

## همبستگی اقتصاد، انرژی و محیط زیست (3E) در کشورهای

### منتخب آسیایی: کاربردی از الگوی معادلات همزمان فضایی پانل<sup>۱</sup>

سمیه اعظمی<sup>۲</sup>فاطمه حسینی<sup>۳</sup>کیومرث سهیلی<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۲۶

#### چکیده

بررسی رابطه میان رشد اقتصادی، انتشار دی اکسید کربن و مصرف انرژی همواره یکی از چالش‌های اصلی کشورهای جهان محسوب می‌شود. هدف از انجام این پژوهش بررسی همبستگی رشد اقتصادی، کیفیت محیط زیست و مصرف انرژی در کشورهای آسیایی با در نظر گرفتن تأثیر پذیری کشورها از یکدیگر است. این همبستگی در دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۲۰ در قالب الگوی معادلات همزمان فضایی پانل (SPSEM) با روش حداقل مربعات دو مرحله‌ای تعمیم یافته فضایی (GS2SLS) برآورد می‌شود. همبستگی فضایی رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن تأیید می‌شود، ضمن اینکه محیط زیست به طور فضایی همبستگی قوی تری نسبت به دو سری دیگر دارد. همچنین نتایج ارتباط رشد اقتصادی و محیط زیست، رشد اقتصادی و مصرف انرژی و نیز مصرف انرژی و محیط زیست را تأیید می‌کند. ثبات سیاسی، اصلاح ساختار نامطلوب شهرها و افزایش کارایی انرژی منجر به بهبود کیفیت محیط زیست کشورها می‌گردد. برای اتخاذ سیاست‌های کارآمد در مورد مسایل مربوط به تغییرات آب و هوایی، سیاستگذاران باید اثرات سرریز فضایی کشورها را در نظر بگیرند. این نتایج تجربی جدید به سیاست‌گذاران در طراحی سیاست‌های زیست محیطی و انرژی مناسب برای تحقق اهداف کشورهای آسیایی برای توسعه اقتصادی و پایداری کمک می‌کند.

**واژگان کلیدی:** رشد اقتصادی، انتشار دی اکسید کربن، مصرف انرژی، معادلات همزمان، الگوی فضایی

طبقه‌بندی JEL: Q01, Q56

۱. این مقاله مأخوذ از پایان‌نامه کارشناسی ارشد خانم فاطمه حسینی با راهنمایی خانم دکتر سمیه اعظمی و مشاوره دکتر کیومرث سهیلی است.

s.azami@razi.ac.ir

۲. دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه رازی (نویسنده مسوول)

69f.h.hoseiny@gmail.com

۳. کارشناس ارشد علوم اقتصادی، گروه اقتصاد، دانشگاه رازی

ksohaili@razi.ac.ir

۴. استاد، گروه اقتصاد، دانشگاه رازی

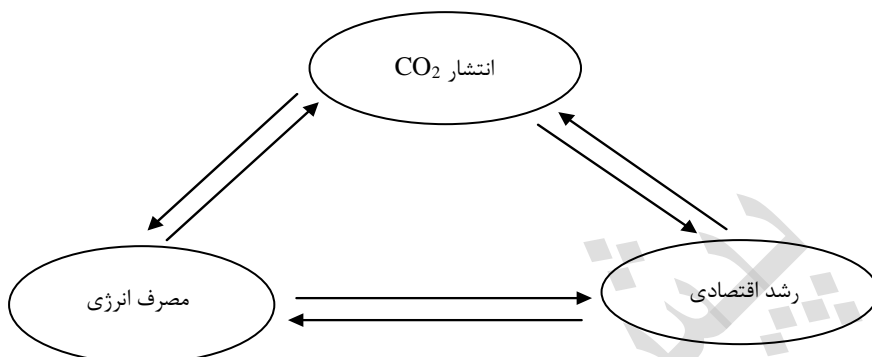
## ۱. مقدمه

امروزه آلودگی به یکی از چالش‌های اصلی سیاست‌های کشورهای تبدیل شده است؛ به طوری که کشورها علاوه بر سیاستها و اقدامات خود ساماندهی آلودگی را در حوزه‌های بین‌المللی نیز بررسی می‌کنند. انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت‌های فسیلی و سایر فعالیت‌های انسانی تهدیدی جدی پیش روی بسیاری از کشورها می‌باشد که با توجه به ماهیت آن شیوع بیشتری داشته و در اکثر مناطق جهان محسوس است (شجری و همکاران، ۱۳۹۲). در سه دهه اخیر با افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو کره زمین، دمای هوا در حال افزایش است و پیش‌بینی می‌شود با ادامه این روند تغییرات نامطلوبی در محیط زیست ایجاد شود. بر اساس گزارش هیئت میان‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC)، در سال ۲۰۱۴، ۷۶٪ کل گازهای گلخانه‌ای از دی‌اکسید کربن تشکیل شده است. بنابراین می‌توان عنوان کرد که انتشار دی‌اکسید کربن نقش مهمی در محافظت از محیط زیست و توسعه پایدار دارد (عمری، ۲۰۱۳). بسیاری از مطالعات به شناسایی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن و ارتباط آن با سایر مؤلفه‌های اقتصادی و اجتماعی، زیست‌محیطی، در جهت رسیدن به توسعه پایدار پرداخته‌اند که از میان این عوامل اثرگذار می‌توان به مصرف انرژی و رشد اقتصادی اشاره کرد.

انرژی به عنوان یک نیروی محرکه در اکثر فعالیتهای تولیدی و خدماتی، نقش مؤثری را ایفا می‌کند. از سوی دیگر، مصرف انرژی به دلیل انتشار کربن و گازهای گلخانه‌ای منجر به آلودگی هوا می‌شود. مصرف انرژی در کشورهایی که در مرحله اولیه از فرآیند رشد و توسعه اقتصادی قرار دارند، به سرعت در حال افزایش است. بنابراین انرژی در کنار سایر عوامل تولید، پیش‌زمینه رشد اقتصادی محسوب می‌شود و این وابستگی با گذشت زمان همواره در حال افزایش است. با توجه به محدودیت‌های تکنولوژیکی همزمان با رشد اقتصادی که با مصرف انرژی همراه است، آلودگی‌های زیست‌محیطی به عنوان یک محصول فرعی و اجتناب‌ناپذیر تولید؛ اثرات مخربی را بر محیط زیست برای جوامع به دنبال دارد. در طی چند دهه گذشته نگرانی‌ها نسبت به روند توسعه ناپایدار و تأثیرات بالقوه آن نظیر تغییرات اقلیم و استفاده بی‌رویه از منابع افزایش یافته است. با افزایش این نگرانیها نسبت به تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی، توجه به میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع مختلف انرژی و تلاش در جهت کنترل این انتشارها مورد توجه جدی دولتها و سازمانهای بین‌المللی قرار گرفته است. از طرف دیگر، سیاستهای محیط زیستی، بخش انرژی و اقتصاد را از طریق تغییرات در قیمت‌های نسبی و فناوریهای جدید تحت تأثیر قرار می‌دهد. این ارتباطهای قوی ضرورت استفاده از مدل‌های 3E را نمایان می‌کند. ارتباط بین محیط زیست، اقتصاد و بخش انرژی عمیق و پیچیده است. این مدلها به طور کلی جهت اهداف سیاست محیطی ایجاد شده‌اند و محققان، آثار و هزینه

1. Intergovernmental panel on climate change (2014).
2. Omri (2013).
3. Economy- Energy -Environment.

های اقتصادی ناشی از فعالیتهای اقتصادی را تحلیل می کنند (مهدوی عادل و نظری، ۱۳۹۳). نمودار (۱) این همبستگی متقابل را نشان می دهد.



نمودار (۱): اثر متقابل رشد اقتصادی، انتشار دی اکسید کربن، مصرف انرژی

هدف این مطالعه، بررسی همبستگی اقتصاد، انرژی و محیط زیست در کشورهای منتخب آسیایی است. قابل توجه است که کشورهای آسیایی مانند چین، هند، ژاپن، ایران، عربستان و کره جنوبی و اندونزی به لحاظ انتشار دی اکسید کربن در میان کشورهای جهان رتبه کمتر از ۱۰ دارند (رتبه برخی کشورها هر سال تغییر می کند ولی همچنان جزء آلوده کننده های بزرگ هستند). تلاش می شود این همبستگی با در نظر گرفتن تأثیرپذیری این کشورها از هم بررسی گردد. لذا، از الگوی معادلات همزمان فضایی پانل به منظور بررسی ارتباطات سه طرفه اقتصاد، انرژی و محیط زیست استفاده می شود. الگوی معادلات همزمان فضایی پانل این امکان را فراهم می کند که همبستگی و ارتباط اقتصاد، انرژی و محیط زیست با در نظر گرفتن تأثیرپذیری کشورها از یکدیگر و اثرات سرریز فضایی تحلیل گردد. به عبارتی، همبستگی فضایی رشد اقتصادی کشورها، همبستگی فضایی انتشار دی اکسید کربن در نظر گرفته می شود. معنی دار بودن این تأثیرات پیغام مهمی برای سیاستگذاران زیست محیطی در حل مسایل زیست محیطی و تغییرات اقلیمی دارد. سازمان دهی مقاله به این صورت است که در ادامه به ترتیب مبانی نظری و پیشینه پژوهش مطرح می شود. روش شناسی پژوهش و مروری بر داده ها موضوع بخش چهارم است. یافته های تجربی و بحث به بخش پنجم و نتیجه گیری و توصیه سیاستی به بخش ششم اختصاص دارد.

## ۲. مبانی نظری

جریان صنعتی شدن و نیز رشد روز افزون دانش بشری، منجر به بهره برداری فشرده از منابع انرژی به ویژه سوخت های فسیلی در راستای تولید و در نتیجه موجب آزاد شدن حجم قابل توجهی از گازهای دی اکسید کربن به اتمسفر گردید. چشم انداز زیبای رشد اقتصادی در دهه های ۵۰ و ۶۰

موجب غفلت کشورهای جهان نسبت به مسائل زیست محیطی شد و در نتیجه صدمات وارد شده به محیط زیست خسارت ها و هزینه های جبران ناپذیری را وارد ساخت. به همین دلیل آثار مخرب گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی بر روی اقتصاد جهانی، از طرف فعالان زیست محیطی و محققان به صورت گسترده مورد بررسی قرار گرفته است (جعفری، ۱۳۹۲). به موازات درک ارتباط میان رشد اقتصادی و ابعاد زیست محیطی رشد اقتصادی، اقتصاددانان و متخصصان به این نتیجه رسیدند که توجه یک طرفه به رشد اقتصادی می تواند توسعه ناپایداری را ایجاد کند. دغدغه توسعه در پارادایم جدید، بهتر شدن وضعیت چند جانبه بشر است. در بند پنجم بیانیه ی سیاسی ژوهانسبرگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۲)، بر این نکته تأکید شده است که توسعه پایدار میسر نمی گردد مگر با توسعه اقتصادی، اجتماعی و همچنین حفاظت از محیط زیست (گزارش اجلاس جهانی توسعه پایدار). بدین منظور باید به دنبال توسعه اقتصادی بود که در نتیجه آن علاوه بر رشد، بهبود کارایی انرژی و زیست محیطی حاصل گردد. بنابراین یکی از کارهای مهم متخصصان را می توان در یافتن راه حلی به منظور کاهش اثرات جانبی ناشی از رشد اقتصادی، مصرف انرژی و محیط زیست دانست (نیکو اقبال و همکاران، ۱۳۹۱).

رابطه میان رشد اقتصادی، انتشار دی اکسید کربن و مصرف انرژی در سه دهه گذشته در کشورهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. سه شاخه تحقیقاتی در ادبیات مربوط به این متغیرها وجود دارد. اولین رشته از تحقیقات به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن می پردازد. این شاخه از تحقیقات به بررسی فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس می پردازد. بر اساس این فرضیه میان رشد اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن رابطه U معکوسی وجود دارد. از اولین مطالعات انجام شده در این گروه می توان به مطالعه گراسمن و کروگر<sup>۲</sup> (۱۹۹۱) اشاره کرد. آنها با بکارگیری الگوی فرضیه کوزنتس به تأثیر رشد اقتصادی بر آلوده کننده های محیط زیست پرداختند و به یک رابطه U معکوس بین درآمد سرانه و انتشار ذرات معلق در هوا دست یافتند. بسیاری از مطالعات تجربی فرضیه EKC<sup>۳</sup> را تأیید می کنند. برای مثال آپرگیس<sup>۴</sup> (۲۰۱۶)، لاملا<sup>۵</sup> (۲۰۰۹)، شفیک<sup>۶</sup> (۱۹۹۴)، دیندا و کندو<sup>۷</sup> (۲۰۰۶).

شاخه دوم از تحقیقات به بررسی رابطه میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی می پردازد. پیش از انقلاب صنعتی، مقدار تولید تابعی از نیروی کار و سرمایه (زمین)، معرفی می شد؛  $Q = f(L, K)$ ، که در آن Q مقدار تولید، L نیروی کار (نیروی انسانی) و K زمین می باشد. اما تابع تولید پس از

1. Johannesburg (2002).
2. Grossman & Krueger (1991).
3. Environmental Kuznets Curve
4. Apergis (2016).
5. Lamla (2009).
6. Shafik (1994).
7. Dinda & Coondoo (2006).

انقلاب صنعتی تغییر کرد و مقدار مواد اولیه به عنوان نهاده جدید به آن افزوده شد؛  $Q = f(L, K, M)$ . از دهه ۱۹۷۰ تابع تولید به گونه ای دیگر بیان شد؛  $Q = f(L, K, M, E)$ ، که در آن E نهاده انرژی بود. اگر تولید را تابعی از نهاده های کار، سرمایه و انرژی در نظر بگیریم، تابع تولید به اینصورت خواهد بود.

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

که Q تولید، K نهاده سرمایه، L نهاده نیروی کار و E نهاده انرژی است، که می تواند توسط حامل های انرژی تأمین گردد. همچنین فرض بر این است که میان استفاده از این نهاده ها و سطح تولید رابطه مستقیم وجود دارد. یعنی افزایش در هر یک از نهاده های مذکور موجب افزایش تولید می شود (آل عمران و همکاران، ۱۳۹۱). به بیان ریاضی ما داریم که:

$$\frac{\delta Q}{\delta K} > 0, \quad \frac{\delta Q}{\delta L} > 0, \quad \frac{\delta Q}{\delta E} > 0 \quad (2)$$

برنت و وود (۱۹۷۵) در تابع تولید نشان دادند که یکی از عوامل تولید انرژی است که با نیروی کار ارتباط ضعیفی دارد. آنها با ملحوظ کردن انرژی تابع تولید را به این صورت نشان دادند:

$$Q = F(H(K, E), L) \quad (3)$$

که در آن انرژی و سرمایه با هم ترکیب شده و عامل تولیدی H را می سازند سپس برای تولید محصول، با نیروی کار ترکیب می شود. در واقع انرژی در اینجا یک رابطه تفکیک ناپذیر ضعیفی با نیروی کار دارد (فطرس و همکاران، ۱۳۹۰).

ایده مربوط به رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی اولین بار توسط کرافت (۱۹۸۷) مطرح شد وی که رابطه علی این دو متغیر را برای کشور آمریکا، مورد بررسی قرار داد، از آن پس رابطه علی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی به طور جامع در ادبیات اقتصاد انرژی مورد مطالعه بسیاری از محققان نظیر دوگان<sup>۳</sup> (۲۰۱۶)، شهباز و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۷) و تاگو و تاپوه (۲۰۱۸) قرار گرفته است. می توان گفت که یکی از مهم ترین متغیر های اقتصادی که امروزه تأثیر بسزایی در جریان رشد اقتصادی کشورها دارد، مصرف انرژی است. چرا که انرژی به عنوان یک نیرو محرکه فعال در بیشتر فعالیت های تولیدی و خدماتی به کار می رود و می توان از آن به عنوان یک منبع کلیدی در فرآیند های توسعه اجتماعی و به ویژه تولیدی، که به منظور تولید بیشتر به انرژی متکی هستند، در نظر گرفت. بنابراین نقش موثری را در توسعه پایدار کشورها ایفا می کند. مبانی نظری در جهت رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را به چهار رابطه ممکن معرفی می کند: فرضیه های رشد، صرفه جویی، بازخورد و خنثی. فرضیه رشد؛ همان رابطه علی یک طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی

1. Berndt and Wood (1975).
2. Kraft (1987).
3. Dogan (2016).
4. Shabazz et al. (2017).
5. Tugcu & Topch (2018).

است. این فرضیه بیان می کند که مصرف انرژی نقش حیاتی در رشد اقتصادی دارد. به طوری که می توان آن را به عنوان یک نهاده مستقیم در تولید و همچنین به عنوان یک نهاده غیر مستقیم و مکمل در کنار نهاده کار و سرمایه به کار برد. فرضیه صرفه جویی رابطه علی یک طرفه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی است. فرضیه صرفه جویی، سیاست هایی را که به منظور کاهش مصرف انرژی طراحی شده اند را بی تأثیر در رشد اقتصادی می داند و بیان می کند که افزایش مصرف انرژی در نتیجه افزایش تولید ناخالص داخلی واقعی می باشد. رابطه علیت دوطرفه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی، به عنوان فرضیه بازخورد مطرح می شود. طبق این فرضیه، رشد اقتصادی و مصرف انرژی با یکدیگر مرتبط بوده و همزمان با هم مشخص می شوند. فرضیه عدم وجود رابطه علی میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی به فرضیه ی خنثی معروف است. این فرضیه مصرف انرژی را به عنوان یک جزء کوچک تولید می داند و در نتیجه تأثیر آن را بر رشد اقتصادی صفر و یا بسیار ناچیز در نظر می گیرد.

شاخه سوم بر ارتباط رشد اقتصادی، انتشار دی اکسید کربن و مصرف انرژی تمرکز دارد. در بسیاری از مطالعات تجربی، رشد اقتصادی به عنوان عامل کمک کننده به آلودگی و مصرف انرژی شناخته می شود. از سوی دیگر مصرف انرژی نقش کلیدی در کنترل انتشار دی اکسید کربن و رشد اقتصادی ایفا می کند. از این رو، بررسی رابطه میان این متغیرها با در نظر گرفتن رابطه همزمانی آنها ارزشمند است. اقتصاد علم بهینه استفاده از منابع می باشد و آگاهی از این علم بشر را قادر می سازد تا از منابع کمیاب طبیعت به نحو مطلوب استفاده نماید؛ اما همواره باید این را به خاطر داشته باشد که در استفاده بهینه از منابع طبیعی باید در راستای منافع جمعی و همچنین با لحاظ نمودن منافع نسل های آتی و نیز به حداقل رسیدن تخریب و آلودگی محیط زیست صورت پذیرد (عباسپور، ۱۳۸۶). اقتصاددانان از دهه ۷۰ به این سو با ارائه مدل های کمی موسوم به 3E سعی در محاسبه این اثرات داشته اند. همانند سایر شاخه های اقتصاد، رشد و توسعه این مدلها با مهارت و دقت خاصی همراه بوده است. امروزه تعدادی از مدل های کلان 3E در مقیاسهای منطقه ای، ملی و بین المللی در پیش بینی ها و تحلیل های سیاستگذاری مورد استفاده قرار می گیرند. در واقع تمامی کشورها از جمله و سازمان همکاری اقتصادی و توسعه OECD اعضای سازمان ملل UN متمایل به توسعه و حمایت از چنین مدل هایی هستند و در صورت انگیزه داشتن کشورها به پشتیبانی از این مدل ها انتظار همکاری های فنی وجود دارد. هدف از ارائه مدل های 3E، فراهم کردن چارچوبی ریاضی و آماری به منظور بررسی اثرات متقابل اقتصاد، انرژی و محیط زیست با تأکید بر کاهش تغییرات آب وهوایی بوده است. از دیدگاه اقتصادی و در یک نگاه فراگیر، این مدلها تعمیم یافته از مدل های رشد اقتصادی با در نظر گرفتن عوامل انرژی و محیط زیست هستند. رهیافت عمومی در این مدلها توجه به تغییرات آب و هوایی در چارچوب رشد اقتصادی است. عامل سرمایه در مدل های رشد نئوکلاسیک در اینجا شامل سرمایه گذاری های محیط زیستی نیز می شود. کاهش

انتشار گازهای گلخانه‌ای در این مدل تعمیم یافته، مشابه با بحث سرمایه گذاری در مدل‌های اصلی است. در واقع با در نظر گرفتن گازهای گلخانه ای به عنوان سرمایه طبیعی منفی، میتوان کاهش در انتشار آنها را به مثابه پایین آوردن میزان سرمایه طبیعی منفی قلمداد کرد (عسلی، ۱۳۹۲).

### ۳. پیشینه پژوهش

وانگ و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی در چین را طی سالهای ۲۰۱۲-۱۹۹۰ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دهنده یک رابطه علی دو طرفه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی در چین است. همچنین یک رابطه علی یک طرفه از مصرف انرژی با انتشار دی اکسید کربن وجود دارد. هزاره و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۷) در پژوهش خود به بررسی مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست با استفاده از مدل معادلات همزمان فضایی در کشورها در حال توسعه آسیایی و در دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۰ پرداختند. نتایج حاکی از آن است که مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست هر کشور تحت تأثیر کشور مجاور قرار می گیرد. و نیز مصرف انرژی باعث افزایش انتشار دی اکسید کربن می شود. مگازینو<sup>۳</sup> (۲۰۱۷) در مطالعه ای به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، انتشار دی اکسید کربن و مصرف انرژی برای ۱۹ کشور APEC در طی سالهای ۲۰۱۳-۱۹۶۰، با استفاده از مدل PVAR پرداختند. نتایج نشان داد که هیچ رابطه علی میان تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی نیست. علاوه بر این آزمون ها هم پوشانی پانل نشان می دهد که رابطه بلند مدت برای کشورهای APEC نامعین می باشد. میرزا و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۷) وجود علیت دینامیکی بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای را با استفاده از رویکرد ARDL برای کشور پاکستان را مورد بررسی قرار دادند. نتیجه، رابطه بلند مدت و کوتاه مدت قوی گرنجر را نشان می دهد که تاییدی بر وجود رابطه دو طرفه بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن است. آدامز و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۸) در پژوهش خود به مطالعه انرژی های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر و تأثیر آن بر رشد اقتصادی برای ۳۰ کشور آفریقایی با استفاده از آزمون های پانل ناهمگن آزمون تصحیح خطا در دوره ۲۰۱۲-۱۹۸۰ می پردازند. نتایج نشان داد که هر دو انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر تأثیر بلند مدت بر روی رشد اقتصادی دارند. به این صورت که افزایش ۱۰٪ مصرف انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر، رشد اقتصادی را به ترتیب به میزان ۲۷٪ و ۱۱٪ درصد افزایش خواهد داد. خان و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۱۹) در مطالعه ای به بررسی ارتباط بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی، انتشار دی اکسید کربن و توسعه مالی

1. Wang et al. (2016).
2. Hezareh et al. (2017).
3. Magazzino (2017).
4. Mirza et al. (2017).
5. Adams et al. (2018).
6. Khan et al. (2019).

با استفاده از روش گشتاورها و سیستم دو مرحله ای معادلات همزمان در دوره ۲۰۱۷-۱۹۹۰ پرداختند. نتایج نشان داد که رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن بر هم تأثیر می گذارند و دارای ارتباط معنا دار هستند. ناگو (۲۰۱۹) با استفاده از منحنی زیست محیطی کوزنتس در پژوهش خود به کشف ارتباط بین شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) و انتشار دی اکسید کربن پرداختند. در این پژوهش ۲۵ کشور منتخب اتحادیه اروپا در سالهای ۲۰۱۷-۱۹۹۵ مورد بررسی قرار گرفت. وی از متغیر شدت انرژی به عنوان تعیین کننده اصلی انتشار دی اکسید کربن استفاده کرده است. یافته های تحقیق نشان از الگوی U شکل منحنی انتشار دی اکسید کربن دارد. علاوه بر این مشخص شد که افزایش ۱۰٪ شدت انرژی، به افزایش ۲/۹٪ انتشار دی اکسید کربن می انجامد. زافر و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه خود به بررسی انرژی های تجدید پذیر و تجدید نا پذیر و تأثیری که بر رشد اقتصادی دارد، پرداختند. آنها این پژوهش را برای کشورهای همکاری اقتصادی آسیا و اقیانوسیه با استفاده از آزمون همسرتینگ طی دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۰ برای بررسی روابط تعادل بلند مدت بین متغیرها و تأیید حضور هم زیستی در بلند مدت مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نقش تحریک کننده انرژی در رشد اقتصادی مثبت و معنا دار است. سارکودی و استریزو (۲۰۱۹) به تأثیر مصرف انرژی بر انتشار دی اکسید کربن، در پنج کشور در حال توسعه منتشر کننده آلاینده (چین، هند، اندونزی، ایران و آفریقای جنوبی)، در طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۲ پرداختند. نتایج بررسی آنها تأثیر مثبت مصرف انرژی بر انتشار دی اکسید کربن و همچنین تأیید فرضیه پناهگاه آلاینده را در کشورهای مورد مطالعه، نشان می دهد. راد مهر و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه ای به بررسی ارتباط سه طرفه میان رشد اقتصادی، انتشار دی اکسید کربن و مصرف انرژی با روش حداقل مربعات دو مرحله ای فضایی (GS2SLS) برای کشورهای اتحادیه اروپا از سال ۲۰۱۴-۱۹۹۵ پرداختند. یافته های آنها همبستگی فضایی مثبت متغیرها را در سراسر کشورها تأیید می کند. همچنین نتایج رابطه میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن و نیز رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن را تأیید می کند.

مهدهوی عادل و همکاران (۱۳۹۳) رابطه بین رشد اقتصادی، انرژی و محیط زیست؛ بررسی مدل های E3 را با استفاده از روش تخمین زن گشتاورهای تعمیم یافته در طی دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۵۳ برای ایران مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه حاکی از آن است که اثر متغیرهای رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر آلودگی مثبت و معنا دار است. همچنین اثر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی معنا دار است و در نهایت مصرف انرژی و رشد اقتصادی اثر مثبت و معنا داری را بر آلودگی محیط زیست ایران دارند. کهنسال و شایان مهر (۱۳۹۵) رابطه بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست

1. Neagu (2019).
2. Zafar et al. (2019).
3. Sarkodie & Strezov (2019).
4. Radmehr et al. (2021).



را مورد بررسی قرار دادند در این مطالعه به منظور اثر متقابل متغیرها از ارتباطات فضایی و الگوی معادلات هم زمان فضایی برای داده های تابلویی در کشورهای درحال توسعه استفاده شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست هر کشور می تواند تحت تأثیر مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست کشورهای مجاور نیز قرار گیرد. علاوه بر این نتایج حاکی از ارتباط علت و معلولی دوطرفه میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست و نیز بین آلودگی محیط زیست و مصرف انرژی وجود دارد. ارباب و همکاران (۱۳۹۶) رابطه رشد اقتصادی و مصرف انرژی تجدید پذیر را در کشورهای منتخب عضو اوپک بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که میزان مصرف انرژی تجدید پذیر علت گرنجری رشد اقتصادی است. شهنازی و همکاران (۱۳۹۶) رابطه علیت میان مصرف حامل های مختلف انرژی با رشد اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن را مورد بررسی قرار دادند این مطالعه که برای کشور ایران در طی دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۷۱ مورد بررسی قرار گرفت از روش علیت تودایاموتو استفاده شد. نتایج حاکی از رابطه علیت یک طرفه از مصرف حامل های انرژی به رشد اقتصادی بود. اما وجود رابطه علیت در مورد انتشار دی اکسید کربن تأیید نشده است. همچنین در بخش های حمل و نقل، خانگی، عمومی و تجاری علیت دو طرفه از متغیر رشد اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن به مصرف انرژی وجود دارد. در بخش صنعت نیز یک رابطه علیت یک طرفه از رشد اقتصادی به مصرف حامل انرژی گاز و برق و نیز رابطه علیت دو طرفه از رشد اقتصادی به زغال سنگ مورد تأیید است. علاوه بر این در این مطالعه رابطه علیت یک طرفه از انتشار دی اکسید کربن به نفت و رابطه علیت دو طرفه از انتشار دی اکسید کربن به سایر متغیر ها غیر از نفت وجود دارد. قاند و همکاران (۱۳۹۸) رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را بر اساس استفاده از الگوی خود توضیح برداری، روش جوهانسون- جو سیلیوس و روش تصحیح خطا برای کشور ایران مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که افزایش یک درصدی در انرژی تجدید پذیر مانند باد، خورشید، آب، زمین گرمایی می تواند به ترتیب به میزان ۶/۴۴، ۴/۲۹، ۱/۷۸، ۲/۰۹ و ۱/۵۶ درصدی در رشد اقتصادی شود. ناهیدی امیر خیز و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای در کشورهای سازمان همکاری اسلامی در سال های ۲۰۱۵-۱۹۹۵ پرداختند. نتایج حاکی از تأیید فرضیه زیست محیطی کوزنتس و تأثیر مثبت و معنا دار مصرف انرژی بر انتشار دی اکسید کربن دارد. همانطور که ملاحظه شد، بررسی ارتباط بین اقتصاد، انرژی و محیط زیست از نظر نظری و تجربی در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش سعی شده است که همبستگی میان اقتصاد، انرژی و محیط زیست را در کشورهای منتخب آسیایی پرداخته شود کشورهایی که در رتبه بندی میزان انتشار آلاینده بیشتری دارند. ضمن اینکه سعی کردیم متغیرهایی را که برای کشورهای آسیایی توضیح دهنده های مناسبی هستند به صورت معادلات همزمان و در قالب الگوی خطای

فضایی مورد تجزیه و تحلیل قرار دهیم. انجام این پژوهش می تواند سیاست گذاران اقتصادی و کارشناسان زیست محیطی را در اتخاذ سیاست‌های مناسب یاری رساند.

#### ۴. روش شناسی پژوهش

در این پژوهش برای مطالعه رابطه متقابل بین اقتصاد، انرژی و محیط زیست، از الگوی معادلات همزمان فضایی پانل<sup>۱</sup> استفاده می شود. در ادامه به معرفی هر یک از بخش های این الگو پرداخته می شود.

#### ۴-۱- معرفی مدل

وابستگی فضایی پدیده ای است که همواره در داده های نمونه ای دارای عنصر مکانی روی می دهد، به طوری که وقتی مشاهده ای مربوط به یک مکان  $i$  وجود داشته باشد، این مشاهده به مشاهدات دیگر در مکان های  $j \neq i$  وابسته است. سه نسل از مدل های اقتصادسنجی فضایی همواره مورد مطالعه قرار می گیرد. نسل اول شامل مدل های مبتنی بر داده های مقطعی یا زمانی است. نسل دوم شامل مدل های غیر پویا مبتنی بر داده های ترکیبی فضایی است. این مدل ها می توانند داده های مقطعی و سری های زمانی را ادغام نمایند اما آن ها اغلب فضای تصادفی یا ثابت و یا اثرات فضایی دوره زمانی را کنترل می کنند. نسل سوم از مدل های اقتصادسنجی فضایی شامل مدل های پویا با داده های ترکیبی فضایی است. در آغاز این قرن هیچ روش تخمین ساده ای برای این نوع از مدل ها وجود نداشت. به این دلیل روش هایی برای مدل های پویا اما غیر فضایی و مدل های غیر پویا با داده های ترکیبی فضایی به وجود آمد هنگامی که این روش ها به وجود آمدند تخمین زنده های تورش دار را ایجاد می کردند. نمونه های از مطالعات اخیر پارتریج و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۲)، گیبونز و اورمن<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) و کرادو و فینگلتون<sup>۴</sup> (۲۰۱۲) به خوبی در گسترش این مدل های اقتصادسنجی فضایی ترکیبی نقش ایفا کرده اند.

#### ۴-۱-۱- تعیین مجاورت فضایی

در کارهای تحقیقاتی فضایی، معمولا داده هایی وجود دارند که دارای بعد مکانی می باشند. بنابراین پیش از مطرح شدن مسأله وابستگی فضایی باید به تعیین کمیت و مقدار عددی جنبه های مکانی پرداخته شود. دو منبع اطلاعاتی برای این بررسی وجود دارد. یکی موقعیت در صفحه ی مختصات که از طریق طول و عرض جغرافیایی نشان داده می شود و بر این اساس می توان فاصله ی هر نقطه در فضا را یا فاصله هر مشاهده قرار گرفته در هر نقطه را نسبت به نقاط یا مشاهدات ثابت یا مرکزی

1. Spatial Panel Simultaneous Equations Model
2. Partridge et al. (2012).
3. Gibbons and Overman (2012).
4. Corrado and Fingleton (2012).

محاسبه نمود. مشاهداتی که به هم نزدیکترند نسبت به آن‌هایی که از هم دورترند، باید منعکس‌کننده وابستگی فضایی بالاتری باشند. به عبارت دیگر، با افزایش فاصله بین مشاهدات، وابستگی فضایی و تأثیرات آن بین مشاهدات کاهش می‌یابد. دومین منبع اطلاعاتی مکانی، مجاورت و همسایگی است که منعکس‌کننده موقعیت نسبی در فضای یک واحد منطقه‌ای مشاهده شده، نسبت به واحدهای دیگری از آن قبیل می‌باشد. معیار نزدیکی و مجاورت بر اساس اطلاعات به دست آمده از روی نقشه‌ی جامعه مورد مطالعه قابل دسترس خواهد بود و بر اساس این اطلاعات می‌توان تعیین نمود که کدام مناطق با هم، همسایه یا مجاور هستند، یعنی دارای مرزهایی هستند که به هم می‌رسند. بنابراین واحدهای همسایه یا مجاور نسبت به واحدهای دورتر درجه‌ی وابستگی فضایی بالاتری را دارند (رحمانی و امیری، ۱۳۸۶). در روش مجاورت، اثرات فضایی فقط به مناطق همسایه (مناطق که از لحاظ جغرافیایی نقاط همجوار داشته باشند) محدود می‌شوند. برای تعیین ماتریس وزن فضایی به روش مجاورت، روش‌های مختلفی وجود دارد. از جمله مجاورت خطی، رخ مانند، فیل مانند، رخ مانند دو طرفه و ملکه (نجفی علمدارلو و همکاران، ۱۳۹۱). در روش رخ مانند در ماتریس وزن فضایی، عنصر متناظر با نقاط غیر هم مرز صفر در نظر گرفته می‌شود. ماتریس وزن را به صورت (۴) نشان می‌دهند:

$$W = \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & w_{1N} \\ w_{21} & 0 & w_{2N} \\ \vdots & & \\ w_{N1} & w_{N2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

ماتریس وزن فضایی یک ماتریس متقارن است که عناصر قطر اصلی آن صفر و بقیه عناصر در صورتی که دو کشور همسایه باشند یک و در حالتی که دو کشور همسایه نباشند مقدار صفر را به خود می‌گیرد

#### ۴-۱-۲-آزمون تشخیص وابستگی فضایی

در تحلیل‌های اقتصادسنجی فضایی، ابتدا به بررسی وابستگی فضایی پرداخته میشود. به منظور تشخیص وابستگی فضایی از آزمونهای تشخیصی مانند؛ موران، گری، گتیس ۳ و آزمون ضریب لاگرانژ ۴ استفاده میشود. اساساً خودهمبستگی فضایی به تحلیل این موضوع می‌پردازد، که آیا یک متغیر در یک منطقه بر همان متغیر در مناطق همجوار تأثیرگذار است یا خیر. چنانچه این تأثیرگذاری مثبت باشد، افزایش یک متغیر در یک منطقه باعث افزایش همان متغیر در مناطق همجوار میگردد اصطلاحاً به این نوع همبستگی، خودهمبستگی فضایی مثبت می‌گویند. چنانچه وجود متغیر تأثیر

1. Moran
2. Geary
3. Getis
4. Lagrange Multiplier Test

منفی بر همان متغیر در مناطق همجوار داشته باشد، اصطلاحاً این نوع خودهمبستگی را خودهمبستگی فضایی منفی عنوان می کنند. اگر رابطه خاصی بین متغیرها در مناطق همجوار نباشد، اصطلاحاً گفته میشود که خودهمبستگی فضایی وجود ندارد. عموماً در مطالعات تجربی از آزمون موران برای تشخیص خودهمبستگی فضایی استفاده می شود. آماره موران برای متغیر  $X$  در خصوص مناطق مختلف به صورت (۵) محاسبه می شود:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} c_{ij}}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (5)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad (6)$$

که  $X_i$  و  $X_j$  مقادیر  $X$  در مکان های  $i$  و  $j$  و  $\bar{X}$  میانگین ویژگی هر ایستگاه است.  $s^2$  واریانس نمونه است.  $w_{ij}$  موقعیت مجاورت  $i$  و  $j$  نسبت به یکدیگر و به عبارتی نوع ارتباط فضایی آن ها است که به عنوان ماتریس وزن نام برده می شود. اگر  $i$  و  $j$  در همسایگی هم قرار داشته باشند، مقدار  $w_{ij}$  یک و در صورت عدم همسایگی مقدار  $w_{ij}$  صفر به دست می آید. دامنه تغییرات شاخص موران جهانی بین -۱ تا +۱ است. در صورتی که مقادیر معنی دار و بزرگتر از صفر باشد همبستگی فضایی مثبت و معنی دار و خوشه ای؛ در غیر این صورت همبستگی فضایی منفی و به صورت پراکنده می باشد. آزمون اهمیت موران توسط  $z$  اندازه گیری می شود تا از آن برای معنی داری آماری نتایج استفاده شود.  $Z$  توسط رابطه (۷) به دست می آید.

$$Z = \frac{I - E(I)}{SD(I)} \quad (7)$$

که در آن  $SD$  و  $E$  به ترتیب انحراف معیار و میانگین می باشند.  $E$  امید شاخص موران است که محاسبه آن در رابطه (۸) نشان داده شده است.

$$E(I) = -1/(n - 1) \quad (8)$$

اگر مقدار احتمال این آماره کمتر از ۱۰ درصد باشد فرضیه مقابل پذیرفته می شود و این بدان مفهوم است که مشاهدات کشوری به طور معنی داری به هم همبسته هستند.

#### ۴-۱-۳- مدل های اقتصاد سنجی فضایی

مدل های فضایی بسته به اینکه متغیر وابسته، متغیرهای توضیحی یا جمله خطا وابستگی فضایی داشته باشند، به صور متفاوتی مطرح می شوند که متداول ترین آنها مدل خود رگرسیون فضایی (SAR) ۱ و مدل خطای فضایی یا خود همبستگی در جملات اخلاص (SEM) ۲ است. مدل خود رگرسیون فضایی به عنوان کامل ترین الگوی خود رگرسیون فضایی است، به نوعی که سایر مدل ها

در این الگو قرار می گیرند و می توان با وارد کردن محدودیت هایی بر روی پارامترهای این الگو سایر مدل های فضایی را به دست آورد. شکل کلی این الگو به صورت رابطه (۹) نشان داده می شود.

$$y = \rho w_1 y + \beta x + \mu \quad (9)$$

$$\mu = \lambda w_2 \mu + \varepsilon \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_N)$$

در این الگو برداری از متغیر وابسته،  $x$  متغیرهای توضیحی و  $w_1$  و  $w_2$  ماتریس وزن های فضایی است.  $\beta$  برداری از متغیرها،  $\rho$  ضریب خود همبستگی فضایی و  $\lambda$  ضریب خود همبستگی فضایی در جملات خطا است. اگر پارامتر  $\rho$  برابر با صفر قرار داده شود، الگوی خود رگرسیونی با همبستگی در جملات اخلاص (SEM) یعنی رابطه (۱۰) به دست می آید. این مدل بیانگر آن است که همبستگی فضایی مستقیم بین کشورهای مورد مطالعه وجود ندارد، بلکه همبستگی از طریق جملات اخلاص در مناطق همسایه صورت می گیرد.

$$y = \beta x + \mu \quad (10)$$

$$\mu = \lambda w \mu + \varepsilon \quad \varepsilon \approx N(0, \sigma^2 I_n)$$

#### ۴-۱-۴- مدل های معادلات همزمان فضایی پانل ۱ و روش حداقل مربعات دو مرحله ای تعمیم

##### یافته فضایی ۲

با نگاهی سطحی به آثار منتشر شده در علم اقتصاد، می توان گفت که بسیاری از روابط اقتصادی به وسیله مدل های تک معادله ای قابل تبیین هستند. در اینگونه مدل ها یک متغیر به عنوان متغیر وابسته تابعی خطی از یک تا چند متغیر توضیحی قرار می گیرد و همواره فرض بر این است که رابطه علی (در صورت وجود) بین دو متغیر از نوع یک طرفه باشد. اما در مواردی رابطه علی یک طرفه جهت تبیین روابط اقتصادی، مناسب نمی باشد. در اینگونه موارد متغیر وابسته نه تنها به متغیرهای مستقل بستگی دارد بلکه بعضی از متغیرهای توضیحی نیز به وسیله متغیر وابسته تعیین می شوند. بنابراین می توان گفت بین متغیر وابسته و بعضی از متغیرهای توضیحی رابطه همزمان و با دو طرفه وجود دارد در این مدل ها بایستی چند معادله یا یک سیستم معادلات برای آنها تعریف کنیم به عنوان مثال فرض می کنیم که رابطه  $Y_1$  و  $Y_2$  به صورت رابطه (۱۱) باشد.

$$Y_{1t} = \alpha_1 + \beta_1 X_t + \gamma_1 Y_{2t} + v_{1t} \quad (11)$$

$$Y_{2t} = \alpha_2 + \beta_2 X_t + \gamma_2 Y_{1t} + v_{2t}$$

در اینجا دو معادله همراه با دو متغیر وابسته و یک متغیر توضیحی داریم. رابطه  $Y_1$  و  $Y_2$  دو طرفه است. در این سیستم معادلات متغیر وابسته در معادله دیگر به صورت توضیحی نیز ظاهر می شوند. همچنانکه که در رابطه (۱۳) می بینیم، متغیرهای لحاظ شده در یک سیستم معادلات همزمان بر

1. Simultaneous Equation Models
2. Generalized Spatial Panel Two Stage Least Squares

دو قسم هستند: متغیرهای درونزا<sup>۱</sup> که مقدار عددی آن از داخل مدل تعیین می شود ( $Y_1$  و  $Y_2$ )؛ و متغیرهای از پیش تعیین شده<sup>۲</sup> یا متغیرهایی که مقادیر عددی آنها خارج از مدل تعیین می شود ( $X$ ). البته متغیرهای از پیش تعیین شده خود از دو گروه، متغیرهای برون زا<sup>۳</sup> و متغیرهای درونزای تأخیری تشکیل شده اند. اینگونه معادلات را که در هر معادله متغیر درون زا بر اساس متغیرهای برون زا و درون زا بیان می شوند، به سیستم معادلات فرم ساختاری<sup>۴</sup> معروف هستند.

انواعی از روش های اقتصادسنجی با تأکید بر حذف و یا وجود جزء اخلاص به دلیل انجام بهترین روش برازش ارائه شده اند؛ آزمون دوربین- وو - هاسمن<sup>۵</sup> به منظور تست درون زایی مدل معرفی شده است. فرضیه صفر این آزمون برون زایی متغیر است. در صورتی که فرضیه صفر رد شود در این صورت درون زا بودن متغیرها تأیید می شود که در این حالت برآورد مدل به روش OLS معتبر نیست و باید از متغیرهای ابزاری برای غلبه بر این مشکل استفاده شود. در این حالت در صورتی که وجود همبستگی فضایی تأیید شود؛ می توان به منظور دستیابی به نتایج دقیق تر می توان از روش حداقل مربعات دومرحله ای فضایی تعمیم یافته GS2SLS که یک روش سه فاز برای تخمین معادلات فضایی استفاده کرد. روش GS2SLS برای داده های تابلویی روشی سازگار و کارا است و نیازی به آزمون هاسمن جهت سازگاری الگوهای تصادفی در این وجود ندارد (رفعت و بیک زاده، ۱۳۹۱). برای برآورد معادلات همزمان فضایی، از روش حداقل مربعات دو مرحله ای فضایی استفاده می شود. این رویکرد شامل سه مرحله است؛ در مرحله اول، مدل رگرسیون با استفاده از متغیرهای ابزاری، به وسیله حداقل مربعات دو مرحله ای (2SLS) برآورد می شود. در مرحله دوم پارامتر اتورگرسیون  $\rho$  از نظر باقیمانده های به دست آمده از طریق مرحله اول در روش گشتاور تعمیم یافته که توسط کلیجان و پروچا (۱۹۹۸) پیشنهاد شده، برآورد می شود. در نهایت، در مرحله سوم مدل رگرسیون را مجدداً توسط 2SLS پس از تبدیل مدل از طریق کوکران اورکات به منظور به دست آوردن همبستگی فضایی، برآورد می شود. در مقایسه با برآوردکننده حداقل مربعات تعمیم یافته، به این روش برآورد به عنوان روش حداقل مربعات دو مرحله ای فضایی تعمیم یافته اشاره می شود. برای ادامه بحث رابطه (۱۲)، را در نظر بگیرید:

$$y_n = Z_n \delta + u_n \quad (12)$$

$$u_n = \rho M_n u_n + \varepsilon_n ,$$

که در آن  $Z_n = (X_n, W_n y_n)$  و  $\delta = (\beta, \lambda)$  است. برآوردگر gs2sls با رابطه (۱۳) ارائه می شود:

1. Endogenous
2. Predetermined
3. Exogenous
4. Structural form
5. Durbin - Wu - Hausman
6. Kelejian and prucha (1998).

$$\hat{\delta}_{F,n} = [\hat{Z}_{n*}(\hat{\rho}_n)' \hat{Z}_{n*}(\hat{\rho}_n)]^{-1} \hat{Z}_{n*}(\hat{\rho}_n)' y_{n*}(\hat{\rho}_n) \quad (۱۳)$$

است.  $y_{n*}(\hat{\rho}_n) = y_n - \hat{\rho}_n M_n y_n$  و  $Z_{n*}(\hat{\rho}_n) = P_{Hn} Z_n(\hat{\rho}_n) = Z_n - \hat{\rho}_n M_n Z_n$

$$\hat{Z}_{n*}(\hat{\rho}_n) = (X_n - \hat{\rho}_n M_n X_n, W_n y_n - \hat{\rho}_n M_n W_n y_n) \quad (۱۴)$$

$$W_n y_n - \hat{\rho}_n M_n W_n y_n = P_{Hn} (W_n y_n - \hat{\rho}_n M_n W_n y_n) \quad (۱۵)$$

فرض کنید مفروضات فوق برقرار باشد و  $\hat{\rho}_n$  برآوردگر ثابتی برای  $\rho$  است و

$$\hat{\varepsilon}_n = y_{n*}(\hat{\rho}_n) - \rho \quad \text{و} \quad \hat{\sigma}_{\varepsilon,n}^2 = \hat{\varepsilon}_n' \hat{\varepsilon}_n / n \quad \text{و} \quad Z_{n*}(\hat{\rho}_n) \hat{\delta}_{F,n}$$

$$\sqrt{n}(\hat{\delta}_{F,n} - \delta) \xrightarrow{D} N(0, \Phi) \quad (۱۶)$$

$$\Phi = \sigma_{\varepsilon}^2 \left[ p \lim_{n \rightarrow \infty} n^{-1} \hat{Z}_{n*}'(\hat{\rho}_n) \hat{Z}_{n*}(\hat{\rho}_n) \right]^{-1} \quad (۱۷)$$

$$= \sigma_{\varepsilon}^2 \left[ p \lim_{n \rightarrow \infty} n^{-1} \hat{Z}_{n*}'(\rho) \hat{Z}_{n*}(\rho) \right]^{-1}$$

$$p \lim_{n \rightarrow \infty} \hat{\sigma}_{\varepsilon,n}^2 = \sigma_{\varepsilon}^2 \quad (۱۸)$$

قضیه بالا همواره بیان می کند که  $\hat{\delta}_{F,n}$  سازگار است. علاوه بر این نشان می دهد که استنباط

های نمونه کوچک در مورد  $\delta$  را می توان براساس تقریب نمونه کوچک؛

$$\hat{\delta}_{F,n} \sim N \left[ \delta, \hat{\sigma}_{\varepsilon,n}^2 [\hat{Z}_{n*}'(\hat{\rho}_n) \hat{Z}_{n*}(\hat{\rho}_n)]^{-1} \right] \quad (۱۹)$$

دانست.

سرانجام، الگوی پژوهش که در ادامه تصمیم به برآورد آن است در رابطه (۲۰) خلاصه می شود:

$$\begin{aligned} \text{Ln}(\text{GDP}_{it}) = & \alpha_0 + \alpha_1 \text{Ln}(\text{CO}_{2it}) + \alpha_2 \text{Ln}(\text{E}_{it}) + \alpha_3 \text{Ln}(\text{L}_{it}) + \alpha_4 \text{Ln}(\text{K}_{it}) \\ & + \alpha_5 w_{it} \text{Ln}(\text{GDP}_{it}) + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ln}(\text{E}_{it}) = & \vartheta_0 + \vartheta_1 \text{Ln}(\text{GDP}_{it}) + \vartheta_2 \text{Ln}(\text{CO}_{2it}) + \vartheta_3 \text{Ln}(\text{EX}_{it}) + \vartheta_4 \text{Ln}(\text{Im}_{it}) \\ & + \vartheta_5 \text{Ln}(\text{Ur}_{it}) + \vartheta_6 \text{Ln}(\text{K}_{it}) + \vartheta_7 w_{it} \text{Ln}(\text{E}_{it}) + \pi_{it} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ln}(\text{CO}_{2it}) = & \varphi_0 + \varphi_1 \text{Ln}(\text{E}_{it}) + \varphi_2 \text{Ln}(\text{GDP}_{it}) + \varphi_3 \text{Ln}(\text{Ps}_{it}) + \varphi_4 \text{Ln}(\text{Ur}_{it}) \\ & + \varphi_5 w_{it} \text{Ln}(\text{CO}_{2it}) + v_{it} \end{aligned} \quad (۲۰)$$

در بخش بعدی به تعریف متغیرهای رابطه (۲۰)، به عنوان الگوی مطالعه، می پردازیم.

#### ۴-۲- داده

متغیرهای الگوی (۲۰) در جدول (۱) توصیف می شوند. تعریف متغیر، واحد متغیر و منبع گردآوری

داده ها در جدول (۱) گزارش شده است.

جدول (۱): متغیرهای الگو

متغیر	تعریف	واحد	منبع داده
GDP	تولید ناخالص داخلی سرانه	Constant 2015 US\$	بانک جهانی
E	مصرف انرژی سرانه	kg of oil equivalent	بانک جهانی
CO <sub>2</sub>	انتشار سالانه دی اکسید کربن سرانه	Metric tons	بانک جهانی
K	تشکیل سرمایه ثابت ناخالص سرانه	Constant 2015 US\$	صندوق بین المللی پول (IMF)
L	نیروی کار	Preson(Total)	بانک جهانی
Ur	جمعیت شهری (شهرنشینی)	%Total of population	بانک جهانی
Ps	ثبات سیاسی و عدم وجود خشونت/ تروریسم	Number of Sources	بانک جهانی
Im	نسبت واردات کالاهای صنعتی به کل واردات	% of import	بانک جهانی
Ex	نسبت صادرات کالاهای صنعتی به کل صادرات	% of exports	بانک جهانی

منبع: داده‌های پژوهش

لازم به ذکر است متغیر نیروی کاری (L) به صورت نفر گردآوری شده است ولی در الگو با تقسیم بر جمعیت به صورت درصدی از کل جمعیت (I) در نظر گرفته شده است. متغیرهای  $w_{it} \ln(GDP_{it})$ ،  $w_{it} \ln(E_{it})$  و  $w_{it} \ln(CO_{2it})$  متغیرهای تأخیر فضایی هستند که توسط محققین ساخته می‌شود.

در الگوی (۲۰)، همبستگی میان رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی در نظر گرفته شده است. همچنین در این مدل با استفاده از مطالعات تجربی از سایر متغیرهای تأثیر گذار نظیر شهرنشینی، ثبات سیاسی، سهم صادرات و واردات کالاهای صنعتی از صادرات و واردات نیز در جهت بررسی همبستگی رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی استفاده شده است. ثبات سیاسی به عنوان شاخصی از حکمرانی خوب در دهه های اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته است. حکمرانی خوب در اتخاذ سیاست های پیش بینی شده، آشکار و صریح دولت تبلور می یابد. یکی از عوامل موثر بر عملکرد محیط زیست، بی ثباتی سیاسی است. به طور کلی می توان نقطه آغاز بی ثباتی را در تقاضا برای تغییرات سیاسی دانست که می تواند انرژی که باید صرف بهبود عملکرد محیط زیست گردد را از بین ببرد و روند طبیعی حفاظت از محیط زیست در اثر سوء مدیریت منحرف می شود. شهرنشینی یا جمعیت شهری به افرادی اطلاق می شود که در مناطق شهری زندگی می کنند. پدیده شهر نشینی، پیامدهای اقتصادی گسترده ای را در بر خواهد داشت. که مهم ترین آنها شتاب بخشیدن به روند



کاهش منابع و ذخایر تجدید ناپذیر، انتشار آلاینده‌ها و به طور خاص تغییر در روند الگوی مصرف انرژی می‌باشد (فطرس و معبودی، ۱۳۹۰). سهم صادرات کالاهای صنعتی به بخشی از کل کالاهای صادراتی اطلاق می‌شود که به کالاهای صنعتی شامل ماشین آلات و تجهیزات حمل و نقل، تولیدات اساسی و مواد شیمیایی مربوط می‌شود. دلایلی مبنی بر تأثیر پذیری صادرات و مصرف انرژی بر هم وجود دارد. گسترش صادرات، تقاضا برای عوامل تولید (انرژی) را افزایش می‌دهد. در واقع برای راه اندازی ماشین آلات و تجهیزاتی که در جریان تولید برای صادرات استفاده می‌شوند، انرژی مصرف می‌شود. بنابراین با افزایش حجم صادرات تقاضا برای مصرف انرژی نیز افزایش می‌یابد. به دلیل محدودیت‌های زیست محیطی، تولید بسیاری از کالاهای صنعتی که مصرف انرژی بالایی دارند، به کشورهای در حال توسعه که دغدغه کمتری نسبت به مسائل زیست محیطی دارند، منتقل شده است. به بخشی از کل کالاهای وارداتی که به کالاهای صنعتی مربوط می‌شود، سهم واردات صنعتی نسبت کالاهای صنعتی وارد شده به کل کالاهای وارداتی است. از سه جنبه می‌توان تأثیر واردات بر مصرف انرژی را بررسی کرد. اول اینکه توزیع کالاهای وارداتی در داخل یک کشور بر اساس حمل و نقل صورت می‌گیرد که این شبکه حمل و نقل به مصرف انرژی نیازمند است. دوم، در مورد کالاهای با دوام وارداتی مانند خودرو، یخچال، سیستم تهویه هوا و ... که نیازمند مصرف انرژی بالایی می‌باشند، افزایش تقاضای کالای وارداتی موجب افزایش مصرف انرژی می‌گردد. سوم، در صورت مصرف بالای کالاهای جانشین، افزایش واردات کالاهای با کارایی بیشتر در مصرف انرژی، مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. بنابراین اثر خالص افزایش واردات کالاهای صنعتی بر روی مصرف انرژی در کشورها می‌تواند مثبت یا منفی باشد (سوری و چاپمن، ۱۹۹۸).

داده‌های مورد استفاده در دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۲۰ گردآوری شده‌اند. معیار انتخاب جامعه آماری ابتدا کشورهای آسیایی در یک محدوده جغرافیایی بودند که از نظر رتبه بندی در آسیا میزان انتشار دی اکسید کربن بالایی دارند. در گام بعد برخی کشورها به دلیل عدم دسترسی به داده حذف شدند و در نهایت ۱۵ کشور شامل: چین، هند، اندونزی، ایران، کره جنوبی، عربستان سعودی، ترکیه، پاکستان، تایلند، ویتنام، مالزی، بنگلادش، فیلیپین، عمان و سریلانکا مورد بررسی قرار گرفتند. رتبه این کشورها بر حسب انتشار دی اکسید کربن در میان کشورهای جهان به ترتیب ۱، ۳، ۷، ۸، ۱۲، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۲۰، ۲۲، ۳۰، ۳۴، ۳۵، ۴۹ و ۸۹ می‌باشد. در ادامه، در جدول (۲) گزارشی از آمار توصیفی متغیرهای الگو ارائه می‌گردد. آمار توصیفی در جهت تجزیه و تحلیل متغیرها استفاده می‌شود.

جدول (۲): توصیف آماری متغیرهای الگو

متغیرها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
GDP	۷۲۳۰/۱۱۷	۷۳۳۰/۱۴	۶۸۷/۳۸۳	۳۱۰۰/۷
E	۲۴۷۲۷/۹۹	۲۶۴۱۷/۴۱	۱۲۱۱/۶۱	۹۵۵۱۹/۶
CO <sub>2</sub>	۵/۰۵۷۱۴۵	۴/۹۲۲۱۵۴	۰/۲۰۷۰۵۳	۱۷/۶۹۱۷
K	۷۷/۲۵۱۷۹	۴۳/۳۴۵۵	۲۵/۳۰۶۲	۲۱۰/۳۷۴
L	$۱/۱۳ \times e^{\wedge}$	$۲/۰۸ \times e^{\wedge}$	۸۲۷۵۴۱	$۸ \times e^{\wedge}$
Ur	۵۴/۳۱۰۶۴	۲۱/۵۹۷۶۹	۱۸/۱۹۶	۸۴/۵۳۹
Ps	۷/۵۱۳۷۲۵	۱/۳۱۵۷۱۷	۴	۱۰
Im	۶۴/۲۸۲۶۹	۱۰/۵۹۷۴	۱۶/۲۹۵۱۲	۸۲/۳۱۱۵۸
Ex	۶۲/۵۳۸۳۳	۲۷/۸۸۵۲۳	۲/۶۱۶۰۴۲	۹۵/۸۱۲۳

منبع: داده‌های پژوهش

## ۵. نتایج تجربی و بحث

در ابتدا مسئله وابستگی مقطعی مورد بررسی قرار می‌گیرد. براساس اصول اقتصادسنجی هنگام استفاده از داده‌های پانلی یک پیش فرض وجود دارد که بین داده‌های مورد استفاده استقلال مقطعی برقرار است. اما برقراری این پیش فرض همانند سایر فرض باید از قبل اثبات شود، لذا اولین مرحله در اقتصادسنجی داده‌های پانلی قبل از هر آزمون دیگر اثبات وابستگی یا استقلال مقطعی است. بدین منظور از آزمون وابستگی مقطعی فریدمن (2004) استفاده می‌شود. فرضیه صفر این آزمون استقلال مقطعی و فرضیه مقابل وابستگی مقطعی را تأیید می‌کند. با توجه به نتایج این آزمون که در جدول (۳) گزارش می‌شود برای هر سه معادله و مقادیر بحرانی آنها که از توزیع نرمال برخوردار است وابستگی مقطعی نتیجه‌گیری می‌شود.

جدول (۳): آزمون وابستگی مقطعی پسران (۲۰۰۴)

معادله	آماره CD	مقدار احتمال
LGDP	-۱/۹۹۰	۰/۰۴۶
LE	-۱/۸۰۰	۰/۰۷۱
LCO2	۲/۲۱۰	۰/۰۲۷

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به تأیید وابستگی مقطعی، نتایج آزمون ریشه واحد سنتی IPS برای بررسی مانایی متغیرها قابل استناد نیست و باید از آزمون ریشه واحد با در نظر گرفتن وابستگی مقطعی مانند CIPS

که توسط پسران (2007) معرفی شده است استفاده گردد. نتایج این آزمون در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول (۴): نتایج آزمون ریشه واحد پسران با وابستگی مقطعی (CIPS)

متغیر	آماره (Z-tbar)	مقدار احتمال	وضعیت
LGDP	۱/۸۰۱	۰/۹۶۴	نامانا
LE	-۱/۱۷۰	۰/۱۲۱	نامانا
LCO2	-۱/۰۸۳	۰/۱۳۹	نامانا
LK	۲/۳۳۹	۰/۹۹۰	نامانا
Ll	-۱/۸۱۷	۰/۰۳۵	مانا
LUr	۸/۲۳۸	۱/۰۰۰	نامانا
LPs	-۰/۲۷۹	۰/۳۹۰	نامانا
LIm	-۱/۴۱۳	۰/۰۷۹	مانا
LEx	۰/۵۶۴	۰/۷۱۴	نامانا

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که مشخص است همه متغیرها (به استثنای Ll و LIm) در سطح نامانا بوده در این صورت نتایج باعث ایجاد رگرسیون کاذب می‌شود و تخمین الگو را با مشکل مواجه می‌کند. در این صورت برای نداشتن رگرسیون کاذب، باید از روشهای از بین بردن نامانایی در متغیرها استفاده کرد و یا باید با بررسی همجمعی به نوعی استدلال کرد که وجود ریشه واحد در تخمین الگو اشکال ایجاد نمی‌کند و رابطه بلندمدت بین متغیرها وجود دارد. به این ترتیب تنها در شرایط همجمعی متغیرها میتوان به نتایج اعتماد کرد. در صورت تأیید وابستگی مقطعی، استفاده از روش‌های مرسوم هم انباشتگی پانلی مانند پدرونی و کائو احتمال وقوع نتایج کاذب را افزایش خواهند داد. بنابراین برای رفع این مشکل آزمون‌های هم انباشتگی متعددی پیشنهاد شده است که وسترلاند از آن جمله است (صمدی، 1391). فرضیه صفر این آزمون مبنی بر عدم وجود هم انباشتگی بین متغیرها می‌باشد. بر اساس نتایج جدول (۵) می‌توان فرضیه صفر را مبنی بر عدم وجود هم انباشتگی رد و فرضیه مقابل را دال بر وجود هم انباشتگی را در هر سه معادله پذیرفت. به این معنی که یک رابطه بلند مدت میان متغیرها در هر سه معادله وجود دارد. این ارتباط بلند مدت اجازه برآورد تأثیر هر کدام از متغیرهای توضیحی بر روی متغیرهای وابسته را می‌دهد.

## جدول (۵): نتایج آزمون هم انباشتگی با وابستگی مقطعی و سترلانند

مقدار احتمال	آماره	معادله
۰/۰۱	-۲/۱۱	LGDP
۰/۰۳	-۱/۸۲	LE
۰/۰۵	-۱/۵۵	LCO2

منبع: یافته های پژوهش

در ادامه با در نظر گرفتن بعد مکانی در پژوهش و الگوی فضایی، لازم است که ماتریس مجاورت تهیه شده، استاندارد شود و به یک ماتریس مجاورت پانلی تبدیل شود. سپس به بررسی آزمون خود همبستگی فضایی پرداخته می شود. بدین منظور از آزمون های موران، و ضریب لاگرانژ استفاده می شود. فرضیه صفر این آزمون ها بر عدم وجود خود همبستگی فضایی دلالت دارد. در صورتی که فرضیه صفر رد شود، خود همبستگی فضایی تأیید می شود.

## جدول (۶): نتایج آزمون همبستگی فضایی

معادله $LCO_2$		معادله LE		معادله LGDP		نوع آزمون
مقدار احتمال	آماره	مقدار احتمال	آماره	مقدار احتمال	آماره	
۰/۰۰۰	۵/۸۶	۰/۰۰۰	۷/۴۳	۰/۰۰۰	۸/۲۰۵	آزمون موران I
۰/۰۰۰	۴۸/۹۰	۰/۰۰۰	۷۸/۴۸	۰/۰۰۰	۹۶/۹۳	آزمون LM وجود وقفه فضایی
۰/۰۰۰	۱۴/۱۱	۰/۰۰۰	۱۴/۱۶	۰/۰۰۰	۱۴/۰۶	آزمون LM وجود خطای فضایی
۰/۰۰۰	۱۳/۱۴	۰/۰۰۰	۱۹/۶۵	۰/۰۸۰	۳/۰۶	آزمون LM-Robust وجود وقفه فضایی
۰/۰۰۰	۲۲/۳۷	۰/۰۰۰	۸۲/۸۵	۰/۰۰۰	۴۷/۱۹	آزمون LM-Robust وجود خطای فضایی

منبع: یافته های پژوهش

با توجه با نتایج جدول (۶) استفاده از الگوی فضایی در مورد ارتباط بین اقتصاد، انرژی و محیط زیست تأیید می شود و برآورد مدل با لحاظ مجاورت فضایی توجیه پذیر است. لازم به ذکر است که در ادامه از مدل خود رگرسیونی فضایی (SAR) برای الگوی پژوهش بهره می بریم. موضوع برونزایی متغیرهای توضیحی، یکی از مسائل مهم در برآورد رگرسیون است. یک متغیر اگر با اجزای اخلاص همبستگی معناداری داشته باشد، درون زا است. در این صورت برآورد مدل با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (OLS) برآوردهای تورشدار و ناسازگاری را نتیجه خواهد داد. برای آزمون درونزایی متغیرها از آزمون دوربین-وو-هاسمن استفاده میشود. فرضیه صفر این آزمون برونزایی متغیر را نشان می دهد. نتایج این آزمون در جدول (۷) گزارش می شود.

## جدول (۷): نتایج آزمون درونزایی دوربین-وو-هاسمن

مقدار احتمال	آماره	معادله
۰/۰۰۰	۳۸/۹۶۰۹۱	LGDP
۰/۰۰۰۲	۲۱/۸۰۶۳۷	LE
۰/۰۰۲۵	۱۶/۵۴۹۷۷	LCO2

منبع: یافته های پژوهش

با توجه به نتایج به دست آمده فرضیه صفر رد می شود و نشان دهنده این است که برآوردگر های حداقل مربعات معمولی مناسب نیستند و باید از تکنیک متغیرهای ابزاری استفاده شود. همزمانی در الگوها به معنی استفاده از متغیرهای ابزاری و روش حداقل مربعات دو مرحله ای (2SLS) است ولی برآورد هر یک از معادلات به صورت مجزا صورت می گیرد. با توجه به تأیید وجود همبستگی فضایی این سه متغیر، به منظور دستیابی به نتایج دقیق تر از روش حداقل مربعات دو مرحله ای تعمیم یافته (GS2SLS) استفاده می شود. نتایج برآورد معادله رشد اقتصادی در جدول (۸) گزارش می شود.

## جدول (۸): نتایج برآورد معادله LGDP به روش GS2SLS

احتمال	آماره t	ضریب	متغیرهای توضیحی
۰/۰۰۷	۲/۷۲	۰/۰۴۸	WLGDP
۰/۰۰۰	۹/۹۲	۰/۹۳	LE
۰/۰۰۰	-۸/۵۲	-۰/۶۲	LCO2
۰/۰۰۷	-۲/۷۱	-۰/۰۱	LI
۰/۰۰۰	۶/۰۸	۰/۶۳	LK
۰/۰۰۰	۵/۵۶	۲/۱۴	عرض از مبدأ
-	-	۰/۹۶	(Buse)R <sup>2</sup>
-	-	۰/۹۶	(Buse)R <sup>2</sup> Adj
-	-	۰/۹۸	Raw Moment R <sup>2</sup>
-	-	۰/۹۸	Raw Moment R <sup>2</sup> Adj

منبع: یافته های پژوهش

ضریب جمله سرریز رشد اقتصادی معنادار و مثبت است (۰/۰۴۸). مثبت بودن ضریب سرریز فضایی نشان می دهد که رشد اقتصادی کشورهای مجاور (اطراف ۱) بر رشد اقتصادی کشور میزبان تأثیر گذار است. افزایش ۱٪ رشد اقتصادی کشورهای همسایه ۲ می تواند رشد اقتصادی کشور میزبان ۳ را به میزان ۰/۰۴٪ افزایش دهد. نتایج به دست آمده نشان دهنده تأثیر منفی و معنی دار نیروی کار

1. Surrounding countries
2. Adjacent countries
3. Host country

بر رشد اقتصادی دارد. با افزایش ۱٪ نیروی کار رشد اقتصادی به میزان ۰/۰۱٪ کاهش می یابد. این نتیجه با یافته های شهباز و همکاران (۲۰۱۱) و عمری (۲۰۱۳) مطابقت دارد و اینگونه توجیه پذیر است که از آنجا که تکنولوژی در کشورهای در حال توسعه غالباً کاربر می باشد و استفاده بیشتر از نیروی کار در بسیاری از بخش های اقتصادی بازده نزولی به همراه دارد لذا لزوماً رشد اقتصادی به همراه نخواهد داشت. سرمایه تأثیر مثبت و معنا داری بر رشد اقتصادی دارد به طوری که با افزایش ۱٪ سرمایه رشد اقتصادی به میزان ۰/۶۳٪ افزایش می دهد. افزایش رشد اقتصادی به دلیل افزایش سرمایه به این دلیل است که در کشورهای در حال توسعه ظرفیت لازم برای ورود سرمایه گذاری در بخش تولید وجود دارد و می تواند رشد اقتصادی را بالا ببرد. همچنین مصرف انرژی رابطه مثبت و معنا داری را بر رشد اقتصادی دارد و در بین سایر متغیر ها بیشترین تأثیر را بر رشد اقتصادی دارد و افزایش ۱٪ در مصرف انرژی می تواند به میزان ۰/۹۳٪ رشد اقتصادی را بالا ببرد بنابراین وجود منبع انرژی عامل بسیار با اهمیتی در افزایش رشد اقتصادی است.

نتایج برآورد معادله مصرف انرژی در جدول (۹) گزارش می شود.

جدول (۹): نتایج برآورد معادله LE به روش GS2SLS

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	احتمال
WLE	۰/۰۵	۲/۷۰	۰/۰۰۷
LCO2	۰/۱۶	۶/۴۷	۰/۰۰۰
LGDP	۰/۲۱	۳/۷۸	۰/۰۰۰
LEx	۰/۰۶	۳/۶۰	۰/۰۰۰
LIm	-۰/۱۱	-۲/۰۱	۰/۰۴۵
LUr	۰/۰۰۷	۲/۳۳	۰/۰۲۰
LK	۰/۰۱	۵/۱۷	۰/۰۰۰
عرض از مبدأ	۱/۰۱۲	۲/۶۶	۰/۰۰۸
(Buse)R <sup>2</sup>	۰/۹۹	-	-
(Buse)R <sup>2</sup> Adj	۰/۹۹	-	-
Raw Moment R <sup>2</sup>	۰/۹۹	-	-
Raw Moment R <sup>2</sup> Adj	۰/۹۹	-	-

منبع: یافته های پژوهش

در این معادله ضریب جمله سرریز انرژی مثبت و معنی دار است (۰/۰۵). این بدان مفهوم است که افزایش مصرف انرژی کشورهای مجاور منجر به افزایش معنی دار مصرف انرژی کشور میزبان می شود. به طوری که افزایش ۱٪ در مصرف انرژی کشورهای مجاور به میزان ۰/۰۵٪ بر مصرف انرژی

کشور میزبان متأثر است. انتشار دی اکسید کربن تأثیر مثبت و معنی دار بر مصرف انرژی دارد. رشد اقتصادی تأثیر مثبت و معنی دار بر مصرف انرژی دارد. همانطور که نتایج نشان می دهد رشد اقتصادی در مقایسه با سایر متغیرها بیشترین تأثیر را بر مصرف انرژی دارد. افزایش ۱٪ در رشد اقتصادی می تواند به میزان ۰/۲۱٪ مصرف انرژی را افزایش دهد. شهرنشینی نیز تأثیر مثبت و معنی داری بر مصرف انرژی دارد و با افزایش ۱٪ شهرنشینی، مصرف انرژی ۰/۰۷٪ افزایش می یابد. این نتیجه با یافته سبری ۱ و همکاران (۲۰۱۴) سازگار است. صادرات کالاهای صنعتی تأثیر مثبت و معنی داری بر مصرف انرژی دارد و با افزایش ۱٪ صادرات کالاهای صنعتی، میزان مصرف انرژی ۰/۰۶٪ افزایش می یابد. تولید کالاهای صادراتی با مصرف انرژی بالایی همراه می باشد در سالهای اخیر موج تقاضا برای تولید کالاهای صنعتی از طرف کشورهای توسعه یافته به کشورهای در حال توسعه روبه افزایش است. واردات کالاهای صنعتی تأثیر منفی و معنی دار بر مصرف انرژی دارد به طوری که با افزایش ۱٪ واردات کالاهای صنعتی مصرف انرژی به میزان ۰/۱۱٪ کاهش می یابد. این بدان مفهوم است که واردات در صورتی که بتواند جایگزین محصولات تولیدی مشابه داخلی گردد به دلیل اینکه تولید آنها با مصرف انرژی بالایی همراه است؛ میتواند مصرف انرژی را کاهش دهد. همچنین سرمایه نیز اثر مثبت و معنی داری بر مصرف انرژی دارد به گونه ای که با افزایش ۱٪ سرمایه، مصرف انرژی ۰/۰۱٪ افزایش می یابد.

نتایج برآورد معادله انتشار دی اکسید کربن در جدول (۱۰) گزارش می شود.

جدول (۱۰): نتایج برآورد معادله  $LCO_2$  به روش GS2SLS

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	احتمال
WLCO <sub>2</sub>	۰/۱۴	۴/۹۳	۰/۰۰۰
LE	۰/۱۸	۹/۰۲	۰/۰۰۰
LGDP	۰/۰۱	۱/۷۶	۰/۰۸۱
LPs	-۰/۰۲	-۲/۱۶	۰/۰۳۲
LUr	۰/۰۱	۶/۴۹	۰/۰۰۰
عرض از مبدأ	۲/۹۱	۱۶/۴۳	۰/۰۰۰
(Buse)R <sup>2</sup>	۰/۹۶	-	-
(Buse)R <sup>2</sup> Adj	۰/۹۶	-	-
Raw Moment R <sup>2</sup>	۰/۹۸	-	-
Raw Moment R <sup>2</sup> Adj	۰/۹۸	-	-

منبع: یافته‌های پژوهش

ضریب جمله سرریز انتشار دی اکسید کربن مثبت و معنی دار است (۰/۱۴). به این مفهوم که افزایش ۱٪ در انتشار دی اکسید کربن کشورهای مجاور می تواند به میزان ۰/۱۴٪ در انتشار دی اکسید کربن کشور میزبان متأثر باشد. رشد اقتصادی تأثیر مثبت و معنی داری بر انتشار دی اکسید کربن دارد. افزایش ۱٪ در رشد اقتصادی می تواند انتشار دی اکسید کربن را به میزان ۰/۰۱٪ افزایش دهد. بنابراین می توان گفت رشد اقتصادی تخریب محیط زیست را افزایش می دهد. نتایج به دست آمده با یافته های هالیچیوگلو ۱ (۲۰۰۹) برای ترکیه، جایان تاکوماران و همکاران ۲ (۲۰۱۲) برای دو کشور چین و هند، صبوری و سلیمانی ۳ (۲۰۱۲) برای مالزی، عمری (۲۰۱۳) برای کشورهای منا مطابقت دارد. همانطور که انتظار می رود افزایش مصرف انرژی سبب افزایش انتشار دی اکسید کربن می گردد به طوری که افزایش ۱٪ مصرف انرژی میزان انتشار دی اکسید کربن را ۰/۱۸٪ افزایش می دهد. بنابراین افزایش مصرف انرژی منجر تخریب محیط زیست می گردد. متغیر شهرنشینی تأثیر مثبت و معنی داری بر انتشار دی اکسید کربن دارد. افزایش ۱٪ در شهرنشینی میزان انتشار دی اکسید کربن را ۰/۰۱٪ افزایش می دهد. ثبات سیاسی به عنوان شاخصی از حکمرانی خوب تأثیر منفی و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن دارد. افزایش ۱٪ در ثبات سیاسی می تواند انتشار دی اکسید کربن را به میزان ۰/۰۲٪ کاهش دهد. به این معنی که با افزایش ثبات سیاسی در کشورهای منتخب انتشار دی اکسید کربن کاهش می یابد که می تواند در بهبود کیفیت محیط زیست موثر باشد.

#### ۶. نتیجه گیری و توصیه سیاستی

از زمانی که رشد اقتصادی به عنوان هدف مطلوب جوامع قرار گرفت و نیز از زمان جایگزینی اقتصاد صنعتی به جای اقتصاد سنتی و در نتیجه بهره برداری بیشتر از انرژی؛ تخریب محیط زیست نیز مورد توجه طرفداران محیط زیست قرار گرفت. در پژوهش حاضر به مطالعه ارتباط و همبستگی میان رشد اقتصادی، مصرف انرژی و کیفیت محیط زیست با استفاده از الگوی معادلات همزمان پانل فضایی در کشورهای آسیایی در دوره زمانی ۲۰۰۲-۲۰۱۸ پرداخته شده است. بررسی همبستگی فضایی این امکان را فراهم می کند که ارتباط و همبستگی میان متغیرها در شرایطی تحلیل گردد که ارتباط کشورها با یکدیگر در نظر گرفته شود. همچنین برای بررسی دقیق تر روابط مذکور متغیرهای کنترلی شامل سرمایه، نیروی کار، شهرنشینی، ثبات سیاسی، سهم صادرات و واردات صنعتی در الگو در نظر گرفته شده است.

نتایج این پژوهش حاکی از تایید همبستگی فضایی رشد اقتصادی، مصرف انرژی و کیفیت محیط زیست است. به عبارتی دیگر، اثرات سرریز فضایی رشد اقتصادی، مصرف انرژی و کیفیت محیط

1. Halicioglu (2009).
2. Jayanthakumaran et al. (2012).
3. Saboori & Sulaimani (2013).



زیست بطور معنی داری وجود دارد و رشد اقتصادی، مصرف انرژی و کیفیت محیط زیست در هر کشور به ترتیب تحت تأثیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و کیفیت محیط زیست کشور دیگر قرار می‌گیرد. ضمن اینکه کیفیت محیط زیست به طور فضایی همبستگی قوی تری نسبت به دو سری دیگر دارد. به عبارت دیگر، کشورهای آسیایی منتخب به طور معنی داری از شرایط محیط زیستی هم تأثیر می‌پذیرند در مقایسه با شرایط اقتصادی.

از طرفی رشد اقتصادی و مصرف انرژی، رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست و مصرف انرژی و کیفیت محیط زیست ارتباط متقابل معنی دار دارند. این نتایج با مطالعات لائو و همکاران (۲۰۱۱)، هالیچیوگلو (۲۰۰۹)، هزاره و همکاران (۲۰۱۷)، نجاتی و همکاران (۱۳۹۸) و تقوایی و پارسا (۲۰۱۵) سازگار است. ارتباط دو طرفه رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست بیانگر آن است که ضمن آنکه تولید بیشتر آلودگی بیشتر را به همراه دارد همچنین آلودگی اثرات مستقیم و غیر مستقیم مضر بر رشد اقتصادی از طریق افزایش مخارج درمان و کاهش بهره‌وری نیروی کار دارد. ارتباط دو طرفه رشد اقتصادی و مصرف انرژی نیز مورد تایید است.

ثبات سیاسی بطور معنی داری منجر به افزایش کیفیت محیط زیست می‌شود. این نتیجه با مطالعه احمدی نیاز و همکاران (۱۳۹۵) سازگار است. رشد شهرنشینی به دلیل ساختار نامطلوب شهرها منجر به کاهش کیفیت محیط زیست می‌گردد. این یافته با مطالعات فرانکو و همکاران (۲۰۱۷) و وانگ و همکاران (۲۰۱۶) سازگار است. سهم صادرات و واردات صنعتی به ترتیب منجر به افزایش و کاهش معنی داری مصرف انرژی می‌شوند. این یافته نشان می‌دهد تولید کالاهای صنعتی قابل صدور به افزایش بیشتر مصرف انرژی منجر می‌گردد. سوری و چاپمن (۱۹۹۸) نشان دادند که صادرات کالاهای صنعتی ساخته شده در اقتصادهای در حال توسعه به سمت کشورهای توسعه یافته رو به افزایش است. نکته جالب توجه آنکه، تقاضا برای این محصولات از این کشورها، با نرخ بالایی در حال افزایش است و مشتری اصلی آنها اقتصادهای توسعه یافته‌اند. اگر واردات کالاهای صنعتی به منظور جایگزینی آنها با کالاهای مشابه تولید داخل (که با صرف انرژی بالایی تولید می‌شدند) باشد، افزایش در واردات کالاهای گفته شده، مصرف انرژی را کاهش خواهد داد. این یافته‌ها با مطالعه مهر آرا و همکاران (۱۳۹۰) سازگار است. تشکیل سرمایه ثابت ناخالص داخلی منجر به افزایش معنی دار تولید می‌شود. این نتیجه بدان مفهوم است که در کشورهای در حال توسعه ظرفیت لازم برای ورود سرمایه‌گذاری در بخش تولید وجود دارد و می‌تواند رشد اقتصادی را بالا ببرد. نتایج به دست آمده نشان دهنده تأثیر منفی و معنی دار نیروی کار بر رشد اقتصادی است. این نتیجه دلالت بر آن دارد که تکنولوژی در کشورهای در حال توسعه غالباً کاربر می‌باشد و استفاده بیشتر از نیروی

1. Lau et al. (2011).
2. Hezareh (2017).
3. Taghvaei & Parsa (2017).
4. Franco et al (2017).

کار در بسیاری از بخش های اقتصادی بازده نزولی به همراه دارد، لذا لزوماً رشد اقتصادی به همراه نخواهد داشت. این نتیجه با یافته های شهباز و همکاران (۲۰۱۱) و عمری (۲۰۱۳) مطابقت دارد. بر طبق نتایج به دست آمده در بیان پیشنهادات می توان به این نکته اشاره کرد که مصرف انرژی و رشد اقتصادی با محیط زیست ناسازگار هستند. مصرف انرژی به عنوان عامل ناسازگار با محیط زیست محسوب می شود. واضح است که مصرف انرژی با تولید دی اکسید کربن منجر به افزایش آلودگی محیط زیست می گردد. کاهش انتشار دی اکسید کربن منوط به اصلاح الگوی مصرف انرژی و جایگزین شدن انرژی های تجدید پذیر به جای انرژی های فسیلی به طور همزمان در کشورها است. سیاست گذاران باید راهکارهایی را در جهت کاهش مصرف انرژی اتخاذ کنند. باید افزایش سرمایه گذاری در زیرساخت های انرژی با رویکرد جلوگیری از اتلاف انرژی صورت گیرد و به دنبال منابع انرژی جایگزین نفت مانند انرژی خورشیدی و انرژی های نو و تجدید پذیر برای کاهش انتشار دی اکسید کربن بود. افزایش ثبات سیاسی (از فاکتورهای حکمرانی خوب) و بهبود ساختار نامطلوب شهرها می تواند به بهبود کیفیت محیطی زیست کشورها کمک کند. برای اتخاذ سیاست های کارآمد در مورد مسایل مربوط به تغییرات آب و هوایی، سیاستگذاران باید اثرات سرریز فضایی کشورها را در نظر بگیرند. کشورهای آسیایی منتخب به طور معنی داری از شرایط محیط زیستی هم تأثیر می پذیرند در مقایسه با شرایط اقتصادی. بنابراین کشورها می توانند در جهت بهبود مسائل زیست محیطی، برنامه های رشد و توسعه اقتصادی را با یکدیگر هماهنگ کنند. این همکاری ها همچنین می تواند به افزایش قدرت اقتصادی، سیاسی و اجتماعی کشورها در منطقه منجر گردد. این نتایج تجربی جدید به سیاست گذاران در طراحی سیاست های زیست محیطی و انرژی مناسب برای تحقق اهداف کشورهای آسیایی برای توسعه اقتصادی و پایداری کمک می کند.

## References

- Adams, Samuel. Apio, Alfred. Klobodu, Edem. (2018). "Renewable and non-renewable energy, regime type and economic growth". Renewable energy. 125: 755-767.
- Ahmadi Niyaz, S. Zeinalzadeh, R. (2019). Study of Good Governance Effect on Environment Quality Index in Selected Developing Countries. Journal of environmental science and technology 4: 165-177. (In Persian).
- Apergis, N., payane, JE. (2016). "Renewable and nan-renewable energy consumption- growth nexus: Evidence from a panel error correction model". Energy Economics 34: 733-738.
- Arbab, H. Emami Meibodi, A. Rajabi Ghadi, S. (2017). "The relationship between renewable energy use and economic growth in OPEC countries". Journal of Iranian Energy Economy 23: 29-56. (In Persian).
- Asali, Mehdi. (2013). "Analysis based on modeling and prediction: measurement of mutual effects of Economy, Energy and Environment". Donya-e-eghtesad, 2892. In Persian.
- Berndt E.R & Wood D.O. (1975). Technology, Prices and the Derived Demand for Energy. The Review of Economics and Statistics 3: 259-268.
- Corrado, S. Fingleton, B. (2012). "Where is the economics in spatial econometrics?". Journal of Regional Science 52: 210-239.
- Dinda, S. and Coondoo, D. (2006). "Income and Emissions: A Panel Based Cointegration Analysis". Ecological Economics 57: 167-181.
- Dogan E. (2016). "Analyzing the linkage between renewable and-renewable energy consumption and economic growth by considering structural break in time-series data". Renew Energy 99: 1126-36.
- Fotros, M., Maabodi, R. (2011). "Air Pollution, Energy Consumption and Economic Growth in Iran". Iranian Energy Economics 1(1): 189-211. In Persian.
- Fotros. M., Aghazadeh, A., Jabraili, S. (2012). "Impact of Economic Growth on the Consumption of Renewable Energy: A Comparative Study of Selected OECD and Non-OECD (Including Iran) Countries". Quarterly journal of economic research and policies 19: 81-98. (In Persian).
- Franco, S. Mandla, VR, Rao, K. (2017). "Urbanization, energy consumption and emissions in the Indian contex a review". Renew. Sustain. Energy Rev. 71: 898-907.
- Gibbons, S. Overman, H. (2012). "Mostly pointless spatial econometrics". Journal of Regional Science 52: 172-191.
- Grossman, G. M, Kruger, A. B. (1991). "Environmental impacts of a North American free trade agreement", Working Paper No. 3914.
- Halicioglu, F. (2009). "An Econometric Study of  $CO_2$  Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey". Energy Policy 3: 1156-1164.

- Hezareh, reza, Shayanmehr, S., Darbandi, E., Scheffier, J. (2017). "Energy Consumption and Environmental Pollution: Evidence from the Spatial Panel Simultaneous Equations Model of Developing Countries". Southern Agricultural Economics Association, 252818.
- IPCC, Climate Change. (2014). Synthesis Report Summary for policymakers.
- Jayanthakumaran, K. Verma, R. Liu, Y. (2012). "CO2 emissions, energy consumption, trade and income: a comparative analysis of China and India". Energy Policy 42: 450-460.
- Khan, S. Zhungzhuang Peng, Z., Li, Y. (2019). "Energy consumption, Environmental degradation, Economic growth and Financial development in globe: Dynamic Simultaneous equations panel analysis". Energy Reports 5:1089-1102.
- Kelejian, H. H. Prucha, L. R. (1998). "A generalized spatial two-stage least squares procedure for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances". J. Real Estate Finance. Econ 17: 99-121.
- Kohansal, M. Shayanmehr, S. (2017). "The Interplay Between Energy Consumption, Economic Growth and Environmental Pollution: Application of Spatial Panel Simultaneous-Equations Model". Journal of Iranian Energy Economy 19: 179-216. (In Persian).
- Lamla, M. J. (2009). "Long-run Determinants of Pollution: A Robustness Analysis". Ecol. Econ. 69: 135-144.
- Lau, Evan. Hui Chye, Xiao. Choong, Chee- Keong. (2011). "Energy- Growth Causality: Asian Countries Revisited". International Journal of Energy Economics and Policy 1: 140-149
- Magazzino, Cosimo. (2017). "The relationship among economic growth, CO2 emissions, and energy use in the APEC countries: a panel VAR approach". Environment Systems and Decisions 37: 353-366.
- Mahdavi Adeli, M.H., Nazari, R. (2014). "Economic Growth, Energy and Environmental: The Analysis of E3 Model in Iran". Quarterly Journal of Quantitative Economics 1: 19-40. (In Persian).
- Mehrara, M. Abrishmi, H. (2012). "Non-linear effects of economic growth on energy consumption growth in OPEC member countries and BRIC countries using the threshold method". Iranian Journal of Economic research 17: 177-204. (In Persian).
- Mirza, F. M., Kanwal, A. (2017). "Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Pakistan: Dynamic causality analysis". Renew. Sustain. Energy Rev. 72: 1233-1240.
- Nahidi Amirkhiz, M. Rahimzadeh, F. ShokouhiFard, S. (2017). "Study of the Relation among Economic Growth, Energy Using and Greenhouse Gas Emissions (Case study: Selected Countries of the OIC)". Journal of environmental science and technology 3: 13-26. (In Persian).

- Najafi Alamdarloo, H. Mortazavi, S, Shemshadi Yazdi, K. (2013).” Application of Spatial Econometrics in Agricultural Exports in ECO Members: Panel Data Approach”.*The Economic Research (Sustainable Growth and Development)* 13(3): 41-67. (In Persian).
- Neagu, O. (2019). “The link between Economic Carbon Emissions in the European Union Countries: A Model Based on the Environmental Kuznets Curve (EKC) Approach”. *Sustainability* 11: 1-27.
- Nejat, K. and et. Al. (2015). “A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries)”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 43: 843-862.
- Niko Iqbal, A. Akhtar, A. Kashani, M. (2012). “Economic growth, energy consumption and carbon dioxide emissions, examining causality with a dynamic integrated approach”. *Journal of Energy Economics Studies*. 33: 169-197. (In Persian).
- Omri, A. (2013). "CO2 Emissions, Energy consumption and Economic Growth Nexus in MENA countries: Evidence from Simultaneous Equations Model", *Energy Economics* 40: 657-664.
- Partridge, D. Boarnet, M. Brakman, S. (2012). “Introduction: Whither spatial econometrics?” *Journal of Regional Science* 52: 167-171.
- Radmehr, R. Rastegari Henneberry, S., Shayanmehr, S. (2021),” Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions and Economic Growth Nexus: A Simultaneity Spatial Modeling Analysis of Eu Countries”. *Structural Change and Economic Dynamic* 57: 13-27.
- Saboori, B. Sulaimani, J. (2013). Environmental degradation, economic growth and energy consumption: Evidence of the environmental Kuznets curve in Malaysia. *Energy Policy* 60, 892-905.
- Samadi, A. (2012).” Recent advances in Pauli cointegration tests”. The first international conference on econometrics, methods and applications. Islamic Azad University, Sanandaj branch. (In Persian).
- Sebri, Maamar. Ben-Sallha. (2014). “On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO2 emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39: 14-23.
- Shafik, N. (1994). “Economic development and environmental quality: an econometric analysis”. *Oxford Economic Papers* 46: 757-773.
- Shagari, H. Ostadi, H. Kavoci, N. (2013). “Analysis effect trade and financial openness on the government size in selection of OIC members”. *Quarterly Journal of Development and Planning Economics* 1: 67-83. (In Persian).
- Shahbaz, M. Lean, H. (2011). “Dose financial development increase energy consumption the rol of industrialization and urbanization in Tunisia”. *Energy Policy* 41: 473-479.

- Shahbaz, M. Hoang, T. Mahalik, M. Roubaud, D. (2017). "Energy consumption, financial development and economic growth in India: new evidence from a nonlinear and asymmetric analysis". Energy Econ 63: 199-212.
- Suri, V. Chapman, D. (1998). "Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Enviromental Kuznets Curve". Ecological Economics 25: 195-208.
- Taghvaei, V. M., Parsa, H. (2015). "Economic growth and environmental pollution in Iran: Evidence from manufacturing and services sector". Working Paper, 67885.
- Tugcu, Can Tansel. Topcu, Mert. (2018). "Total, renewable and non- renewable energy consumption and economic growth: Revisiting the issue with an asymmetric point of view". Energy 152: 64-74.
- Wang, Y. Han, R, Kubota, J. (2016). "Is there an Environmental Kuznets Curve for SO2 emissions? Asemi-parametric panel data analysis for China. Renewabal & Sustainable". Energy Reviews 54: 1182-1188.
- Zafar, Muhammad. Shahbaz, Muhammad. Hou Fujun. (2019). "From nonrenewable to renewable energy and its impact on economic growth: the role of research & development expenditures in Asia- Pacific Economic Cooperation countries". Journal of Cleaner Production 212: 1166-1178.

## Economy, Energy and Environment (3E) Nexus in Selected Asian Countries: Application of Spatial Panel Simultaneous Equations Model <sup>1</sup>

Somayeh Azami<sup>2</sup>  
Fatemeh Hosseini<sup>3</sup>  
Kiomars Sohaili <sup>4</sup>

Received: 2023-7-17

Accepted: 2023-8-23

### Aim and Introduction:

The emission of Greenhouse Gases caused by fossil fuels and other human activities is a serious threat to many countries, which is more prevalent due to its nature and is noticeable in most regions of the world. In the last three decades, with the increase of greenhouse gases in the earth's atmosphere, the air temperature is increasing, and it is expected that with the continuation of this trend, unfavorable changes will be made in the environment. According to the report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in 2014, 76% of all greenhouse gases are composed of carbon dioxide. Therefore, it can be said that carbon dioxide emissions plays an important role in protecting the environment and sustainable development (Omari, 2013). Many studies have identified the factors affecting carbon dioxide emissions and its relationship with other economic, social and environmental factors in order to achieve sustainable development, among these factors, energy consumption and economic growth can be mentioned. Energy as a driving force plays an effective role in most production and service activities. On the other hand, energy consumption leads to air pollution due to carbon dioxide emissions. The purpose of this study is to examine economy, energy and environment nexus in Asian countries. It is noteworthy that Asian countries such as China, India, Japan, Iran, Saudi Arabia, and South Korea rank less than 10th in terms of carbon dioxide emissions among the countries of the world. The significance of these effects has an important message for environmental policymakers in solving environmental issues and climate change.

### Methodology:

This nexus is estimated in the time period of 2002-2018 in the form of Spatial Panel Simultaneous Equations Model (SPSEM) with the Generalized Spatial Panel Two Stage Least Squares (GS2SLS) method. It is tried to analyze this correlation by considering the influence of these countries. Therefore, Spatial Panel Simultaneous Equations Model is used to investigate the three-way communication of economy, energy and environment. The model of simultaneous spatial panel equations makes it possible to analyze the correlation and

- 
1. This article is drawn from the M.A. thesis Fatemeh Hosseini whose supervisor and advisor were Dr. Somayeh Azami and Dr. Kiomars Soheili, respectively.
  2. Associate Professor, Department of Economics, Razi University, Kermanshah, Iran (Corresponding Author: s.azami@razi.ac.ir).
  3. M.A. student, Department of Economics, Razi University, Kermanshah, Iran 69f.h.hoseiny@gmail.com.
  4. Professor, Department of Economics, Razi University, Kermanshah, Iran ksohaili@razi.ac.ir.

relationship of economy, energy and environment by considering the influence of countries on each other and spatial spillover effects. In other words, the spatial correlation of countries' economic growth is considered to be the spatial correlation of carbon dioxide emissions.

### **Findings:**

The results of this research confirm the spatial correlation of economic growth, energy consumption and environmental quality. In other words, the spatial spillover effects of economic growth, energy consumption, and environmental quality exist significantly, and economic growth, energy consumption, and environmental quality in each country are affected by the economic growth, energy consumption, and environmental quality of another country, respectively. In addition, the quality of the environment spatially has a stronger correlation than the other two series. In other words, selected Asian countries are significantly affected by environmental conditions compared to economic conditions.

On the other hand, economic growth and energy consumption, economic growth and environmental quality, and energy consumption and environmental quality have a significant mutual relationship. The two-way relationship between economic growth and environmental quality indicates that while more production brings more pollution, pollution has direct and indirect harmful effects on economic growth through increasing treatment costs and reducing labor productivity. The two-way relationship between economic growth and energy consumption is also confirmed.

Political stability significantly leads to an increase in environmental quality. The growth of urbanization leads to a decrease in environmental quality due to the unfavorable structure of cities. The share of industrial exports and imports lead to a significant increase and decrease in energy consumption, respectively.

### **Discussion and Conclusion:**

According to the results, it can be pointed out that energy consumption and economic growth are incompatible with the environment. It is clear that energy consumption with carbon dioxide emissions leads to an increase in environmental pollution. The reduction of carbon dioxide emissions depends on the modification of the energy consumption pattern and the replacement of renewable energies instead of fossil energies simultaneously in the countries. Policymakers should adopt strategies to reduce energy consumption. There should be an increase in investment in energy infrastructure with the approach of preventing energy waste and looking for alternative energy sources such as solar energy and new and renewable energies to reduce carbon dioxide emissions. In order to adopt effective policies on climate change issues, policy makers must consider the spatial spillover effects of countries. These new empirical results will help policymakers design appropriate environmental and energy policies to meet Asian countries' goals for economic development and sustainability.

**Keywords:** Economic Growth, CO2 Emission, Energy Consumption, Simultaneous Equations, Spatial Model

**JEL Classification:** Q01, Q56