیت مثبت بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست وجود دارد (آپرگیس و پاین، ۲۰۱۵: ۲۸۱).

شهباز و همکاران به بررسی رابطه بین حمل و نقل و انتشار CO_2 در کشور پاکستان طی دوره ی ۲۰۱۲-۱۹۸۰ با استفاده از الگوی خود بازگشتی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) و مدل تصحیح خطا (VECM) می‌پردازند. براساس نتایج به دست آمده، حمل و نقل باعث افزایش انتشار CO_2 شده است. همچنین، رابطه دو طرفه مثبتی بین حمل و نقل و انتشار گاز CO_2 وجود دارد (شهباز و همکاران، ۲۰۱۵: ۵۷۸-۵۸۵).

فلاحی و همکاران در مطالعه خود فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس را با استفاده از اطلاعات سری زمانی و با بهره‌گیری از روش غیرخطی انتقال ملایم آزمون کردند. در این مطالعه فرضیه EKC برای اقتصاد ایران تأیید نشد اما در مقابل رابطه مثبت غیرخطی بین درآمد سرانه و انتشار دی اکسیدکربن سرانه اثبات شد (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۱: ۹۳-۷۳).

فطرس و همکاران در مطالعه ای با استفاده از مدل‌های خودرگرسیونی با وقفه‌های گسترده رابطه بین آلودگی هوا، شدت انرژی و بازبودن اقتصاد ایران را ارزیابی کردند. نتایج تحقیق حاکی از وجود رابطه مثبت و معنادار میان شدت انرژی و آلودگی هوا و ارتباط مثبت بین باز بودن اقتصاد و آلودگی هوا در بلندمدت است (فطرس و همکاران، ۱۳۹۱: ۷۲-۵۱).

پهلوانی و همکاران به بررسی میزان تأثیر توسعهٔ زیرساخت‌های حمل و نقل بر رشد اقتصادی با استفاده از مدل داده‌های تابلویی برای استان‌های منتخب ایران طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۷۹ می‌پردازند. نتایج نشان داد متغیر شاخص زیرساخت حمل و نقل بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت دارد (پهلوانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۳۲-۱۰۳).

محمدی و سخی به بررسی تأثیر گسترش تجارت و رشد اقتصادی بر کیفیت زیست محیطی در ۱۱ کشور منطقه خاورمیانه طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۰ می‌پردازند. آزمون‌های معتبر اقتصادسنجی، مدل با اثرات ثابت را از میان مدل‌های رگرسیونی اثرات تجمیعی، اثرات ثابت و اثرات تصادفی مورد تأیید قرار داد. به علت وجود داده‌های پانل پویا، هر کدام از مدل‌های رگرسیونی GMM، آرلانو- بوند و نیووی-وست با ۵ وقفه مجاز برآورد شده است. نتایج نشان داد درآمد سرانه دارای تأثیر مثبت و معنی‌دار بر میزان آلودگی است و افزایش‌های بیشتر درآمد سرانه باعث کاهش آلودگی زیست محیطی می‌شود (محمدی و سخی، ۱۳۹۲: ۵۵).

محمدی و سخی در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر تجارت، سرمایه‌گذاری خارجی و توسعه انسانی بر شاخص عملکرد محیط زیست پرداختند. برای این منظور کشورهای مورد مطالعه بر اساس درآمد ناخالص ملی و طبق تقسیم‌بندی بانک جهانی به دو گروه بالای درآمدی و پایین درآمدی تقسیم بندی شده‌اند. نتایج رگرسیون نشان می‌دهد که آزادسازی تجاری در کشورهای با درآمد بالا باعث افزایش شاخص عملکرد محیط زیست و در کشورهای با درآمد پایین باعث کاهش شاخص عملکرد محیط زیست شده است. از این رو، فرضیه پناهگاه آلودگی در گروه کشورهای با درآمد پایین رد نمی‌شود. در هر دو گروه از کشورها، شاخص توسعه انسانی اثر مثبت و معناداری بر شاخص عملکرد زیست محیطی دارد و از این رو، ارتقا شاخص سرمایه انسانی از طریق افزایش آگاهی عمومی و سطح دانش، می‌تواند باعث کاهش اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی روی محیط زیست شود (محمدی و سخی، ۱۳۹۲: ۷۰).

دل‌انگیزان و همکاران به بررسی اثر تغییر قیمت سوخت (بنزین، نفت، گاز) با استفاده از روش حداقل مربعات پایدار (RLS) بر میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و

1. Omri (2013)
2. Zhao et al. (2014)
3. Apergis & Payne (2015)

نقل طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۷۰ می‌پردازند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سهم سرمایه‌گذاری در بخش حمل و نقل به کل سرمایه‌گذاری، میزان انتشار آلاینده‌ها به طور معناداری افزایش یافته است (دل‌انگیزان و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۷-۴۴).

لطفعلی‌پور و همکاران به بررسی تأثیر رشد اقتصادی، تجارت و توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست در ایران با استفاده از مدل خودتوضیح با وقفه‌های توزیعی (ARDL) در طول دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۴۹ می‌پردازند. روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرهای مدل برآورد شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج نشان داد رشد اقتصادی سبب افزایش تخریب محیط زیست شده است (لطفعلی پور و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۶-۶۱).

مهدوی عادلی و نظری به بررسی مدل (رشد اقتصادی، انرژی و محیط زیست) E3 در ایران با استفاده از روش GMM طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۵۳ می‌پردازند. نتایج نشان داد اثر مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست بر رشد اقتصادی مثبت و معنی‌دار است. همچنین، رشد اقتصادی اثر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی محیط زیست در ایران دارد (مهدوی عادلی و نظری، ۱۳۹۳: ۴۰-۱۹).

ترابی و همکاران به بررسی تأثیر مصرف انرژی، رشد اقتصادی و تجارت خارجی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران با روش ARDL پرداختند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد مصرف سرانه انرژی، تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی و درجه باز بودن اقتصاد تأثیری مثبت و معنادار بر میزان انتشار سرانه گاز دی‌اکسیدکربن دارند. همچنین نتایج نشان می‌دهد عدم تعادل در سطح انتشار گاز دی اکسید کربن پس از گذشت حدود دو سال به واسطه تغییر متغیرهای سطح مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی و درجه باز بودن اقتصاد تعدیل می‌شود. با توجه به روند رو به افزایش سرانه انتشار دی‌اکسیدکربن در کشور ایران، نیاز به اعمال سیاست‌های زیست‌محیطی جدیدی برای حفظ محیط زیست است (ترابی و همکاران، ۱۳۹۴، ۸۴-۶۳).

آدینه‌وند با استفاده از روش یوهانسون و مدل تصحیح خطای برداری به بررسی اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تجارت باز بر انتشار دی اکسید کربن در کشورهای عضو اوپک پرداخت. نتایج حاصل از برآوردها نشان داد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و آزادسازی تجاری تأثیر مثبت بر آلودگی هوا در دو کشور ایران و ونزوئلا داشته است (آدینه‌وند، ۱۳۹۵: ۷۰).

احمدیان و همکاران به بررسی رابطه رشد اقتصادی و شاخص تخریب محیط زیست در منتخبی از کشورهای در حال توسعه (شامل ۳۲ کشور) با استفاده از روش پانل پویا مبتنی بر روش GMM طی دوره ۲۰۱۳-۲۰۰۲ می‌پردازند. نتایج نشان داد رابطه مثبت و معنی‌داری میان رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست (کاهش کیفیت محیط زیست) وجود دارد. به این معنا که افزایش شاخص تخریب محیط زیست، رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد. ضمناً نتایج آزمون تودا-یاماموتو نیز نشان داد رابطه یک طرفه از شاخص تخریب محیط زیست به رشد اقتصادی وجود دارد (احمدیان و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۸-۱۷).

با توجه به آنچه بیان شد این مطالعه از جنبه‌های مختلفی با مطالعات پیشین متفاوت است از جمله اینکه بررسی تأثیر نوآوری فنی بر محیط زیست در مطالعات داخلی مورد توجه نبوده است. همچنین نمونه‌ای از کشورهای با انتشار بالا و پائین دی اکسید کربن انتخاب شده است تا بتوان اثر متغیرها را در انتشارهای بالا و پایین دی اکسید کربن نیز مشاده کرد که در مطالعات پیشین بر میانگین دی اکسید کربن تمرکز وجود داشته است. همچنین تلاش شده است تا اصلی‌ترین متغیرهای مؤثر بر انتشار CO_2 در مدل تحقیق مورد بررسی قرار بگیرد.

٤- روش شناسی

مدل ارائه شده در این تحقیق تلفیقی از دو مدل کوپلند و تیلر[1] (۲۰۰۳) و همچنین چن و لی[2] (۲۰۱۸) می‌باشد که از مبانی خرد و مدل adhoc استفاده کرده‌اند. بر این اساس دو کالای x و y در نظر گرفته شده‌اند که هر کدام دارای توابع تولیدی هستند که بازده نسبت به مقیاس ثابت دارند. این دو کالا در شدت انتشار آلودگی در فرایند تولیدی متفاوت هستند یعنی کالای x باعث تولید آلودگی CO_2 در طی فرایند تولیدی می‌شود در صورتی که کالای y کالایی پاک است که هیچ گونه آلودگی را در فرایند تولیدی ایجاد نمی‌کند. بر اساس گزارش هیئت میان دولتی تغییر اقلیم (IPCC) دی اکسید کربن ۷۶ درصد کل گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده است. که به عنوان شاخص محیط زیست در نظر گرفته شده است چرا که اعتقاد بر این است که CO_2 عامل اصلی گرم شدن زمین است. نهاده‌های اولیه برای تولید کالا سرمایه (K) و نیروی کار(L) می‌باشد. همچنین قیمت کالای x یا کالای آلوده p است و قیمت کالای پاک برای سادگی نرمال فرض شده است. در این حالت تابع تولید کالای y به صورت

1. Copeland & Taylor (2003)
2. Chen & Lei (2018)

زیر است:

(۱)

$$Y=H(K_y,L_y)$$

که H تابعی فزاینده و مقعر است.

تولید کالای x آلودگی CO_2 را ایجاد می‌کند. اگر بنگاه‌ها کاهش آلودگی را تقبل نکنند ما فرض می‌کنیم هر واحد محصول یک واحد آلودگی e را ایجاد می‌کند و محصول x به‌وسیله رابطه $F(K_x,L_x)$ نشان داده می‌شود. که F تابعی فزاینده و مقعر می‌باشد. می‌توانیم F رامحصول بالقوه در نظر بگیریم اگر کاهش آلودگی اتفاق بیافتد آنگاه $CO_2 \leq F$ خواهد بود .تابع تولید کالای x به صورت زیر می‌باشد:

(۲)

$$X= CO_2^{a}(F(K_x,L_x))^{1-a}$$

که a بین صفر و یک می‌باشد. یک بنگاه می‌تواند با استفاده از عوامل تولید بیشتر و تکنیک‌های کمتر آلوده کننده آلودگی را کاهش دهد و محصول خود را حفظ کند. همچنین در این مدل فرض شده که قوانین آلودگی از طرف دولت وضع می‌شود و بنگاه با قیمتی برابر t برای هر واحد نشر آلودگی مواجه است. t می‌تواند بیانگر مالیات بر آلودگی باشد که قیمت آن در بازار تعیین می‌گردد. کالای x یا کالای آلاینده در این اقتصاد یک کالای سرمایه بر در نظر گرفته شده که افزایش میزان سرمایه تولید کالای x را افزایش و تولید کالای y را کاهش می‌دهد زیرا کالای y یک کالای کاربر می‌باشد. نهایتاً اینکه مدل بر اساس یک اقتصاد باز برنامه‌ریزی شده است.

با لحاظ کردن عوامل تولید، قیمت و سیاست مبارزه با آلودگی توابع تولید دو کالا به صورت زیر بازنویسی می‌شود.

(۳)

$$X=x(p,t,k,L)$$

(۴)

$$Y=y(p,t,k,L)$$

به منظور به دست اوردن تابع درآمد ملی فرض شده که بازارها رقابتی هستند و بخش خصوصی ارزش درآمد ملی را برای هر سطح از آلودگی مشخص (CO_2) ماکزیمم می‌کند. اگر درآمد ملی با G نشان داده شود از طریق مسئله بهینه یابی زیر به دست می‌آید:

(۵)

$$G(p,k,L,\ CO_2)=\max_{(x,y)}\ [px+y:(x,y)\in T(k,L,\ CO_2)]$$

(T بیانگر سطح تکنولوژی موجود است). تابع درآمد ملی مشخصات مفیدی را ارائه می‌کند که به صورت روابط زیر نشان داده می‌شود:

(۶)

$$t=\frac{\partial G}{\partial CO2},\ r=\frac{\partial G}{\partial K},\ W=\frac{\partial G}{\partial L},\ X=\frac{\partial G}{\partial P}$$

که مهمترین رابطه، رابطه $t=\frac{\partial G}{\partial CO2}$ می‌باشد که نشان می‌دهد قیمت تعادلی ایجاد یک واحد آلودگی مساوی با اثر درآمد ملی یک واحد افزایش در آلودگی می‌باشد. بدین معنی که اگر آلودگی بیشتر را اجازه دهیم درآمد ملی به‌وسیله مقدار تولید نهایی آلودگی افزایش می‌یابد. اگر اثرات کاهش آلودگی CO_2 را در نظر بگیریم آنگاه هزینه اقتصادی کردن نیز برابر $t=\frac{\partial G}{\partial CO2}$ خواهد بود. این رابطه همچنین نشان می‌دهد که قیمت یک واحد انتشار آلودگی مساوی با هزینه نهایی کاهش آلودگی می‌باشد. همچنین این رابطه معکوس تقاضا برای آلودگی است که شیب منفی دارد به دلیل اینکه G در آلودگی CO_2 مقعر است.

از طرف دیگر بنگاه‌ها شدت آلودگی را انتخاب می‌کنند که هزینه‌های تولیدشان را حداقل کند. $e=\frac{CO2}{x}$ اشاره به انتشار آلودگی در هر واحد محصول دارد. سهم مطالبات آلودگی در مقدار تولید برابر با $a=\frac{tCO2}{px}$ می‌باشد. بنابراین در یک راه حل درونی رابطه زیر را داریم:

(۷)

$$e=\frac{CO2}{x}=\frac{ap}{t}\leq 1$$

شدت آلودگی زمانی که مالیات بر آلودگی بالا می‌رود کاهش می‌یابد و شدت آلودگی زمانی که قیمت کالای آلوده کننده (p) بالا می‌رود افزایش می‌یابد زیرا هزینه فرصت منابع استفاده شده در کاهش آلودگی بالاتر می‌رود.

می توانیم تابع تقاضای آلودگی را با وارد کردن تابع تولید کالای آلاینده به صورت زیر به دست آوریم:

(۸)

$$co_2=e(p/t)x(p,t,k,L)$$

این رابطه مرتبط با آن چیزی است که به‌وسیله معکوس کردن رابطه $t=\frac{\partial G}{\partial CO2}$ به دست آوردیم. از رابطه (۸) متوجه می‌شویم که شیب منحنی تقاضای آلودگی به دو دلیل نزولی می‌باشد: زمانی که مالیات بر آلودگی t کاهش می‌یابد بنگاه‌ها بیشتر آلودگی ایجاد می‌کنند و هم به دلیل اینکه شدت آلودگی e افزایش می‌یابد و هم به دلیل اینکه مالیات کمتر بر آلودگی، تولید کالای آلاینده را بیشتر ترغیب می‌کند.

از طرفی رشد اقتصادی باعث افزایش درآمد واقعی می‌شود و بنابراین می‌تواند مقیاس اقتصاد را افزایش دهد. بنابراین ما

نیاز به اندازه‌گیری مقیاس اقتصاد داریم. در این اقتصاد فرضی دو کالایی مقیاس اقتصادی به وسیله رابطه زیر به دست می‌آید:

(۹)

$$S=P^0_x x+P^0_y y$$

که P^0_x و P^0_y بیانگر سطح قیمت‌های جهانی در سال پایه می‌باشد. با قرار دادن قیمت‌های سال پایه در معادله (۹) و برابر گرفتن آنها با واحد می‌توان از معادله (۹) برای نوشتن آلودگی به صورت زیر استفاده کرد:

(۱۰)

$$co_2=ex=e\phi_x s$$

(۱۱)

$$\phi_X=P_x{}^0 x/s=x/s$$

که x/S بیانگر سهم کالای آلوده x در تولید کل و با در نظر گرفتن قیمت‌های سال پایه می‌باشد و ϕ قیمت صنعت آلوده کننده می‌باشد. بنابراین میزان آلودگی (CO_2) وابسته به شدت نشر آلودگی (e)، سهم کالای آلاینده در اقتصاد و مقیاس اقتصادی (s) می‌باشد.

عبارت s اثرات مقیاس را نشان می‌دهد. اگر اقتصاد مقیاس خود را با ثابت نگه داشتن ترکیب کالاهای تولید شده و روش تولید افزایش دهد آلودگی افزایش می‌یابد.

عبارت x/s اثرات ترکیبی را بیان می‌کند که به‌وسیله تغییر سهم کالای آلاینده در درآمد ملی به دست آمده است. اگر مقیاس اقتصادی و شدت نشر آلودگی ثابت در نظر گرفته شود آنگاه اقتصادی که منابع بیشتری را برای تولید کالای آلاینده اختصاص می‌دهد آلودگی بیشتری خواهد داشت.

e اثر تکنیکی را نشان می‌دهد با ثابت نگه داشتن تمام موارد دیگر کاهش در شدت نشر آلودگی به وسیله تکنولوژی و با استفاده از روش‌های کارای کاهش آلودگی باعث کاهش در میزان آلودگی کل می‌شود که عبارت e گویای تأثیر تکنولوژی بر کیفیت زیست محیطی CO_2 می‌باشد که ما آن را برای بیان بهتر با نماد CR نشان می‌دهیم.

با توجه به مبانی نظری مطرح شده در این قسمت تلاش می‌شود تا اثر انرژی تجدیدپذیر و نوآوری فنی بر روی انتشار CO_2 بررسی شود. عوامل مؤثر بر آلودگی شامل اثرات مقیاس، تکنیکی و ساختاری است. بر این اساس در مدل استفاده شده انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به عنوان اثر ترکیبی و نوآوری فنی به عنوان اثر تکنیکی و تولید ناخالص داخلی، به عنوان اثر مقیاس در نظر گرفته شده‌اند.

$$CO_2=f(NRE,RE,CR,PGDP,X) \qquad (۱۲)$$

که X به عنوان برداری از متغیرهای کنترل در نظر گرفته می‌شود که بر اساس مطالعات قبلی می‌تواند توسعه مالی، سرمایه‌گذاری خارجی، جمعیت و ... در نظر گرفته شود.

بنابراین مدلی که در این مطالعه مورد بررسی قرار می‌گیرد به صورت زیر است:

(۱۳)

$$CO_2=\Theta_{0t}+\Theta_{1t}NRE_{it}+\Theta_{2t}RE_{it}+\Theta_{3t}CR_{it}+\Theta_{4t}TR_{it}+\Theta_{5t}POP_{it}+\Theta_{6t}PGDP_{it}+\Theta_{7t} FINA_{it}+\Theta_{8t}FDI_{it}+\mu_{it}$$

شرح متغیرهای مدل (۱) در جدول (۱) نشان داده شده است:

جدول ۱. لیست متغیرها و منبع آنها

متغیر	تعریف متغیر	منبع
انتشار دی اکسید کربن (CO_2)	کل CO_2 ناشی از مصرف انرژی (برحسب تن)	EIA (2019)
تولید ناخالص داخلی سرانه (PGDP) (رشد اقتصادی)	تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت بر حسب دلار سال ۲۰۱۰	WDI (2018)
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)	خالص ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به صورت درصدی از GDP	WDI (2018)
تجارت خارجی (TR)	تجارت بر حسب درصدی از GDP	WDI (2018)
شاخص نوآوری فنی (CR) منبع این شاخص (چن و لی (۲۰۱۸) است).	شاخص نوآوری فنی (کل مخترعین کاربردی) بر حسب نفر	WDI (2018)
مصرف انرژی (تجدیدناپذیر) (NRE)	مصرف کل انرژی‌های اولیه (نفت، گاز و زغال سنگ) (تجدید ناپذیر) بر حسب تن	BP-statistical review (2019)
کل مصرف انرژی تجدیدپذیر (RE)	مصرف کل انرژی‌های تجدیدپذیر بر حسب تن	BP-statistical review (2019)
توسعه مالی (Fina)	اعتبارات داخلی به بخش خصوصی به صورت درصدی از GDP	WDI (2018)
جمعیت کل (POP)	اندازه جمعیت (نفر)	WDI (2018)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

تعداد مخترعان به عنوان جایگزین نوآوری فنی در نظر گرفته شده است زیرا علاقه سازمان‌های دولتی و صنعتی را در کشف تکنولوژی‌های جدید نشان می‌دهد. (چن و لی، ۲۰۱۸ و سوهاگ و همکاران[1]، ۲۰۱۵).

1. Sohag et al. (2015)

کشورهای منتخب مورد مطالعه

نمونه مورد مطالعه در این تحقیق شامل ۳۰ کشور منتخب از کشورهای آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر (IRENA) طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶ است. لیست کشورها به صورت زیر است:

جدول ۲. لیست کشورهای مورد مطالعه

یونان	فرانسه	آلمان	ژاپن	تایلند	مکزیک
ایسلند	سوئد	پرتغال	مالزی	مصر	ارژانتین
ایرلند	دانمارک	هند	ایران	روسیه	فیلیپین
اسپانیا	نروژ	بنگلادش	ترکیه	انگلیس	پرو
ایتالیا	فنلاند	چین	اندونزی	هلند	امریکا

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در این مطالعه برای برآورد مدل از روش اثرات ثابت، GMM و FMOLS استفاده خواهد شد که به صورت زیر است:

مدل اثر ثابت[1]

در مدل اثر ثابت، شیب رگرسیون در هر مقطع ثابت است و جمله ثابت از مقطعی به مقطع دیگر متفاوت است. در این شرایط اختلاف معنی‌داری میان مقطع‌ها وجود دارد و فرض می‌شود ضرایب مقطع‌ها با زمان تغییر نمی‌کند. در ساده‌ترین حالت فرض می‌کنیم رابطه رگرسیونی زیر برقرار باشد:

$$y_{it} = X_{it}\beta + U_i$$

این مدل بدون عرض از مبدأ کلی است. می‌توان برای آن یک عرض از مبدأ کلی نیز در نظر گرفت:

$$y_{it} = \alpha + X_{it}\beta + U_i$$

در اینجا فرض میشود که تعداد افراد یا مقاطع (i) زیاد $(i = 1,\ldots,N)$ و دوره زمانی محدود و ثابت است. می‌توانیم برای جمله خطا U_{it} ساختار زیر را در نظر بگیرید:

$$U_{it} = \mu_i + V_{it}$$

که μ_i اثر فردی غیرقابل مشاهده و V_{it} جمله خطای باقیمانده است. در اینجا فرض می‌شود که V_{it} با X_{it} همبسته نیست. در این فرمول بندی، جمله خطا از دو بخش تشکیل شده است؛ بخش نخست (μ_i) برای افراد تفاوت دارد اما در طول زمان ثابت است. این بخش می‌تواند با متغیرهای توضیحی X_{it} همبسته باشد یا نباشد. بخش دوم (V_{it}) به طور غیرسیستماتیک در طول زمان و برای افراد تغییر می‌کند (یعنی مستقل از افراد و زمان تغییر می‌کند). در مدل اثرات ثابت μ_iها را پارامترهای ثابتی فرض می‌کنیم که باید برآورد شوند و V_{it} پسماند است که توزیع مستقل و یکسان $IID(0, \sigma_V^2)$ دارد. فرض می‌شود X_{it} مستقل از V_{it} برای تمام iها و tها باشد. مدل اثر ثابت را می‌توان برای حالاتی مناسب دانست که مثلاً N بنگاه مشخص از میان بنگاه‌های موجود انتخاب کنیم، یا N کشور از میان کشورهای آسیا انتخاب کنیم، یا N استان از استان‌های کشور را انتخاب می‌کنیم و استنتاج ما منحصر به این N فرد باشد. در این حالت استنتاج مشروط است به N بنگاه خاص، کشور خاص یا استان خاص. یکی از روش‌های نشان دادن اثر مقطعی روش متغیرهای مجازی است. شکل کلی آن به شرح زیر است (زراءنژاد و انواری، ۱۳۸۴: ۳۰):

$$Y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 DUM_2 + \sum \beta_i X_{it} + e_{it}$$

در این رابطه X_{it} نشان دهنده برداری از متغیرهای مستقل، DUM نشانگر متغیر مجازی، برای نشان دادن اثر مقطعی، Y_{it} برداری از متغیرهای وابسته و e_{it} جمله خطای معادله است. در مدل‌های اثر ثابت که شیب ثابت دارند، فرض می‌شود که خطاها در هر دو مقطع و همچنین بین مقاطع همسان است و خودهمبستگی بین اجزاء آن وجود نداشته باشد به عبارتی برای هر $t \neq s$ و $i \neq j$ داشته باشیم:

$$Cov(\varepsilon_{it} \text{ و } \varepsilon_{js}) = 0 \quad Var(\varepsilon_{it}) = \sigma^2$$

داده‌های ترکیبی پویا

هنگامی که در مدل داده‌های ترکیبی، متغیر وابسته به صورت وقفه در طرف راست ظاهر شود دیگر برآوردهای OLS مناسب نخواهند بود (هشیائو[2]، آرلانو و بوند[3] و بالتاجی (۱۹۹۵)). یکی از منابع و کاربردهای داده‌های ترکیبی درک بهتر پویایی‌ها توسط محقق است. روابط پویا با حضور متغیرهای وابسته وقفه‌دار در میان متغیرهای توضیحی مدل‌سازی می‌شود.

$$y_{it} = \delta y_{it-1} + X'_{it}\beta + u_{it}$$
$$i = 1, \ldots, N \qquad t = 1, \ldots, T$$

که در آن y_{it} و δ اسکالر هستند. با فرض اینکه U_{it} از مدل جزء اخلال یک طرفه تبعیت می‌کند، به عبارتی تنها یک عامل موجب تفاوت مقطع‌هاست و آن الگوی اثرات ثابت است، داریم:

$$U_{it} = \mu_i + v_{it}$$

$$v_{it} \sim IID(\circ, \sigma_v^2) \quad \text{و} \quad \mu_i \sim IID(\circ, \sigma_\mu^2)$$

که در آن μ_i و v_{it} که در بین مقاطع و در هر مقطع مستقل از یکدیگرند. مسئله

1. Fixed Effects Model

2. Hsiao (1995)
3. Arrelano & Bond (1995)

خود همبستگی به دو دلیل حضور متغیر وابسته وقفه‌دار در میان متغیرهای توضیحی و اثرات مقطعی نامتجانس بین مقاطع آشکار می‌گردد. از آنجایی که U_{it} تابعی از μ_i است، آشکار است که $y_{i,t-1}$ نیز تابعی از μ_i است، بنابراین متغیر $y_{i,t-1}$ به عنوان یک متغیر توضیحی در سمت راست معادله با جز خطای U_{it} همبسته است و این خود سبب تورش‌دار شدن و ناسازگار بودن تخمین زننده OLS می‌گردد. حتی اگر U_{it} به صورت سریالی همبسته نباشد تخمین زننده GLS نیز با فرض اثرات تصادفی برای مدل داده‌های ترکیبی پویا تورش‌دار خواهد بود (ابریشمی، ۱۳۸۸: ۵۶). با توجه به ماهیت مدل دراین تحقیق که انتشار CO_2 براساس ادبیات می‌تواند تابعی از مقادیر گذشته خود نیز باشد، بدین منظور تخمین معادله از روش ترکیبی پویا نیز صورت خواهد گرفت. بنابراین به دلیل وجود وقفه متغیر وابسته در سمت متغیرهای توضیحی، باید به روش‌های برآورد دو مرحله‌ای 2SLS اندرسون و هشیائو[1] (۱۹۸۱) یا GMM آرلانو و باند (۱۹۹۲) متوسل شد. روش 2SLS ممکن است به دلیل مشکل در انتخاب ابزارها، واریانس‌های بزرگ برای ضرایب به دست دهد و برآوردها از لحاظ آماری معنی‌دار نباشند. بنابراین روش GMM توسط آرلانو و باند برای حل این مشکل پیشنهاد شده است که در این مطالعه نیز به همین صورت مورد برآورد قرار خواهد گرفت. در روش گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) برای رفع همبستگی متغیر وابسته با وقفه و جمله خطا، وقفه متغیرها به عنوان ابزار در تخمین زن GMM دو مرحله‌ای به کار می‌رود. همچنین از آن جایی که سازگاری تخمین زننده GMM بستگی به معتبر بودن ابزارهای به‌کار رفته دارد از این‌رو برای آزمون این موضوع از آماره پیشنهاد شده توسط آرلانو و بوند، بلندل و بوند[2] و آرلانو و باور[3] استفاده می‌شود. این مسئله با استفاده ازآزمون J مورد آزمون قرار می‌گیرد که اعتبار کل ابزارهای به کار رفته را می‌سنجد. در این آزمون فرضیه صفر حاکی از عدم همبستگی ابزارها با اجزاء اخلال است.

تخمین ضرایب بلندمدت به روش FMOLS

با فرض وجود هم انباشتگی متغیرهای مورد بررسی، می‌توان به بررسی روابط بلندمدت بین متغیرها پرداخت. روش‌های درونی، وستر لاند و کائو، اگر چه جهت آزمون وجود یا عدم وجود رابطه هم انباشتگی بین متغیرها استفاده می‌شوند، ولی قادر به تخمین ضرایب بلندمدت یا کوتاه‌مدت در مدل‌های تصحیح خطای پانل نیستند. در مدل‌های پانل در صورت وجود رابطه هم انباشتگی، تخمین‌زن‌های مختلفی جهت تخمین بردارهای هم انباشتگی مانند حداقل مربعات معمولی (OLS) حداقل مربعات معمولی تعدیل شده کامل[4] (FMOLS) و حداقل مربعات معمولی پویا[5] (DOLS) وجود دارد.روش FMOLS، یک روش ناپارامتریک است که همبستگی احتمالی بین اجزای خطای مدل و تفاضل مرتبه اول متغیرهای توضیحی با وجود ضریب ثابت، به منظور تصحیح خودهمبستگی سریالی را مورد محاسبه قرار می‌دهد و تخمین‌زن OLS را به صورت ناپارامتریکی تصحیح می‌کند.

علائم انتظاری متغیرها

با توجه به مبانی نظری و مطالعات تجربی، علائم انتظاری متغیرها به صورت زیر است:

جدول ۳. علائم انتظاری ضرایب

متغیر	علائم انتظاری
تولید ناخالص داخلی سرانه (PGDP) (رشد اقتصادی)	+
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)	+
تجارت خارجی (TR)	+
شاخص نوآوری فنی (CR)	−
مصرف انرژی (تجدیدناپذیر) (NRE)	+
کل مصرف انرژی تجدیدپذیر (RE)	−
توسعه مالی (Fina)	+
جمعیت (POP)	+

مأخذ: یافته‌های تحقیق

آمار توصیفی

برای ارائه یک نمای کلی از خصوصیات مهم متغیرهای محاسبه شده، در جدول زیر برخی از مفاهیم آمار توصیفی این متغیرها، شامل میانگین، میانه، انحراف معیار، حداقل و حداکثر و توزیع متغیرها ارائه شده است.

1. Anderson & Hsiao (1981)
2. Blundell & Bond
3. Arellano & Bover
4. Fully Modified OLS
5. Dynamic OLS

جدول ٤. آمار توصیفی متغیرهای تحقیق

متغیرها	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل	احتمال J-b
انتشار دی اکسید کربن (CO2)	۲۰۵/۳۵	۲۰۸/۰۴	۹۴۷/۶	۱/۹	۰/۰۰۰
تولید ناخالص داخلی سرانه (PGDP)	۲۴۲۲۴/۲	۲۱۱۴۵/۵۱	۹۱۶۱۷/۱	۳۹۹/۴۸	۰/۰۰۰
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)	۳/۳۳	۶/۸۴	۸۷/۴۴	-۵/۶۷	۰/۰۰۰
تجارت خارجی (TR)	۷۰/۸۱	۴۵/۹۲	۷۰۴/۷۶	۱۳/۷۵	۰/۰۰۰
شاخص نوآوری فنی (CR)	۴۳۶۳/۶۴	۹۴/۲۴	۵۱۷۳۶/۰۰	۱۶/۰۰	۰/۰۰۰
مصرف انرژی (تجدیدناپذیر) (NRE)	۹۱/۰۰۴	۸۹/۳۸	۳۶۰۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰۰
کل مصرف انرژی تجدیدپذیر (RE)	۰/۸۷۶	۱/۳۹	۱۴/۷۲	۱۹۱/۸۷	۰/۰۰۰
توسعه مالی (Fina)	۷۶/۲۰	۴۶/۱۸	۳۱۲/۲۰	۹/۱۶	۰/۰۰۰
جمعیت (POP)	۷۰۵۴۲۴۲۸	۱۴۲۰۰۰۰۰۰	۱۳۷۱۲۲۰۰۰۰	۲۵۴۸۲۶	۰/۰۰۰
تعداد مشاهدات	۶۸۳	۶۸۳	۶۸۳	۶۸۳	۶۸۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج به دست آمده از آماره‌های توصیفی متغیرهای تحقیق می‌توان بیان کرد که کلیه متغیرها از توزیع غیر نرمال با توجه به نتایج آزمون جارگ-برا برخوردار هستند. همچنین معیارهای پراکندگی محاسباتی نیز نشان می‌دهد که تا حد زیادی داده‌ها پراکندگی زیادی داشته‌اند. میانگین تولید ناخالص سرانه واقعی حدود ۲۴۶۵۷ دلار بوده است. بیشترین مقدار درآمد سرانه حدود ۹۱ هزار دلار و کم‌ترین مقدار آن ۳۹۹ دلار بوده است که انحراف معیار ۲۱۳۷۱ دلاری بیان‌گر پراکندگی بالای این متغیر در بین کشورهای مورد مطالعه بوده است. میانگین ورودی خالص سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نیز حدود ۳/۳۳ درصد از GDP بوده است که به ترتیب بیشترین و کم‌ترین مقدار آن حدود ۸۷/۴۴ و ۵/۶۷- درصد بوده است. تجارت خارجی به صورت درصدی از GDP نیز حدود ۷۰ درصد بوده است. بیشترین مقدار نیز برابر با حدد ۷۰۴ درصد بوده است که متعلق به کشور ایسلند در سال ۲۰۱۱ بوده است. میانگین جمعیت کشورهای مورد بررسی حدود ۷۰ میلیون نفر بوده است که چین پرجمعیت‌ترین کشور مورد بررسی با حدود ۱ میلیارد و ۳۷۰ میلیون نفر بوده است. میانگین اعتبارات پرداختی به بخش خصوصی نیز حدود ۷۶ درصد بوده است.

بررسی پایایی متغیرهای تحقیق

پایایی متغیرهای پژوهش، به این معنی است که میانگین و واریانس متغیرها در طول زمان و کوواریانس متغیرها بین سال‌های مختلف ثابت بوده است. در صورتی که متغیرهای تحقیق پایا نباشند؛ چه در مورد داده‌های سری زمانی و چه در داده‌های ترکیبی باعث بروز مشکل رگرسیون کاذب خواهد شد. در این تحقیق برای بررسی پایایی متغیرها از آزمون‌های لوین، لین و چو استفاده شده است. نتایج به دست آمده از آزمون‌های فوق برای هر کدام از متغیرها به صورت مقایسه‌ای، در جدول شماره (۵) ارائه شده است.

جدول ۵. نتایج حاصل آزمون پایایی متغیرهای تحقیق (روش لین و لوین و چو)

متغیرها	سطح/ تفاضل اول	آماره‌ی آزمون	احتمال	ایستایی یا نا ایستایی
CO2	سطح	۲/۴۷	۰/۹۹	ناایستا
	تفاضل	-۲۱/۴۷	۰/۰۰	ایستا
PGDP	سطح	۲۰/۰۰۱	۱/۰۰	ناایستا
	تفاضل	-۹/۰۵۰	۰/۰۰	ایستا
FDI	سطح	-۶/۵۷	۰/۰۰	ایستا
	تفاضل	-	-	-
TR	سطح	-۲/۳۴	۰/۰۰	ایستا
	تفاضل	-	-	-
CR	سطح	۱۴/۳۹	۱/۰۰	ناایستا
	تفاضل	-۱۶/۶۰	۰/۰۰	ایستا
NRE	سطح	۶/۲۱	۱/۰۰	ناایستا
	تفاضل	-۱۸/۳۴	۰/۰۰	ایستا
RE	سطح	۱۳/۳۱	۱/۰۰	ناایستا
	تفاضل	-۵/۳۶	۰/۰۰	ایستا
POP	سطح	-۱/۰۹	۰/۱۳	ناایستا
	تفاضل	-۱۱/۷۳	۰/۰۰	ایستا
Fina	سطح	-۱/۴۰	۰/۰۷	ناایستا
	تفاضل	-۶/۶۵	۰/۰۰	ایستا

مأخذ: نتایج تحقیق

بر اساس نتایج آزمون لین، و لوین و چاو، فقط متغیرهای FDI و TR ایستا هستند و بقیه متغیرها با یک بار تفاضل‌گیری ایستا می‌شوند. از آنجا که برخی متغیرهای تحقیق ایستا و برخی دیگر ناایستا هستند که با یک‌بار تفاضل‌گیری ایستا شده است؛ بنابراین لازم است قبل از برآورد مدل آزمون همجمعی انجام شود تا از برآورد رگرسیون کاذب جلوگیری شود. نتایج آزمون همجمعی در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ٦. نتایج آزمون همجمعی کائو و فیشر

آزمون همجمعی کائو				
	آماره آزمون		احتمال	
	-۳/۳۰		۰/۰۰	
آزمون همجمعی فیشر				
فرضیه	آماره آزمون	احتمال	آماره آزمون حداکثر مقادیر ویژه فیشر	احتمال
عدم وجود همجمعی	۳۱/۸۸	۰/۰۰	۳۱/۸۸	۰/۰۰
حداکثر یک رابطه همجمعی	۲۰/۷۹	۰/۹۹	۱۶۸/۲	۰/۰۰
حداکثر دو رابطه همجمعی	۳۷۲/۶	۰/۰۰	۳۷۲/۶	۰/۰۰
حداکثر سه رابطه همجمعی	۱۲۳۹/۰	۰/۰۰	۶۸۴/۲	۰/۰۰
حداکثر چهار رابطه همجمعی	۸۶۵/۹	۰/۰۰	۴۵۱/۷	۰/۰۰
حداکثر پنج رابطه همجمعی	۵۸۸/۱	۰/۰۰	۲۹۹/۰	۰/۰۰
حداکثر شش رابطه همجمعی	۳۸۳/۲	۰/۰۰	۲۱۷/۱	۰/۰۰
حداکثر هفت رابطه همجمعی	۲۴۰/۰	۰/۰۰	۱۹۰/۰	۰/۰۰
حداکثر هشت رابطه همجمعی	۱۴۰/۳	۰/۰۰	۱۴۰/۳	۰/۰۰

مأخذ: نتایج تحقیق

نتایج آزمون همجمعی بیان‌گر رد فرضیه صفر مبنی بر عدم همجمعی در آزمون‌های همجمعی کائو و فیشر است. بنابراین وجود همجمعی در مدل برآوردی پذیرفته می‌شود. در ادامه ابتدا مدل تحقیق به روش ایستا و پویا برآورد خواهد شد و در ادامه با استفاده از رگرسیون کوانتایل مدل تحقیق برآورد می‌شود.

آزمون‌های تشخیصی در داده‌های پانلی

برای تعیین مدل مورد استفاده در داده‌های ترکیبی از آزمون‌های مختلف به شرح زیر استفاده می‌شود:

آزمون چاو و هاسمن

آزمون چاو[1] برای تعیین به‌کارگیری مدل اثرات ثابت در مقابل تلفیق کل داده‌ها[2] (مدل یکپارچه شده) انجام می‌شود. فرضیات این آزمون به صورت زیر است:

H_0: Pooled Model

H_1: Fixed Effects Model

فرض صفر بیان می‌کند که تمام اثرات ثابت برابر صفر است. این آزمون را می‌توان با آماره F انجام داد. این یک آزمون ساده‌ی چاو است که با مجموع مجذورات پسماند حالت مقید (RRSS) از انجام حداقل مربعات معمولی روی مدل تلفیق شده (بدون اثرات ثابت، که حالت مقیدی است که قید برابری صفر برای μ ها را اعمال کنیم) و مجموع مجذورات پسماند حالت غیر مقید (URSS) که برآورد LSDV[3] با اثرات ثابت انجام گیرد. برای آزمون چاو، ابتدا مدل اثر ثابت زمانی تخمین زده می‌شود و سپس آزمون چاو انجام می‌شود. نتایج آزمون به صورت خلاصه در جدول (۷) آمده است.

جدول ۷. آزمون چاو برای تشخیص روش داده‌های پانلی یا تلفیقی

آزمون (چاو)	مقدار محاسبه شده‌ی F	P-Value	نتیجه
	۴۳۶/۲۲	۰/۰۰۰۰	رد H0

مأخذ: نتایج تحقیق

با توجه به مقدار احتمال فرضیه صفر آزمون رد و داده‌های ترکیبی در برابر داده‌های تلفیقی پذیرفته می‌شود.

همچنین برای تعیین استفاده از مدل اثر ثابت در مقابل اثر تصادفی، آزمون هاسمن انجام می‌شود. به عبارت دیگر، رایج‌ترین آزمون برای تعیین نوع مدل داده‌های ترکیبی آزمون هاسمن است. آزمون هاسمن بر پایه وجود یا عدم وجود ارتباط بین خطای رگرسیون تخمین زده شده و متغیرهای مستقل مدل شکل گرفته است. اگر این ارتباط وجود نداشته باشد، مدل اثر تصادفی کاربرد خواهد داشت. فرضیه H_0 نشان‌دهنده‌ی عدم ارتباط متغیرهای مستقل و خطای تخمین و فرضیه H_1 نشان‌دهنده‌ی وجود ارتباط است. البته چنانچه تعداد مقطع‌ها از تعداد ضرایب در مدل کمتر باشد از مدل اثر تصادفی نمی‌توان استفاده کرد. برای انجام آزمون هاسمن ابتدا مدل را به صورت اثر تصادفی تخمین زده و سپس آزمون هاسمن انجام می‌شود. نتایج آزمون هاسمن در جدول (۸) آمده است که بیانگر تأیید اثرات ثابت در برابر اثرات تصادفی است.

1. Chaw Test
2. Pooled Model
3. Least Square Dummy Variables

جدول ۸. آزمون هاسمن برای تشخیص روش اثرات ثابت یا تصادفی

آزمون هاسمن	مقدار محاسبه شده‌ی F	P-Value	نتیجه
	۵۱/۲۷	۰/۰۰۰	رد H0

مأخذ: نتایج تحقیق

۵- نتایج برآورد مدل

نتایج برآورد مدل در ادامه با استفاده از روش ایستا و پویا (GMM) برآورد شده است:

نتایج جدول (۹) نشان می‌دهد که مدل برآوری از نظر شاخص‌های آماری در وضعیت آماری مناسبی قرار دارد. آماره F بیانگر معناداری کل رگرسیون است. به عبارتی این فرضیه که ضرایب متغیرهای مستقل مدل می‌توانند صفر باشند رد می‌شود و کل رگرسیون معنی‌دار است. همچنین آماره J نیز بیان‌گر اعتبار ابزارهای مورد استفاده است. نتایج روش FMOLS نیز بیان‌گر پایداری ضرایب به دست آمده در بلندمدت است (جدول ۹).

براساس نتایج برآوردی اثر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 منفی و معنی‌دار بوده است. نتایج روش FMOLS نیز بیانگر این موضوع است که این ضرایب در بلندمدت نیز معنی‌دار هستند. انرژی تجدیدپذیر، که انرژی برگشت‌پذیر نیز نامیده می‌شود، به انواعی از انرژی می‌گویند که منبع تولید آن نوع انرژی، برخلاف انرژی‌های تجدیدناپذیر (فسیلی)، قابلیت آن را دارد که توسط طبیعت در یک بازه زمانی کوتاه مجدداً به وجود آمده یا به عبارتی تجدید شود. در سال‌های اخیر با توجه به اینکه منابع انرژی تجدیدناپذیر رو به اتمام هستند این منابع مورد توجه قرار گرفته‌اند. نگرانی درباره تغییرات زیست محیطی در کنار افزایش قیمت روزافزون نفت و اوج تولید نفت و حمایت دولت‌ها، باعث رشد روزافزون وضع قوانینی می‌شود که بهره‌برداری و تجاری سازی این منابع سرشار تجدیدپذیر را تشویق می‌کنند. به عنوان مثال توربین‌های بادی برای راه‌اندازی و بهره‌برداری نیاز به هیچ گونه سوختی ندارند، بنابراین در قبال انرژی الکتریکی تولید آلودگی مستقیمی ایجاد نمی‌کنند. بهره‌برداری از این توربین‌ها دی اکسید کربن، دی اکسید گوگرد، جیوه، ذرات معلق یا هیچ گونه عامل آلوده کننده هوا تولید نمی‌کند. در زمانی که برق مورد نیاز شبکه توسط توربین‌های برق بادی تزریق می‌شود برق تولیدی سایر نیروگاه‌ها کاهش یافته از این رو در مصرف سوخت فسیلی این نیروگاه‌ها صرفه‌جویی می‌گردد که با توجه به میزان تزریق برق بادی به شبکه، از انتشار آلاینده‌های محیط زیست کاسته خواهد شد.

براساس نتایج جدول (۹) اثر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر بر انتشار CO_2 مثبت و معنی‌دار بوده است. رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی از زمان بروز شوک‌های نفتی در دهه ۷۰ میلادی توسط محققان مورد مطالعه قرار گرفته است. علاوه بر بروز شوک‌های نفتی، مسائل زیست محیطی مانند تغییرات آب و هوایی، گرم‌تر شدن کره زمین، نابودی و اتمام منابع طبیعی و سوختی از جمله عواملی بودند که ضرورت بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی را دو چندان می‌کرد. یکی از دلایل اصلی گرم شدن کره زمین، انتشار گازهای گلخانه‌ای است که میزان انتشارگازهای گلخانه‌ای رابطه مستقیم با میزان مصرف انرژی کشورها دارد حال آن که، انرژی به عنوان یکی از عوامل تولید و موتور محرکه رشد اقتصادی به شمار می‌رود، بنابراین اگر کنترل انتشار آلاینده‌ها رشد کشورها را کاهش دهد، تناقض در اهداف کشورها ایجاد می‌شود. اقتصاددانان اکولوژیک همانند نایر و آیرس[1] (۲۰۰۸) بیان می‌کنند که در مدل بیوفیزیکی رشد، انرژی تنها و مهم‌ترین عامل رشد است. به طوری که از نظر آنها نیروی کار و سرمایه، عوامل واسطه‌ای هستند که برای استفاده به انرژی نیاز دارند. در حالی که از نظر برخی از اقتصاددانان نئوکلاسیک انرژی از طریق تأثیری که بر نیروی کار و سرمایه می‌گذارد، به طور غیرمستقیم بر رشد اقتصادی مؤثر است و مستقیماً اثری بر رشد اقتصادی ندارد. این اقتصاددانان معتقدند که انرژی یک نهاده واسطه‌ای است و عوامل اساسی تولید تنها نیروی کار، سرمایه و زمین هستند. اما مصرف بی‌رویه انرژی، به ویژه سوخت‌های فسیلی برای تحقق اهداف رشد اقتصادی سبب افزایش آلودگی محیط زیست شده است. توسعه اقتصادی به عنوان یک رکن اساسی در مجموعه سیاست‌های هر کشور مطرح است و امروزه انرژی یکی از عوامل اصلی و ضروری توسعه اقتصادی در هر جامعه تلقی می‌شود. رشد روز افزون جمعیت، وابستگی به انرژی و به تبع آن رشد مصرف انرژی به ویژه انرژی‌های فسیلی موجب افزایش مشکلات زیست محیطی شده است. یکی از مهم‌ترین آلودگی‌های بخش انرژی آلودگی هوا در اثر انتشار و نشت گازهای آلاینده ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است. اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، مونوکسید کربن، ذرات

1. Nair & Ayres (2008)

معلق، هیدروکربن‌ها و دی اکسید کربن از جمله گازهای آلاینده و گلخانه‌ای هستند که در اثر فعالیت‌های بخش انرژی به ویژه احتراق سوخت‌های هیدروکربنی به وجود می‌آیند.

جدول ۹. نتایج برآورد به روش GMM, Fix effect, FMOLS

متغیر	Fix Effect		GMM		FMOLS	
	ضریب	آماره T	ضریب	آماره Z	ضریب	آماره T
CO2(-1)	–	–	۰/۶۶۶	۶۱/۵۹	–	–
PGDP	۰/۰۱۵۸	۷/۷۲۵	۰/۰۰۰۶۳۴	۲/۴۷	۰/۱۰۵	۱/۷۳
FDI	۰/۶۱۹	۴/۷۲	۰/۵۴۳	۱/۷۲	۰/۶۰۵	۱۶/۳۲
TR	۰/۲۹۰	۱۱/۲۸	۰/۶۷۶	۹/۶۰	−۰/۰۴۸	۰/۶۶۵
CR	۰/۰۰۰۹۵	۲/۱۲	۰/۰۰۰۶۳۴	۵/۱۵	۰/۰۰۰۵۹۹	۴/۳۸
RE	−۱۰/۱۰۵	−۱۳/۴۳	−۰/۳۳۵	−۲/۷۲	−۱۰/۰۱	−۴۶/۸۵
NRE	۱/۹۲۱	۴۰/۲۳	۰/۸۵۴	۳۵/۶۶	۱/۸۸	۱۳/۲۹
POP	/۰۰۰۰۰۸۴۵ ۰	۱۲/۷۱	−۰/۰۰۰۰۰۷۰۷	−۰/۲۸۵	۰/۰۰۰۰۰۸۷۶	۴۲/۸۵
FINA	−۰/۰۳۰۸	−۱/۱۱	۰/۱۹۷	۴/۳۵	۰/۰۳۵	۴/۴۸
C	۷/۷۷	۱/۴۴	–	–	–	–
ارزیابی مدل	R^2 = ۰/۹۹ Prob (F-statistic) = ۰/۰۰۰۰		Prob (J-statistic) = ۰/۴۷ AR(2) (prob)= ۰/۶۵		R^2 = ۰/۹۹ Long-Run Variance = ۲۲/۲۸	

مأخذ: نتایج تحقیق

براساس سایر نتایج اثر تجارت بر انتشار CO_2 نیز مثبت و معنی‌دار بوده است. رشد اقتصادی و توسعه همه جانبه در تمام جوامع در عین حال که اهداف مثبتی تلقی می‌شوند، دارای اثرات جانبی منفی نیز هستند، اما شدت و ضعف این اثرات با توجه به درجه توسعه یافتگی متفاوت خواهد بود. اثرات جانبی فوق بر ساختارهای سیاسی، فرهنگی، اجتماعی و حتی وضعیت محیط زیست اثرگذار است و تغییرات مثبت یا منفی را شکل می‌دهد. در ادبیات اقتصادی مباحث مربوط به اثرات جهانی‌سازی و تجارت آزاد بر وضعیت کلان اقتصادی در کنار سایر اثرات این پدیده جهانی بر متغیرهای فرهنگی، سیاسی و اجتماعی در محافل آکادمیک از جمله موضوعات چالش برانگیز به شمار می‌آید. در سالیان اخیر موضوعی که توجه زیادی را به خود جلب کرده، بحث اثرات جانبی منفی جهانی سازی و تجارت آزاد بر محیط زیست است، به گونه‌ای که با ارائه فرضیه پناهگاه آلودگی،[1] (PHH) سهم عظیم تجارت و نقش پر رنگ جهانی سازی در انتقال آلاینده‌ها از کشورهای توسعه یافته و پیش‌رو به کشورهای عقب مانده و کم‌تر توسعه یافته و در مواردی به کشورهای در حال توسعه، نمایان تر شده است. بر اساس فرضیه پناهگاه آلودگی، هر چه کشورها توسعه یافته‌تر می‌شوند، استانداردهای زیست محیطی سخت گیرانه‌تری را بر اساس استدلال بالا وضع خواهند کرد. از این‌رو، صنایع آلاینده در این کشورها باید متحمل هزینه‌های بالایی برای تولید باشند و در مقابل، از آنجا که در کشورهای کم‌تر توسعه یافته اولویت سیاست‌گذاران، رشد سریع اقتصادی بدون توجه به مسائل زیست محیطی است، صنایع آلاینده کشورهای توسعه یافته در کشورهای کمتر توسعه یافته یا در حال توسعه با اقبال زیادی مواجه می‌شوند. طبیعی است که در چنین شرایطی کارخانجات آلاینده با مکان‌یابی مجدد در کشورهای توسعه نیافته نه تنها ملزم به پرداخت جرایم زیست محیطی که قبلاً منجر به ضرر و زیان آنها می‌شده نیستند، بلکه تسهیلات ارائه شده از سوی این کشورها بر کسب سودهای کلان آنها می‌افزاید. بدین طریق کشورهای توسعه نیافته یا در حال توسعه با قوانین زیست محیطی ملایم‌تر نسبت به کشورهای توسعه یافته به پناهگاهی برای صنایع آلاینده تبدیل می‌شوند. تجارت بین‌المللی را می‌توان یکی از مهم‌ترین عوامل توضیح دهنده منحنی کوزنتس دانست. هنگامی که با افزایش حجم تجارت آلودگی محیط زیست افزایش می‌یابد، اثر مقیاس، کیفیت محیط زیست را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر تجارت از طریق اثر ترکیب یا اثر فنی موجب بهبود کیفیت محیط زیست خواهد شد به این ترتیب که افزایش درآمد ناشی از تجارت، به تصویب قوانین زیست محیطی شدیدتر و کاهش آلودگی محیط زیست می‌انجامد. از این‌رو متغیر درجه باز بودن اقتصاد (که به صورت

1. Pollution Haven Hypothesis

مجموع صادرات و واردات کالاها و خدمات به GDP اندازه‌گیری شده) نیز به عنوان عاملی مؤثر بر آلودگی محیط‌زیست هوا نیز مورد آزمون قرار گرفته است.

اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار مثبت و معنی‌دار بوده است. مسائل محیط زیست و تجارت خصلتی چند بعدی و پیچیده دارند به طوری که مشکلات زیست محیطی یک کشور بر هزینه‌های تولید، الگوی تجارت، مکان یابی فعالیت‌های صنعتی و منافع حاصل از تجارت آن کشور اثرگذار است. یکی از موضوعاتی که در حوزه اقتصادی، مطالعات مختلفی را در این خصوص به خود اختصاص داده بررسی و آزمون فرضیه پناهگاه آلودگی بوده است. اوج شکل‌گیری این فرضیه به اوایل دهه ۹۰ باز می‌گردد اما به دلیل اهمیت آن، طی سال‌های اخیر فرضیه پناهگاه آلودگی موضوع تعدادی از مطالعات قرار گرفته است که در این خصوص نتایج قابل توجهی هم به دست آمده است. اهمیت بررسی این فرضیه در این است که بیان می‌کند کشورهایی با سیاست زیست محیطی نسبتاً ضعیف، در تولید صنایع آلاینده مزیت دارند که در بسیاری از این کشورها سطح درآمد سرانه نیز پایین است. اما به تدریج که رشد اقتصادی باعث افزایش کالاها و خدمات می‌شود، انگیزه‌های حمایت از محیط زیست نیز تقدم بیشتری یافته و اهمیت آن در برنامه‌های سیاستی بیشتر می‌گردد که یکی از راه‌های کاهش آلودگی و حمایت از محیط زیست، انتقال صنایع آلاینده به مناطقی است که آلودگی کم‌تری دارند. این مسئله از طریق تجارت آزاد و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌تواند رخ بدهد. خروج FDI در کشورهای توسعه یافته، به طور مثبت با شدت سیاست‌های زیست محیطی مرتبط است و آلودگی در کشورهای در حال توسعه به طور مثبت با ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی مرتبط می‌باشد. دلایل بسیاری وجود دارد که بیان می‌کند چرا شدت آلودگی بالاتر و قوانین زیست محیطی ضعیف در کشورهای در حال توسعه وجود دارد: اول، با افزایش درآمد تقاضا برای کیفیت محیط زیست افزایش می‌یابد، بنابراین آنها قوانین محیط زیست را شدیداً حمایت می‌کنند. در کشورهای در حال توسعه افراد به دلیل درآمد پایین و وابستگی به محیط زیست، خواستار بهبود قوانین محیط زیست نیستند. دوم، رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه مرتبط با تغییراتی در معیشت آنها از اقتصاد کشاورزی به اقتصاد صنعتی می‌باشد. بنابراین، سرمایه‌گذاری در بخش صنعت افزایش می‌یابد که منجر به وخیم‌تر شدن وضعیت زیست محیطی می‌گردد. از دیگر عوامل مؤثر می‌توان به ضعف یا عدم اجرای قوانین زیست محیطی اشاره کرد. بر اساس مطالعات صورت گرفته به طور کلی تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (تولید کالای آلوده) بر میزان تخریب محیط زیست به سه اثر مقیاس،[1] ترکیب[2] و تکنیک[3] خلاصه می‌شود. اثر مقیاس اشاره دارد به افزایش در مقیاس اقتصاد، گسترش تولید و بازدهی فعالیت اقتصادی که ممکن است به دنبال بهبود و ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی رخ دهد. این اثر از طریق متغیر GDP اندازه‌گیری می‌شود و چگونگی تغییر در میزان انتشار را به ازای تغییر مقیاس و حجم فعالیت‌های اقتصادی بیان می‌کند و به تمرکز آلودگی اشاره دارد. اثر ترکیبی به عنوان یک تغییر در سطح انتشار آلودگی در ارتباط با تغییر در شدت فراوانی عوامل معرفی می‌شود. ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به کشور میزبان، تغییرات ساختاری را در فعالیت‌های اقتصادی به وجود می‌آورد که بستگی به مزیت‌های رقابتی مختلف در بازارهای جهانی دارد.

اثر نوآوری‌های فنی بر انتشار دی اکسید کربن نیز در مدل‌های مختلف مثبت و معنی‌دار به دست آمده است. در تفسیر این نتیجه همان‌طور که در بخش ادبیات نظری بیان شد تا حد زیادی بر نظریات رشد تأکید می‌شود. نوآوری‌های فنی و هزینه‌های تحقیق و توسعه از اساسی‌ترین متغیرهای توضیح دهنده رشد در کنار متغیرهای سرمایه، نیروی کار و تجارت هستند. نوآوری از طریق خلق ایده‌ها و نوآوری‌های جدید در زمینه روش‌های تولید و کمک به افزایش تولید چه در مرحله تولید و چه در مرحله مصرف بر مصرف انرژی و به تبع آن افزایش انتشار CO_2 مؤثر است.

اثر GDP (رشد اقتصادی) بر انتشار CO_2 نیز مثبت و معنی‌دار بوده است. به طور کلی تغییرات رابطه GDP- محیط زیست در ضمن توسعه اقتصادی را می‌توان به دو مجموعه از فاکتورهای رفتاری و ساختاری نسبت داد. فاکتورهای ساختاری به تغییر ساختار هسته یک اقتصاد از کشاورزی کمتر آلودگی‌زا، به صنعت آلودگی‌زا و بازگشت مجدد به خدمات کمتر آلاینده مربوط است. فاکتورهای رفتاری نیز به کشش تقاضای فزاینده نسبت به خدمات زیست محیطی مربوط است که بر طبق آن، تمایل به پرداخت بیشتر برای کیفیت زیست محیط در نتیجه افزایش درآمد، افزایش می‌یابد. مقایسه و اندازه‌گیری میزان تأثیرگذاری فاکتورهای رفتاری در مقایسه با فاکتورهای

1. Scale
2. Composition
3. Technique

ساختاری نیازمند یک مدل ساختاری صریح است. ارتباط درآمد و کیفیت محیط زیست در سطح خانوارها را از خرید کالاها با مشخصه‌ای زیست محیطی (از قبیل صافی‌های آب در مقابل آلاینده‌های آب، تهویه هوا در مقابل آلاینده هوا، مهاجرت و جابجایی به سمت مناطق با آلودگی کمتر و غیره) می‌توان استنتاج نمود. انتظار می‌رود که مخارج مربوط به کالاهای با کیفیت زیست محیطی بالاتر همگام با افزایش درآمد خانوارها به طور متناسب افزایش یابد. ارتباط بین کیفیت محیط زیست (مهم‌ترین موضوع مورد توجه در کشورهای در حال توسعه) و درآمد می‌تواند به هر شیوه‌ای باشد ولی این رابطه یکنواخت است. افزایش‌های اولیه درآمد منجر به تخریب کیفیت هوای بیشتر می‌شود و این تخریب تا یک حد آستانه‌ای از درآمد ادامه خواهد داشت.

براساس سایر نتایج این مطالعه، جمعیت اثر مثبت (اگرچه ناچیز) بر انتشار CO_2 داشته است. اثر افزایش جمعیت بر انتشار دی اکسید کربن نیز بسیار روشن است. افزایش جمعیت و تمرکز آن در سطح منطقه‌ای اثرات مستقیم بر کیفیت محیط زیست دارد. رشد جمعیت، فقر و فرسایش محیط زیست در کشورهای رو به رشد دوری باطل را ایجاد کرده است. این دور باطل کیفیت زندگی مردم را بشدت تحت تأثیر قرار داده و تلاش‌های کشورهای درحال توسعه را برای دست‌یابی به توسعه پایدار بی‌نتیجه گذارده است. آب، خاک، هوا و جانداران چهار منبع طبیعی و مهم و مورد نیاز هستند که تأمین همه نیازهای آدمی به وجود آنها وابسته است. رشد سریع جمعیت به کاهش میزان سرانه قابل کشت و کمبود آب منجرخواهد شد. فرسایش خاک، نابودی جنگل‌ها و مراتع و افت کیفیت آب از آثار جانبی افزایش شمار انسان‌ها است. به طور کلی، فشار جمعیت به فرسایش محیط زیست و فقر می‌انجامد و آثار ناخوشایندی در محیط زیست بر جای می‌گذارد. این افزایش بی رویه جمعیت از طریق عواملی مانند مصرف بیشتر، گسترش وسایل حمل و نقل عمومی، افزایش مصرف انرژی و ... انتشار دی اکسید کربن را افزایش می‌دهد.

٦- بحث و نتیجه‌گیری

هدف این مطالعه بررسی اثر نوآوری‌های فنی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار CO_2 در کشورهای منتخب آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر (IRENA) با استفاده از رویکرد ایستا، پویا و ضرایب بلندمدت داده‌های ترکیبی طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۹۰ بود. نتایج این مطالعه نشان داد که نوآوری‌های فنی، و انرژی‌های تجدید ناپذیر و رشد اقتصادی اثر مثبتی بر انتشار CO_2 داشته است اما اثر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 منفی و معنی‌دار بود. با توجه به اثر مثبت مصرف انرژی تجدیدناپذیر بر افزایش دما، کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی و همچنین سازگار نبودن منابع انرژی تجدیدپذیر با سیستم فعلی انرژی جهانی به عنوان راهکاری جهت کاهش آلودگی و افزایش دما پیشنهاد نمود. اتخاذ سیاست‌های مناسب به منظور توسعه تولید انرژی‌های نو و تجدیدپذیر نیز می‌تواند به عنوان راهکاری در زمینه کاهش آلودگی محیط زیست مورد توجه قرار بگیرد. با توجه به افزایش جمعیت شهرنشین و اثر مثبت آن بر انتشار دی اکسید کربن و دمای هوا، توسعه سیاست‌های کاهش رشد جمعیت در کشورهای مورد مطالعه می‌تواند مورد توجه قرار بگیرد.

همچنین با توجه به اینکه مصرف انرژی تجدیدناپذیر، نوآوری فنی و تولید سرانه واقعی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار CO_2 داشته، نشان می‌دهد که مصرف انرژی و درآمد چه اهمیتی می‌تواند داشته باشد و همچنین نشان می‌دهد که سیاست‌های حفظ منابع انرژی در اقتصادهای دارای آلودگی کم‌تر ممکن است برای محیط زیست سودمندتر باشد. اثر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 نیز منفی و از لحاظ آماری معنی‌دار بوده است که نشان می‌دهد کشورهای با حجم تولید دی اکسید کربن بالاتر، باید با اتخاذ سیاست‌های سخت‌گیرانه‌تر محیط زیست و انرژی، افزایش زیرساخت‌ها برای بهره‌وری انرژی و بهبود استفاده از منابع جایگزین انرژی که نسبتاً عاری از انتشار آلاینده‌ها هستند، میزان بیشتری از کربن خود را کاهش دهند.

براساس سایر نتایج این تحقیق، نوآوری فنی بر انتشار CO_2 تأثیر مثبتی داشته است. در این خصوص لازم است با ارتقای تکنولوژی‌های تولید و توزیع انرژی در کشور، واقعی‌سازی قیمت‌های انرژی، ارتقای استانداردهای فنی و زیست‌محیطی تولیدات صنایع، استفاده از انرژی‌های پاک، و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین با آلایندگی کمتر که با شاخص‌های زیست محیطی سازگار باشد به همراه درونی‌سازی هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌های محیط زیست شرایطی فراهم شود تا افزایش رفاه ناشی از رشد درآمد ملی با کمترین هزینه زیست‌محیطی همراه باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود ارزیابی پروژه‌های زیست محیطی یا استفاده از فناوری‌های نوین تولید، همراه با ارزیابی زیست محیطی این فناوری‌های نوین همگام باشد تا از آثار منفی زیست محیطی آن کاسته شود.

منابع

آدینه‌وند، زینب (۱۳۹۵). "مقایسه اثرات سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، آزادسازی تجاری، رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن: کشورهای منتخب عضو اوپک با رویکرد جوهانسون و تصحیح خطا". پایان نامه کارشناسی ارشد، *دانشگاه الزهرا*.

ابویی مهریزی، عطیه؛ فریدزاد، علی و بالونژاد، روزبه (۱۳۹۷). "سنجش آثار توزیعی ناشی از افزایش قیمت حامل‌های انرژی در ایران: مقایسه مدل‌های قیمتی داده-ستانده". *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، دوره ۸، شماره ۳۰، ۱۸۷-۱۶۷.

احمدیان، مجید؛ عبدلی، قهرمان؛ جبل عاملی، فرخنده؛ شعبان خواه، محمود و خراسانی، سید عادل (۱۳۹۶). "اثر تخریب محیط زیست بر رشد اقتصادی (شواهدی از ۳۲ کشور در حال توسعه)". *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، دوره ۷، شماره ۲۷، ۲۸-۱۷.

پهلوانی، مصیب؛ مهرابی بشرآبادی، حسین و افشارپور، مهلا (۱۳۹۲). "بررسی تأثیر توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل بر رشد اقتصادی استان‌های ایران". *فصلنامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی*، شماره ۱۶، ۱۳۲-۱۰۳.

ترابی، تقی؛ خواجویی‌پور، امین؛ طریقی، سمانه و پاکروان، محمدرضا (۱۳۹۴). "تأثیر مصرف انرژی، رشد اقتصادی و تجارت خارجی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران". *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی*، شماره ۱، ۸۴-۶۳.

دامودار گجراتی (۱۳۸۸). "مبانی اقتصادسنجی". مترجم: ابریشمی، حمید، انتشارات دانشگاه تهران.

دل‌انگیزان، سهراب؛ خانزادی، آزاد و حیدریان، مریم (۱۳۹۳). "بررسی اثرات تغییر قیمت سوخت بر تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل جاده‌ای ایران، رویکرد حداقل مربعات پایدار". *فصلنامه اقتصاد مقداری*، دوره ۱۱، شماره ۴، ۷۷-۴۴.

زراء نژاد، منصور و انواری، ابراهیم (۱۳۸۴). "کاربرد داده‌های ترکیبی در اقتصادسنجی". *فصلنامه اقتصاد مقداری*، دوره ۲، شماره ۴، ۵۲-۲۱.

Apergis, N. & Payne. J. E. (2015). "Renewable Energy, Output, Carbon Dioxide Emissions and Oil Prices. Evidence from South America". *Energy Sources, Part B, Economics, Planning and*

فطرس، محمدحسن؛ آقازاده، اکبر و جبرئیلی، سودا (۱۳۹۱). "بررسی میزان تأثیر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب در حال توسعه". *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۳۲، ۷۲-۵۱.

فلاحی، فیروز؛ اصغرپور، حسین؛ بهبودی، داوود و پورنظمی، سیمین (۱۳۹۱). "آزمون منحنی کوزنتس زیست محیطی در ایران با استفاده از روش LSTR". *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، دوره ۹، شماره ۳۲، ۹۳-۷۳.

قائد، ابراهیم؛ دهقانی، علی و فتاحی، محمد (۱۳۹۸). "بررسی تأثیر انواع انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی ایران". *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، دوره ۹، شماره ۳۵، ۱۴۸-۱۳۷.

قزوینیان، محمدحسن؛ هژبرکیانی، کامبیز؛ دهقانی، علی؛ زندی، فاطمه و سعیدی، خلیل (۱۳۹۷). "مقایسه تطبیقی اثر شوک‌های مصرف کل انرژی بر انتشار دی اکسید کربن و رشد اقتصادی در ایران و کشورهای منتخب منا". *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، دوره ۹، شماره ۳۳، ۱۰۸-۹۱.

لطفعلی‌پور، محمدرضا؛ فلاحی، محمدعلی و اسماعیل‌پور مقدم، هادی (۱۳۹۳). "اثر رشد اقتصادی، تجارت و توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست در ایران (بر اساس شاخص ترکیبی)". *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، شماره ۱۵، سال ۴، ۷۶-۶۱.

محمدی، حسین و سخی، فاطمه (۱۳۹۲). "تأثیر تجارت، سرمایه‌گذاری خارجی و توسعه انسانی بر شاخص عملکرد محیط زیست". *فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان*، شماره ۳، ۷۵-۵۵.

مهدوی عادلی، محمدحسین و نظری، روح الله (۱۳۹۳). "رشد اقتصادی، انرژی و محیط زیست: بررسی مدل E3 در ایران". *فصلنامه اقتصاد مقداری*، دوره ۱۱، شماره ۱، ۴۰-۱۹.

Alkhathlan, K. & Javid, M. (2013). "Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth in Saudi Arabia: an Aggregate and Disaggregate Analysis". *Energy Policy*, 62, 1525–1532.

Policy, 10(3), 281-287.

Baek, J. (2016). "Do Nuclear and Renewable Energy Improve the Environment? Empirical Evidence from the United States". *Ecological Indicator*, 66, 352–356.

Baltagi, B. (2005). "Economic Analysis of Panel Data". Third Edition, *John Wiley & Sons, Ltd*.

Berndt, E. & Denison, E. F. (2011). "Economic Welfare Impact from Renewable Energy Consumption: The China Experience". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 5120-5128.

Berndt, E. R. & Wood, D. O. (1975). "Technology, Prices and the Derived Demand for Energy". *Review of Economics and Statistics*, 57, 259-268.

Binaysa, A. C, Dogan, E. & Seker, F. (2014). "Renewable and Non-renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence from a Panel Error Correction Model". *Energy Economics*, 88, 5226-5230.

Chen, W. & Lei, Y. (2018). "The Impacts of Renewable Energy and Technological Innovation on Environment–Energy–Growth Nexus:New Evidence from a Panel Quantile Regression". *Renewable Energy*, 123, 1-14.

Copeland, B. R. & Taylor, M. S. (2003). "Trade, Growth and the Environment". *Journal of Economic Literature*, 42(1), 7-13.

Da Silva, P. P., Cerqueira, P. A. & Ogbe, W. (2018). "Determinants of Renewable Energy Growth in Sub-Saharan Africa: Evidence from Panel ARDL", *Energy*, 156, 45–54.

Dinda, S. (2005). "A Theoretical Basis for the Environmental Kuznets Curve". *Ecological Economics*, 53, 403–413.

Dogan, E. & Seker, F. (2016). "Determinants of CO_2 Emissions in the European Union: the Role of Renewable and Non-Renewable Energy". *Renewable Energy*, 94, 429-439

Dogan, E. & Seker, F. (2016). "The Influence of Real Output, Renewable and Non-Renewable Energy, Trade and Financial Development on Carbon Emissions in the Top Renewable Energy Countries". *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier*, 60,1014-1085.

Fang, Y. (2011). "Economic Welfare Impacts from Renewable Energy Consumption: the China Experience, Renewable Sustain". *Renewable and sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5120-5128.

Foxon, T. J. (2011). "A Coevolutionary Framework for Analyzing a Transition to a Sustainable Low Carbon Economy". *Ecological Economic*, 70(12), 2258-2267.

Jarke, J. & Perino, G. (2017). "Do Renewable Energy Policies Reduce Carbon Emissions? On Caps and Inter-Industry Leakage". *Journal of Environmental Economics and Management*, 84, 102–124.

Jayantha kumaran, R. & Liu, Y. (2012). "Co_2 Emissions, Energy Cosumption, Trade and Income: A Comparative Analysis of China and India". *Energy Policy*, 42 (c), 450-460.

Jones, A. (2002). "An Environmental Assessment of Food Supply Chains: a Case Study on Dessert Apples". *Journal of Environmental Economics and Management*, 3094, 560-576.

Khoshnevis Yazdi, S. & Shakouri, F. (2017). "The Renewable Energy, CO_2 Emissions, and Economic Growth: VAR Model". *Journal of Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 23, 34-17.

Liu, D. & Xiao, B. (2018). "Can China Achieve its Carbon Emission Peaking? A Scenario Analysis Based on STIRPAT and System Dynamics Model". *Ecological Indicators*, 93, 647–657.

Lotz, R. (2015). "The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: a Panel Data Application". *Energy Economics*, 53, 58-63.

Lv, Z. & Xu, T. (2018). "Trade Openness, Urbanization and CO_2 Emissions:

Dynamic Panel Data Analysis of Middle-Income Countries". *The Journal of International Trade and Economic Development*, 28(3), 317-330.

Mayer, R. & Kent, J. (2007). "Energy Consumption, Economic Growth and Prices: a Reassessment Using Panel VECM for Developed And Developing Countries". *Energy Policy*, 35, 2481–2490.

Nguyen, K. H. & Kakinaka, M. (2019). "Renewable Energy Consumption, Carbon Emissions, and Development Stages: Some Evidence from Panel Cointegration Analysis". *Renewable Energy*, 132, 1049–1057.

Omri, A. (2013). "Co_2 Emissions Energy Consumption and Economic Growth Nexus in MENA Countries : Evidence from Simultaneous Equations Models". *Energy Economics*, 40, 657-664.

Sadorsky, P. (2009). "Renewable Energy Consumption Co_2 Emissions and Oil Prices in the 67 Countries". *Energy Econ*, 31(3), 456-462.

Shafik, N. & Bandgopadhyay, S. (1992). "Economic Growth and Economic Mental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence". *World Bank Policy Research Working Paper*. wps 904.

Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M. & Zaman, K. (2015). "Does Renewable Energy Consumption Add in Economic Growth? An Application of Auto Regressive Distibuted Lag Model in Pakistan". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 576-585.

Sohag, K., Begum. R. A., Abdullah, S. M. S. & Jaafar, M. (2015). "Dynamics of Energy Use, Technological Innovation, Economic Growth and Trade Openness in Malaysia". *Energy*, 90, 1497-1507.

Stern, D. I. (2004). "Energy and Economic Growth". *Rensselear Working Paper*.

Stern, N. H. (2007). "The Economics of Climate Change: The Stern Review". *Cambridge University Press*.

Tang, C. F. & Tan, E. C. (2013). "Exploring the Nexus of Electricity Consumption, Economic Growth, Energy Prices and Technological Innovation in Malaysia". *Applied Energy*, 104(4), 297-305.

Valeria, L. (2006). "The Green Economy and the BRICS Countries: Bringing Them Together". *Economic Diplomacy Programme*. South African institute of International Affairs.1-17.

Zhao, Y., Xia, Y. & Nielsen, C. (2014). "Benefits of China Efforts in Pollutant Control Indicated by the Bottom Up Emissions and Satellite". *Atmospheric Environment*, 136, 43-53.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی