-- Iranian Energy Economics------
Summer 2022, 43(11), 61-83
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2022.67935.1923

ATU PRESS

Original Research
Received: 30/May/2022
Accepted: 29/Oct/2022
ISSN: 2423-5954
eISSN: 2476-6437

The Impact of Economic Growth, Energy Consumption, and Urbanization on the CO2 Emission of a Selected Group of OPEC Countries: A Spatial Econometric Approach

Mansour Zarranejad — Professor of Economics, Faculty of Economics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Khuzestan, Iran

Hamidreza Abdollahian — Assistant Professor, Faculty of Economics, Khorramshahr of Marine Science and Technology, Khuzestan, Iran

Aram Amirnia* — M.A. in Energy Economics, Faculty of Economics, Khorramshahr of Marine Science and Technology, Khuzestan, Iran

Soheil Saidian — Assistant Professor, Khorramshahr of Marine Science and Technology, Faculty of Economics, Khuzestan, Iran

Abstract

The swift expansion of urban areas in OPEC member countries and the great reliance their economy has on the consumption of crude oil have led to drastic environmental changes in these states. Therefore, it is important to investigate the factors influencing the emission of CO2 such as economic growth, energy consumption, and urbanization in these countries. Economic growth and energy consumption are among the other influential factors. In this article, the effect of economic growth, energy consumption, and urbanization on the emission of CO2 has been studied. Thus, a sample of eight OPEC members was chosen for the duration of 2008 to 2018. Due to the effects of proximity, a spatial econometric approach was taken to investigate the spillover effects of neighboring countries. The results showed the existence of spatial reliance between the countries under study. The separate analysis of the spillover demonstrated that the effect of both economic and local urban population growth (direct) and spillover (indirect) increased the emission of CO2 in each country and its neighboring state, but the amount of direct effect was more than the indirect on other countries. The reality that environmental pollution resulting from economic growth and the development of urban areas and the increase of the consumption of nonrenewable energy in each of the studied countries also influence the environment of their neighboring states has laid the foundation for cooperation between neighboring OPEC countries to develop the technology to produce clean, renewable energy.

Keywords: economic growth, urbanization, energy consumption, spillover effect, CO2 emission

JEL Classification: Q52 , Q53 , R1 , C19

* Corresponding Author: aramamirnia@yahoo.com
How to Cite: Zarra nejad, M., Abdollahian, H R., Amirnia, A., Saidian, S. (2022). The Impact of Economic Growth, Energy Consumption and Urbanization on the CO2 Emission of a Selected Group of OPEC Countries: A spatial econometric approach. Iranian Energy Economics, 43 (11), 61-83.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۷

ISSN: ۲۴۲۳-۵۹۵۴

eISSN: ۲۴۷۶-۶۴۳۷

-- پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ---------

دوره ۱۱، شماره ۴۳، تابستان ۱۴۰۱، ۶۱-۸۳

Jiee.atu.ac.ir

DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2022.67935.1923

تأثیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک: با رویکرد اقتصادسنجی فضایی

منصور زراء نژاد | استاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران

حمیدرضا عبداللهیان | استادیار، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خوزستان، ایران

آرام امیرنیا * | کارشناسی ارشد رشته اقتصاد انرژی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خوزستان، ایران

دکتر سهیل سعیدیان | استادیار، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خوزستان، ایران

چکیده

گسترش سریع مناطق شهری در کشورهای صادرکننده نفت خام عضو سازمان اوپک و وابستگی زیاد اقتصاد آن‌ها به مصرف نفت خام، باعث تغییرات جدی زیست‌محیطی در این کشورها شده است. ازاین‌رو بررسی عوامل تأثیرگذار بر انتشار دی‌اکسیدکربن مانند رشد اقتصادی، مصرف انرژی و شهرنشینی در این کشورها حائز اهمیت است. در این مقاله به بررسی تأثیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن پرداختیم. بدین‌منظور نمونه‌ای شامل ۸ کشور عضو سازمان اوپک برای دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ انتخاب شد. با توجه به وجود اثر مجاورت از اقتصادسنجی فضایی برای بررسی اثرات سرریز از کشورهای همسایه استفاده شده است. نتایج نشان داد که وابستگی فضایی در بین کشورهای بررسی‌شده وجود دارد. تجزیه و تحلیل سرریز فضایی به تفکیک نشان داد که هر دو اثر رشد اقتصادی و جمعیت شهری محلی (مستقیم) و سرریزفضایی (غیر مستقیم) انتشار دی‌اکسیدکربن در هر کشور و کشورهای همسایه را افزایش می دهد، ولی میزان اثر مستقیم بیش از میزان اثر غیرمستقیم بر کشورهای دیگر است. این واقعیت که آلودگی محیط زیست ناشی از رشد اقتصادی و توسعه مناطق شهری و افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در هر کدام از این کشورهای مورد مطالعه بر کیفیت محیط زیست کشورهای همسایه نیز تأثیر می‌گذارد، زمینه همکاری را بین کشورهای عضو سازمان اوپک که در مجاورت یکدیگر قرار دارند، برای توسعه فناوری تولید انرژی‌های پاک (انواع انرژی‌های تجدیدپذیر) را فراهم می کند.

کلیدواژه‌ها: رشد اقتصادی، شهرنشینی، مصرف انرژی، اثر سرریز فضایی، انتشار دی‌اکسیدکربن

طبقه‌بندی JEL: C19 , R1 , Q53 , Q52

* نویسنده مسئول: aramamirnia@yahoo.com

۱. مقدمه

از چند دهه اخیر انتشار دی‌اکسیدکربن در جهان به شدت افزایش یافته است. آمارهای بانک جهانی (۲۰۲۱) نشان می‌دهد که انتشار دی‌اکسیدکربن جهانی از ۲۰۳۹۶ میلیون‌تن در سال ۱۹۸۰ به ۳۴۰۴۱ میلیون‌تن در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است. این روند رو به افزایش توجه بسیاری از محققان و سیاست‌گذاران بین‌المللی را به خود جلب کرده است. در میان تمامی گازهای گلخانه‌ای، انتشار دی‌اکسیدکربن به دلیل تأثیر بیشتر آن بر گرمایش زمین با سهم ۷۵ درصدی از کل گازهای گلخانه‌ای منتشر شده، به‌عنوان تهدیدی جدی برای محیط زیست تلقی می‌شود (سیراگ و همکاران[1]، ۲۰۱۸؛ مجید و ممتاز[2]، ۲۰۱۷).

سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اوپک[3]) مدت‌هاست که از مسئولین ناظر بر محیط زیست حمایت کرده است. چشم‌انداز بلندمدت نشان می‌دهد که سوخت‌های فسیلی همچنان بخش عمده‌ای از نیازهای انرژی جهان را تأمین خواهند کرد، سازمان اوپک نیاز به حفاظت از محیط زیست و حمایت از توسعه پایدار را کاملاً مبرهن و آشکار دانسته است. همه کشورهای عضو اوپک کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب و هوا[4] را امضا کرده‌اند و حفاظت از محیط زیست اولویت بالایی برای آن‌ها دارد. بارکیندو[5] از زمان تصدی سمت دبیرکلی اوپک، در تمامی جلسات عمومی کنفرانس[6] شرکت کرده و در آن سخنرانی داشته است و نظرات اوپک را ارائه کرده است که تغییرات آب و هوا و کمبود انرژی دو روی یک سکه هستند و نمی‌توان تنها به یکی از آنها پرداخت. او حامی قوی رویکرد جامع برای مقابله با تغییرات آب و هوایی (اقلیم) به روش علمی و بر مبنای تجزیه و تحلیل داده‌ها است که همزمان چشم‌انداز زیست‌محیطی و توسعه پایدار را در نظر می‌گیرد (بارکیندو دبیر کل سازمان کشورهای صادرکننده نفت ۲۰۲۱).

آخرین گزارش‌های سالانه اوپک (۲۰۱۸) نشان می‌دهد که کشورهای عضو سازمان اوپک با داشتن ۱۱۸۹/۸۰ میلیارد بشکه نفت خام ۷۹/۴ درصد از ذخایر نفت جهان را در اختیار دارند. همچنین طی دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰، کشورهای عضو اوپک ۷۱/۱ میلیارد بشکه نفت خام به کل ذخایر نفت خام اثبات‌شده خود اضافه کردند که این افزایش در مقایسه با

1. Sirag et al.
2. Majeed, M. and Mumtaz, S.
3. Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC)
4 .United Nations Framework Convention on Climate Chang
5. Barkindo,M.
6. Conference of the Parties

سایر تولیدکنندگان نفت خام، افزایش قابل توجهی است (اوپک، ۲۰۲۱). این حقایق در مورد تولید نفت و ظرفیت ذخیره آن به خودی خود یک مشکل در کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و همچنین کاهش گازهای گلخانه‌ای در برخی از کشورهای عضو اوپک، به ویژه عربستان سعودی، قطر، امارات متحده عربی، ایران، عراق و کویت است (موتینیو و همکاران[1]، ۲۰۲۰).

مطالعه ما به تحلیل این موضوع می‌پردازد که چگونه تعامل فضایی بین رشد اقتصادی، شهرنشینی، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن[2] ممکن است به محققان و محیط‌بانان کمک کند تا از طریق لنز اقتصادسنجی فضایی، تأثیر رشد اقتصادی، شهرنشینی و مصرف انرژی بر کیفیت محیط زیست را بازنگری کنند.

ادامه این مقاله در ۶ بخش تنظیم شده است: بخش دوم به مبانی نظری انتشار دی‌اکسیدکربن پرداخته است. بخش سوم شامل پیشینه پژوهش است. بخش چهارم روش شناسی شامل اقتصادسنجی فضایی است. بخش پنجم داده‌های آماری و تصریح مدل را توضیح می‌دهد. بخش ششم نتایج و بحث را ارائه می‌کند. در بخش پایانی نتیجه‌گیری و توصیهٔ سیاسی را شامل می‌شود.

۲. مبانی نظری

فرضیه منحنی کوزنتس، اصلی‌ترین و پایه‌ای‌ترین نظریه‌ای که به تحلیل رابطه بین آلودگی و درآمد سرانه کشور در مراحل مختلف رشد و توسعه اقتصادی را نشان می‌دهد. در سال ۱۹۹۱ فرضیه منحنی کوزنتس از سوی گروسمن و کروگر به ارتباط بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست تعمیم داده شد و در قالب منحنی زیست‌محیطی کوزنتس مطرح شد. طبق این فرضیه در مراحل اولیه رشد اقتصادی، کیفیت محیط زیست کاهش می‌یابد، اما به محض آنکه درآمد از آستانه معینی تجاوز کند، کیفیت محیط زیست نیز افزایش می‌یابد. براساس اثر مقیاس، توسعه اقتصادی و کیفیت محیط زیست در تقابل هم قرار می‌گیرند، زیرا با افزایش رشد اقتصادی و رشد خالص در مقیاس اقتصادی سبب رشد بالقوه در انتشار آلاینده جوی و مشکلات زیست‌محیطی می‌شود (گروسمن و کروگر[3]، ۱۹۹۱).

1. Moutinho, V.
2. CO2 emissions.
3. Grossman, G. and Krueger, A.

طبق تئوری نوسازی اکولوژیکی، شهرگرایی فرآیند دگرگونی اجتماعی است که برای اقتصادی نوین شاخص مهم به حساب می‌آید. مشکلات زیست‌محیطی هنگامی که جوامع از سطح پایین توسعه به سطح متوسط حرکت می‌کنند، افزایش می‌یابد، زیرا در این مرحله اهمیت رشد اقتصادی و ارتقای درآمد سرانه بر پایداری محیط زیست پیشی می‌گیرد (مک گراناهان[1] و همکاران، ۲۰۰۱). یکی از دلایل اصلی آلودگی و تخریب محیط زیست، گرم شدن تدریجی جهان در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به‌صورت سوخت‌های فسیلی در طول فرآیند رشد اقتصادی کشورها می‌باشد. با احتراق سوخت‌های فسیلی، کربن اکسیدشده در جو رها می‌شود و سوخت‌های مختلف مقادیر متفاوتی از این گاز را به ازای هر واحد انرژی حرارتی آزاد می‌کنند. با رشد سریع فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی، مصرف انرژی در انواع مختلف، نقش مهمی را در اثرگذاری بر محیط زیست محلی و تغییر آب و هوای جهانی ایفا می‌کند به نحوی که اخیراً بیشتر آلودگی هوا در شهرها به دلیل حمل و نقل درون‌شهری است. سوخت‌های فسیلی در بخش حمل و نقل و نیز فرآیندهای صنعتی با مصرف مواد خام و محصولات تولیدی از عوامل عمده آلودگی شهرها به شمار می‌روند (لطفعلی‌پور و همکارانش[2]، ۲۰۱۱). ازاین‌رو بایستی یکی از مهم‌ترین اولویت‌های سیاست انرژی امن، ارزان و عاری از انتشار گازهای گلخانه‌ای باشد (ناهیدی امیرخیز، ۱۳۹۶).

۳. پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی وجود دارد که عوامل تعیین‌کننده انتشار دی‌اکسیدکربن مانند رشد اقتصادی، شهرنشینی، مصرف انرژی را مورد بررسی قرار داده‌اند، در این بخش و در جدول (۱) به مرور مهم‌ترین مطالعات تجربی انجام شده داخلی و خارجی مرتبط با عنوان پژوهش خواهیم پرداخت:

شهبازی و همکارانش (۱۳۹۳) در مقاله‌ای به بررسی عوامل مؤثر در انتشار آلودگی هوا پرداختند. نتایج تخمین مدل بیانگر این است که درجه شهرنشینی و شدت انرژی در انتشار دی‌اکسیدکربن سرانه تأثیر مثبت و معنی داری داشته است و درجه شهرنشینی بیشترین تأثیر را در انتشار آلاینده جوی دی‌اکسیدکربن سرانه منجر خواهد شد، همچنین افزایش درآمد

1. McGranahan et al.
2. Lotfali Pour et al.

سرانه ابتدا موجب افزایش آلودگی جوی شده است، اما در ادامه سبب کاهش انتشار آلاینده جوی دی‌اکسیدکربن سرانه خواهد شد.

گوو[1] و همکارانش (۲۰۱۶) در مقاله‌ای به موضوع تأثیر مثبت شهرنشینی بر توسعه اقتصادی منطقه و تأثیر منفی آن بر آلودگی محیط زیست پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که بین نرخ شهرنشینی چین و انتشار آلاینده‌های صنعتی رابطه U شکل معکوس قابل توجهی وجود دارد و ارتباط قطعی بین شهرنشینی و انتشار آلاینده‌های صنعتی را نشان می‌دهد. همچنین خودهمبستگی فضایی قابل توجهی از انتشار آلاینده‌های صنعتی در میان شهرهای چین وجود دارد، اما اثر سرریز فضایی وجود ندارد یا قابل توجه نیست.

لی[2] و همکارانش، (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به موضوع اثر سرریز فضایی انتشار گازهای گلخانه‌ای و عوامل مؤثر بر آنها پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که انتشار گازهای گلخانه‌ای نتایج مثبت قابل توجهی را برای همبستگی فضایی و اثر خوشه‌ای فضایی در توزیع فضایی استانی نشان می‌دهد و رشد اقتصادی، شهرنشینی عوامل کلیدی تعیین‌کننده انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرد و غبار هستند، در حالی که به نظر نمی‌رسد بهره‌وری انرژی و صنعتی شدن نقشی داشته باشند.

لی[3] و همکارانش (۲۰۱۸) در مقاله‌ای به موضوع اثر توسعه اقتصادی و ساختار صنعتی را بر انتشار دی‌اکسیدکربن پرداختند. نتایج تجربی نشان داد که صنعت با فناوری پیشرفته، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، جمعیت و انتشار دی‌اکسیدکربن وابستگی فضایی و اثرات تراکم فضایی دارند و صنایع با فناوری پیشرفته، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و جمعیت، اثر سرریز فضایی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارند که باید با فناوری پیشرفته از طریق توسعه تکنولوژیکی و صنایع سازگار با محیط زیست، فناوری تولید پاک تر را توسعه دهد.

دباچی و همکارانش[4] (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به موضوع روابط علی بین تخریب محیط زیست، مصرف انرژی، قیمت انرژی، شدت انرژی و رشد اقتصادی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی؛ و قیمت انرژی و رشد اقتصادی؛ و تخریب محیط زیست و رشد اقتصادی رابطه علی دو طرفه وجود دارد.

1. Guo et al.
2. Li et al.
3. Li et al.
4. Dabachi et al.

کابیرو و رابیو[1] (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به بررسی اثر قیمت نفت خام و شهرنشینی بر آلودگی محیط زیست پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که قیمت نفت خام، شهرنشینی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر منفی قابل توجهی بر آلودگی محیط زیست در بلندمدت دارند در حالی که شهرنشینی در کوتاه‌مدت تأثیر منفی معناداری بر آلودگی محیط زیست دارد، اما تمامی متغیرهای باقی مانده تأثیر مثبت و معناداری بر آلودگی محیط زیست دارند.

رادمهر و همکارانش[2] (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به موضوع بررسی ارتباط سه‌طرفه بین رشد اقتصادی، انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی تجدیدپذیر پرداختند. یافته‌ها نشان می‌دهد که ارتباط بین رشد اقتصادی و انتشار کربن و بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی تجدیدپذیر دو طرفه است و همبستگی‌های فضایی مثبت متغیرهای مورد توجه در سراسر کشورها تأیید می‌شود و رشد اقتصادی از نظر فضایی قوی‌تر از انتشار دی‌اکسیدکربن یا مصرف انرژی تجدیدپذیر است.

شعبانی و همکارانش[3] (۲۰۲۱) در مقاله‌ای به موضوع انتشار دی‌اکسیدکربن که اصلی‌ترین عامل تأثیرگذار بر تغییرات آب و هوایی و تهدیدی جدی برای سلامت انسان است پرداختند. بررسی رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصادی، مصرف انرژی و شهرنشینی، نتایج اعتبار منحنی کوزنتس زیست‌محیطی را برای کشورهای عضو اکو در کوتاه‌مدت و بلندمدت تأیید کرد و طبق توافق پاریس، اگر مصرف سوخت فسیلی ۲۰ درصد کاهش یابد، انتشار کربن سرانه ۱۹/۶ درصد کاهش می‌یابد.

یائو[4] و همکارانش(۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به موضوع تأثیر ابعاد دیگر شهرنشینی، ازجمله شهرنشینی اقتصادی و شهرنشینی زمین بر انتشار دی‌اکسیدکربن پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که یک رابطه غیرخطی بین ابعاد چندگانه شهرنشینی و انتشار دی‌اکسیدکربن وجود دارد و شهرنشینی اقتصادی شهرهای کوچک، شهرهای متوسط و شهرهای بزرگ نقش مهمی در انتشار دی‌اکسیدکربن ایفا می‌کند، اما تأثیر معکوس بر کلان‌شهرها دارد.

1. Kabiru, S. and Rabiu, M.
2. Radmehr et al.
3. Shabani et al.
4. Yao et al.

چن و همکارانش[1] (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به موضوع گسترش سریع شهری در چین باعث تغییرات جدی زیست‌محیطی شده است، پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که پراکندگی شهری چین به طور قابل توجهی تحت تأثیر ماتریس وزن جغرافیایی قرار گرفته و کیفیت زیست‌محیطی و اقتصادی کاهش داده است، و اثر سرریز نقش اساسی در تأثیر پراکندگی شهری بر کیفیت زیست‌محیطی ایفا می‌کند، همچنین پراکندگی کاربری زمین بیشترین تأثیر را بر کیفیت زیست‌محیطی دارد.

برخی از مطالعات رابطه انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی[2] و شهرنشینی[3] در کشورهای عضو اوپک را بررسی کرده‌اندکه ما به مورد از آنها اشاره کردیم، اما همه این مطالعات در قالب مطالعات اقتصادسنجی غیرفضایی انجام شده و وابستگی فضایی انتشار کربن و شهرنشینی را دربر نمی‌گیرند. همچنین، این مطالعات که چگونگی تأثیر فضایی جغرافیایی و فرآیند فضایی در سرریز آلودگی فضایی را در نظر نمی‌گیرند.

براساس مطالعات و بررسی‌های انجام‌شده در زمینه انتشار دی‌اکسیدکربن و گازهای گلخانه‌ای و همچنین آلودگی محیط زیست ناشی از افزایش مصرف انرژی و رشد اقتصادی مطالعات وسیعی برای کشورهای مختلف صورت گرفته و مطالعات فراوانی در زمینه تأثیر توسعه کشورها و رشد جمعیت شهری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی محیط زیست انجام شده است. در این مطالعه سعی بر این داریم که کشورهای عضو اوپک را مورد بررسی قرار داده‌ایم که چندین ویژگی مشترک ازجمله داشتن ذخایر سوخت‌های فسیلی و در حال توسعه بودن را دارا بودند که این عوامل باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن خواهند شد. در این مطالعه از رویکرد اقتصادسنجی فضایی برای انتخاب کشورها و بررسی میزان تأثیر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن بر کشورهای خود و کشورهایی که در مجاور آنها قرار گرفته‌اند استفاده شده و توصیه‌هایی به همکاری مشترک کشورها منتخب در زمینه تغییر در نوع مصرف انرژی و سرمایه‌گذاری هرچه بیشتر در انرژی‌های پاک داشته‌ایم.

جدول ۱. خلاصه مطالعات تجربی

نویسنده (نویسنده‌ها)	عنوان مقاله	نوع داده‌ها و مدل	محدوده جغرافیایی
شهبازی و همکارانش (۱۳۹۳)	بررسی عوامل مؤثر در انتشار آلودگی هوا در کشورهای حوزهٔ دریای خزر: رهیافت مدل دوربین فضایی تابلویی	داده‌های پانلی، مدل دوربین فضایی	۱۱ کشور حوزه دریای خزر

1. Chen et al.
2. Economic growth.
3. Urbanization.

گوو[1] و همکارانش (۲۰۱۶)	شهرنشینی و اثرات آن بر انتشار آلاینده‌های صنعتی: مطالعه تجربی کشور چین با استفاده از مدل پانل فضایی	داده‌های پانلی، مدل پانل فضایی	۲۸۲ شهراز استان‌های کشور چین
لی[2] و همکارانش، (۲۰۱۶)	انتشارگازهای گلخانه‌ای، رشداقتصادی و شهرنشینی با رویکردی اقتصادسنجی فضایی	داده‌های پانلی، مدل پانل فضایی	۳۰ استان کشور چین
لی[3] و همکارانش (۲۰۱۸)	تجزیه و تحلیل پانل فضایی انتشار کربن، رشد اقتصادی و صنعت با فناوری بالا در چین	داده‌های پانلی، مدل پانل فضایی	۳۰ استان چین
دباچی و همکارانش[4]، (۲۰۲۰)	ارتباط بین مصرف انرژی، قیمت انرژی، شدت انرژی تخریب زیست‌محیطی و رشد اقتصادی در کشورهای آفریقایی عضو سازمان اوپک	داده‌های پانلی، مدل‌های معادلات همزمان	کشورهای آفریقایی عضو سازمان اوپک
کابیرو و رابیو[5]، (۲۰۲۰)	قیمت نفت خام، شهرنشینی و آلودگی محیط زیست: شواهد تازه از کشورهای منتخب آفریقایی عضو اوپک	داده‌های پانلی، مدل پانل ARDL	شش کشور منتخب آفریقایی عضو اوپک
رادمهر و همکارانش[6]، (۲۰۲۱)	ارتباط مصرف انرژی تجدیدپذیر، انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی: تحلیل مدلسازی فضایی هم‌زمان کشورهای اتحادیه اروپا	داده‌های پانلی، مدل‌های معادلات فضایی همزمان پانل	کشورهای اتحادیه اروپا
شعبانی و همکارانش[7]، (۲۰۲۱)	رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصادی، مصرف انرژی و شهرنشینی در کشورهای عضو اکو	داده‌های پانلی، مدل حداقل مربعات معمولی	کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی (اکو)[8]
یائو[9] و همکارانش (۲۰۲۱)	تأثیر ابعاد چندگانه شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن: تجزیه و تحلیل فضایی و آستانه‌ای داده‌های تابلویی در شهرهای سطح استان چین	داده‌های پانلی، مدل دوربین فضایی	۳۵۱ شهر از استان‌های کشور چین
چن و همکارانش[10] (۲۰۲۱)	چگونه گسترش شهری بر کیفیت زیست محیطی تأثیر می‌گذارد: تحقیقات تجربی در چین با استفاده از مدل فضایی دوربین	داده‌های پانلی، مدل دوربین فضایی	۳۰ استان چین

منبع: جمع‌آوری محقق

1. Guo et al.
2. Li et al.
3. Li et al.
4. Dabachi
5. Kabiru, S. and Rabiu, M.
6. Radmehr et al.
7. Shabani et al.
8. Economic Cooperation Organization.
9. Yao et al.
10. Chen et al.

٤. روش‌شناسی

١-٤. اقتصادسنجی فضایی بر مبنای داده‌های پنل

مدل مورد استفاده برای بررسی تأثیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن براساس چارچوب نظریه منحنی کوزنتس و مدل‌های اقتصادسنجی فضایی است. اقتصادسنجی فضایی[1] زیرمجموعه‌ای از اقتصادسنجی است که اثرات فضایی متقابل[2] بین مشاهدات جغرافیایی را بررسی می‌کند. این مشاهدات می‌توانند کدهای پستی، محله‌ها، شهرها، شهرداری‌ها، ایالت‌ها، حوزه‌های قضایی، کشورها و موارد دیگر بسته به ماهیت مطالعه باشند. به طور کلی درصورتی‌که عوامل اقتصادی همچون افراد، بنگاه‌ها یا دولت‌ها از طریق شبکه‌ها با یکدیگر در ارتباط باشند، از مدل‌های اقتصادسنجی فضایی می‌توان برای توضیح رفتار آن‌ها استفاده کرد. این تحقیقات متداول نیست ولی در حال رشد است.

مدل‌های اقتصادسنجی فضایی به خوبی قادر است زمانی که محققان با داده‌های نمونه‌ای که دارای عنصر مکانی بوده روبه‌رو می‌شود، نتایج قابل قبولی ارائه نماید. به ویژه مدل‌های اقتصادسنجی فضایی نسبت به روش‌های مرسوم اقتصادسنجی از قابلیت کاربرد تشخیص بالاتری برخوردار است. در نظر گرفتن وابستگی فضایی در هنگام تجزیه و تحلیل انتشار دی‌اکسیدکربن ضروری است (لانگ و همکاران[3]، ۲۰۱۶). براساس فرضیه وانگ و همکاران[4] (۲۰۱۷) «تمام موضوعاتی که با مسائل زیست‌محیطی مرتبط هستند ذاتاً فضایی هستند». بنابراین، انتشار دی‌اکسیدکربن فقط بر یک منطقه تأثیرگذار نیست، بلکه باعث ایجاد اثرات سرریز در کشورهای همسایه می‌شود. به عنوان مثال، تخریب محیط زیست چین که به دلیل آلودگی فرامرزی باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی جدی برای کره جنوبی و ژاپن شده است.

در این مطالعه ما تأثیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن با استفاده از اقتصادسنجی فضایی و داده‌های پنل بررسی شده است. اقتصادسنجی فضایی با وابستگی فضایی و ناهمسانی فضایی سروکار دارد. به‌طورکلی، تحلیل اقتصادسنجی فضایی شامل دو مرحله است. در مرحله اول با استفاده از آزمونای موران[5]،

1. Spatial econometrics.
2. Interaction.
3. Long et al.
4.Wang et al.
5. Moran’s I.

آزمون جری سی[۱]، حداکثر درستنمایی کلاسیک[۲] و حداکثر درستنمایی مقاوم‌سازی شده[۳] به بررسی خودهمبستگی فضایی پرداختیم. با مشاهده وجود همبستگی فضایی، در مرحله دوم مدل‌های فضایی مختلفی بررسی وابستگی فضایی تخمین زده شد. لیسیج و پیس[۴] (۲۰۰۹) و الهورست[۵] (۲۰۱۴) چهار نوع مدل اصلی اقتصادسنجی فضایی در تحلیل فضایی معرفی کرده‌اند که عبارتند از: مدل خودرگرسیون فضایی[۶] برای شرایطی اعمال می‌شود که متغیر وابسته در این مدل یعنی انتشار دی‌اکسیدکربن ناحیه محلی تحت تأثیر انتشار دی‌اکسیدکربن کشورهای مجاور به دلیل اثرات سرریز فضایی قرار می‌گیرد، مدل خطای فضایی[۷] روش دیگر برای بررسی ارتباط فضایی، توضیح وابستگی فضایی در عبارت خطا است. بنابراین، برای انعکاس وابستگی در فرآیند اخلال، می‌توانیم وقفه‌های فضایی را درنظر بگیریم، مدل خودهمبستگی فضایی[۸] شامل وابستگی فضایی هر دو متغیر وابسته و عبارت اخلال است و مدل دوربین فضایی[۹] نه‌تنها شامل متغیر وابسته با وقفه فضایی است، بلکه متغیرهای مستقل با وقفه فضایی را نیز شامل می‌شود. مدل دوربین فضایی، به منظور دستیابی به نتایج تخمین با ناریبی بیشتر استفاده می‌شود. این مدل‌های فضایی به صورت زیر مطرح می‌شوند:

(۱) مدل خودرگرسیون فضایی(SAR)

$$(\lambda = \theta = 0) \Longrightarrow Y_i = \tau Y_{i,t-1} + \rho W Y_{it} + X_{it}\beta + \alpha_i + \gamma_t + u_{it}$$

۱. مدل خطای فضایی (SEM)

$$(\rho = \theta = \tau = 0) \Longrightarrow Y_i = X_{it}\beta + \alpha_i + \gamma_t + \nu_{it},$$
$$\nu_{it} = \lambda E\nu_{it} + u_{it}$$

۲. مدل خودهمبستگی فضایی (SAC)

$$(\theta = \tau = 0) \Longrightarrow Y_i = \tau Y_{i,t-1} + \rho W Y_{it} + X_{it}\beta + \alpha_i + \gamma_t + \nu_{it},$$
$$\nu_{it} = \lambda E\nu_{it} + u_{it}$$

۳. مدل دوربین فضایی (SDM)

$$(\lambda = 0) \Longrightarrow Y_i = \tau Y_{i,t-1} + \rho W Y_{it} + X_{it}\beta + DX_{it}\theta + \alpha_i + \gamma_t + u_{it}$$

---

1. Geary's C.
2. LM Classic.
3. LM Robust.
4. LeSage, J. and Pace, R.
5. Elhorst, J.
6. Spatial Autoregressive model (SAR)
7. Spatial Error Model(SEM)
8. Spatial Autocorrelation Model (SAC)
9. Spatial Durbin Model (SDM)

شایان یادآوری است مدل‌های خودرگرسیون فضایی و دوربین فضایی استاندارد زمانی به دست می‌آیند که مدل‌های تصریحی ایستا باشند ($\tau = 0$). در مدل‌های مطرح‌شده، i و t به ترتیب نشان‌دهندهٔ مقطع و زمان، Y یک بردار$n \times 1$ از متغیرهای وابسته و X بیانگر یک ماتریس $n \times k$ از متغیرهای توضیحی و W ماتریس وزنی فضایی متغیر وابسته در ابعاد $n \times n$ است. D، ماتریس وزنی فضایی متغیر توضیحی (مستقل) و E، ماتریس وزنی فضایی جملات اخلال است. α_i اثر ثابت یا تصادفی و γ_t اثر زمان است.

ضریب خودرگرسیون فضایی (ρ) نشان‌دهندهٔ این است که متغیر وابسته در یک کشور چقدر از طریق متغیر وابستهٔ کشورهای همسایه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین، در صورت وابستگی فضایی اجزای اخلال، یک شوک خارجی (جنگ، رویدادهای اقتصادی و سیاسی و غیره ...) در یک کشور به تغییرات متوسط در متغیر وابسته در کشورهای همسایه منجر می‌شود و ضریب خطای فضایی (λ) اندازهٔ آن را نشان می‌دهد. همچنین، در مدل دوربین فضایی متغیر وابستهٔ یک کشور از میانگین وزنی متغیرهای توضیحی سایر کشورها تأثیر می‌پذیرد و θ اندازهٔ آن را نشان می‌دهد (الهورست[1]، ۲۰۱۰).

۲-٤. چگونگی تعیین مکان در مدل‌های اقتصادسنجی فضایی

در کارهای تحقیقاتی، معمولاً با داده‌هایی روبه‌رو هستیم که جنبه‌های مکانی در آنها مطرح است. پیش از مطرح شدن مسئله وابستگی و ناهمسانی فضایی باید به تعیین کمیت و مقدار عددی جنبه‌های مکانی پرداخت. برای انجام این موضوع دو منبع اطلاعاتی در اختیار است. یکی موقعیت در صفحهٔ مختصات که از طریق طول و عرض جغرافیایی نشان داده می‌شود و بر این اساس می‌توان فاصلهٔ هر نقطه در فضا را یا فاصله هر مشاهده قرار گرفته در هر نقطه را نسبت به نقاط یا مشاهدات ثابت یا مرکزی محاسبه نمود. وابستگی فضایی با قضیهٔ بنیادی علوم منطقه‌ای مطابقت دارد. مشاهداتی که به هم نزدیکترند نسبت به آنهایی که از هم دورترند، باید منعکس‌کننده وابستگی فضایی بالاتر باشند. به عبارت دیگر وابستگی فضایی و تأثیرات آن بین مشاهدات باید با افزایش فاصله بین مشاهدات، کاهش یابد. فاصله همچنین باید برای مدل‌های ناهمسانی فضایی مهم باشد.

دومین منبع اطلاعاتی مکانی، مجاورت و همسایگی است که منعکس‌کنندهٔ موقعیت نسبی در فضای یک واحد منطقه‌ای مشاهده شده، نسبت به واحدهای دیگری از آن قبیل

1. Elhorst, J.

می‌باشد. معیار نزدیکی و مجاورت براساس اطلاعات به دست آمده از روی نقشهٔ جامعه مورد مطالعه قابل دسترس خواهد بود و براساس این اطلاعات می‌توان تعیین نمود که کدام مناطق با هم، همسایه یا مجاور هستند، یعنی دارای مرزهایی هستند که به هم می‌رسند. بنابراین با در نظر گرفتن وابستگی فضایی واحدهایی که دارای رابطهٔ همسایگی یا مجاورت هستند نسبت به محل یا واحدهایی که دورتر هستند باید درجهٔ وابستگی فضایی بالاتری را نشان دهند.

روشی که برای بیان تعیین مکان در این مقاله استفاده می‌شود، روش مجاورت فضایی می‌باشد.

۵. داده‌های آماری و تصریح مدل

۵-۱. نحوه گردآوری داده‌ها

داده‌های متغیرهای رشد اقتصادی، مصرف انرژی، شهرنشینی و انتشار دی‌اکسیدکربن برای ۸ کشور عضو سازمان اوپک یعنی ایران، عراق، امارات متحده عربی، قطر، عربستان سعودی، کویت، الجزایر و لیبی برای دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ جمع‌آوری شده است. کشورها براساس مجاورت جغرافیایی و وجود همسایگی بین کشورها انتخاب شده‌اند و بازه زمانی محدود به در دسترس بودن همه مشاهدات برای همه کشورهای منتخب است. داده‌های تمامی متغیرها از گزارش بانک جهانی (۲۰۲۱) استخراج شده است. انتشار دی‌اکسیدکربن متغیر وابسته و برحسب کیلوتن است و متغیر رشد اقتصادی که برحسب دلار آمریکا و به قیمت ثابت سال ۲۰۱۵، مصرف انرژی برحسب مصرف سوخت‌های فسیلی (درصدی از مصرف انرژی کل)و شهرنشینی (جمعیت شهری) برحسب میلیون نفر به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده است.

۵-۲. تصریح مدل

مدل اقتصادسنجی این مطالعه براساس چارچوب نظری و مدل‌های اقتصادسنجی فضایی تهیه شده است. بنابراین، برای بررسی تجربی اثر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و جمعیت شهری بر انتشار دی‌اکسیدکربن به دنبال مدل اقتصادسنجی پیشرفته زیر پیروی می‌کنیم.

$$LCO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 LGDP_{it} + \beta_2 LE_{it} + \beta_3 LUP_{it} + \varepsilon_t \qquad (۱)$$

مدل (۱)، همه متغیرهای انتشار دی‌اکسیدکربن $(CO2)$، تولید ناخالص داخلی (GDP)، مصرف انرژی (E) و جمعیت شهری (UP) به صورت لگاریتمی آورده شده است. این مدل از طریق مدل‌های داده‌های ترکیبی، اثرات ثابت و تصادفی تخمین زده می‌شود. همان‌طورکه در این مقاله به بررسی وابستگی فضایی می‌پردازیم، که با توجه به ساختار وابستگی فضایی به صورت زیر قابل ارائه است:

$$LCO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 LGDP_{it} + \beta_2 lE_{it} + \beta_3 LUP_{it} + \delta W * LCO2_{it} + \theta_1 W * LGDP_{it} + \theta_2 W * LE_{it} + \theta_3 W * LUP_{it} + u_t + \varepsilon_t \quad (۲)$$

که در آن W نشان‌دهنده ماتریس وزنی فضایی است که ابعاد آن ۸ × ۸ است. با توجه به تعریف ماتریس وزن δ وابستگی فضایی انتشار دی‌اکسیدکربن بین کشورها را نشان می‌دهد. علاوه بر این، θها نشان‌دهنده تأثیر متغیرهای مستقل کشورهای مجاور بر انتشار دی‌اکسیدکربن محلی است درحالی‌که β تأثیر مستقیم رشد اقتصادی، مصرف انرژی و جمعیت شهری را بر انتشار دی‌اکسیدکربن محلی و u_t عبارت خطای خودرگرسیون فضایی، ε_t بردار عبارت اخلال متغییرهای مستقل را نشان می‌دهد.

٦. نتایج و بحث

٦-١. آزمون خودهمبستگی (وابستگی) فضایی

قبل از تخمین مدل‌های مختلف اقتصادسنجی فضایی، لازم است ما از آزمون‌های تشخیصی مختلف برای تشخیص خودهمبستگی فضایی استفاده کردیم. برای بررسی وجود وابستگی فضایی از چهار آزمون «آزمون آی موران، آزمون جری سی، حداکثر درستنمایی کلاسیک و حداکثر درستنمایی مقاوم‌سازی شده» استفاده شده است.

نتایج «آزمون آی موران، آزمون جری سی، حداکثر درستنمایی کلاسیک و حداکثر درستنمایی مقاوم‌سازی شده» را در جدول ۲ نشان داده‌ایم. فرضیه صفر این آزمون‌ها این است که «هیچ همبستگی فضایی جهانی وجود ندارد». یافته‌ها نشان می‌دهند که همبستگی فضایی جهانی وجود دارد زیرا مقادیر احتمال هر دو آزمون فرضیه صفر مبنی بر اینکه «هیچ همبستگی فضایی جهانی وجود ندارد» را رد می‌کند و فرضیه جایگزین را می‌پذیرد. همچنین نتایج حاصل از این آزمون‌ها در این جدول بیانگر تأیید وجود اثرات فضایی است، بنابراین به جای پنل ساده، پنل فضایی مدل انتشار دی‌اکسیدکربن برازش شده است.

جدول۲. نتایج آزمون‌های خودهمبستگی فضایی

آزمون‌ها	نتایج	سطح معناداری ٪۱
آی موران	۰/۹۸٤۰	۰/۰۰۰
جری سی	۰/۳۲۹٦	۰/۰۰۰
حداکثردرستنمایی کلاسیک	٦۳/۹۲۵۰	۰/۰۰۰
حداکثردرستنمایی مقاوم‌سازی‌شده	۲۳/۰۰۲۵	۰/۰۰۰

منبع: نتایج تحقیق

۲-٦. انتخاب مدل

بر اساس آزمون آی موران، آزمون جری سی، حداکثر درستنمایی کلاسیک و حداکثر درستنمایی مقاوم‌سازی شده نتیجه گرفته‌ایم که خودهمبستگی فضایی وجود دارد. در این مرحله برای انتخاب بهترین مدل فضایی، چهار مدل فضایی که شامل مدل خودرگرسیون فضایی، مدل خطای فضایی، مدل خودهمبستگی فضایی و مدل دوربین فضایی را برآورد کردیم و در مرحله بعد با استفاده از آزمون‌های تشخیصی (آزمون ضرایب فضایی) بهترین مدل را از چهار مدل اصلی اقتصادسنجی فضایی برآورد شده را انتخاب کردیم. جدول ۳ نتایج آزمون‌های تشخیصی (آزمون ضرایب فضایی) را برای انتخاب بهترین مدل تخمین زده شده، نشان می‌دهد. نتایج آزمون ضرایب فضایی بیانگر معنی‌داری مدل دوربین فضایی در سطح معنی‌داری یک درصد می‌باشد. مقدار مثبت و معنی‌داری ضریب خودرگسیون فضایی نشان می‌دهد که انتشار دی‌اکسیدکربن هریک از کشورهای مورد بررسی به واسطه اثر مجاورت بوده است.

جدول ۳. آزمون ضرایب فضایی مدل

ترتیب	فرضیه صفر	مقدار آماره	ارزش احتمال (PV)
(۱)	$H_0: \rho = 0$	۲۳/۱۷	۰/۰۰۰***
(۲)	$H_0: \lambda = 0$	۲۳/۷۹	۰/۰۰۰***
* معناداری در سطح ده درصد، ** معناداری در سطح پنج درصد، *** معناداری در سطح یک درصد			

منبع: نتایج تحقیق

در این مرحله با مشخص شدن مدل دوربین فضایی به عنوان بهترین مدل فضایی، مدل اثرات ثابت و تصادفی دوربین فضایی را برآورد کردیم و از آزمون هاسمن برای انتخاب یک مدل مناسب بین مدل اثرات تصادفی فضایی و مدل اثرات ثابت استفاده شده است. فرضیه صفر آزمون هاسمن، مبنی بر پذیرش مدل اثرات تصادفی در مقابل مدل اثرات ثابت است. باتوجه به عدد ۶۸۹۷/۷۵ آماره آزمون هاسمن و سطح معناداری ۰/۰۰۰آزمون هاسمن که بیانگر رد فرضیه صفر است و به‌عبارتی نتایج بیانگر تأیید اثرات ثابت در برابر تصادفی است.

۳-٦. تفسیر نتایج اثرات ثابت مدل دوربین فضایی

نتایج مدل دوربین فضایی در جدول ۴ نشان می‌دهد که ضریب رشد جمعیت شهری به طور مثبت و معنی‌دار است که نشان می‌دهد افزایش یک درصدی در رشد جمعیت شهری منجر به افزایش ۰/۳۸۹ درصدی انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. شهرنشینی بر مهاجرت جمعیت از روستاها به مناطق شهری تأثیر می‌گذارد و مهاجرت جمعیت بر انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیر می‌گذارد. توسعه شهرنشینی باعث مهاجرت جمعیت و تغییر ساختار صنعتی، سبک زندگی و توزیع فضایی جمعیت می‌شود. علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهد که رشد اقتصادی تأثیر مثبت و معنادار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد و با افزایش یک درصدی در رشد اقتصادی باعث افزایش ۰/۶۵۷ درصدی در انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. از این نتایج می‌توان این‌گونه استدلال کرد که افزایش جمعیت شهری و رشد اقتصادی، باعث افزایش میزان انتشار دی‌اکسیدکربن و آسیب محیط‌زیست شده است.

نتایج نشان می‌دهد که مصرف انرژی بیشترین تأثیر را بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد که با افزایش یک درصدی در مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر باعث افزایش ۱/۴۵۹ درصدی انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. این نتایج نشان‌دهنده آن است که افزایش مصرف انرژی می‌تواند تأثیر مخربی بر محیط‌زیست کشورهای عضو اوپک داشته باشد.

براساس نتایج به دست آمده این‌گونه استدلال می‌کنیم که افزایش رشد اقتصادی و رشد جمعیت شهری باعث افزایش میزان مصرف سوخت‌های فسیلی به دلیل استفاده از فناوری‌های سنتی در کشورهای عضو سازمان اوپک شده و باعث می‌شودکه انتشار دی‌اکسیدکربن و آسیب به محیط زیست افزایش یابد.

جدول ٤. نتایج اثرات ثابت مدل دوربین فضایی

متغیرها	ضرایب	آماره t	ارزش احتمال
رشد اقتصادی	۰/٦٥٧٦٢٤٤	١٤/٩٥	۰/۰۰۰***
مصرف انرژی	١/٤٥٩٨٣٨	١/٧٢	۰/۰٨٥*
جمعیت شهری	۰/٣٨٩٩١٥٩	١٧/٢٦	۰/۰۰۰***
سرریزهای فضایی			
سرریزفضایی رشد اقتصادی	۰/٣٦٦٥٦٩٩	٤/٦٤	۰/۰۰۰***
سرریز فضایی مصرف انرژی	۰/٦٣٩١٩٧٣	١/٨٦	۰/۰٧١*
سرریزفضایی جمعیت شهری	۰/٢٢٠٥٨٣٦	٢/٥۰	۰/۰١٢***
* معناداری در سطح ده درصد، ** معناداری در سطح پنج درصد، ***معناداری در سطح یک درصد			

منبع: نتایج تحقیق

٤-٦. تفسیر نتایج اثر مستقیم و غیر مستقیم مدل دوربین فضایی

این بخش تأثیرات مستقیم، غیر مستقیم و کل رشد اقتصادی، مصرف انرژی و جمعیت شهری بر انتشار دی‌اکسیدکربن را در جدول ۵ ارائه می‌کند. تأثیر مستقیم نشان می‌دهد که تغییر در متغیر وابسته منطقه (انتشار دی‌اکسیدکربن) به دلیل متغیرهای مستقل (رشد اقتصادی، رشد جمعیت شهری و مصرف انرژی) همان منطقه است. درحالی‌که اثرات غیر مستقیم (سرریز) تغییر در متغیر وابسته را که توسط متغیرهای مستقل سایر مناطق (کشورهای همسایه) ایجاد می‌شود، نشان می‌دهد.

یافته‌ها نشان می‌دهد که افزایش یک درصدی در رشد اقتصادی تأثیر مثبت و معنادار بر انتشار دی‌اکسیدکربن در سه حالت اثر مستقیم به میزان ۰/۶۴۰ درصدی بر انتشار دی‌اکسیدکربن کشور خود و اثر غیر مستقیم ۰/۰۹۹ درصدی بر کشورهای همسایه دارد. جمعیت شهری را با اعداد ۰/۳۷۶ درصدی اثر مستقیم و ۰/۰۶۵ درصدی اثر غیر مستقیم است که نشان می‌دهد افزایش یک درصدی در رشد جمعیت محلی باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن به میزان ۰/۳۷۶ درصد و افزایش یک درصدی در رشد جمعیت کشورهای همسایه به ترتیب انتشار دی‌اکسیدکربن را ۰/۰۶۵ درصد افزایش می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که میزان رشد اقتصادی و جمعیت شهری هر کشور تأثیر بیشتری بر انتشار دی‌اکسیدکربن محلی داشته ولی افزایش جمعیت شهری بر انتشار دی‌اکسیدکربن

کشورهای همسایه تأثیر کمتری داشته ولی نمی‌توان آن را نادیده گرفت. به طور مشابه، اثرات مستقیم و غیرمستقیم مصرف انرژی نیز نشان می‌دهد که با افزایش یک درصدی در مصرف انرژی محلی به میزان ۱/۷۴۲درصد باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در همان کشور شده و افزایش یک درصدی در مصرف انرژی کشور همسایه باعث افزایش ۰/۹۵۰ درصدی انتشاردی‌اکسیدکربن دردیگر کشورها خواهد شد.

این میزان از افزایش مصرف انرژی نشان می‌دهد که اثرات سرریز مصرف انرژی کشورهای همسایه بر انتشار دی‌اکسیدکربن محلی تأثیرگذار است. به عبارت دیگر افزایش مصرف انرژی کشورهای همسایه یکی از عوامل افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در محیط محلی است. این بدان معناست که اثرات فضایی افزایش مصرف انرژی کشورهای همسایه را نمی‌توان در حین حفاظت از کیفیت محیط زیست نادیده گرفت.

جدول ۵. نتایج اثر مستقیم و غیر مستقیم مدل دوربین فضایی (مدل اثرات ثابت)

متغیرها	اثر مستقیم			اثر غیر مستقیم		
	ضرایب	آماره t	ارزش احتمال	ضرایب	آماره t	ارزش احتمال
رشد اقتصادی	۰/٦٤۰٤۲٦۸	۱۱/۳۸	۰/۰۰۰***	۰/۰۹۹٦٤٥٦	۲/٥٤	۰/۰۱۲***
مصرف انرژی	۱/۷٤۲۲٥۸	۲/۲۱	۰/۰۲۷**	۰/۹٥۰۷۱۹۸	۲/۱٥	۰/۰٥۳**
جمعیت شهری	۰/۳۷٦۹٥٥٤	۱٥/٤۷	۰/۰۰۰***	۰/۰٦٥۱۰۰۱	۱/۹۳	۰/۰٦۲*
*معناداری در سطح ده درصد، **معناداری در سطح پنج درصد، ***معناداری در سطح یک درصد						

منبع: نتایج تحقیق

۷. نتیجه‌گیری و توصیهٔ سیاسی

از آنجایی که کشورهای جهان نمی‌توانند اثرات مضر آلودگی هوا را نادیده بگیرند، کارشناسان و محققان محیط زیست در حال کار بر روی چگونگی کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای و حفظ محیط زیست هستند زیرا انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید شده توسط یک کشور بر کیفیت زیست‌محیطی نه‌تنها یک کشور خود بلکه بر کشورهای همسایه نیز تأثیر می‌گذارد. ادبیات موجود در مورد این موضوع تاکنون وجود اثرات فضایی شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای عضو سازمان اوپک را نادیده گرفته است. مطالعه

در مورد رابطه بین رشد اقتصادی، جمعیت شهری، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن و گنجاندن سرریزهای فضایی در این ارتباط، مطالعه ما را جالب و مفید می‌کند.

این مقاله ارتباط بین رشد اقتصادی، شهرنشینی، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن را با استفاده از تکنیک‌های اقتصادسنجی فضایی بررسی می‌کند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که انتشار دی‌اکسیدکربن نه‌تنها به صورت محلی تعیین می‌شود، بلکه کشورهای همسایه نیز آن‌ها را تعیین می‌کنند، زیرا انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور مورد نظر توسط کشورهای اطراف نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بنابراین، در نظر گرفتن وابستگی فضایی هنگام تجزیه و تحلیل انتشار دی‌اکسیدکربن بسیار مهم است. علاوه بر این، اقتصادها ممکن است همزمان با رسمیت بخشیدن به سیاست‌های مربوط به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن، توسعه مناطق شهری کشورهای محلی و همسایه را در نظر بگیرند. علاوه بر این، مطالعه ما کشورهای مورد مطالعه را تشویق می‌کند تا با توسعه مناطق شهری، فناوری‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر خود را به اندازه کافی توسعه دهند.

افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن که پس از نرخ بالای رشد جمعیت شهری مداوم و افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی، باعث شده که کشورها به دنبال توسعه سرمایه‌گذاری در فناوری صنعتی سبز بروند. اندازه اثرات مستقیم رشد اقتصادی، رشد جمعیت شهری و مصرف انرژی بزرگتر از مقدار اثرات غیرمستقیم است. دلیل اصلی تأثیر مستقیم این است که ممکن است شرایطی وجود داشته باشد که کشور در مراحل اولیه توسعه بخش شهری باشد و رشد جمعیت شهری محلی به دلیل تغییر در سبک زندگی و افزایش مناطق شهرنشین و افزایش میزان مصرف سوخت به دلیل افزایش حمل و نقل، مصرف سوخت و دیگر فناوری‌ها و خدمات شهری نسبت به مناطق روستایی، باعث افزایش تأثیر بیشتر این رشد مناطق شهری بر انتشار دی‌اکسیدکربن در همان کشور است.

در سال‌های اخیر افزایش جمعیت شهری در کشورهای در حال توسعه عضو سازمان اوپک، باعث گسترش آلودگی‌های محیط زیست و همچنین تغییرات اقلیمی در این کشورها شده است، در این مطالعه با تحلیل و بررسی برخی از عوامل انتشار دی‌اکسیدکربن ازجمله جمعیت شهری، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی و استفاده از رویکرد اقتصادسنجی فضایی پرداخته‌ایم که میزان تأثیر آن‌ها و ضرورت در نظر گرفتن این عوامل بر آلودگی زیست‌محیطی و پرداختن به روش‌های حل مشکلات ناشی از آنها مورد توجه

سیاستگذاران و محیط‌بانان کشورهای اوپک قرار گیرد. این مطالعه کشورهای عضو اوپک را به سرمایه‌گذاری و همکاری‌های بیشتری در زمینه تولید انرژی‌های تجدیدپذیر با یکدیگر ترغیب خواهد کرد.

تصمیم‌گیرندگان و سیاستگذاران جوامع به دنبال راههایی می‌گردند که جوامعشان را بیشتر پایدار کنند، زیرا آثار مخرب رشد اقتصادی روی محیط زیست ممکن است از طریق نوآوری‌های تکنولوژی و انتقال از یک صنعت کالامحور به صنعت خدمات محور و سرمایه‌گذاری در بخش‌های مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر کاهش یابد. بنابراین، سیاست‌گذاران ممکن است چنین سیاست‌هایی را تدوین کنند که به طور خاص با هدف نوآوری‌های فناوری‌های تولید انرژی پاک سازگار با محیط زیست در همسایگی، جهانی‌سازی انرژی‌های تجدیدپذیر را ترویج می‌کنند. چنین سیاست‌هایی به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن نه‌تنها از طریق اثر مستقیم بلکه از طریق اثرات سرریز مطلوب زیست‌محیطی از کشورهای همسایه کمک می‌کند.

۸. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

۹. سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از داوران محترم که با نظرات ارزشمندشان باعث بهبود کیفیت مقاله شده‌اند، سپاسگزارند.

ORCID

Mansour Zarranejad https://orcid.org/0000-0001-9981-2196
Hamidreza Abdollahian https://orcid.org/0000-0002-2137-2386
Aram Amirnia https://orcid.org/0000-0001-5426-1853
Soheil Saidian https://orcid.org/0000-0002-2855-7332

۱۰. منابع

شهبازی، کیومرث و حمیدی رزی، داود و فشاری، مجید. (۱۳۹۳). بررسی عوامل مؤثر در انتشار آلودگی هوا در کشورهای حوزهٔ دریای خزر: رهیافت مدل دوربین فضایی تابلویی. *محیط‌شناسی*، دورهٔ ۴۱، شمارهٔ ۱، صفحات ۱۲۷-۱۰۷.

ناهیدی امیرخیز، محمدرضا و رحیم‌زاده، فرزاد و شکوهی‌فرد، سیامک. (۱۳۹۶). بررسی رابطه رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (مطالعه موردی: منتخب سازمان همکاری اسلامی). *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره بیست و دوم، شماره سه، صفحات ۲۶-۱۳.

References

Chen, D., Lu, X., Hu, W., Zhang, C. and Lin, Y. (2021). How urban sprawl influences eco-environmental quality: Empirical research in China by using the Spatial Durbin model. *Ecological Indicators*, Vol. 131, 108113.

Cherniwchan, J. (2012*),* Economic growth, industrialization and the environment. *Resource and Energy Economics*, 34(4), pp. 442-467.

Dabachi, U.M., Mahmood, S., Umar Ahmad, A., Ismail,S., Sambo Farouq, I., Hassan Jakada, A., Aliyu Mustapha, U., Tijjani Abdullahi, A., Atiku Muhammad, A. and Kamalu Kabiru, K. (2020). Energy Consumption, Energy Price, Energy Intensity Environmental Degradation and Economic Growth Nexus in African OPEC Countries: Evidence from Simultaneous Equations Models. *Journal of Environmental Treatment Techniques,* Vol 8, Issue 1, pp. 403-409.

Dryzek, J. S, (2016), Institutions for the Anthropocene: Governance in a changing earth system. *British Journal of Political Science*, Vol. 46, Issue 4, pp. 937-956.

Elhorst, J. P. (2010). *Spatial Panel Data Models*. *Handbook of applied spatial analysis*. Edited by Fisher, M.M., Getis, A. Edition Number,1.

Elhorst, J. P. (2014). *Spatial econometrics: From cross-sectional data to spatial panels.* Berlin: Springer, Edition Number, 1.

Grossman, G.M., Krueger, A.B, (1991), Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. *NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH*, 3914, pp. 26-36.

Guo,J., Xu,Y and Pu, Z. (2016). Urbanization and Its Effects on Industrial Pollutant Emissions: An Empirical Study of a Chinese Case with the Spatial Panel Model. *Sustainability* ,8(8), pp. 1-15.

Kabiru, S.M., Rabiu, M. (2020). Crude Oil Price, Urbanization and Environmental Pollution: Fresh Evidence from Selected African OPEC Member Countries. *Marketing and Branding Research,*7(1), pp. 47-61.

LeSage, J., & Pace, R. K. (2009). Introduction to spatial econometrics: Chapman and Hall/CRC. *De Boeck Supérieur*,123(3), pp. 19-44.

Li, L., Hong, X., Tang, D. and Na, M. (2016), GHG Emissions, Economic Growth and Urbanization: A Spatial Approach. *Sustainability,*8(5), pp. 462-467.

Li, L., Hong,X., Peng, K. (2018). A Spatial Panel Analysis of Carbon Emissions, Economic Growth and High-Technology Industry in China. *Structural Change and Economic Dynamics*, 49(2), pp. 83-92.

Long, R., Shao, T. and Chen, H. (2016), Spatial econometric analysis of China's province level industrial carbon productivity and its influencing factors. *Applied Energy,*166(4), pp. 210-219.

Lotfali Pour, M. R., Fallahi, M. A. and Ashena, M. (2011). Investigating the relationship between Carbon dioxide Emissions and Economic Growth, Energy and Trade in Iran. *Environment and Development,* 17(4), pp. 360-369.

Majeed, M, T., & Mumtaz, S. (2017). Happiness and environmental degradation: A global analysis. *Pakistan Journal of Commerce and Social,*4(3), pp. 42-67.

McGranahan, G., Jacobi, P., Songsore, J., Surjadi, C., Kjellen, M. (2001). *The Citizen at Risk: From Urban Sanitation to Sustainable Cities.* Routledge, Edition Number, 1.

Moutinhoa, V,. Madaleno, M,. Elheddad, M. (2020). Determinants of the Environmental Kuznets Curve considering economic activity sector diversification in the OPEC countries. *Journal of Cleaner Production,*20(1), pp. 2-9.

Nahidi Amirkhiz, M., Rahimzadeh, F. and Shokohi Fard, S. (2019). Investigating the relationship between economic growth, energy consumption and greenhouse gas emissions (case study: selected countries of the Organization of Islamic Cooperation. *Environmental Science and Technology*,22(3).13-26. [In Persian]

Organization of the Petroleum Exporting Countrie(OPEC), (2021).

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 Dynamics*,57(4), pp. 13-27.

Shabani, E., Hayati, B., Pishbahar, E., Ghorbani, M,A., Ghahremanzadeh, M. (2021). The relationship between CO2 emission, economic growth, energy consumption and urbanization in the ECO member countries. *International Journal of Environmental Science and Technology,* 19(4), pp. 1861-1876.

Shabazi,k. Hamidi Razi,D. and Feshari,M. (2014). Investigating the effective factors in the spread of air pollution in the countries of the Caspian Sea basin: the approach of the panel space camera model. *Environmental Science,*41(1), 107-127. [In Percian]

Sirag, A., Matemilola, B, T., Law, S. H., & Bany-Ariffin, A, N. (2018). Doesenvironmental kuznets curve hypothesis exist? Evidence from dynamic panelthreshold*. Journal of Environmental Economics and Policy*,7(2), pp. 145-165.

Wang, S., Zhao, T., Zheng, H., & Hu, J. (2017). The STIRPAT analysis on carbon emission in Chinese cities: An asymmetric laplace distribution mixture model. *Resource and Energy Economics,*9(12), pp. 1-13.

Yao, F., Zhu, H., M. (2021). The Impact of Multiple Dimensions Maojun of Urbanization on CO2 Emissions: A Spatial and Threshold Analysis of Panel Data on China's Prefecture-Level Cities. Sustainable Cities and Society. *Sustainable Cities and Society*,73(4), pp. 1-11.

استناد به این مقاله: زراءنژاد، منصور؛ عبداللهیان، حمیدرضا؛ امیرنیا، آرام؛ سعیدیان، سهیل. (۱۴۰۱). تأثیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک: با رویکرد اقتصادسنجی فضایی، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۴۳ (۱۱)، ۶۱-۸۳

Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.