فصلنامه علمی، پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی
سال سیزدهم، شماره چهل و نه، زمستان ۱۴۰۱ (۳۶-۱۵)

Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research
Vol. 13, No. 49, Desamber 2022 (15-36)
doi.org/10.30473/egdr.2022.60860.6310

انتشار دی اکسید کربن و رشد اقتصادی: تحلیلی فضایی در میان استان‌های ایران

مصعب عبدالهی آرانی[۱]، *نسرین منصوری [۲]، سیاوش جانی[۳]، نوشین آقابابایی[۴]

۱. استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲. استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۳. استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۴. کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه پیام نور، ایران

(دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۴ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۹)

Investigation of the Dynamic Relationship between Trade Liberalization, Financial development and Economic Growth In Selected Countries around the World (A New Approach to Financial Development Index)

Mosab Abdollahi Arani[1], *Nasrin Mansouri[2], Siavoshe Jani[3], Nooshin Aghaei[4]

1. Assistant Professor,K Department of Economics, Payame Noor University, Iran.
2. Assistant Professor,K Department of Economics, Payame Noor University, Iran.
3. Assistant Professor,K Department of Economics, Payame Noor University, Iran.
4. Master of Economics, Payame Noor University, Iran.

Original Article (**Received:** 15/Sep/2021 **Accepted:** 20/Nov/2021) **مقاله پژوهشی**

Abstract:

In recent decades, the risks and environmental damage caused by economic growth, population growth and energy consumption have become more apparent. Meanwhile, one of the new advances in the study of the relationship between economic factors affecting environmental quality is the attention to the spatial nature of environmental phenomena. Therefore, the aim of this study was to model the relationship between carbon dioxide (CO_2) emissions and economic growth along with other influential factors. CO2 emissions as a criterion for environmental pollution in Iran have been studied using the Spatial Durbin Model (SDM) and in the framework of spatial panel data among the provinces of Iran during the period 2003-2017. The results of this study show that in total, real GDP per capita increases CO2 emissions at the provincial level, because the positive real GDP per capita coefficient is larger than the negative real GDP per capita coefficient of space. Another very important variable in increasing CO2 emissions in the provinces is the intensity of energy consumption and its spatial interruption, which has the highest significant and positive coefficients in the model of this paper. Also, the weighted price of provincial energy and its space interruption have had a significant and negative effect on CO2 emissions. Although increasing the degree of urbanization has not had a significant effect on CO2 emissions in the same province, but increasing the degree of urbanization in neighboring provinces has increased CO2 emissions. Finally, the spatial interruption coefficient of the dependent variable is significant and positive, which shows that the increase in CO2 emissions in neighboring provinces has increased CO2 emissions in the same province.

Keywords: CO_2 emission, Economic Growth, Iran's Provinces, Spatial Durbin Model, spatial econometric approach.
JEL: C23, Q53, E01.

چکیده:

در دهه‌های اخیر، خطرات و آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از رشد اقتصادی، رشد جمعیت و مصرف انرژی بیش‌تر نمایان شده است. در این میان، یکی از پیشرفت‌های جدید در مطالعه‌ی رابطه‌ی میان عوامل اقتصادی مؤثر بر کیفیت زیست‌محیطی، توجه به ماهیت فضایی پدیده‌های زیست‌محیطی است. از این‌رو هدف این مطالعه، به مدل‌سازی ارتباط انتشار CO_2 و رشد اقتصادی در کنار سایر عوامل تأثیرگذار بوده است. انتشار CO_2 به عنوان معیاری برای آلودگی محیط‌زیست در ایران با استفاده از مدل دوربین فضایی (SDM) و در چارچوب داده‌های تابلویی فضایی در میان استان‌های ایران طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۲ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در مجموع GDP سرانه واقعی باعث افزایش انتشار CO_2 در سطح استان‌ها می‌شود، چرا که ضریب مثبت GDP سرانه واقعی از ضریب منفی GDP سرانه واقعی فضایی بزرگ‌تر است. یکی دیگر از متغیرهای بسیار مهم در افزایش انتشار CO_2 در سطح استان‌ها، شدت مصرف انرژی و وقفه فضایی آن می‌باشد که بالاترین ضرایب معنادار و مثبت را در مدل این مقاله دارد. همچنین قیمت وزنی انرژی استانی و وقفه فضایی آن نیز تأثیر معنادار و منفی را بر انتشار CO_2 داشته است. هر چند افزایش درجه شهرنشینی تأثیر معناداری بر انتشار CO_2 همان استان نداشته است، اما افزایش درجه شهرنشینی استان‌های همجوار باعث افزایش انتشار CO_2 شده است. در نهایت ضریب وقفه فضایی متغیر وابسته، معنادار و مثبت بوده که نشان می‌دهد افزایش انتشار CO_2 در استان‌های همسایه باعث افزایش انتشار CO_2 در همان استان شده است.

واژه‌های کلیدی: انتشار دی‌اکسیدکربن (CO_2)، رشد اقتصادی، استان‌های ایران، مدل دوربین فضایی، رویکرد اقتصادسنجی فضایی.
طبقه‌بندی JEL: C23, Q53, E01.

* **نویسنده مسئول:** مصعب عبدالهی آرانی
E-mail: memar.ab45@yahoo.com

*Corresponding Author: Abdollahi Arani

۱- مقدمه

آلودگی محیط زیست از جمله مسائلی است که دنیای امروز را با مشکلات عدیده‌ای مواجه ساخته و سلامت و حیات جانداران را تحت تأثیر خود قرار داده است. جهان امروز دارای شرایطی است که نیازمند توجه هر چه بیشتر به محیط زیست می‌باشد. توسعه صنعت، گسترش بیش از پیش مواد آلاینده، افزایش جمعیت بشری، ایجاد صنایع جدید و به تبع آن تولید زباله‌های نوظهور، علیرغم اینکه رشد اقتصادی را افزایش داده اما منجر به گسترش آلودگی‌های زیست محیطی شده است، این در حالی است که اغلب کشورهای مختلف از جمله ایران خواهان رشد اقتصادی متوازن و توسعه‌ی پایدار هستند و این امر، مستلزم برنامه‌ریزی مناسب برای کسب رشد اقتصادی بالا با کمترین آثار سوء زیست محیطی است (مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۹: ۵۰).

با افزایش خطرات ناشی از گرم شدن کره زمین، سیستم‌های زیست محیطی سراسر جهان در صورت عدم اتخاذ تدابیر کافی برای حفظ توسعه پایدار، در معرض طیف گسترده‌ای از مسائل و خطرات قرار می‌گیرند (اولوکاک[1] و همکاران، ۲۰۱۹: ۵۳). در میان انواع آلودگی‌های زیست محیطی، انتشار دی اکسید کربن از مهمترین عوامل ایجاد گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود و نقش بسیار مخربی در تشدید گرم شدن کره زمین ایفا می‌کند (مسعودی و همکاران، ۱۳۹۹: ۴۲). با توجه به ماندگاری و تأثیرات طولانی مدت دی اکسید کربن و تأثیر ۷۵ درصدی آن به حجم گازهای گلخانه‌ای، بسیاری از نهادهای بین‌المللی در تلاشند تا میزان انتشار CO_2 را در مقیاس وسیعی کاهش دهند (محمود[2]، ۲۰۲۰: ۱۵). علاوه بر این، به نظر می‌رسد فعالیت‌های اقتصادی و انتشار CO_2 دست در دست هم دارند، زیرا اقتصادی با حجم تولید بالاتر احتمالاً انتشار قابل ملاحظه‌تری CO_2 دارد و بستر را برای شکل‌گیری دقیق سیاست‌های زیست محیطی فراهم می‌سازد(اجمی[3] و همکاران، ۲۰۱۵: ۶۳۳).

درک توزیع جغرافیایی منابع انتشار دی اکسید کربن می‌تواند در سیاست مبارزه با تغییرات آب و هوایی کمک کند. توزیع فعالیت‌های اقتصادی و مصرف انرژی می‌تواند بر مناطق محلی که منبع انتشار CO_2 هستند تأثیرگذار باشد. مبارزه با تغییرات آب و هوای جهانی نیاز به توافقات چندجانبه و بین‌المللی خواهد داشت، اما مبارزه با علل تغییرات آب و هوایی محلی از طریق همان کشور قابل حل است. کاستی احتمالی مطالعات قبلی در خصوص ارتباط میان آلودگی هوا و رشد اقتصادی این است که همه تصور می‌کنند که مناطق بین حوزه‌های قضایی به صورت مقطعی مستقل هستند و اثرات تعامل فضایی نادیده گرفته می‌شوند. انسلین (۱۹۸۸: ۲۱) و لسیج و پیس (۲۰۰۹: ۷)[4] اشاره می‌کنند که ویژگی‌های یک منطقه محلی ممکن است به همسایگان آن بستگی داشته باشد. بنابراین، نادیده گرفتن وابستگی فضایی منجر به اشتباه در تعیین مدل یا ایجاد پارامترهای تخمینی نادرست در یک چارچوب مدل رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS) می‌شود.

اهمیت جغرافیا در مطالعات درخصوص فرضیه «جابجایی آلودگی» مطرح شده است. در این فرضیه، مناطق با درآمد بالا به طور مؤثری آلودگی خود را به مناطق کم درآمد صادر می‌کنند؛ یا می‌توان ادعا کرد که مناطق با درآمد بالاتر با واردات کالاها از مناطق بیشتر انرژی‌بر[5] و کم درآمد، باعث انتشار بیشتر آلودگی می‌شوند. جغرافیا به عنوان عامل اصلی تعیین کننده رشد اقتصادی بین کشوری، به دلیل عواملی مانند انتشار فناوری، شناخته شده است (کلر، ۲۰۰۴: ۷۸۳-۷۸۲)[6]. می‌توان ادعا کرد که انتشار CO_2 با پیشرفت‌های فناورانه کاهش می‌یابد، بنابراین انتشار فناوری احتمالاً می‌تواند به بهبود شرایط محیط زیستی همسایه کمک کند. جغرافیا از این جهت مهم است که سیاست‌های زیست محیطی اعلام شده در یک منطقه ممکن است به سایر مناطق همسایه سرایت کند (مارکوزن و همکاران، ۱۹۹۵: ۵۸)[7]. دولت‌های محلی، به منظور کاهش هزینه‌های تصمیم‌گیری، احتمالاً سیاست‌های همسایگان خود را مانند یک استان خودشان، ارزیابی می‌کنند. از این رو، اثرات متقابل فضایی باید در زمینه مدل‌سازی رگرسیونی در نظر گرفته شود (زاهو و همکاران، ۲۰۱۳: ۹)[8].

در این تحقیق از رویکرد اقتصادسنجی فضایی[9] برای تخمین مدل مورد نظر استفاده شده است. اقتصادسنجی فضایی، کاربرد تکنیک اقتصادسنجی در استفاده از داده‌های

1. Ulucak et al (2019).
2. Mahmood (2020).
3. Ajmi et al (2015).
4. Anselin (1988) & LeSage & Pace (2009).
5. The More Energy Intensive.
6. Keller (2004).
7. Markusen et al (1995).
8. Zhao et al (2013).
9. Spatial Econometrics.

نمونه‌ای است که دارای جزء مکانی هستند و در واقع اقتصادسنجی فضایی، زیرشاخه‌ای از اقتصادسنجی است که رابطه متقابل فضایی (وابستگی فضایی یا خودهمبستگی فضایی) و ساختار فضایی (ناهمسانی فضایی) را در مدل‌های رگرسیونی با دادهای مقطعی یا ترکیب مقطعی- سری زمانی بررسی می‌کند (نجفی علمدارلو و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۶).

به طور کلی، در ایران مصرف بالای انرژی‌های فسیلی و ارجح بودن مسائل اقتصادی نسبت به ملاحظات زیست محیطی، سبب انجام سیاست‌گذاری‌ها بدون توجه به هزینه‌های زیست‌محیطی شده است و آلودگی هوای بیش از حد استان‌های ایران را بدنبال داشته است. از طرف دیگر یکی از پیشرفت‌های جدید در مطالعه‌ی رابطه‌ی میان رشد اقتصادی و کیفیت زیست محیطی، توجه به ماهیت فضایی پدیده‌های زیست محیطی است. بنابراین در این تحقیق سعی بر این است که با ارائه یک مدل کمی اقتصادسنجی فضایی به بررسی ارتباط انتشار CO_2 و سایر متغیرها همچون تولید ناخالص داخلی سرانه، درجه شهرنشینی، قیمت انرژی، طول بزرگراه‌ها و مصرف انرژی، در استان‌های ایران پرداخته شود. در نهایت با بررسی نقش این متغیرها بر آلودگی محیط‌زیست استان‌های ایران، می‌توان سیاست‌ها و راه‌کارهایی برای کاهش آلودگی استان‌ها پیشنهاد کرد. بیشتر مطالعات انجام شده داخلی، با توجه به محدودیت اطلاعات قابل دسترس در این زمینه، از داده‌های تابلویی بین کشوری استفاده کرده‌اند.

۲- ادبیات تحقیق

الف: رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست

گوزنتس[1] (۱۹۵۵: ۳-۱) در مطالعه‌ای با عنوان رشد اقتصادی و نابرابری درآمد، منحنی کوزنتس که رابطه درآمد سرانه و نابرابری درآمد را به شکل U وارونه (∩) نشان می‌دهد را برای اولین بار مطرح کرد. بر اساس این فرضیه در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، همزمان با افزایش درآمد سرانه، نابرابری توزیع درآمد افزایش و پس از رسیدن به سطح معین یا نقطه‌ی برگشت، نابرابری توزیع درآمد به تدریج کاهش می‌یابد. ارتباط میان رشد اقتصادی و آسیب‌های ناشی از آن بر محیط زیست(مثل انتشار CO_2) در ادبیات اقتصادی در چارچوب منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC)[2] مورد بررسی قرار گرفته است. پس از اولین مطالعه تجربی EKC توسط گروسمن و کروگر[3] (۱۹۹۱: ۳)، پانایوتو[4] (۱۹۹۳: ۴) منحنی وارونه U شکل را منحنی زیست محیطی کوزنتس نامیدند.

همچنان که فرضیه EKC به عنوان یک واقعیت نهادینه شده اعتبار پیدا می‌کرد، ادبیات نظری حول این فرضیه به طور فزاینده‌ای در حال پدیدار شدن بود. در این میان، برخی از آثار رویکردی کلان داشتند و به دنبال توضیح مکانیسم‌های اجتماعی و کلان اقتصادی در پشت EKC بودند[5]. در حالی که آثار دیگر رویکردی خرد را ترجیح دادند، با هدف اینکه ارتباط میان نوآوری زیست محیطی و عملکرد شرکت را توضیح دهند[6]. از منظر «کلان» در این ادبیات نظری در مورد EKC سه کانال اصلی را شناسایی کردند که در طول آن رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیست تأثیر می‌گذارد: مقیاس تولید، پیشرفت فناوری، و تغییرات ساختاری. با توجه به اولین کانال، و با فرض ثابت بودن همه شرایط، به طور متناظر هر چه سطح تولید ناخالص داخلی بالاتر می‌رود، سطح آلودگی نیز بالاتر خواهد رفت، زیرا افزایش تولید به نهاده‌های بیشتری نیاز دارد. بنابراین منابع طبیعی بیشتری در فرایند تولید مصرف می‌شود. تأثیر منفی اثر مقیاس بر محیط زیست در مراحل اولیه رشد غالب است، اما در نهایت، با گذشت زمان، با تأثیر مثبت تغییرات ساختاری و فناوری، که تمایل به کاهش سطح انتشار دارد، غلبه خواهد کرد (وکینا و همکاران، ۱۹۹۹: ۵۸۴-۵۸۲)[7].

با توجه به تغییرات فناورانه، ادبیات نظری حول EKC به این موارد تأکید کرده است که تغییرات فناورانه می‌تواند شامل استفاده کارآمدتر از نهاده‌ها یا استفاده بیشتر از نهاده‌های سازگارتر با محیط‌زیست باشد، و یا تغییر در یک بخش اقتصادی به سمت فرایند جدید تولیدی و کم ضررتر برای محیط‌زیست با تولید کمتر زباله و تبدیل زباله به اشکال کمتر مضر برای محیط زیست باشد(کومن و همکاران، ۱۹۹۷: ۵۰۹؛ گالیوتی، ۲۰۰۷: ۴۳۰)[8]. بدیهی است که الگوی‌های سرمایه‌گذاری و توزیع آنها در ابزارهای مختلف حفاظت از محیط زیست عمیقاً تحت تأثیر سیاست‌ها و مشوق‌های

1. Kuznets (1955).
2. Environment Kuznets Curve (EKC).

3. Grossman & Krueger (1991).
4. Panayotou, T (1993).
۵. برای مطالعه بیشتر مراجعه کنید به: (Cole et al., 1997; Suri & Chapman, 1998; Agras & Chapman, 1999; Andreoni & Levinson, 2001; Bimonte, 2002).
۶ برای مطالعه بیشتر مراجعه کنید به: (Porter and Van der Linde, 1995; Mazzanti and Zoboli, 2005).
7. Vukina et al (1999).
8. Komen et al (1997); Galeotti, (2007).

زیست‌محیطی و ویژگی‌های ساختاری شرکت‌های مختلف است. در مورد کانال سوم – تغییرات ساختاری – برخی از تحقیقات[1] تأکید کرده‌اند که تخریب محیط زیست با تغییر ساختار اقتصاد از کشاورزی به صنعتی افزایش می‌یابد، اما این شروع به شیب نزولی ختم می‌شود زمانی که ساختار اقتصاد از صنعت انرژی بر به صنایع و خدمات دانش محور تغییر می‌کند. این دیدگاه بر اهمیت تغییر ساختاری تأکید می‌کند که از صنایع انرژی‌بر فراوان به خدمات و صنایعی که تأثیرات مخرب اندکی بر محیط زیست دارند، حرکت می‌کنند.

در مجموع دیدگاه‌های مختلف نظری در خصوص نحوه ارتباط میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست (مثلاً انتشار CO_2) در ادبیات توسعه اقتصادی موجود است. منحنی زیست محیطی کوزنتس اولیه که قائل به وجود یک منحنی U شکل وارونه است و بیان می‌کند که در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، کیفیت زیست محیطی روندی نزولی دارد تا زمانی که میانگین درآمد به سطح خاصی در توسعه برسد و از آنجا به بعد وضعیت زیست محیطی بهبود می‌یابد. نتایج به دست آمده مختلف بوده است، چراکه نوع داده‌ها، میزان آلودگی، کشور و روش تحلیل‌ها متفاوت بوده است (جاینگ[2] و همکاران، ۲۰۲۰: ۸–۵). ادبیات بسیار طولانی در خصوص ازمون فرضیه EKC اولیه دردسترس است. اکاراوکی و اکالین[3] (۲۰۱۷: ۳۸) به بررسی EKC با استفاده از داده‌های تابلویی در میان کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ پرداختند. آنها فرضیه EKC را در میان کشورهای توسعه یافته اثبات کردند، اما چنین شواهدی را در میان کشورهای درحال توسعه پیدا نکردند. شهباز و همکاران[4] (۲۰۱۵: ۲۱۵) با استفاده دوره زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۲ به بررسی EKC برای برخی از کشورهای آفریقای زیر صحرا پرداختند و EKC در میان داده‌های تابلویی و برای برخی از کشورهای انفرادی تأیید می‌شود. اپرگیس و اوزتور[5] (۲۰۱۵: ۲۰) به بررسی EKC با استفاده از داده‌های تابلوی ۱۴ کشور آسیایی پرداخته است. این مطالعه نیز ارتباط Uشکل وارونه را در میان بخش صنعتی و انتشار CO_2 را تأیید کرده است.

مجموعه دیگری از دیدگاه‌ها درخصوص منحنی زیست محیطی کوزنتس معتقدند که ارتباط میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست N شکل است. در مقایسه با الگوی U شکل وارونه، الگوی N شکل بدین صورت است که در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، فشار بر محیط زیست با رشد اقتصادی افزایش می‌یابد ولی سپس کاهش یافته، اما دوباره پس از رسیدن به سطح بحرانی، توسعه اقتصادی افزایش می‌یابد. لیب[6] (۲۰۰۳: ۵۲) اشاره کرد که یک الگو N شکل به دلیل شوک‌های خارجی، داخلی‌سازی آلودگی خارجی، فرسودگی فرصت‌های تنزلی و روند کاهشی بازده به مقیاس پیشرفت تنزلی وجود دارد. با رشد مداوم اقتصادی، ظرفیت تحمل محیط زیست به سطح مطلوب خود رسیده و پیشرفت فناوری نیز به نقطه اشباع می‌رسد و بنابراین افزایش بیشتر تولید نمی‌تواند تأثیرات مخرب را بر محیط زیست تسکین دهد. دیدگاه دیگر در مورد فرضیه EKC این است که یک منحنی یکنواخت فزاینده بین آلودگی هوا و رشد اقتصادی وجود دارد. هولتز–ایکین و سلدن[7] (۱۹۹۵: ۹۷) با استفاده از داده‌های تابلویی ۱۳۰ کشور جهان رابطه بین توسعه اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن را بررسی کردند. آنها نشان دادند که رشد انتشار دی اکسیدکربن جهانی در آینده قابل پیش بینی و با نرخ سالانه ۱/۸ درصد افزایش خواهد یافت و این افزایش مداوم انتشار به دلیل رشد بسیار سریع در تولید و جمعیت کشورهای کم درآمد خواهد بود. المولالی و همکاران[8] (۲۰۱۵: ۱۳۴) بیان کردند که فرضیه EKC به صورت U شکل معکوس اصلا وجود ندارد، چراکه ارتباط میان GDP و آلودگی به صورت منحنی افزاینده یکنواخت، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت در ویتنام طی دوره ۲۰۱۱–۱۹۸۱ بوده است. امی‌یاو و همکاران[9] (۲۰۱۹: ۱۰) رشد اقتصادی کشورهای منتخبی شامل ایالات متحده و کانادا را مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان می‌دهد که ارتباط بلندمدتی میان رشد تولید ناخالص داخلی، تجارت و انتشار CO_2 وجود دارد.

یکی از پیشرفت‌های جدید در مطالعه‌ی رابطه‌ی میان رشد اقتصادی و کیفیت زیست‌محیطی، توجه به ماهیت فضایی پدیده‌های زیست‌محیطی است. ورود بعد فضایی به منحنی زیست‌محیطی کوزنتس که به نام منحنی فضایی زیست محیطی کوزنتس[10] شناخته می‌شود، از مطالعه‌ی راپاسینگا و

1. Grossman & Krueger, (1993), Vukina et al (1999).
2. Jiang, Kim & Woo (2020).
3. Acaravci & Akalin (2017).
4. Shahbaz et al (2015).
5. Apergis & Ozturk (2015).
6. Lieb (2003).
7. Holtz-Eakin & Selden (1995).
8. Al-Mulali et al (2015).
9. Ameyaw et al (2019).
10. The spatial Environment Kuznets Curve.

همکاران (۲۰۰۴)[1] آغاز شده و به مرور در حال گسترش است. در واقع، ایده‌ی منحنی فضایی زیست‌محیطی کوزنتس کاملاً شبیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس است، با این تفاوت که به پدیده خودهمبستگی فضایی آلاینده‌های زیست‌محیطی به عنوان یکی از متغیرهای توضیحی مدل توجه کرده و آن را در محاسبات کمی وارد می‌سازد (میرشجاعیان حسینی و رهبر، ۱۳۹۰: ۱). بوکستایل[2] (۱۹۹۶: ۱۱۷۲) ضرورت بحث در خصوص اقتصاد محیط‌زیست که مشتمل بر وابستگی فضایی است را مطرح می‌کند. پیرو این ایده، مدیسون[3] (۲۰۰۶: ۲۲۱) فرضیه EKC در کنار ماتریس وزنی فضایی را در مدل‌های برآوردی انتشار آلودگی‌های مختلف سرانه برای ۱۳۵ کشور با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵ را طراحی می‌کند. شواهدی دال بر ارتباط U شکل در بسیار از انتشارهای آلودگی یافته شد و همچنین معناداری اثرات سرریز فضایی نیز بدست آمد. وانگ و همکاران[4] (۲۰۱۳: ۱۶) اثرات فضایی درآمد و ظرفیت زیستی را بر محیط‌زیست در میان ۱۵۰ کشور را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهند که شواهدی دال بر فرضیه EKC وجود ندارد و همچنین اثرات خطی مثبت درآمد و ظرفیت زیستی بر محیط‌زیست یافت شد، اما اثرات سرریز فضایی منفی بر روی متغیرهای مورد نظر وجود داشت.

ب: اثرات فضایی در پدیده‌های زیست‌محیطی

مدل‌های تابلویی فضایی یکی از مشخصات بدیع مقالات جدید محسوب می‌شود. بر اساس قانون اول جغرافی توبلر[5] (۱۹۷۰: ۲۳۸) همه مقادیر تخصیص داده شده به شاخص‌های بر روی یک سطح جغرافیایی با یکدیگر در ارتباط هستند، اما شاخص‌هایی که به هم نزدیک‌تر هستند ارتباط قوی‌تری دارند، در مقایسه با شاخص‌های که از هم فاصله دارند. بر اساس این نظریه، هیچ منطقه‌ای نمی‌تواند از بقیه مناطق جدا شود. حذف همبستگی‌های فضایی در تحلیل‌های اقتصادسنجی، در حالی که مقادیر به طور فضایی با یکدیگر مرتبط هستند، منجر به اریب در تخمین‌ها می‌شود (انسلین، ۱۹۸۸: ۲۱-۱۷). مدل‌های اقتصادسنجی فضایی هم اثرات عوامل تأثیرگذار و هم اثرات سرریز با مناطق همسایه را مدنظر قرار می‌دهند. در سال‌های اخیر، مدل‌های اقتصادسنجی فضایی به صورت فزاینده‌ای جهت حل مشکلات محیط‌زیست به کار گرفته می‌شود. ایده‌ی منحنی فضایی زیست‌محیطی کوزنتس بر مفهوم خودهمبستگی فضایی پدیده‌های زیست‌محیطی استوار است. ساده‌ترین تعریف برای مفهوم خودهمبستگی فضایی، وجود رابطه‌ی میان واحدهای فضایی نزدیک به هم است. مفهوم خودهمبستگی فضایی در دانشگاه واشنگتن در اواخر دهه ۱۹۵۰ میلادی، عمدتا توسط مایکل اف دیسی[6] و همینطور اساسا با حضور ویلیام ال گاریسون و ادوارد اولمن[7] متولد شد، به طوری‌که این دو جغرافی‌دان نیز تا حد بسیاری از تحقیق مکان مرکزی جغرافی‌دان اقتصادی آلمانی دهه ۱۹۳۰، یعنی والتر کریستالر[8] متأثر شده بودند. میشل اف دیسی مفهوم خودهمبستگی فضایی را در انتهای دهه‌ی ۱۹۵۰ معرفی کرد، اما ورود آن به مطالعات اقتصاد محیط‌زیست در اوایل قرن بیست و یکم صورت پذیرفت (جتیس، ۲۰۱۰: ۲۵۹)[9].

بدون شک، درک عمیق و دقیق از مکانیزم انتقال فضایی درخصوص آلایندگی‌های محیط‌زیست با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی فضایی می‌تواند بستر علمی را برای سیاست‌گذاری‌های محیط‌زیست جهت کنترل مؤثر آلودگی ایجاد کند. عدم تجانس‌های منطقه‌ای و همبستگی‌های فضایی عامل اصلی برای تأثیرگذاری عوامل پیشران مؤثر بر آلایندگی‌های محیط‌زیست است. به دلیل وجود ارتباطات متقابل فضایی، آلایندگی‌های محیط‌زیست محلی ممکن است اثرات سرریزی را بر آلایندگی‌های محیط‌زیست مناطق همجوار از طریق انتشار و تشعشع داشته باشند (پن و همکاران، ۲۰۱۵: ۳۰-۲۵)[10]. در نتیجه آلودگی محیط‌زیست مناطق مختلف دارای ارتباطات متقابل و متمایز هستند. در حالی که وابستگی و همبستگی فضایی واحدهای اقتصادی ممکن است در میان مناطق همجوار وجود داشته باشد، نادیده گرفتن اثرات سرریز فضایی معنادار می‌تواند منجر به انحراف در نتایج تخمین‌ها شود. از یک سو، تبادل منابع یا فناوری میان مناطق مختلف ممکن است منجر به اثرات سرریز فضایی مؤثر بر آلودگی محیط‌زیست برای یک منطقه شود و همزمان بر مناطق همسایه نیز تاثرگذار باشد. از سوی دیگر، اثرات جاذبه واحدهای فضایی می‌تواند منجر به همبستگی فضایی در آلودگی شود (وانگ و زاهو، ۲۰۲۱: ۶-۱)[11].

1. Rupasingha and et al (2004).
2. Bockstael (1996).
3. Maddison (2006).
4. Wang et al (2013).
5. Tobler (1970).
6. Michael F. Dacey.
7. William L. Garrison & Edward Ullman.
8. Walter Christaller.
9. Getis (2010).
10. Pan, X., Liu, Q., Peng, X. (2015).
11. Wang, Xing & Zhou, Dequn (2021).

مقالات فعلی درخصوص نظریه EKC به دو صورت کلی تخمین زده می‌شوند: (الف) نظریه EKC استاندارد که انتشار سرانه آلودگی را بر روی مجموعه از متغیرها رگرسیون می‌زند، متغیرهایی که به طور اساسی مکانیزم‌هایی را نشان می‌دهند که توسط گروسمن و کروگر (۱۹۹۱: ۴۶) بیان شده‌اند، (ب) نظریه EKC فضایی که استدلال می‌کند مدل استاندارد EKC باید مشتمل بر متغیرهای وزن‌داده شده فضایی باشند (فونگ و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۳)[1]. هنگامی که در یک اقتصاد باز وابستگی بالقوه میان کشورها به وجود می‌آید، مدیسن (۲۰۰۶) و راپاسینگا و همکاران (۲۰۰۴) به عنوان یکی از اولین تحقیقات با استفاده از تأثیرگذاری درون فضایی در چارچوب EKC مطرح شدند. این نویسندگان در کنار سایر محققین که مدل EKC استاندارد را گسترش داده بودند به استفاده از متغیرهای وزن‌داده شده فضایی اقدام کردند. نتایج این مقالات نشان می‌دهد که انتشار آلودگی در یک کشور تا حد بسیار قوی متأثر از جایگاه اقتصادی کشورهای همسایه بوده است.[2]

در حال حاضر، مطالعات EKC فضایی تا حد زیادی عمومیت یافته است و معمولاً در مقیاس جهانی انجام می‌گیرد.[3] همچنین این مقالات برای کشورهایی که دارای ایالات بسیار زیادی هستند همچون چین[4] و ایالات متحده[5] نگارش شده‌اند. به عنوان مثال زو و همکاران[6] (۲۰۲۰) به تحلیل ارتباط میان ابداعات فناوری در بخش انرژی و آلودگی هوا با استفاده از مدل‌های تابلویی فضایی در میان استان‌های کشور چین می‌پردازند. نتیجه این مقاله می‌گوید که تأثیرات ابداعات فناوری بخش انرژی بر انتشار CO_2 رفتاری منطقه‌ای دارد. همچنین رشد اقتصادی می‌تواند باعث جمع کردن انتشار CO_2 از استان‌های با درآمد پایین به استان‌های با درآمد بالای همجوار شود. از سوی دیگر بورنت، برگستروم و دورفمن[7] (۲۰۱۳) با استفاده از داده‌های تابلویی بلندمدت به تخمین ارتباط میان انتشار دی اکسید کربن در سطح ایالت‌های آمریکا، فعالیت اقتصادی و سایر عوامل پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که فاصله اقتصادی نقش مهم در انتشار CO_2 در داخل و در میان ایالت‌های آمریکا داشته است. همچنین اثرات سرریز اقتصادی مثبت و اثرات سرریز قیمتی منفی بر انتشار CO_2 در سطح ایالت‌ها به لحاظ آماری معنادار بوده است. یکسری دیگر از مقالات بر روی گروه‌بندی منطقه‌ای کشورها متمرکز شده‌اند، همانند اروپا[8] و آمریکای شمالی. کشورهایی که به طور نسبی در مراحل مشابه توسعه اقتصادی قرار دارند. برای مثال محمود[9](۲۰۲۰) تلاش کرده است که ادبیات آلودگی را با استفاده از اقتصادسنجی فضایی در جهت آزمون فرضیه EKC برای داده‌های ۲۱ کشور آمریکای شمالی طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ مورد مطالعه قرار دهد

ج: شهرنشینی، مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست

شهرنشینی یکی از ابعاد اصلی توسعه اقتصادی و شامل بسیاری از تغییرات ساختاری است که پیامدهای مهمی برای استفاده از انرژی به‌دنبال دارد. شهرنشینی در استفاده از انرژی لاجرم تغییراتی را ایجاد می‌کند و در نتیجه فعالیت‌های اقتصادی و جمعیتی است که انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی به بخش‌های خدمات، صنعت و هم‌چنین انتقال از فرایندهای تولید با شدت انرژی کمتر به فرایندهای تولید با شدت انرژی بیشتر را شامل می‌شود. خانوارهای روستایی به‌طور کلی در فعالیت‌های تولیدی درگیرتر از خانوارهای شهری هستند. خانوارهای شهری سهم بیشتری از کالاها و خدمات را در مقایسه با خانوارهای روستایی خریداری می‌کنند و تولیدکننده‌های این کالاها و خدمات انرژی بیشتری را مصرف می‌کنند. بنابراین، مهاجرت از روستا به شهر با تغییر ساختاری همراه است. زیرا ساختار تولید از تولیدات کشاورزی با شدت انرژی کمتر به تولیدات صنعتی و شیمیایی با شدت انرژی بالاتر تغییر می‌کند. درنتیجه، مجموعه این عوامل منجر به افزایش تقاضای انرژی در اقتصاد می‌شود (فطرس و فتحی، ۱۳۹۰: ۱).

نکته حائز اهمیت دیگری که در مورد رشد شهرنشینی باید به آن پرداخته شود این است که در ادبیات اقتصاد محیط‌زیست،

1. Fong, Letisha S. and Salvo, Alberto and Taylor, David (2020).
2. e.g., Balado-Naves, Baños-Pino& , Mayor (2018); Kang, Zhao, & Yang (2016); Wang, Kang, Wu& , Xiao (2013).
3. e.g., Balado-Naves et al. (2018); Maddison (2007); Wang et al. (2013).
4. e.g., Ding, Zhang, Chen, Wang, & Nie (2019); Ge, Zhou, Zhou, Ye, & Liu (2018); Hao, Liu, Weng, & Gao (2016); Hao, Wu, Wang, Huang (2018); Li et al.(2014); Meng & Huang(2018); Xu et al.(2019); Zhang, Zhang, & Zhao (2020); Zhu, Wang, & Zhang(2019).
5. Burnett, Bergstrom, & Dorfman (2013); Rupasingha et al. (2004); Tevie, Grimsrud, & Berrens (2011).
6. Zhu, Y. F., Wang, Z. L., Yang, J. & Zhu, L. L. (2020).
7. Burnett, Bergstrom, & Dorfman (2013).
8. Maddison (2007).
9. Mahmood (2020).

رشد جمعیت و شهرنشینی یکی از عوامل آلوده‌کننده محیط‌زیست به شمار می‌رود. نرخ بالای رشد جمعیت و رشد بالای شهر و شهرنشینی و در نتیجه آن افزایش تعداد وسایل نقلیه از مواردی هستند که باعث افزایش مصرف انرژی در کشورهای درحال توسعه می‌شوند (ونگر، ۱۹۹۳: ۱۷-۱۵)[1]. با افزایش تعداد خانوارهای شهری انتشار آلودگی از دو جهت رشد می‌یابد؛ مستقیم و غیرمستقیم. انتشار مستقیم در نتیجه مصرف انرژی‌هایی همچون برق، سوخت‌های گرمایشی، گازوئیل و بنزین می‌باشد. انتشار غیرمستقیم از ناحیه تولیدات صنعتی است. خانوارها مصرف کننده نهایی کالاها و خدمات محسوب می‌شوند (مانکس‌کارد و پدرسن، ۲۰۰۰: ۴۳۸)[2].

رشد شهرها تقاضا برای تولیدات با شدت انرژی را افزایش می‌دهد. در کل، ساخت و توسعه زیرساخت شهری شامل ساخت جاده‌ها، پل‌ها، ساختمان ادارات، شبکه‌های فاضلاب، نیروگاه‌ها و مانند آنها انرژی زیادی لازم دارند. از ویژگی‌های جالب شهرهای فشرده (متراکم)، اثر جزیره حرارتی شهری[3] است. سطوح ساخته شده مانند جاده‌ها و ساختمان‌ها و غیره پرتوهای خورشید را جذب و در خود نگه می‌دارند. قطع درختان و جابجایی آنها اثرات خنک‌کننده طبیعی را کاهش می‌دهد و موجب انتشار گازهای آلاینده بیشتری می‌شود. به‌عنوان یک پیامد، اثر جزیره حرارتی شهری، دمای هوا در شهرها را از ۱ تا ۲ درجه نسبت به مناطق اطراف افزایش می‌دهد (مادلنر و سانک،۲۰۱۱: ۴۵)[4]. در سال‌های اخیر در ادبیات مربوط به ارتباط بین شهرنشینی و مسائل زیست‌محیطی، محققان بسیاری به مطالعه مصرف انرژی و انتشار آلودگی پرداخته‌اند. بسیاری از محققان نشان داده‌اند که شهرنشینی موجب افزایش تقاضای انرژی و انتشار آلودگی بیش‌تر می‌شود.[5] برعکس، مطالعات دیگری مانند چن و همکاران (۲۰۰۸: ۳۸)[6] استدلال می‌کنند که شهرنشینی و شدت شهرنشینی استفاده از زیرساخت‌های عمومی را ارتقا می‌دهد و موجب مصرف انرژی پایین‌تر و آلودگی کمتر می‌شود.

یکی دیگر از مسایلی که در خصوص شهرنشینی، مصرف انرژی و آلودگی هوا مطرح می‌شود، حمل‌ونقل است. تراکم جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی تقاضاهای جدیدی را برای خدمات حمل‌ونقل ایجاد. افزایش تراکم جمعیت و نیروی کار در مناطق شهری ضرورت سیستم حمل و نقل را افزایش می‌دهد. یک عامل مهم تأثیرگذار روی تقاضای انرژی در شهرها- هم در کشورهای توسعه یافته و هم در حال توسعه- تحرک و جابجایی با اتومبیل و ماشین‌های موتوری شخصی است. اگر رشد شهرها و مهاجرت روستا به شهر ادامه یابد، حمل و نقل شخصی به طور اساسی افزایش خواهد یافت. حمل و نقل در ادامه افزایش شهرنشینی، به خاطر رفت و آمد در فواصل افزایش خواهد یافت. این امر به افزایش حمل و نقل خصوصی منجر می‌شود که بر افزایش مصرف انرژی و انتشار آلودگی دلالت دارد (جونز، ۲۰۰۴: ۳۳۳-۳۲۹)[7]. هم‌چنین، شواهد تجربی نشان می‌دهد که شدت مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصاد یکسان نیست. شدت مصرف انرژی در بخش‌های صنعت و حمل و نقل به مراتب بیشتر از شدت آن در بخش خدمات و کشاورزی است، پس این بخش باعث آلودگی بیشتری می‌شود (مهرآرا و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۹۲).

۳- پیشینه تحقیق

تحقیقات فراوانی درخصوص مسایل زیست‌محیطی و آلودگی آب و هوا طی سال‌های گذشته در سطح اقتصاد ایران و در سطح بین‌المللی انجام گرفته است. این تحقیقات متغیرهای مختلفی را در کنار فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس قرار داده‌اند. در سطح اقتصاد ایران به عنوان مثال، نصراللهی و غفاری گولک (۱۳۸۹: ۱۸۲)، رابطه‌ی آلودگی هوا و رشد اقتصادی در سطح ۲۸ استان کشور (مطالعه موردی NOX, SO_2,CO) را با استفاده از روش داده‌های تابلویی بررسی کرده‌اند. نتایج به دست آمده نشان دهنده یک رابطه N شکل برای مونوکسیدکربن و اکسیدهای نیتروژن و رابطه‌ای U شکل برای دی اکسید گوگرد در سطح استان‌های ایران وجود دارد.

مداح و جعفری عوامل مؤثر بر آلودگی هوای ایجاد شده در بخش حمل‌ونقل استان‌های ایران را تحقیق کرده‌اند. بخش حمل‌ونقل مهترین بخش تولید آلودگی در سطح کشور می‌باشد. نتایج حاصل از تخمین مدل نشان می‌دهد ارزش افزوده هر یک از بخش‌های اقتصادی کشور و تعداد وسایل نقلیه شماره‌گذاری شده دارای اثر مثبت و معناداری بر آلودگی هوا داشته است (مداح و جعفری، ۱۳۹۸: ۸۴).

1. Wenger (1993).
2. Munksgaard and Pedersen (2000).
3. Urban Heat Island (UHI).
4. Madlener and Sunak (2011).
۵. برای مثال مرجعه کنید به: Parikh and Shukla (1995) و York د (2007).
6. Chen et al. (2008).
7. Jonse (2004).

بهبودی و همکاران عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر انتشار سرانه دی اکسید کربن در ایران را مطالعه کرده‌اند. در این مطالعه رابطه‌ی مصرف انرژی (شدت استفاده از انرژی)، رشد اقتصادی و انتشار سرانه‌ی دی‌اکسید کربن، به عنوان معیاری برای آلودگی محیط زیست در ایران مدنظر قرار گرفته است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان دهنده‌ی وجود رابطه‌ی مثبت بین متغیرهای مستقل مانند مصرف انرژی، رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری، جمعیت شهرنشین و متغیر وابسته انتشار سرانه‌ی دی اکسید کربن در ایران است (بهبودی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱).

پژویان و تبریزیان به بررسی رابطه رشد اقتصادی و آلودگی زیست محیطی با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی پویا با توجه به آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از بخش انرژی پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش درآمد، برخی از شاخص‌های زیست‌محیطی نظیر آب و فاضلاب بهبود یافته و برخی شاخص‌ها مانند ذرات معلق و دی‌اکسیدگوگرد نخست بدتر شده و سپس بهبود می‌یابد (پژویان و تبریزیان، ۱۳۸۹: ۱۷۵).

فطرس و نسرین‌دوست رابطه‌ی آلودگی هوا، آلودگی آب، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران را با استفاده از آزمون علیت تودا–یاماموتو بررسی کردهاند. نتایج این تحقیق نشان دهنده‌ی وجود روابط علی یک‌طرفه از نشر دی‌اکسیدکربن به درآمد سرانه و سرانه‌ی مصرف انرژی و از سرانه مصرف انرژی به آلودگی آب است (فطرس و نسرین‌دوست، ۱۳۸۸: ۱۱۳).

صادقی و سعادت رشد جمعیت، رشد اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی در ایران مورد مطالعه قرار دادهاند. یافته‌های مطالعه‌شان نشان داد که اولاً یک رابطه دو طرفه بین اثرات زیست محیطی و رشد اقتصادی وجود دارد، در واقع رشد اقتصادی باعث افزایش اثرات زیست محیطی شده است و اثرات زیست محیطی فقط باعث رشد اقتصادی می‌شود. ثانیاً رشد جمعیت، رابطه‌ی یک طرفه از رشد جمعیت به اثرات زیست‌محیطی را نشان می‌دهد. لذا، رشد بی‌رویه‌ی جمعیت و هم‌چنین رشد نامتوازن اقتصادی در تخریب منابع زیست‌محیطی ایران مؤثر بوده است (صادقی و سعادت، ۱۳۸۳: ۱۶۳).

مقالات فراوانی در زمینه اقتصاد و آلودگی‌های زیست‌محیطی در سطح بین‌المللی با محوریت ایران انجام گرفته، برای مثال شهبازی و همکاران عوامل مؤثر در انتشار آلودگی هوا در کشورهای حوزه‌ی دریای خزر را با استفاده از رهیافت مدل دوربین فضایی تابلویی بررسی کرده‌اند. نتایج تخمین مدل بیانگر این است که درجه شهرنشینی و شدت انرژی در انتشار گاز دی‌اکسیدکربن سرانه تأثیر مثبت و معنی‌داری داشته و کشش خودرگرسیون فضایی انتشار دی اکسید کربن سرانه، ۰/۲۲ و کشش انتشار دی‌اکسیدکربن سرانه نسبت به میانگین وزنی فضایی شدت انرژی، ۰/۳۱ ارزیابی شد. درجه‌ی شهرنشینی بیشترین تأثیر را در انتشار آلاینده‌ٔ جوی دی‌اکسیدکربن سرانه دارد به گونه‌ای که یک درصد افزایش در درجه شهرنشینی به طور متوسط به ۱/۹۷ درصد افزایش در انتشار آلاینده‌ی جوی دی‌اکسیدکربن سرانه منجر خواهد شد. هم‌چنین، طبق نتایج، فرضیه‌ی زیست‌محیطی کوزنتس فضایی در کشورهای تحت بررسی تأیید می‌شود (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۷).

ناظوری و همکاران اثرات آزادسازی تجاری و قوانین و مقررات زیست‌محیطی بر آلودگی محیطزیست را بر اساس داده‌های ترکیبی در ۱۱ کشور عضو منا بررسی کرده‌اند. نتایج تخمین مدل آنها نشان داد که افزایش آزادسازی تجاری و تولید ناخالص داخلی در کشورهای عضو منا به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن (شاخص آلودگی) و افزایش قوانین و مقررات به کاهش این شاخص منجر می‌شود. با توجه به اینکه این کشورها، کشورهای در حال توسعه یا کمتر توسعه یافته‌اند، این نتایج تأیید کننده منحنی زیست‌محیطی کوزنتس و فرضیه پناهگاه آلودگی و ارتباط این دو نظریه در این گروه از کشورها می‌باشد (ناظوری و همکاران، ۱۳۹۱: ۷۸).

محمدزاده و اکبری آزمون فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای منطقه منا را با استفاده از اقتصادسنجی فضایی مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج حاصل از برآورد مدل دلالت بر این دارد که متغیر لگاریتم درآمد سرانه تأثیر مثبت و مجذور لگاریتم درآمد سرانه نیز تأثیر منفی و معنی‌داری بر انتشار سرانه گاز دی‌اکسیدکربن در کشورهای مورد بررسی دارد. علاوه بر این، متغیر وابستگی فضایی نیز تأثیر مثبت و معنی‌دار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن داشته که نشان می‌دهد با افزایش مجاورت و همبستگی کشورها، انتشار گاز دی اکسیدکربن در این قبیل کشورها افزایش می‌یابد. لذا منحنی زیست‌محیطی کوزنتس و وجود اثرات فضایی برای گروه کشورهای مورد مطالعه تأیید می‌شود (محمدزاده و اکبری، ۱۳۹۱: ۱).

میرشجاعیان‌حسینی و رهبر در مطالعه‌ای به بررسی منحنی فضایی زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای آسیایی (مطالعهٔ موردی: گاز دی‌اکسیدکربن و ذرات معلق) می‌پردازند. هدف این تحقیق پاسخ به این سؤالات است که آیا پدیده‌ی

خودهمبستگی فضایی در خصوص آلاینده جهانی دی اکسید کربن و آلاینده محلی ذرات معلق وجود دارد و اهمیت آن به چه میزان است. یافته‌ها نشان می‌دهند که سرریز فضایی آلاینده‌های دی‌اکسیدکربن و ذرات معلق به ترتیب قادر به توضیح ۱۰ و ۱۷ درصد از تغییرات آلاینده‌ها در کشورهای آسیایی هستند. همچنین نتایج نشان دهنده‌ی وجود رابطه‌ای به شکل U معکوس میان درآمد سرانه و تولید سرانه گاز دی اکسید کربن و رابطه‌ای مثبت میان درآمد سرانه و میزان تولید ذرات معلق در هر مترمکعب است (میرشجاعیان‌حسینی و رهبر، ۱۳۹۰: ۱).

از سوی دیگر مطالعات فراوانی در سطح بین‌المللی انجام گرفته است، برای مثال ماسکونی و همکاران[1] با مروری مجدد بر منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) و اثرات متقابل فضایی میان اقتصاد و قلمروی محیطزیست، به بررسی نظریات کاربردی در ارتباط U شکل میان تخریب محیطزیست و سطح درآمد در یک نظام اقتصادی معین می‌پردازند. نتایج مقاله نشان می‌دهد که – در کنار ابعاد نهادی، بخشی و زمانی– بعد فضایی و در نتیجه تحلیل‌های مرتبط با مقیاس‌های فضایی، ابعاد معناداری در اقتصادی محیطزیست ایجاد می‌کند، به طوری که تحقیقات در این حوزه نیازمند بهبود جمع‌آوری داده‌ها و رویکردهای آماری اختصاصی می‌باشد (ماسکونی و همکاران، ۲۰۲۰: ۱).

پونتارولو و سرپیری[2] به آزمون فروض منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) درخصوص کاربری زمین برای ۴۲ شهرستان رومانی طی دوره ۲۰۱۴–۲۰۰۰ پرداخته‌اند. به ویژه این مقاله به بررسی وجود منحنی U شکل معکوس در ارتباط میان زمین ساخته شده مسکونی و توسعه اقتصادی در میان شهرستان‌های با درآمد پایین اتحادیه اروپا می‌پردازد. نتایج مقاله همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد، نشان می‌دهد که زمین ساخته شده در رومانی بیشتر منعکس کننده فرایندهای توسعه شهری همانند پراکندگی و حومه نشینی است که این مسئله نتایج اجتماعی و زیست‌محیطی زیان‌آوری به همراه می‌آورد. اثرات سرریز فضایی در خصوص زمین ساخته شده به سمت موقعیت‌های همجوار، هرچند به طور محدود، ایجاد و گسترش یافته است (پونتارولو و سرپیری، ۲۰۲۰: ۱۳)[3].

کویلو[4] در مقاله خود به بررسی ارتباط میان توسعه اقتصادی (که با رشد اقتصادی محاسبه می‌شود)، مصرف انرژی، تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از یک طرف، و تخریب محیط زیست (انتشار دی اکسید کربن) از طرف دیگر، در میان ۱۱ کشور نوظهور آسیا مرکزی و اروپای شرقی طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ می‌پردازد. نتایج تجربی نشان می‌دهد که شواهدی بر منحنی انتشار کربن کوزنتس برای اقتصادهای نوظهور وجود دارد. سطح درآمد فعلی نشان می‌دهد که هیچ کشوری به نقطه کاهش انتشار CO_2 نرسیده است. کشش درآمدی برای CO_2 در تمامی ۱۱ کشور مثبت بوده است. به علاوه، این نتیجه به دست آمده که مصرف کل انرژی تأثیری منفی بر محیط زیست دارد که در این وضعیت مصرف باعث افزایش انتشار CO_2 می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) تأثیر مثبتی بر انتشار CO_2 در کشورهای آسیای مرکزی و اروپای شرقی داشته است (کویلو، ۲۰۱۹: ۱۶)[5].

المولالی و همکاران فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس در ویتنام بررسی می‌کند. نتایج تخمین آنها نشان داد که فرضیه پناهگاه آلودگی در ویتنام وجود دارد چرا که سرمایه، آلودگی را افزایش می‌دهد. علاوه بر این واردات، آلودگی را افزایش می‌دهد که دلالت بر این دارد که محصولات وارداتی ویتنام بسیار آلاینده است. با این حال، صادرات هیچ تأثیری بر آلودگی ندارد که نشان می‌دهد سطح صادرات به اندازه کافی برای تأثیرگذاری بر آلودگی چشمگیر نیست. هم‌چنین بر اساس نتایج به دست آمده، فرضیه EKC در ویتنام وجود ندارد چرا که رابطه بین تولید ناخالص داخلی و آلودگی هم در کوتاه مدت هم در بلندمدت مثبت است (المولالی و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۲۳).

زاهو[6] به تجزیه و تحلیل فضایی شدت انتشار CO_2 در سطح استانی چین، با استفاده از مدل داده‌های پانل فضایی برای دوره زمانی ۲۰۱۰–۱۹۹۱ می‌پردازد و نشان داد که اولاً، تولید ناخالص داخلی سرانه و تراکم جمعیت در سطح استانی بر شدت انتشار CO_2 رابطه منفی و معنی‌داری دارد. ثانیاً، ساختار مصرف انرژی و ساختار حمل و نقل به طور مثبت، شدت انتشار CO_2 را تحت تأثیر قرار داده است و ثالثاً قیمت انرژی هیچ تأثیری بر شدت انتشار CO_2 نداشته است (زاهو، ۲۰۱۳: ۱).

1. Mosconi et.al (2020).
2. Pontarollo & Serpieri (2020).
3. Pontarollo & Serpieri (2020).
4. Koilo (2019).
5. Koilo (2019).
6. Zhao (2013).

حسین[1] تخمین پانلی را برای انتشار CO_2، مصرف انرژی، رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری و توسعه شهرنشینی کشورهای تازه صنعتی شده انجام می‌دهد. نتایج نشان داد که هیچ سندی دال بر رابطه علی بلندمدت میان متغیرها از رشد اقتصادی تا مصرف انرژی، از آزادسازی تجاری تا رشد اقتصادی، از شهرنشینی تا رشد اقتصادی و هم‌چنین از آزادسازی تجاری تا توسعه شهرنشینی وجود ندارد. اما در طول زمان مصرف بیشتر انرژی در کشورهای تازه صنعتی شده انتشار بیشتر CO_2 را نتیجه می‌دهد (حسین، ۲۰۱۱: ۳۳۴).

انگ[2] در مطالعه‌ی خود، به رابطه‌ی علّی پویا بین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی و تولید در کشور فرانسه طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۶۰ پرداخته است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که رشد اقتصادی علت بلندمدت مصرف انرژی و آلودگی محیطزیست بوده و یک رابطه‌ی علّی یک طرفه از سوی مصرف انرژی به رشد تولید در کوتاه‌مدت برقرار است. هم چنین یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش استفاده از انرژی، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نیز افزایش می‌یابد (انگ، ۲۰۰۷: ۴۷۷۲).

مطالعات گسترده درخصوص بررسی ارتباط آلودگی آب و هوا و متغیرهای اقتصادی به ویژه رشد اقتصادی در سطح اقتصاد ایران و اقتصاد بین‌الملل به ویژه جهت بررسی فرضیه EKC انجام گرفته است. در اکثر این تحقیقات از میزان انتشار CO_2 به عنوان تقریب آلودگی هوا استفاده شده و در کنار رشد اقتصادی از متغیرهای جمعیت شهرنشینی، مصرف انرژی و آزادسازی تجاری و ساختار حمل‌ونقل استفاده کرده‌اند. مطالعاتی بسیاری بعد فضایی و تأثیرگذاری وقفه و وابستگی فضایی متغیرها را درنظر گرفته‌اند و رویکرد اقتصادسنجی فضایی در بررسی ارتباط آسیب‌های زیست‌محیطی و رشد اقتصادی به کار گرفته شده است. مقاله حاضر با استفاد از متغیرهای قیمت وزنی حامل‌های انرژی و طول بزرگراه‌ها که کمتر در مقالات مورد استفاده بوده تفاوتی را در مدل‌سازی خود ایجاد کرده است. همچنین به‌کارگیری رویکرد اقتصادسنجی فضایی در سطح استان‌های ایران جهت بررسی ارتباط آلودگی هوا و رشد اقتصادی جنبه نوآوری اصلی این مقاله بوده است.

٤- جامعه آماری و داده‌های تحقیق

در این تحقیق جهت بررسی عوامل مؤثر بر انتشار CO_2، از داده‌های استانی اقتصاد ایران بهره گرفته شده است. این پژوهش به دو دلیل از گاز دی‌اکسیدکربن (CO_2) به عنوان تقریب آلاینده‌های زیست‌محیطی و به ویژه آلودگی استفاده می‌کند؛ اول اینکه حدود ۶۰ درصد از آثار گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های مربوط به انتشار CO_2 می‌باشد. دوم، در دسترس بودن اطلاعات آن برای دوره‌ی زمانی طولانی و برای بیشتر استان‌های ایران است. اطلاعات و آمار مربوط به متغیرهای به کار گرفته شده در این تحقیق به صورت رویکرد اقتصادسنجی فضایی از سال ۱۳۹۶-۱۳۸۲ و برای ۲۶ استان کشور[3] بوده است.

در اینجا لازم است توضیحی درخصوص نحوه محاسبه داده‌های تحقیق ذکر شود. برای محاسبه متغیر انتشار CO_2 در سطح استان‌های ایران از داده‌های چهار سوخت نفت کوره، نفت گاز، نفت سفید و بنزین استفاده شده است که بیشترین انتشار CO_2 را در میان حامل‌های انرژی دارند. هریک از این سوخت‌ها دارای ضرایب انتشار آلاینده‌های هوا در بخش‌های مختلف اقتصادی هستند که در این تحقیق ضرایب انتشار CO_2 مورد استفاده قرار گرفت. برای محاسبه میزان انتشار CO_2 در سطح هر استان برای یک سال مشخص، ابتدا مصرف چهار سوخت مذکور در تمامی بخش‌های اقتصادی برای یک سال مشخص ضرب در ضرایب انتشار CO_2 هریک شده و سپس اعداد به دست آمده برای آن سال مشخص با یکدیگر جمع شده است. محاسبه قیمت وزنی انرژی بدین گونه است که قیمت چهار حامل انرژی ذکرشده ضرب در مقدار مصرف استانی در سال مشخص می‌شود و سپس ارقام بدست آمده برای آن سال خاص با یکدیگر جمع شده‌اند.

همچنین برای محاسبه شدت مصرف انرژی برای هر استان در یک سال مشخص، مقدار حاصل‌جمع مصرف چهار سوخت مذکور در یک سال و استان مشخص بر GDP سرانه واقعی آن سال و استان تقسیم شده است. تمامی ارقام مورد استفاده برای محاسبه میزان انتشار CO_2 و مصرف انرژی از ترازنامه انرژی کل کشور استخراج شده است. سایر داده‌های

1. Hossein (2011).
2. Ang (2007).

۳. استان‌های مورد مطالعه عبارتند از: آذربایجان غربی و شرقی، اصفهان، بوشهر، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان جنوبی، رضوی و شمالی، خوزستان، زنجان، سمنان، فارس، قزوین، قم، کردستان، کرمان، کرمانشاه، کهکیلویه و بویراحمد، گلستان، گیلان، لرستان، مازندران،مرکزی، همدان، یزد.

مورد استفاده مثل تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی استانی (به قیمت سال پایه ۱۳۹۵)، شاخص قیمت مصرف‌کننده برای خانوار شهری استانی، درجه شهرنشینی (جمعیت شهری استان تقسیم بر کل جمعیت استان) و طول بزرگراه‌ها از سالنامه آماری برای سال‌های مختلف استخراج شده است. لازم به ذکر است که برای محاسبه GDP سرانه واقعی، ارزش اسمی GDP استانی بر جمعیت و شاخص قیمت کالاها و خدمات مصرفی استانی تقسیم شده است. جهت برآورد مدل از نرم‌افزار Stata14 استفاده شد.

مدل‌سازی تحقیق

سه نوع مختلف از اثرات متقابل در میان مدل‌های اقتصادسنجی فضایی به ویژه در مدل‌های رگرسیون خطی استاندار قابل تصور است: اثر متقابل درون‌زا که در میان متغیرهای وابسته (Y) تأثیرگذاری دارد، اثر متقابل برون‌زا که در میان متغیرهای مستقل (X) تأثیرگذاری دارد و اثر متقابلی که در میان جملات اختلال (e) تأثیرگذاری دارد (الهورست[1]، ۲۰۱۴: ۳۹). در این تحقیق که در چارچوب مدل داده‌های پانل فضایی انجام گرفته، پنج نوع مدل (SAR, SEM, SAC, SDM, GSPRE) مورد بررسی قرار خواهد گرفت و از میان آنها بهترین مدل گزارش و تجزیه و تحلیل خواهد شد. مدل پانل فضایی در قالب معادلات کلی زیر نشان داده می‌شود (بلوتی[2] و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۵-۱۱):

(۱)

$$y_{it} = \alpha + \tau y_{it-1} + \rho \sum_{j=1}^{n} w_{ij} y_{jt} + \sum_{k=1}^{K} x_{itk}\beta_k + \sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{n} w_{ij} x_{jtk}\theta_k + \mu_i + \gamma_t + \nu_{it}$$

$$\nu_{it} = \lambda \sum_{j=1}^{n} m_{ij}\nu_{it} + \epsilon_{it} \qquad i = 1,\dots,n \qquad t = 1,\dots,T$$

که در آن θ نشان دهنده یک بردار $K\times1$ از ضرایب ثابت ولی مجهول است که باید تخمین زده شود، λ ضریب خودهمبستگی فضایی است، ρ ضریب خودرگرسیون فضایی است، W_{ij} یک ماتریس غیرمنفی $N\times N$ است که پیکربندی و چیدمان ماتریس‌های وزنی فضایی غیرتصادفی را توصیف می‌کند که به واحدهای نمونه مربوط می‌شود. همچنین در مدل متغیر وابسته $t=1,2,\dots,T$, $y_{it}=(y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{it})$ است؛ X_{itk} یک ماتریس $i\times k$ از متغیرهای توضیحی غیرتصادفی است، X_{jtk} یک ماتریس $j\times k$ از متغیرهای توضیحی غیرتصادفی است، $v_{it}=(v_{1t}, v_{2t}, \dots, v_{it})$ بردارهای ستونی $i\times1$ است که در آن v_{it} یک جمله اختلال با توزیع نرمال استاندار مستقل در میان i و t با میانگین صفر و واریانس σ_0^2، α یک ماتریس ستونی $i\times1$ از اثرات ثابت انفرادی، τ یک اسکالر است که اثر زمان را نشان می‌دهد، β_k مقادیری از بردارهای $k\times1$ از k مشاهده مرتبط با ضرایب است. ε_{it} بردار $N\times1$ از جملات اختلال μ_i و γ_t است که اثرات ثابت فضایی و اثرات ثابت زمان محور را نشان می‌دهد (بالتاجی[3]، ۲۰۰۵: ۲۰۰-۱۹۷؛ الهورست، ۲۰۱۴: ۳۹ و یو و همکاران[4]، ۲۰۱۲: ۱۶). θ ، λ و ρ پارامترهای فضایی هستند. با فرض $\theta=0$ مدل کلی به مدل SAC تبدیل می‌شود؛ با فرض $\lambda=0$ مدل SDM است؛ اگر $\lambda=0$ و $\theta=0$ باشد مدل SAR خواهد شد؛ اگر $\rho=0$ و $\theta=0$ باشد مدل SEM می‌شود و در صورتی که $\lambda=0$، $\theta=0$ و $\mu_i = \emptyset\sum_{j=1}^{n} w_{ij}\mu_i + \eta_i$ باشد مدل GSPRE را خواهد شد. در واقع همه مدل ها دارای ماتریس وزنی فضایی هستند اما ماتریس وزنی فضایی هر مدل با سایر مدل‌ها متفاوت است (امیدی و همکاران[5]، ۲۰۲۰: ۱).

نکته قابل ذکر در این قسمت اینست که در صورت معنی‌دار بودن اثرات فضایی، به جز مدل SAR، بقیه مدل‌ها از طریق روش حداقل مربعات معمولی (OLS) قابل برآورد نیستند، چرا که فروض گاس-مارکوف برای آنها نقض خواهد شد و برآورد به شیوه‌ی حداکثر راست‌نمایی (ML) صورت می‌گیرد. پس زمانی که داده‌ها به صورت پانل باشند، در صورت وجود اثرات فضایی مدل باید به‌صورت مدل داده‌های پانل فضایی تصریح و برآورد شود (انسلین، ۱۹۹۸: ۲۱-۱۷).

تصریح الگوی تحقیق

در این مقاله بر اساس مدل زاهو (۲۰۱۳: ۱۹-۱۴)، اقدام به ارائه مدلی برای فرضیه کوزنتس و عوامل اقتصادی و غیراقتصادی مؤثر بر انتشار CO2 شامل تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی، قیمت وزنی حامل‌های انرژی، درجه شهرنشینی، طول بزرگراه‌ها و مصرف انرژی در سطح استان‌های ایران با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی فضایی کرده و ضمناً همه‌ی متغیرها به صورت لگاریتمی در نظر گرفته شده است. بنابراین، الگوی تجربی عمومی تحقیق به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mathrm{Log}(CO_{2it}) = \beta_0 + \beta_1\mathrm{Log}(GDP_{it}) + \beta_2\mathrm{Log}(EP_{it}) + \beta_3\mathrm{Log}(UP_{it}) + \beta_4\mathrm{Log}(TH_{it}) + \beta_5\mathrm{Log}(EC_{it}) + \rho\Sigma_t W\mathrm{Log}(CO_{2it}) + \theta\Sigma_t W\mathrm{Log}(GDP_{it}) +$$

1. Elhorst (2014).
2. Belotti et al (2013).
3. Baltagi (2005).
4. Yu J, de Jong R, Lee L. F. (2012).
5. Amidi, Fagheh Majidi and Javaheri (2020).

$$\theta\Sigma_t WLog(EP_{it}) + \theta\Sigma_t WLog(UP_{it}) + \theta\Sigma_t WLog(TH_{it}) + \theta\Sigma_t WLog(EC_{it}) + \eta_i + \mu_t + u_{it}$$

$$U_{it} = \lambda\Sigma_t Wu_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۲)$$

متغیرهای الگوی فوق عبارت است از:

$Log(CO_{2it})$: لگاریتم میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به تفکیک استان‌ها و برای سال‌های مختلف.

$Log(GDP_{it})$: لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی به قیمت سال پایه ۱۳۹۵ بر حسب میلیارد ریال و به تفکیک استان‌ها برای سال‌های مختلف.

$Log(EP_{it})$: لگاریتم قیمت وزنی حامل‌های انرژی به تفکیک استان‌ها و برای سال‌های مختلف.

$Log(UP_{it})$: لگاریتم درجه شهرنشینی به تفکیک استان‌ها و برای سال‌های مختلف.

$Log(TH_{it})$: لگاریتم طول بزرگراه‌ها به تفکیک استان‌ها و برای سال‌های مختلف.

$Log(EC_{it})$: لگاریتم شدت مصرف انرژی به تفکیک استان‌ها و برای سال‌های مختلف.

ρ : ضریب خودرگرسیون فضایی یا ضریب وقفه فضایی متغیر وابسته که نشان‌دهنده این است که متغیر وابسته در یک استان چقدر از طریق متغیر وابسته‌ی استان‌های همسایه تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

θ : ضریب وقفه فضایی متغیرهای توضیحی که نشان‌دهنده این است که متغیر وابسته در یک استان چقدر از میانگین وزنی متغیرهای توضیحی استان‌های همسایه تأثیر می‌پذیرد.

λ : ضریب خطای وقفه فضایی که نشان می‌دهد یک شوک در یک استان به تغییرات متوسط در استان‌های دیگر منجر می‌شود.

W : ماتریس وزنی فضایی است که مبین چینش جغرافیایی مشاهدات مقطعی (در اینجا استان‌ها) می‌باشد. در این تحقیق تعداد سطر و ستون این ماتریس ۲۷ (تعداد استان‌های ایران) است. درایه‌های این ماتریس عدد یک (برای استان‌های همجوار) و صفر (برای استان‌های غیرهمجوار) است.

η_i: جزء اثر ثابت مقطعی که مبین ویژگی‌های ثابت مشاهدات مقطعی است.

μ_t : اثرات ثابت زمانی را نشان می‌دهد. اثرات ثابت زمانی در واقع اثرات غیرقابل مشاهده و غیرقابل اندازه‌گیری را مدل‌سازی می‌کند که برای همه استان‌ها یکسان بوده ولی در طول سال فرق کرده و انتشار دی‌اکسیدکربن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

u_{it} : جزء خطا.

۵- نتایج برآورد مدل

الف)بررسی مانایی متغیرهای تحقیق

همان‌طور که در فصل قبل نیز گفته شد، نخستین گام در تخمین داده‌های پانل فضایی، انجام آزمون مانایی است. بنابراین، پیش از بررسی عوامل اقتصادی مؤثر بر انتشار CO_2 در سطح استان‌های ایران، لازم است مانایی تمام متغیرهای مورد استفاده در تخمین، مورد آزمون قرار گیرد، بدین دلیل که نامانایی متغیرها باعث بروز مشکل رگرسیون کاذب می‌شود. در این تحقیق، از آزمون‌های مانایی لوین، لین و چو (LLC) استفاده شده است و وقفه بهینه با معیار آکائیک تعیین می‌گردد. نتایج آزمون مانایی برای متغیرها در جدول (۱) آمده است.

نتایج جدول (۱) نشان می‌دهد که در آزمون لوین، لین و چو، فرضیه صفر مبنی بر نامانایی متغیرها در سطح ۹۵٪ رد می‌شود، لذا کلیه متغیرهای الگوها در سطح مانا هستند. با حصول اطمینان از مانایی متغیرها دیگر نیازی به انجام آزمون همجمعی نیست. از این‌رو می‌توان به انجام برآورد الگوها پرداخت.

ب) بررسی وجود وابستگی فضایی

پیش از برآورد مدل داده‌های پانل فضایی تصریح شده در رابطه‌ی (۲)، لازم است ابتدا مشخص شود که آیا وابستگی فضایی در مشاهدات وجود دارد یا خیر. برای بررسی وجود یا عدم وجود اثرات فضایی، از آزمون‌های مورآن- آی، گری سی، آماره خطای LM، آماره وقفه LM و آماره قوی خطا و وقفه LM که توسط الهورست[1] (۲۰۰۳: ۲۶۰) پیشنهاد شده، استفاده می‌شود. فرضیه صفر این آزمون‌ها عدم وجود اثرات فضایی در جملات خطا، متغیر وابسته و متغیر توضیحی را آزمون می‌کند و در صورت رد فرضیه صفر، مدل مبنی بر وجود اثرات فضایی مختلف تأیید خواهد شد.

1. Elhorst (2003).

جدول ۱. نتایج آزمون مانایی متغیرها

نام متغیر	مقدار آماره آزمون لوین، لین و چو (LLC)	نتیجه آزمون
انتشار دی‌اکسیدکربن	-۶/۵۶۵ (۰/۰۰۰)	پایا در سطح $I(0)$
تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی	-۴/۱۹۴ (۰/۰۰۰)	پایا در سطح $I(0)$
قیمت وزنی حامل‌های انرژی	-۴/۶۸۱ (۰/۰۰۰)	پایا در سطح $I(0)$
درجه شهرنشینی	-۵/۱۳۶ (۰/۰۰۰)	پایا در سطح $I(0)$
طول بزرگراه‌ها	-۹/۰۹۶ (۰/۰۰۰)	پایا در سطح $I(0)$
شدت مصرف انرژی	-۶/۱۴۳ (۰/۰۰۰)	پایا در سطح $I(0)$

اعداد داخل پرانتز احتمال پذیرش فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد است.

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۲. نتایج آزمون وجود یا عدم وجود اثرات فضایی

مدل	مدل وقفه فضایی (SAR)	مدل خطای فضایی (SEM)	مدل دوربین فضایی (SDM)	مدل عمومی فضایی (SAC)	مدل گشتاور تعمیم یافته فضایی (SPGMM)
مورآن ـ آی (MI)	-۰/۰۲۱ (۰/۹۸۲)	-۰/۰۲۱ (۰/۹۸۲)	۲/۰۹۱ (۰/۰۳۶)	-۰/۰۲۱ (۰/۹۸۲)	-۰/۰۲۱ (۰/۹۸۲)
گری سی (GC)	۰/۹۹۶ (۰/۹۲۲)	۰/۹۹۶ (۰/۹۲۲)	۰/۹۳۸ (۰/۱۵۸)	۰/۹۹۶ (۰/۹۲۲)	۰/۹۹۶ (۰/۹۲۲)
آماره خطای LM (LM Error)	۰/۰۱۰۷ (۰/۹۱۷)	۰/۰۱۰۷ (۰/۹۱۷)	۳/۹۴۹۳ (۰/۰۴۶)	۰/۰۱ (۰/۹۱۷)	۰/۰۱۰۷ (۰/۹۱۷)
آماره وقفه LM (LM Lag)	۳/۹۴۲۷ (۰/۰۴۷۱)	۳/۹۴۲ (۰/۰۴۷)	۱۳/۹۸۱۱ (۰/۰۰۰۲)	۳/۹۴۲ (۰/۰۴۷)	۳/۹۴۲۷ (۰/۰۴۷۱)
آماره قوی خطای LM (LM Error Robust)	۲۱۶/۸۶ (۰/۰۰۰)	۲۱۶/۸۶ (۰/۰۰۰)	۲۱/۱۰۱۸ (۰/۰۰۰)	۲۱۶/۸۶ (۰/۰۰۰)	۲۱۶/۸۶ (۰/۰۰۰)
آماره قوی وقفه LM (LM Lag Robust)	۲۲۰/۷۹۲۸ (۰/۰۰۰)	۲۲۰/۷۹۲ (۰/۰۰۰)	۳۱/۱۳۳۶ (۰/۰۰۰)	۲۲۰/۷۹۲ (۰/۰۰۰)	۲۲۰/۷۹۲ (۰/۰۰۰)

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۳. مقایسه مدل‌های فضایی با معیار AIC و BIC

نام مدل	مدل وقفه فضایی (SAR)	مدل خطای فضایی (SEM)	مدل دوربین فضایی (SDM)	مدل عمومی فضایی (SAC)	مدل گشتاور تعمیم یافته فضایی (SPGMM)
معیار اطلاعات آکائیک (AIC)	-۸/۷۲۶	-۸/۹۰۶	۷/۳۴۶	-۸/۷۳۲	-۸/۸۸۷
معیار اطلاعات شوارتز - بیزین (BIC)	-۸/۶۵۴	-۸/۸۳۴	۸/۳۸۲	۸/۶۶	-۸/۸۱۵

مأخذ: محاسبات تحقیق

مطابق نتایج ارائه شده در جدول (۲)، آماره مورآن-آی وجود وابستگی فضایی را تنها در مدل SDM نشان می‌دهد و

آماره گری سی عدم وجود وابستگی فضایی در تمامی مدل‌ها را نشان می‌دهد. احتمالات آماره خطای LM در تمامی مدل‌های فضایی به جز مدل SDM بیشتر از ۰/۰۵ است پس تنها با توجه به مدل SDM می‌توان اثرات فضایی را تأیید کرد. احتمالات آماره‌ی وقفه LM در تمامی مدل‌ها کمتر از ۰/۰۵ است که به معنای پذیرش وجود اثرات فضایی در متغیر وابسته تمامی مدل‌ها است. اما برای اطمینان از وجود اثرات فضایی از آماره‌های قوی خطا و وقفه LM نیز استفاده می‌شود. با توجه به نتایج جدول(۲)، فرض صفر تمام آزمون‌های آماره‌های قوی خطا و وقفه LM مبتنی بر عدم وجود اثرات فضایی رد می‌شود و نتیجه کلی آزمون‌ها بر وجود اثرات فضایی در متغیر وابسته و متغیر توضیحی (یعنی مدل SDM) است

ج) معیارهای اطلاعات

پس از اینکه مشخص شد وابستگی فضایی در مشاهدات وجود دارد و بهترین مدل بر اساس آزمون‌های اثرات فضایی از میان مدل‌های اقتصادسنجی فضایی، مدل SDM است، بهتر است این نتیجه با معیارهای اطلاعات نیز مورد مقایسه قرار گیرد، تا بهترین و کارآمدترین مدل برای تخمین بر اساس معیارهای اطلاعات نیز انتخاب شود.

با توجه به مقادیر معیار اطلاعات آکائیک و معیار اطلاعات شوارتز- بیزین در جدول (۳)، مشاهده می‌شود که این مقادیر برای مدل دوربین فضایی (SDM) به ترتیب برابر ۷/۳۴۶ و ۸/۳۸۲ است که هر دو این مقدار از دیگر مدل‌های فضایی کوچک‌تر است و کارآمدترین مدل را نشان می‌دهد.

د) نتایج آزمون اثرات ثابت یا تصادفی

به منظور برآورد مدل دوربین فضایی(SDM) در ابتدا لازم است تا مسئله اثرات ثابت یا تصادفی در میان مقاطع بررسی گردد. فرضیه صفر تمامی آزمون‌های جدول (۴) وجود اثرات ثابت و یا وجود همگنی معنادار در مقاطع است. در صورتی که آماره کای-دو آزمون‌ها از کای-دو جدول کوچکتر باشد الگو دارای ناهمگنی (اثرات تصادفی) نمی‌باشد. در صورت همگن بودن مقاطع باید از روش اثرات تجمیعی (pool) و در غیر این صورت باید از روش اثرات تصادفی استفاده شود. ضرایب آزمون‌های اثرات ثابت یا تصادفی در جدول (۴) آمده است.

جدول ٤. نتایج آزمون اثرات ثابت یا تصادفی

نام آزمون	آماره χ^2	ارزش احتمال (p-value)
آزمون LM بروش- پاگان	۲۰۳/۳۸۵۳	۰/۰۰۰
آزمون ALM بروش- پاگان	۱۱۲/۰۰۶۳	۰/۰۰۰۰
آزمون LM سوسا- اسکودرو-یون	۱۴/۲۶۱۳	۰/۰۰۰۲
آزمون ALM سوسا- اسکودرو-یون	۱۰/۵۸۳۳	۰/۰۰۱۱

مأخذ: محاسبات تحقیق

همان‌گونه که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، آماره χ_2 تمامی آزمون‌ها از χ_2 جدول بزرگ‌تر و یا ارزش احتمال کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، پس فرضیه صفر این آزمون رد می‌شود و باید مدل دوربین فضایی (SDM) تصریح شده جهت بررسی عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 به روش اثرات تصادفی تخمین زده شود.

ه-برآورد مدل SDM

همان‌طور که بیان شد، مدل دوربین فضایی (SDM) به‌عنوان کارآمدترین مدل در این تحقیق پذیرفته شد. در این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر عوامل اقتصادی و غیراقتصادی مؤثر بر انتشار CO_2 استان‌های ایران و برآورد اثرات سرریز فضایی دی‌اکسیدکربن، مدل دوربین فضایی معادله (۲) تخمین زده می‌شود و جدول (۵) نتایج تخمین مدل دوربین فضایی را نشان می‌دهد.

جدول ۵. نتایج برآورد عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 در قالب مدل دوربین فضایی (SDM)

روش برآورد: حداکثر درستنمایی (ML)			
متغیر	ضریب	آماره Z	احتمال
تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی (GDP)	۰/۰۵	۳/۴۱	۰/۰۰۱
قیمت وزنی حامل‌های انرژی (EP)	-۰/۱۳۶	-۲۲/۵۲	۰/۰۰۰

درجه شهرنشینی (UP)	۰/۰۰۵	۱/۵۵	۰/۱۲۲
طول بزرگراه‌ها (TH)	۰/۰۰۲	۱/۹۷	۰/۰۴۹
شدت مصرف انرژی (EC)	۱/۱۳۹	۱۸۵/۵۲	۰/۰۰۰
وقفه فضایی تولید ناخالص داخلی سرانه (W*GDP)	-۰/۰۰۴	-۲/۱۸	۰/۰۲۹
وقفه فضایی قیمت وزنی حامل‌های انرژی (W*EP)	-۰/۱۳۴	-۲۱/۳۷	۰/۰۰۰
وقفه فضایی درجه شهرنشینی (W*UP)	۰/۰۲	۲/۷۲	۰/۰۰۶
وقفه فضایی طول بزرگراه‌ها (W*TH)	-۰/۰۰۳	-۱/۸۸	۰/۰۵۹
وقفه فضایی شدت مصرف انرژی (W*EC)	۰/۴۰۴	۶/۲۷	۰/۰۰۰
عرض از مبدأ	۲/۴۷	۱۱/۸۸	۰/۰۰۰
وقفه فضایی متغیر وابسته $rho(\rho)$	۰/۲۶	۴/۳۵	۰/۰۰۰
ضریب تعیین (R2)	۰/۹۸		
آماره F	-	۲۵۹۶.۰۷	۰/۰۰۰

* مبین معناداری در سطح ۵٪ است.

مأخذ: محاسبات تحقیق

نتایج تخمین مدل دوربین فضایی (SDM) برای متغیرهای توضیحی در جدول (۵) نشان می‌دهد که علامت تمامی ضرایب متغیرهای مدل و مقادیر وقفه فضایی آنها به استثناء متغیر درجه شهرنشینی، از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی، می‌تواند انتشار CO_2 همان استان به میزان ۰/۰۵ درصد افزایش دهد، اما ضریب وقفه فضایی GDP سرانه واقعی یعنی GDP سرانه واقعی استان‌های همجوار باعث کاهش انتشار CO_2، به میزان ۰/۰۰۴ درصد می‌شود. از آنجایی که تأثیر مستقیم GDP سرانه واقعی بیشتر است و ضریب وقفه فضایی GDP سرانه واقعی منفی ولی بسیار کوچک می‌باشد، به نظر در مجموع افزایش GDP سرانه واقعی استانی یا رشد اقتصادی استانی باعث افزایش انتشار CO_2 می‌شود. لذا در سطح استان‌های ایران افزایش GDP سرانه واقعی به دلیل استفاد از فناوری‌های قدیمی و انرژی‌بر در تمامی بخش‌های اقتصادی و سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر انرژی‌های فسیلی و سایر عوامل در سطح تمامی استان‌های ایران کماکان تأثیرات مخربی بر آلودگی هوا دارد.

قیمت وزنی حامل‌های انرژی و وقفه فضایی آن، اثری منفی و معناداری بر انتشار CO_2 همان استان‌ها دارد، به طوری که اگر قیمت وزنی حامل‌های انرژی در همان استان یا استان‌های همجوار یک درصد افزایش یابند، آنگاه انتشار CO_2 به ترتیب ۰/۱۳۶ درصد و ۰/۱۰۴ درصد کاهش خواهد یافت. این یافته نشان می‌دهد به دلیل ارزان بودن انرژی‌های فسیلی(یعنی چهار حامل انرژی نفت کوره، نفت گاز، نفت سفید و بنزین که مورد بررسی این مقاله بوده است) در مصارف خانگی، صنعتی، حمل‌ونقل و غیره باعث بالارفتن آلودگی هوا در میان استان‌های ایران شده است. همان‌طور که می‌دانید پایین بودن قیمت انرژی‌های فسیلی در اقتصاد ایران نسبت به قیمت های جهانی، باعث شده که ساختار مصرف بی‌رویه و آلاینده این انرژی‌ها در تمامی بخش‌های اقتصاد ایران رواج داشته باشد و محیطزیست کشور را با آسیب‌ها و خطرات غیرقابل جبرانی مواجه سازد.

متغیر بعدی درجه شهرنشینی است که در سطح ۵ درصد معنادار نیست، اما وقفه فضایی درجه شهرنشینی در سطح ۵ درصد معنادار است و افزایش یک درصد درجه شهرنشینی در استان‌های همجوار، انتشار CO_2 را ۰/۰۲ درصد افزایش می‌دهد. یکی از مسائل بسیار مهم درخصوص جمعیت شهرنشینی استان‌های ایران طی دهه‌های گذشته مسئله مهاجرت از روستا یا سایر شهرها به شهرهای بزرگ و مراکز استان‌های بوده است. این یافته نشان می‌دهد که مهاجرت جمعیت لزوما به سمت شهرهای بزرگ همان استان باعث افزایش انتشار CO_2 نبوده و مهاجرت‌های صورت‌گرفته به سوی مراکز و شهرهای بزرگ سایر استان‌های همجوار نیز باعث افزایش انتشار CO_2 بوده است. لذا افزایش درجه شهرنشینی هر استان بر آلودگی هوا تأثیر معناداری نداشته ولی افزایش درجه شهرنشینی استان‌های مجاور چه به خاطر مهاجرت و چه به خاطر افزایش جمعیت شهری تأثیر مثبت معناداری بر انتشار آلودگی هوا استان‌های ایران داشته است.

ضریب متغیر طول بزرگراه‌ها معنادار و مثبت است، به طوری‌که با افزایش یک درصدی طول بزرگراه‌ها، به دلیل تردد زیاد وسایل نقلیه، انتشار CO_2 به میزان ۰/۰۰۲ درصد افزایش

می‌یابد. اما از سوی دیگر ضریب وقفه فضایی طول بزرگ‌راه‌ها منفی و معنادار و به میزان ۰/۰۰۳ است که بزرگ‌تر از اثر مستقیم این متغیر می‌باشد. تفسیر این یافته می‌تواند بدین گونه باشد که توسعه بزرگراه‌ها به طور گسترده و به صورت متوازن در میان استان‌ها می‌تواند باعث کاهش آلودگی هوا و انتشار CO_2 شود، چراکه بزرگراه‌ها دسترسی و تسهیل جابجایی را به همراه دارد و از ایجاد ترافیک‌های سنگین و کندی عبورومرور وسایل نقلیه جلوگیری می‌کند. هرچه وسایل نقلیه موتوری با سهولت و سرعت متناسب حرکت داشته باشند، آلاینده‌های کمتری را تولید خواهند کرد که این امر در بزرگراه‌ها بهتر و بهینه‌تر انجام می‌گیرد.

یکی دیگر از متغیرهای بسیار مهم در انتشار CO_2 که براساس نتایج این تحقیق بالاترین ضرایب معنادار و مثبت را دارند، شدت مصرف انرژی و وقفه فضایی آن می‌باشد که بالاترین مقدار را در مقایسه با سایر ضرایب در این مدل دارند. نتایج نشان می‌دهد که شدت مصرف انرژی یک استان و شدت مصرف انرژی استان‌های همجوار به میزان ۱/۱۳۹ و ۰/۴۰۴ باعث افزایش انتشار CO_2 در آن استان می‌شوند. شدت مصرف انرژی نشان می‌دهد که به ازای تولید سرانه واقعی هر استان در سال مشخص، چه میزان انرژی مصرف شده است. هر چه میزان شدت مصرف انرژی افزایش می‌یابد یعنی در مقابل ایجاد تولید سرانه واقعی، مصرف انرژی نیز افزایش یافته و این مسئله باعث افزایش انتشار CO_2 استانی شده است. همان‌طور که می‌دانید شدت مصرف انرژی در مصارف صنعتی و حمل‌ونقل بیشتر از بخش‌های خدمات و کشاورزی است و بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل با مصرف انرژی‌های فسیلی (یعنی چهار حامل انرژی نفت کوره، نفت گاز، نفت سفید و بنزین که مورد بررسی این مقاله بوده است) بیشتر باعث آلودگی هوا می‌شوند. از سوی دیگر فناوری‌های موجود در بخش صنعتی و حمل‌ونقل و حتی مصارف خانگی بسیار کهنه و مرتبط با نسل‌های قدیمی و در نتیجه با مصرف انرژی بالا هستند، درنتیجه این فناوری‌های باعث افزایش شدت مصرف انرژی در استان‌های ایران شده و تأثیر بسیار زیادی بر انتشار CO_2 و آلودگی هوا در سطح استان‌های ایران داشته است.

در نهایت ضریب تأخیر فضایی متغیر وابسته (انتشار دی‌اکسید کربن (ρrho) است که نشان می‌دهد انتشار CO_2 استان‌های همجوار چه مقدار بر انتشار CO_2 در استان مورد نظر تأثیرگذار است. این ضریب مقدار مثبت و معناداری به میزان ۰/۲۶ درصد دارد که اثرگذاری نسبتاً بالایی است. این یافته نشان می‌دهد که کنارهم قرار گرفتن استان‌های با ضریب آلایندگی بالا می‌تواند هم‌افزایی بالایی را در جهت انتشار CO_2 در سطح استان‌ها ایجاد کند. انتشار CO_2 در استان‌ها متغیری است که که دارای سریز فضایی است و توجه به این مسئله در امر سیاست‌گذاری از اهمیت چشمگیری برخودار است.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شد که با ارائه یک مدل کمی اقتصادسنجی فضایی به بررسی عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 از طریق متغیرهایی همچون تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی، درجه شهرنشینی، قیمت وزنی انرژی، طول بزرگراه‌ها و شدت مصرف انرژی، در سطح استان‌های ایران پرداخته شود. در نهایت با بررسی نقش این متغیرها بر آلودگی محیط‌زیست استان‌های ایران، می‌توان سیاست‌ها و راه‌کارهایی برای کاهش آلودگی استان‌ها پیشنهاد شود. به طور کلی، در ایران مصرف بالای انرژی‌های فسیلی (همانند نفت کوره، نفت‌گاز، نفت سفید و بنزین که مورد مطالعه این مقاله بوده است) به دلیل ارزانی قیمت آنها، توسعه نامتوازن استانی و ارجح بودن مسائل اقتصادی نسبت به ملاحظات زیست‌محیطی، سبب انجام سیاست‌گذاری‌های اقتصادی و غیراقتصادی بدون توجه به هزینه‌های زیست‌محیطی آن شده است و آلودگی هوای بیش از حد استان‌های ایران را بدنبال داشته است. از طرف دیگر یکی از پیشرفت‌های جدید در مطالعه‌ی رابطه‌ی میان رشد اقتصادی و کیفیت زیست‌محیطی، توجه به ماهیت فضایی پدیده‌های زیست‌محیطی است.

جمع‌بندی نتایج مقاله نشان می‌دهد که با مقایسه ضرایب مختلف در میزان اثرگذاری بر انتشار CO_2، شدت مصرف انرژی و تأخیر فضایی آن به صورت مثبت، بیشترین تأثیر را بر آلودگی هوا از طریق انتشار CO_2 داشته‌اند. این یافته حکایت از آن دارد که مهمترین عامل انتشار آلودگی هوا از طریق انتشار CO_2 شدت مصرف و قیمت سوخت‌های فسیلی و سایر اشکال انرژی در سطح استان‌های ایران بوده‌اند. همان‌طور که می‌دانید، استفاده صنایع و وسایط حمل‌ونقل در اقتصاد ایران از فناوری‌های قدیمی و مصرف زیاد انرژی باعث شده است که شدت مصرف انرژی یعنی میزان مصرف انرژی در مقابل میزان تولید سرانه واقعی بسیار بالا باشد و این مسئله انتشار گازهای آلاینده و از جمله CO_2 را در سطح استان‌های ایران بالا ببرد.

پیشنهاد کاربردی برای کنترل این آلاینده‌های هوایی استفاده از فناوری‌های جدید و پاک‌تر است، تا با پایین آوردن شدت مصرف انرژی، باعث کاهش هزینه‌های محیط‌زیستی و از جمله آلودگی هوا شود.

دومین تأثیرگذاری بر انتشار CO_2 توسط قیمت وزنی حامل‌های انرژی و تأخیر فضایی آن به صورت منفی بوده است. به ترتیب ارزان بودن قیمت انرژی در اقتصاد ایران نسبت به قیمت‌های جهانی، به ویژه سوخت‌های فسیلی (یعنی چهار حامل انرژی نفت کوره، نفت گاز، نفت سفید و بنزین که مورد بررسی این مقاله بوده است) نیز مسئله مهمی است که باعث توسعه فناوری‌ها و صنایع انرژی‌بر شده و حتی در مصارف خانگی نیز اصلاً مصرف بهینه انرژی تاکنون مدنظر نبوده است. به نظر می‌رسد که سیاست‌گذار بعد از فراهم کردن بسترهای فناورانه مصرف بهینه انرژی در بخش‌های خانگی، تولیدی و حمل‌ونقل باید به سراغ متعادل کردن قیمت انرژی در اقتصاد ایران باشد و کماکان جهت کنترل آلودگی هوا باید سیاست‌گذاری مناسب قیمتی و غیرقیمتی در جهت کنترل و صرفه‌جویی مصرف انرژی‌ها به ویژه سوخت‌های فسیلی به صورت همزمان دنبال شود.

از جمله یافته‌های مهم این مقاله درخصوص ارتباط انتشار CO_2 و رشد اقتصادی است که نشان می‌دهد کماکان در سطح استان‌های ایران بالارفتن رشد اقتصادی منجر به افزایش انتشار CO_2 شده است و الگوی رفتاری منحنی زیست‌محیطی کوزنتس[1] در سطح استان‌های ایران و با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی فضایی اتفاق نیافتاده است. همان‌طور که ذکر شد، زمانی رشد اقتصادی خواهد توانست باعث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و از جمله آلودگی هوا شود که شدت مصرف انرژی کاهش یابد و این امر صرفاً با به کارگیری فناوری‌های سبز و برنامه‌ریزی توسعه پایدار استانی قابل حصول خواهد بود و درنتیجه اقتصاد ایران به نقطه بازگشت آلودگی‌های زیست‌محیطی در منحنی زیست‌محیطی کوزنتس خواهد رسید. برنامه جامع آمایش سرزمینی جهت جایابی اقتصادی و محیط‌زیستی صنایع و شرکت‌های تولیدی بزرگ از یک سو و تحول اساسی در سیستم حمل‌ونقل در راستای کاهش شدت مصرف انرژی مهترین استراتژی‌هایی هستند که می‌توانند رشد اقتصادی استانی اقتصاد ایران را با توجه به مسائل زیست‌محیطی و کاهش آلودگی هوا به پیش ببرند.

تأثیرگذاری بالای ضریب وقفه فضایی متغیر وابسته نیز حکایت از اهمیت اثرات سریز فضایی آلودگی هوا در میان استان‌های ایران دارد. این یافته تأکید می‌کند که سیاست‌های استانی در خصوص مهار و کنترل آلودگی هوا به ویژه از طریق کاهش انتشار CO_2 نمی‌تواند تأثیرگذار باشد و در این راستا باید سیاست‌گذاری ملی و منطقه‌ای به ویژه در میان استان‌های با آلاینده‌های بالاتر انجام گیرد. شاید تا چندی قبل آلودگی هوا مشکلی برای تعدادی معدودی از مراکز استان و پایتخت کشور محسوب می‌شد ولی طی سال‌های گذشته به دلیل اثرات سریز فضایی، و به ویژه در فصول سرد تمامی کشور درگیر افزایش آلاینده‌های هوایی و قرارگرفتن در وضعیت ناسالم هوا شده‌اند. به نظر می‌رسد که دیگر راه‌حل‌های مقطعی و موقتی این مشکل بزرگ را درمان نخواهد کرد و نیازمند آن است که یک برنامه جامع اقتصادی در راستای توسعه پایدار منطقه‌ای و ملی اجرا شود.

متغیر بعدی مورد تحقیق درجه شهرنشینی است که در سطح ۵ درصد معنادار نیست، اما وقفه فضایی درجه شهرنشینی در سطح ۵ درصد معنادار است و تأثیر مثبتی بر انتشار CO_2 داشته است. یکی از مسائل بسیار مهم درخصوص جمعیت شهرنشینی استان‌های ایران طی دهه‌های گذشته مسئله مهاجرت از روستا یا سایر شهرها به شهرهای بزرگ و مراکز استان‌های بوده است. این یافته نشان می‌دهد که مهاجرت جمعیت لزوما به سمت شهرهای بزرگ همان استان باعث افزایش انتشار CO_2 نبوده و مهاجرت‌های صورت‌گرفته به سوی مراکز و شهرهای بزرگ سایر استان‌های همجوار نیز باعث افزایش انتشار CO_2 بوده است. این یافته نشان می‌دهد که افزایش درجه شهرنشینی در میان استان‌های همجوار و قرار گرفتن شهرهای آلوده در استان‌های همجوار تأثیر افزایشی بر انتشار CO_2 دارد. یکی از اهداف سیاست‌گذاری جمعیتی باید جلوگیری از مهاجرت روستاییان به شهرها و مراکز استان‌ها باشد. سکونت درصد زیادی از جمعیت کشور در روستاها می‌تواند تاحد زیادی افزایش انتشار CO_2 را کنترل و مهار کند.

در نهایت متغیر طول بزرگراه‌های استانی و متغیر فضایی آن می‌باشد که چون ضریب منفی متغیر فضایی طول بزرگراه بزرگ‌تر از ضریب مثبت متغیر طول بزرگراه استانی است، برآیند اثرگذاری را تأثیری معنادار و منفی بر انتشار CO_2 استان‌ها در نظر گرفته می‌شود. این یافته نشان می‌دهد که توسعه

---

۱. همان‌طور که در قسمت مبانی نظری بیان شد، نظریه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس نشان می‌دهد که در مراحل اولیه رشد آلودگی‌های زیست‌محیطی در حال افزایش است ولی پس از رسیدن رشد اقتصادی به یک نقطه معین، از آن به بعد آلودگی‌های زیست‌محیطی کاهش می‌یابد.

بزرگراه‌ها به طور گسترده و به صورت متوازن در میان استان‌ها می‌تواند باعث کاهش آلودگی هوا شوند. چرا که بزرگراه‌ها بیشتر باعث سهولت در رفت‌وآمد می‌شوند و از ایجاد ترافیک سنگین و کندی عبورومرور جلوگیری می‌کند که در نتیجه انتشار CO_2 و سایر آلاینده‌های هوایی را کاهش می‌دهند. پیشنهاد می‌شود که سیاست‌گذاران اقتصادی به توسعه شبکه بزرگ‌راهی کشور در میان استان‌های ایران توجه ویژه داشته باشند، بدین معنی که در کنار احداث بزرگراه‌های داخل استانی به برنامه‌ریزی برای احداث بزرگراه‌های بین استانی و ملی نیز اهتمام ورزند.

منابع

بهبودی، داود؛ فیروز، فلاحی و برقی گل عذابی، اسماعیل (۱۳۸۹). "عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر انتشار سرانه دی اکسید کربن در ایران (۱۳۴۶-۱۳۸۳)". *تحقیقات اقتصادی*، دوره ۹۰، ۱۷-۱.

پژویان، جمشید و تبریزیان، بیتا (۱۳۸۹). "بررسی رابطه رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی پویا". *پژوهشنامه اقتصادی*، دوره ۱۰، شماره ۳ (پیاپی ۳۸)، ۱۷۵-۲۰۳.

شهبازی، کیومرث؛ حمیدی رزی، داود و فشاری، مجید (۱۳۹۴). "بررسی عوامل مؤثر در انتشار آلودگی هوا در کشورهای حوزهٔ دریای خزر: رهیافت مدل دوربین فضایی تابلویی". *محیط‌شناسی*، دوره ۴۱، شماره ۱، دوره ۷۳، ۱۲۷-۱۰۷.

صادقی، حسین و سعادت، رحمان (۱۳۸۳). "رشد اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی در ایران (یک تحلیل علی)". *تحقیقات اقتصادی*، شماره ۶۴، ۱۸۰-۱۶۳.

فطرس، محمدحسن و فتحی، ابوذر (۱۳۹۰). "*شهرنشینی و آلودگی هوا در ایران*". اولین کنفرانس اقتصاد شهری ایران، ۱۶-۱.

فطرس، محمدحسن و نسرین‌دوست، میثم (۱۳۸۸). "بررسی رابطه‌ی آلودگی هوا، آلودگی آب، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران ۸۳-۱۳۵۹". *مطالعات اقتصاد انرژی*، دوره ۶، شماره ۲۱، ۱۳۵-۱۱۳.

مداح، مجید و جعفری، عبدالنظام (۱۳۹۸)، "عوامل مؤثر بر آلودگی هوای ایجاد شده در بخش حمل‌ونقل استان‌های ایران". *محیط‌شناسی*، دوره ۴۵، شماره ۱، ۸۶-۷۷.

محمدزاده، پرویز و اکبری، اکرم (۱۳۹۱). "*آزمون فرضیه زیست محیطی کوزنتس در کشورهای منطقه MENA (کاربرد اقتصادسنجی فضایی)*". اولین همایش بین‌المللی اقتصادسنجی روش‌ها و کاربردها، ۲۱-۱.

مسعودی، نسیم؛ دهمرده قلعه‌نو، نظر و اسفندیاری، مرضیه (۱۳۹۹). "بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و نوآوری‌های فنی و رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن". *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، دوره ۱۰، شماره ۴۰، ۵۴-۳۵.

مصطفائی، شعبان؛ خداداد کاشی، فرهاد؛ موسوی جهرمی، یگانه (۱۳۹۹). "تأثیر توسعه صنعتی بر کاهش فقر در استان‌های ایران". *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، دوره ۱۰، شماره ۳۸، ۶۰-۴۵.

مهرآرا، محسن؛ امیری، حسین و حسنی سرخ بوزی، محمد (۱۳۹۱). "رابطه مصرف انرژی و درآمد: آزمون فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس با استفاده از رویکرد مدل‌های رگرسیونی انتقال ملایم پانل". *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، سال ۲۰، شماره ۶۲، ۱۹۴-۱۷۱.

میرشجاعیان حسینی، حسین و رهبر، فرهاد (۱۳۹۰). "بررسی منحنی فضایی زیست محیطی کوزنتس در کشورهای آسیایی (مطالعه‌ی موردی: گاز دی اکسیدکربن و ذرات معلق)". *محیط‌شناسی*، دوره ۳۷، شماره ۵۸، ۱۴-۱.

ناظوری، صدیقه؛ صامتی، مرتضی و شریفی رنانی، حسین (۱۳۹۱). "*اثرات آزادسازی تجاری و قوانین و مقررات زیست محیطی بر آلودگی محیط‌زیست بر اساس داده‌های ترکیبی و با استفاده از روش رگرسیون مبتنی بر داده‌های تابلویی (Panel Data) و رهیافت اثرات تصادفی*". اولین همایش بین‌المللی اقتصادسنجی سنندج. ۱۰۲-۷۸.

نجفی‌علمدارلو، حامد؛ مرتضوی، سید ابوالقاسم و شمشادی‌یزدی، کتایون (۱۳۹۲). "کاربرد اقتصادسنجی فضایی در بررسی عوامل مؤثر بر صادرات محصولات کشاورزی در کشورهای عضو اکو: رهیافت داده‌های تابلویی". *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، سال ۱۳، شماره ۳، ۶۲-۴۹.

نصراللهی، زهرا و غفاری گولک، مرضیه (۱۳۸۹). "بررسی رابطه‌ی آلودگی هوا و رشد اقتصادی در سطح ۲۸ استان کشور (مطالعه موردی NOX , CO2 ,SO2)". *مجله*

دانـــش و توســـعه، دوره ۱۷، شـــماره ۳۳، ۱۸۴-۱۶۴.

Acaravci, A. & Akalin, G. (2017). "Environment–Economic Growth Nexus: A Comparative Analysis of Developed and Developing Countries". *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(5), 34–43.

Agras, J. & Chapman, D. (1999). "A Dynamic Approach to the Environmental Kuznets Curve Hypothesis". *Ecological Economics*, 28, 267– 277.

Ajmi, A. N., Hammaoudeh, S. & Nguyen, D. K. & Sato, J. R. (2015). "On the Relationships Between CO2 Emissions, Energy Consumption and Income: The importance of Time Variation". *Energy Economics*, 49, 629–638.

Al-Mulali, U., Saboori, B. & Ozturk, I. (2015). "Investigating the Environmental Kuznets Curve Hypothesis In Vietnam". 76, 123-131.

Ameyaw, B., Yao, L., Oppong, A. & Agyeman, J. (2019). "Investigating, Forecasting and Proposing Emission Mitigation Pathways for CO2 Emissions from Fossil Fuel Combustion Only: A Case Study of Selected Countries". *Energy Policy*, 130(1), 7–21.

Amidi, S. & Fagheh Majidi, A. & Javaheri, B. (2020). "Growth Spillover: a Spatial Dynamic Panel Data and Spatial Cross Section Data Approaches in Selected Asian Countries". *Future Business Journal*, 6(1), 1-14.

Andreoni, J. & Levinson, A. (2001). "The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve". *Journal of Public Economics*, 80, 269–286.

Ang, J. B. (2007). "CO2 Emission, Energy Consumption, and Output in France". *Energy Policy*, 35, 4772-4778.

Anselin, L. (1988). " *Spatial Econometrics: Methods and Models. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publisher*s, 17-21.

Apergis, N., & Ozturk, I. (2015). "Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Asian countries". *Ecological Indicators*, 52, 16–22.

Balado-Naves, R., Baños-Pino, J. F. & Mayor, M. (2018). "Do Countries Influence Neighbouring Pollution? A Spatial Analysis of the EKC for CO2 Emissions". *Energy Policy*, 123, 266–279 .

Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*, 3rd edn. Wiley, Chichester, 197-200.

Belotti, F., Hughes, G. & Mortari, A. P. (2013). *XSMLE-A Command to Estimate Spatial Panel Models in Stata*, German Stata Users Group Meeting, Potsdam, Alemania, 1–18.

Bimonte, S. (2002). "Information Access, Income Distribution, and the Environmental Kuznets Curve". *Ecological Economic*s, 41, 145–156.

Bockstael, N. E. (1996). "Modeling Economics and Ecology: The Importance of a Spatial Perspective". *American Journal of Agricultural Economics*, 78, 1168–1180.

Burnett, J. W., Bergstrom, J. C. & Wetzstein, M. E. (2013). "Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth in the U.S". *Journal of Policy Modeling*, 35(6), 1014–1028.

Chen, H., Jian, B. & Lau, S. S. Y. (2008). "Sustainable Urban Form for Chinese Compact Cities: Challenges of a Rapid Urbanized Economy". *Habitat International*, 32, 28–40.

Cole, M. A., Rayner, A. J. & Bates, J. M. (1997). "The Environmental Kuznets Curve: an Empirical Analysis".

USA. No. 3914, 1-57.

Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1993). "*Environmental impacts of the North American Free Trade Agreement*". In: Garber, P. (Eds.) The U.S. –Mexico Free Trade Agreement, 13–56.

Hao, Y., Liu, Y. Weng, J. H. & Gao, Y. (2016). "Does the Environmental Kuznets Curve for Coal Consumption in China Exist? New Evidence from Spatial Econometric Analysis". *Energy*, 114, 1214–1223.

Hao, Y., Wu, Y., Wang, L. & Huang, J. (2018). "Re-Examine Environmental Kuznets Curve in China: Spatial Estimations Using Environmental Quality Index*"*. *Sustainable Cities and Society*, 42, 498–511.

Holtz-Eakin, D. & Selden, T. M. (1995). "Stoking the Fires? CO2 Emissions and Economic Growth". *Journal of Public Economic*, 57, 85–101.

Hossein, M. D. S. (2011). "Panel Estimation for CO2 Emission, Economic Growth, Trade Openness and Urbanization of Newly Industrialized Countries". *Energy Policy*, 39, 334-357.

Jiang, M., Kim, E. & Woo, Y. (2020). "The Relationship between Economic Growth and Air Pollution—A Regional Comparison between China and South Korea". *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2761, 1-20.

Jones, D. W. (2004). "Urbanization and Energy". *Encyclopedia of Energy. Amsterdam: Elsevier Science*. 329–335.

Kang, Y. Q., Zhao, T. & Yang, Y. Y. (2016). "Environmental Kuznets Curve for CO2 Emissions in China: A Spatial Panel Data Approach". *Ecological Indicator*s, 63, 231–239 .

Environment and Development Economics, 2, 401-416.

Ding, Y., Zhang, M., Chen, S., Wang, W. & Nie, R. (2019). "The Environmental Kuznets Curve for PM2.5 Pollution in Beijing-Tianjin-Hebei Region of China: A spatial Panel Data Approach". *Journal of Cleaner Production*, 220, 984–994 .

Elhorst, J. P. (2003). "Specification and Estimation of Spatial Panel Data Models". *International Regional Science Review*, 26, 244–268.

Elhorst, J. P. (2014). "*Spatial Econometrics from Cross-Sectional Data to Spatial Panel*s. Springer, Berlin, 37-93.

Fong, L. S., Salvo, A. & Taylor, D. (2020). "Evidence of the Environmental Kuznets Curve for Atmospheric Pollutant Emissions in Southeast Asia and Implications for Sustainable Development: A Spatial Econometric Approach". *Sustainable Development*, 2020, 1–16 .

Galeotti, M. (2007). "Economic Growth and the Quality of the Environment: Taking Stock, Environment", *Development and Sustainability*, 9, 427-454.

Ge, X., Zhou, Z., Zhou, Y., Ye, X. & Liu, S. (2018). "A Spatial Panel Data Analysis of economic Growth, Urbanization, and NOx Emissions in China". *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(725), 1-20.

Getis, A. (2010). "*Spatial Autocorrelation", in: Fischer MM, Getis A (eds.) Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods, and Applications*, Springer Verlag, Berlin and Heidelberg, 255-277.

Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1991). "*Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*". NBER Working Paper, National Bureau of Economic Research: Cambridge, MA,

Management?" *Sustainable Cities and Society*, 1, 45-53.

Mahmood, H. (2020), "*CO2 Emissions, Financial Development, Trade, and Income in North America: A Spatial Panel Data Approach*". SAGE Open, October-December, 2020, 1–15.

Markusen, J. R., Morey, E. R. & Olewiler, N. (1995) "Competition in Regional Environmental Policies When Plant Locations are Endogenous". *Journal of Public Economics*, 56(1), 55–77.

Mazzanti, M. & Zoboli, R. (2005). "The Drivers of Environmental Innovation in Local Manufacturing Systems". *Economia Politica*, 22, 399-436.

Meng, L. & Huang, B. (2018). "Shaping the Relationship Between Economic Development and Carbon Dioxide Emissions at the Local Level: Evidence from Spatial Econometric Models". *Environmental and Resource Economics*, 71, 127–156.

Mosconi, E. M. & Colantoni, A. & Gambella, F. & Cudlinová, E. & Salvati, L. & Rodrigo-Comino, J. (2020). "Revisiting the Environmental Kuznets Curve: The Spatial Interaction between Economy and Territory". *Economies*, 8, 74, 1-20.

Munksgaard, J. & Pedersen, K. (2000). "Impact of Household Consumption on CO2 Emissions". *Energy Economics*, 22, 423-440.

Pan, X., Liu, Q. & Peng, X. (2015). "Spatial Club Convergence of Regional Energy Efficiency in China". *Ecological Indicators*, 51, 25-30.

Panayotou, T. (1993). "*Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development*". Working Paper, Technology and Employment Programme; International Labor Office: Geneva,

Keller, W. (2004). "International Technology Diffusion". *Journal of Economic Literature*, 42, 752–782.

Koilo, V. (2019), "Evidence of the Environmental Kuznets Curve: Unleashing the Opportunity of Industry 4.0 in Emerging Economies". *Journal of Risk and Financial Management*, 12(122), 1-18.

Komen, R., Gerking, S. & Folmer, H. (1997). "Income and Environmental R&D: Empirical Evidence from OECD Countries". *Environment and Development Economics*, 2, 505–515.

Kuznets, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality". *American Economic Review*, 65, 1–28.

LeSage, J. & Pace, R. K. (2009). "Introduction and motivating and interpreting spatial econometric models". In: Balakrishnan, N., Schucany, W.R. (Eds.), Introduction to Spatial Econometrics. CRC Press/Taylor& Francis Group, Boca Raton, FL, USA, 1–42.

Lieb, C. M. (2003). "The Environmental Kuznets Curve: A Survey of the Empirical Evidence and of Possible Causes". Discussion Paper, University of Heidelberg, Department of Economics: Heidelberg, Germany, Series No. 391, 1-63.

Maddison, D.)2006(. "Environmental Kuznets Curves: A Spatial Econometric Approach". *The Journal of Environmental Economics and Management*, 51(2), 218-230.

Maddison, D. J. (2007). "Modelling Sulphur Emissions in Europe: a Spatial Econometric Approach". *Oxford. Economic Papers*, 59, 726–743.

Madlener, R. & Sunak, Y. (2011). "Impacts of Urbanization on Urban Structures and Energy Demand: What Can we learn from Urban Energy Planning and Urbanization

Ulucak, R., Yücel, A. G. & Koçak, E. (2019). "*The Process of Sustainability: From Past to Present*". In B. Ozcan & I. Ozturk (Eds.), Environmental Kuznets Curve (EKC): A manual Academic Press, 37–53.

Vukina, T., Beghin, J. C. & Solakoglu, E. G. (1999). "Transition to Markets and the Environment: Effects of the Change in the Composition of Manufacturing Output". *Environment and Development Economi*cs, 4, 582-598.

Wang, X. & Zhou, D. (2021). "Analyzing China's Provincial Environmental Emissions and its Influencing Factors: A Spatial Analysis". *Research G*ate, CC BY 4.0, 1-19.

Wang, Y., Kang, L., Wu, X. & Xiao, Y. (2013). "Estimating the Environmental Kuznets Curve for Ecological Footprint at the Global Level: A Spatial Econometric Approach". *Ecological Indicators*, 34, 15–21.

Wenger, M. (1993). "Reduction of CO2 Emissions of Transport by Reorganization of Urban Activities". Paper presented at the seminar of the Special Interest Group Transport and Spatial Development of the World Conference on Transport Research (WCTRS) in Black heath, Australia, 1-17.

Xu, W., Sun, J., Liu, Y., Xiao, Y., Tian, Y., Zhao, B. & Zhang, X. (2019). "Spatiotemporal Variation and Socioeconomic Drivers of Air Pollution in China During 2005–2016". *Journal of Environmental Management*, 245, 66–75.

York, R. (2007). "Demographic Trends and Energy Consumption in European Union Nations, 1960–2025". *Social Science Research*, 36(3), 855–872.

Yu, J., de Jong, R. & Lee, L. F. (2012). "Estimation for Spatial Dynamic Panel Data with Fixed Effects: the Case of Spatial Cointegration". *Journal of Econometrics*, 167(1), 16-37.

Switzerland, WEP 2-22/WP.238, 1-43.

Parikh, J. & Shukla, V. (1995). "*Urbanization, Energy use and Greenhouse Effects in Economic Development*". Global Environment Change, 5, 87-103.

Pontarollo, N. & Serpieri, C. (2020). "Testingthe Environmental Kuznets Curve Hypothesis on Land Use: The Case of Romania". *Land Use Policy*, 97 (2020) 1046952, 1-15.

Porter, M. E. & Van der Linde, C. (1995). "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship". *The Journal of Economic Perspectives*, 9, 97-118.

Rupasingha, A., Goetz, S. J. & Debertin, D. L. & Pagoulatos, A. (2004). "*The Environmental Kuznets Curve for US Counties: a Spatial Econometric Analysis with Extensions*". Papers in Regional Science, 83, 407–424.

Shahbaz, M., Solarin, S. A., Sbia, R., & Bibi, S. (2015). "*Does Energy Intensity Contribute to CO2 Emissions? A Trivariate Analysis in Selected African Countries*". Ecological Indicators, 50, 215–224.

Suri, V. & Chapman, D. (1998). "Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve". *Ecological Economics*, 25, 195-208.

Tevie, J., Grimsrud, K. M. & Berrens, R. P. (2011). "Testing the environmental Kuznets Curve Hypothesis for Biodiversity Risk in the US: A Spatial Econometric Approach". *Sustainability*, 3, 2182–2199.

Tobler, Waldo R. (1970). "A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region". *Economic Geography (Supplement: Proceedings, International Geographical Union. Commission on Quantitative Methods*, 46, 234–240.

Selected Paper Prepared for Presentation at the Agricultural & Applied Economics Association, 1-25.

Zhu, W., Wang, M. & Zhang, B. (2019). "The Effects of Urbanization on PM2.5 Concentrations in China's Yangtze River Economic Belt: New Evidence from Spatial Econometric Analysis". *Journal of Cleaner Production*, 239, 118065, 1-1.

Zhang J., Zhang K. & Zhao, F. (2020). "Spatial Effects of Economic Growth, Energy Consumption and Environmental Pollution in the Provinces of China—An empirical Study of a Spatial Econometrics Model". *Sustainable Development*, 28(4), 868–879 .

Zhao, X., Burnett, J., Wesley, J. & Fletcher, J. (2013). "*Spatial Analysis of China Provincial-Level CO2 Emission Intensity*".

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی