The Journal of PLANNING & BUDGETING
Vol. 27 | No. 1 | Spring 2022 | PP 155-176
doi 10.52547/jpbud.27.1.155 | ISSN: 2251-9092

The Effect of Industrial Agglomeration on Pollution Agglomeration: Spatial Econometric Approach

Sakineh Eslami Giski[1] | sa.eslamigiski@mail.um.ac.ir
Mostafa Salimifar[2] | mostafa@um.ac.ir
Ahmad Esifi[3] | spring05@um.ac.ir

Received: 16/01/2022 | Accepted: 01/06/2022

Abstract Even though development of industry increases economic growth, it reduces the quality of the environment due to higher pollution coefficients. Therefore, creating an optimal structure for the industry to reduce the negative externalities is of great importance. Accordingly, by using the statistical evidence of selected countries for the period 2010-2017, and applying a spatial econometrics approach, this study investigates the effect of industrial agglomeration on entropy index as pollution agglomeration. The results show that there are spatial effects of pollutant emissions among the studied countries; also, the agglomeration of the industry reduces the agglomeration of pollutants due to the advantage of the spillover effect of knowledge and technology, and matching skills with jobs. In addition, the intensity of energy consumption increases the agglomeration of pollution. Moreover, regarding the relationship between GDP and pollution agglomeration, the Kuznets curve is confirmed indicating a nonlinear relationship between the two variables. Ultimately, the openness of economy in neighboring countries leads to reduction in pollution agglomeration, due to the effects of spatial spillover.

Keywords: Industrial Agglomeration, Pollution Agglomeration, Improved Entropy, Spatial Econometric Approach, MENA Countries.

JEL Classification: O13, P28, Q01.

1. Ph.D. Student of Economics, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2. Professor, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran (Corresponding Author).
3. Associate Professor, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

بررسی تاثیر تراکم صنعتی بر تراکم آلودگی: رهیافت اقتصادسنجی فضایی

سکینه اسلامی گیسکی | sa.eslamigiski@mail.um.ac.ir
دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

مصطفی سلیمی‌فر | mostafa@um.ac.ir
استاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران (نویسنده مسئول).

احمد سیفی | spring05@um.ac.ir
دانشیار، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

مقاله پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۶ | پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۱

چکیده: توسعه صنعت از یک طرف به افزایش رشد اقتصادی منجر می‌شود و از طرف دیگر به دلیل ضرایب آلایندگی بالاتر باعث کاهش کیفیت محیط‌زیست می‌شود. پس ایجاد ساختاری بهینه از صنعت برای کاهش اثرات جانبی منفی از اهمیت بالایی برخوردار است. بر اساس این، پژوهش حاضر با استفاده از شواهد آماری کشورهای منتخب منا برای دوره زمانی ۲۰۱۷-۲۰۱۰ و کاربست رهیافت اقتصادسنجی فضایی به بررسی اثر تراکم صنعتی بر تراکم آلودگی با شاخص آنتروپی می‌پردازد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که نوعی اثرات فضایی انتشار آلاینده‌ها در میان کشورهای مورد بررسی وجود دارد. همچنین، تراکم صنعت به دلیل امکان بهره‌برداری از مزایای سرریز دانش و فناوری، و تطابق بین مهارت با مشاغل، باعث کاهش تراکم آلاینده‌ها می‌شود. علاوه بر این، شدت مصرف انرژی باعث افزایش در تراکم آلودگی می‌شود. منحنی کوزنتس نیز در رابطه بین تولید ناخالص داخلی و تراکم آلودگی مبنی بر رابطه غیرخطی بین دو متغیر تایید شده است. در نهایت، باز بودن اقتصاد در کشورهای همجوار به واسطه اثرات سرریز فضایی به کاهش تراکم آلودگی منجر می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تراکم آلودگی، تراکم صنعتی، آنتروپی بهبودیافته، رهیافت اقتصادسنجی فضایی، کشورهای منا.

طبقه‌بندی JEL: O13, P28, Q01.

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه
شاپا (چاپی) ۲۲۵۱-۹۰۹۲ | doi 10.52547/jpbud.27.1.155
سال بیست و هفتم | شماره ۱ | بهار ۱۴۰۱ | ص ص ۱۷۶-۱۵۵

مقدمه

تناسب بین سیاست‌ها در دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر به همراه رفاه بالاتر یکی از مهم‌ترین اهداف هر کشوری است. رشد اقتصادی بالاتر با اثرات جانبی منفی انتشار آلاینده‌ها و کاهش کیفیت محیط‌زیست همراه است، اما بخشی از افزایش سطح آلاینده‌ها ناشی از فرایندهای ناکارای تولیدی است. کشورهای منا از جمله کشورهای وابسته به منابع نفتی هستند که سهم به‌نسبت بالایی در انتشار آلاینده‌ها دارند. بر اساس شواهد آماری بریتش پترولیوم، سهم کشورهای منا در انتشار دی اکسید کربن به عنوان یکی از مهم‌ترین مولفه‌های آلایندگی از مقدار ۶/۹ درصد در سال ۲۰۱۰ به مقدار ۷/۸ درصد در سال ۲۰۱۹ افزایش یافته است. این در حالی است که سهم تولید ناخالص داخلی کشورهای منا از کل تولید ناخالص داخلی جهانی در دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۱۰ برابر با ۴/۱ است. شواهد مذکور برای کشورهای اروپایی دارای دلالت‌های مهمی بر وضعیت نامطلوب زیست‌محیطی کشورهای منا است. بر اساس شواهد آمارهای جهانی، سهم کشورهای اروپایی در انتشار دی اکسید کربن در دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۱۰ برابر با ۱۳ درصد و سهم تولید برابر با ۲۰ درصد است. بنابراین، بررسی شواهد نشان می‌دهد که کشورهای منا دارای وضعیت نامطلوبی در انتشار دی اکسید کربن هستند. علاوه بر این، میزان انتشار CO_2 سرانه در کشورهای منا از میزان ۴/۲۲ تن به‌ازای هر نفر در سال ۲۰۰۰ به میزان ۵/۸۳ در سال ۲۰۱۹ افزایش یافته و برای کشورهای اتحادیه اروپا این رقم از ۸/۱۸ در سال ۲۰۰۰ به میزان ۶/۵۶ در سال ۲۰۱۹ کاهش یافته است. کاهش میزان انتشار CO_2 سرانه برای کشورهای اتحادیه اروپا و افزایش این نسبت برای کشورهای منا تاییدی بر اهمیت توجه به آلودگی محیط‌زیست در کشورهای منا است.[1]

صنعتی شدن و تراکم فعالیت‌های صنعتی از مهم‌ترین مولفه‌های تعیین‌کنندهٔ رشد اقتصادی بالاتر هستند. تراکم صنعتی به واسطه سرریز دانش و فناوری، تطبیق بیش‌تر مهارت با شغل، و تامین نهاده و توزیع ستاده میان بخش‌های اقتصادی با هزینه کم‌تر از جمله مزایایی است که باعث افزایش بهره‌وری فعالیت‌های اقتصادی می‌شود و رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، هر فعالیت تولیدی در اقتصاد نیازمند استفاده از انرژی به عنوان نهاده اصلی برای تامین تولیدِ افزایش‌یافته است. مصرف انرژی، به‌ویژه سوخت‌های فسیلی، دارای پیامد ایجاد آلاینده‌ها و کاهش کیفیت محیط‌زیست است و این اثر در بخش صنعت که دارای ضریب تولید آلایندگی بالاتر است، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است.

1. https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html

به‌طور کلی، سه عامل بر انتشار آلاینده‌ها موثر است. عامل اول به این صورت است که هر اقتصادی برای توسعه و رشد اقتصادی نیازمند انرژی به عنوان نهادهٔ اصلی تولید است، و مصرف انرژی عامل اصلی تولید انتشار آلاینده‌هاست. عامل دوم، ناشی از ساختارهای نامناسب تولیدی از قبیل فناوری قدیمی تولید است که به افزایش شدت انرژی به عنوان معیاری از ناکارامدی انرژی مصرفی و افزایش انتشار آلاینده‌ها به‌ازای سطح ثابتی از تولید منجر می‌شود. عامل سوم، توزیع فضایی فعالیت‌های تولیدی در مناطق متعدد است که بر انتشار آلاینده‌ها به‌ازای سطح ثابتی از تولید مطرح است. عامل اول اجتناب‌ناپذیر است و ناشی از رشد اقتصادی است. عامل دوم و سوم ناشی از ناکارایی در مصرف انرژی است که به افزایش انتشار آلاینده‌ها منجر می‌شود، اما اثری بر تولید در اقتصاد ندارد. پس مسئله پژوهش حاضر بر عامل سوم یعنی توزیع بهینه فعالیت‌های صنعتی در جهت کاهش انتشار آلاینده‌ها به‌ازای سطح ثابتی از تولید متمرکز است. بنابراین، ایجاد ساختاری از صنعت که بتواند اثرات جانبی منفی توسعه صنعتی را همزمان با دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر به پایین‌ترین حد ممکن کاهش دهد، هدف بسیاری از سیاستگذاران است. اگرچه دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر به واسطه مصرف انرژی بیش‌تر اجتناب‌ناپذیر است، اما ساختار بهینه صنعت می‌تواند اثرات معناداری بر کاهش آلایندگی به‌ازای سطح ثابتی از تولید داشته باشد و ضریب مصرف انرژی رشد اقتصادی را کاهش دهد.

یکی از شاخص‌های ساختار بهینه صنعت، تراکم صنعتی است. مطالعات هوسو و نایتو (۲۰۰۶)، چن و هو (۲۰۰۸)، ژانگ و وانگ (۲۰۱۴)، لیو و همکاران (۲۰۱۸)، و جیانگ و ژنگ (۲۰۱۷) نشان می‌دهند که تراکم صنعتی با ایجاد پیامدهای خارجی مثبت و سرریزهای دانش و فناوری، باعث کاهش هزینه‌های تولید، بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه درمان آلودگی، و کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش آلودگی می‌شود. اما در طرف دیگر ورهاف و نایکمپ (۲۰۰۲)، سان و یوآن (۲۰۱۵)، لیو و همکاران (۲۰۱۶؛ ۲۰۱۷ الف؛ ۲۰۱۷ ب) بر این اعتقاد هستند که تراکم صنعتی با افزایش مصرف بیش از حد منابع و تخلیه آن‌ها، کاهش مقررات زیست‌محیطی توسط برخی مناطق اقتصادی، و انگیزهٔ سواری مجانی[1] برخی شرکت‌ها، باعث افزایش آلودگی می‌شود. در نتیجه، اثر نهایی تراکم صنعتی بر آلودگی محیط‌زیست به سطح دانش‌بنیانی فعالیت‌های صنعتی وابسته است. هرچه توسعه صنعت مبتنی بر دانش و فناوری نوین باشد، انتظار بر این است که اثرات سرریز دانش در میان بخش‌های

۱. Free Rider. واژه‌ای اقتصادی است و در مواردی بکار برده می‌شود که فردی منفعت خود را به‌گونه‌ای تامین نماید که هیچ هزینه‌ای بابت آن نپردازد و از طریق هزینه‌ای که بر دیگران تحمیل می‌شود، منفعت خود را بیشینه نماید.

اقتصادی از نمود بیش‌تری برخوردار باشد و تراکم صنعتی باعث کاهش تراکم آلودگی شود.

آلودگی محیط‌زیست یکی از متغیرهایی است که ابعاد مختلفی دارد و هر کدام از مطالعات انجام‌شده، جنبهٔ خاصی از آن را مورد بررسی قرار می‌دهد. اما ساختار صنعت از جمله متغیرهایی است که به عنوان شکاف در ادبیات تجربیِ عوامل موثر بر انتشار آلاینده‌ها مطرح است. در واقع، این فرضیه به این صورت است که در رشد اقتصادی برابر کشورها، ساختار صنعت می‌تواند درصدی از تفاوت را در انتشار آلاینده‌های کشورها توضیح دهد. پس سهم پژوهش حاضر در پیشبرد ادبیات تجربی عوامل موثر بر آلودگی، بررسی اثر ساختار صنعت است تا بتواند شکاف ادبیات موجود را پر کند. بنابراین، پرسش پژوهش به این صورت مطرح می‌شود که آیا ساختار صنعت بر آلودگی محیط‌زیست در کشورهای منا اثرگذار است و آیا می‌توان ساختاری از صنعت را تعریف کرد که دارای پایین‌ترین اثرات جانبی منفی بر کیفیت محیط‌زیست باشد.

در ادامه، ساختار پژوهش به این صورت است که ابتدا مبانی نظری و پیشینه پژوهش اثر تراکم صنعتی بر تراکم آلودگی مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس در بخش سوم به روش پژوهش و گردآوری داده‌ها پرداخته می‌شود. در نهایت، به برآورد مدل با استفاده از رهیافت اقتصادسنجی فضایی پرداخته می‌شود.

مبانی نظری پژوهش

صنعتی شدن و دستیابی به مزایای آن یکی از مهم‌ترین مولفه‌های اثرگذار بر رشد اقتصادی است. به همین دلیل کالدور (۱۹۶۶)، صنعتی شدن را به عنوان موتور رشد اقتصادی تلقی می‌کند. اما بر اساس مطالعات کارملوس و همکاران (۲۰۱۶)، بخش صنعت نسبت به سایر بخش‌های اقتصادی انرژی‌بری و ضرایب تولید آلودگی بالاتری دارد. مزایای به‌نسبت بالای رشد اقتصادی ناشی از صنعتی شدن، کشورها را بر آن داشته است که به صنعتی شدن به عنوان اصلی‌ترین سیاست در جهت تسریع رشد اقتصادی بنگرند.

تراکم صنعتی یک روند توسعه اقتصادی اجتناب‌ناپذیر است که به توزیع متمرکز شرکت‌هایی منجر می‌شود که محصولات همگن یا مشابه با اندازه‌های مختلف تولید می‌کنند. هنوز تعریف کاملی از تراکم صنعتی وجود ندارد. برخی از پژوهشگران آن را به عنوان تمرکز تعداد زیادی از شرکت‌های هم‌صنعت در یک منطقه تعریف می‌کنند (Swann Prevezer, 1996)، در حالی که دیگران آن را به عنوان تراکم شرکت‌ها و آژانس‌های مربوطه در یک منطقه خاص تعریف می‌کنند (Porter, 1998).

چه عواملی باعث ایجاد نابرابری‌های فضایی و شکل‌گیری ساختار فضایی معینی از فعالیت‌های

صنعتی در اقتصاد می‌شوند. در پاسخ به این مسئله نظریه‌های مختلفی نظیر مکان‌یابی، رقابت فضایی، و اقتصادهای شهری و منطقه‌ای[1] شکل گرفته‌اند. تراکم صنعتی علاوه بر آن‌که پیامد تفاوت مزیت طبیعی مناطق است، تابعی از بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس تولید، مزیت نیروی کار ارزان و ایده‌هاست که باعث تغییراتی در آلودگی می‌شود. در این راستا دو دیدگاه متفاوت در رابطه با اثر تراکم صنعتی بر تراکم آلودگی وجود دارد:

۱. تراکم صنعتی، تراکم آلودگی را تشدید می‌کند. دلایل این مسئله در زیر خلاصه شده است:

- آلودگی به‌طور قابل‌توجهی با گسترش مقیاس صنعتی و افزایش ستانده که با تراکم صنعتی همراه هستند افزایش می‌یابد و این به تشدید هرگونه آلودگی زیست‌محیطی موجود منجر می‌شود، زیرا تراکم صنعتی مستلزم بکارگیری مقدار زیادی از منابع برای گسترش در مقیاس بزرگ است (Yuan Xie, 2015).

- به منظور جذب سرمایه‌گذاری بیش‌تر، برخی مناطق توسعه‌نیافته استانداردهای مقررات زیست‌محیطی خود را کاهش می‌دهند که این مسئله باعث افزایش آلودگی می‌شود.

- بنگاه‌ها درصدد بهره‌جویی از سواری مجانی در هزینه‌های تولیدی صرفه‌جویی می‌کنند. به همین دلیل، تمایلی برای قبول مسئولیت برای حفاظت از محیط‌زیست ندارند که حتی موجب تخریب بیش‌تر محیط‌زیست می‌شوند (Wang *et al*., 2018).

۲. تراکم صنعتی به دلایل زیر تراکم آلودگی را کاهش می‌دهد:

- با گسترش و توسعه تراکم صنعتی، هزینه تولید به دلیل وجود صرفه مقیاس کاهش می‌یابد. از این‌رو، بنگاه‌ها برای افزایش سطح سلامت نیروی کار به افزایش هزینه در جهت کنترل آلودگی مبادرت می‌کنند که این مسئله باعث کاهش تراکم آلودگی می‌شود.

- تراکم صنعتی نه‌تنها باعث تخصصی شدن نیروی کار در بخش صنعتی می‌شود، بلکه همکاری بین شرکت‌های بالادست و پایین‌دست برای بازیافت آلاینده‌ها مفید است و شکل‌گیری اقتصاد بازیافت را تشویق می‌کند.

- تراکم صنعتی برای هر دو سرریز دانش و نوآوری فناوری مفید است. همچنین، ممکن است شرکت‌ها را برای بهبود میزان فناوری تولید و اتخاذ فناوری‌های تولید سبز تحریک کند که موجب کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌شوند. بنابراین، آلودگی محیط‌زیست در مناطق متراکم کاهش می‌یابد (Liu *et al*., 2018).

1. Theories of Location, Spatial Competition, and Urban and Regional Economies

علاوه بر آن‌که انتشار آلاینده‌ها تابعی از تراکم صنعتی هستند، بر اساس ادبیات اقتصادی تابعی از شهرنشینی، شدت انرژی، و رشد اقتصادی نیز هستند. بر اساس نظریه تراکم شهری، ساختار شهری تعیین‌کنندهٔ اثر شهرنشینی بر انتشار آلاینده‌هاست، به این صورت که نبود زیربناهای مناسب شهری برای بهره‌گیری از صرفه مقیاس شهری به اثر مثبت شهرنشینی بر آلاینده‌ها منجر می‌شود و برعکس. شدت انرژی بالاتر به دلیل کیفیت پایین فناوری تولیدی به عنوان معیاری از ناکارایی در مصرف انرژی مطرح است و افزایش در ناکارایی در مصرف انرژی باعث افزایش انتشار آلاینده‌ها می‌شود. منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (۱۹۵۵) مهم‌ترین بحث در رابطه بین تولید و انتشار آلاینده‌هاست، که بیان می‌کند در فرایند رشد اقتصادی، ابتدا اهمیت بالای رشد اقتصادی به مصرف انرژی بیش‌تر و کاهش کیفیت محیط‌زیست منجر می‌شود و سپس با کمیابی محیط‌زیست به عنوان کالای نرمال، اهمیت محیط‌زیست بیش از رشد اقتصادی است و به این واسطه کیفیت محیط‌زیست افزایش می‌یابد.

با توجه به اهمیت انتشار آلاینده‌ها و مسئله کیفیت محیط‌زیست، پژوهش‌های متعددی در رابطه با عوامل موثر بر تراکم آلودگی انجام شده است.

لی و همکاران (۲۰۲۱)، با استفاده از مدل دوربین فضایی به بررسی تاثیر تراکم صنعتی بر آلودگی غبار در ۲۶۱ شهر چین برای دوره زمانی ۲۰۱۲-۲۰۰۰ می‌پردازند. آن‌ها درمی‌یابند که سرریز فضایی شدیدی در چین وجود دارد. نه‌تنها تراکم صنعتی محلی، بلکه تراکم صنعتی در مناطق همسایه می‌تواند باعث سرریزهای معناداری بر آلودگی غبار شود. تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم تراکم صنعتی همه به‌طور معناداری مثبت هستند. یعنی آلودگی غبار نه‌تنها تحت تاثیر تراکم صنعتی در مناطق محلی قرار می‌گیرد، بلکه تحت تاثیر مناطق همسایه نیز قرار می‌گیرد. به علاوه، آن‌ها نتیجه می‌گیرند که تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم در مرکز و غرب چین بیش‌تر از مناطق شرقی است و این‌که تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم تراکم صنعتی در صنایع به‌شدت آلاینده در مقایسه با صنایع به‌شدت غیرآلاینده بیش‌تر است. شن و پنگ (۲۰۲۱)، به بررسی این‌که آیا تراکم صنعتی می‌تواند به تاثیر کاهش انتشار نزدیک شود، می‌پردازند. این پژوهش نشان می‌دهد که تراکم صنعتی اثر سرریز فضایی آشکاری را اعمال می‌کند. پیامدهای خارجی مارشالی و جیکوبز (اثر خودتصفیه‌ای) به رابطه U شکل بین تراکم صنعتی و کارایی محیط‌زیست منجر می‌شوند. ژائو و همکاران (۲۰۲۰)، بر مبانی داده‌های ۳۰ استان در چین برای دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۰ و با استفاده از مدل دوربین فضایی، مدل

با وقفه فضایی (SLM)[1]، و مدل خطای فضایی (SEM)[2] به بررسی تاثیر تراکم صنعتی بر آلودگی غبار می‌پردازند. یافته‌ها نشان می‌دهد که: ۱- تراکم صنعتی می‌تواند به‌طور موثری درجه آلودگی غبار را کاهش دهد؛ ۲- آلودگی غبار یک رابطه U شکل معکوس با توسعه اقتصادی و تراکم جمعیت دارد؛ ۳- صنعت ثانویه همبستگی مثبت با آلودگی غبار دارد، در حالی که صنعت ثالثه باعث کاهش آلودگی غبار، اما نه به روشی واضح، می‌شود؛ ۴- سطح فناوری و شهرنشینی می‌تواند به کاهش آلودگی کمک کند و سطح باز بودن اقتصاد و انتشار دی اکسید کربن می‌توانند آلودگی را تشدید کنند؛ و ۵- به علت بهره‌برداری ناکافی از دستاوردهای علمی و فناوری، سرمایه‌گذاری در علم و فناوری به‌وضوح بر کنترل و کاهش آلودگی غبار موثر نیست. وانگ و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی تاثیرات تراکم، مقررات زیست‌محیطی و فناوری بر انتشار آلودگی در چین با تلفیق تجزیه‌وتحلیل شبکه‌های اقتصادی، اجتماعی، و فضایی برای دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۳ می‌پردازند. در این پژوهش، مدل‌های دوربین فضایی (SDM)[3] برای شناسایی تاثیرات سرریز فضایی، مدل‌های GIS برای به تصویر کشیدن شبکه‌های اقتصادی و اجتماعی، و مدل‌های SDM برای تجزیه‌وتحلیل سرریز اقتصادی، اجتماعی، و فضایی تراکم صنعتی، مقررات زیست‌محیطی و فناوری بر انتشارات آلاینده استفاده گردیده است. نتایج نشان می‌دهند که تراکم صنعتی، مقررات زیست‌محیطی و فناوری، کاهش شدت انتشار آلاینده را تسهیل می‌کنند. تراکم اثر سرریز منفی بر شدت انتشار آلاینده در شهرهای اطراف از طریق شبکه‌های اقتصادی و اجتماعی دارد، در حالی که مقررات زیست‌محیطی شدت انتشار آلاینده را در شهرهای مربوطه از طریق شبکه‌های اجتماعی تحت تاثیر قرار می‌دهد و فناوری می‌تواند به‌طور موثری شدت انتشار آلاینده را از طریق شبکه اقتصادی کاهش دهد. نتایج دانگ و همکاران[4] (۲۰۲۰) نشان می‌دهند که: ۱- همبستگی فضایی بین تراکم صنعتی و آلودگی در چین وجود دارد؛ ۲- در سطح ملّی، تراکم صنعتی تراکم آلودگی را افزایش می‌دهد؛ و ۳- در سطح استانی تاثیر تراکم صنعتی بر تراکم آلودگی مثبت است، ولی دارای اختلاف فضایی و زمانی است. ژانگ و همکاران (۲۰۱۸)، نتیجه می‌گیرند که: ۱- افزایش تراکم صنعتی ظرفیت بزرگی از سرریز فضایی ایجاد می‌کند که قفل کربن بالا از زغال‌سنگ را تا حدودی می‌شکند؛ ۲- سرمایه‌گذاری خارجی و نسبت شرکت‌های دولتی باعث انتشار کربن صنعتی و شدت انتشار کربن می‌شوند؛ ۳- سطح شهرنشینی تاثیر دوطرفه

1. Spatial Lag Model
2. Spatial Error Model
3. Spatial Durbin Model
4. Dong *et al*.

بر انتشار کربن صنعتی و شدت انتشار کربن صنعتی دارد؛ ۴- تاثیر ساختار انرژی بر انتشار و شدت انتشار کربن صنعتی قبل و بعد از حکمرانی صنعت متفاوت است، به‌ویژه این‌که ضریب کشش شدت انتشار کربن به‌شدت کاهش می‌یابد؛ ۵- درجه صنعتی شدن تاثیر متفاوتی بر انتشار و شدت انتشار کربن در زمان‌های متفاوت دارد؛ و ۶- نسبت شرکت‌های اشتراکی اثر مثبت بر انتشار کربن صنعتی، اما اثر منفی بر شدت انتشار کربن صنعتی دارد. چنگ و همکاران (۲۰۱۷)، بیان می‌کنند که دود و غبار شهری هر دو همبستگی فضایی ملّی و تراکم فضایی محلی آشکاری را نشان می‌دهد. همچنین، یک رابطه U شکل معکوس بین توسعه اقتصادی و آلودگی هوا وجود دارد و بیش‌تر شهرها در مرحله‌ای هستند که آلودگی همراه با پیشرفت اقتصاد در حال افزایش است. نتایج المولالی و ازتُرک[1] (۲۰۱۵)، نشان می‌دهد که مصرف انرژی، باز بودن تجارت، شهرنشینی، و توسعه اقتصادی آسیب‌های زیست‌محیطی را در منطقه منا افزایش داده‌اند، در حالی که ثبات سیاسی در بلندمدت تخریب محیط‌زیست را کاهش داده است. فاگبونکا (۲۰۱۲)، نتیجه می‌گیرد که تراکم صنعتی اثر منفی بر محیط اطراف به شکل آلودگی، مشکلات ترافیکی، ازدحام جمعیت، و میزان جرم و جنایت می‌گذارد. ورهاف و نایکمپ (۲۰۰۲)، مدل تعادل فضایی عمومی را برای بررسی تعامل بین پیامدهای خارجی زیست‌محیطی و پیامدهای خارجی تراکم در بیش از ۲۰۰ شهر در سراسر اتحادیه اروپا مورد بررسی قرار می‌دهند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که همبستگی مثبت بین تراکم و آلودگی هوا وجود دارد.

گلی (۲۰۲۰)، نشان می‌دهد که نوعی همبستگی فضایی مثبت بین استان‌های ایران در انتشار دی اکسید کربن وجود دارد. همچنین شهرنشینی، نسبت صنعتی شدن، و چگالی جمعیت اثرات مثبت و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن دارند؛ اثرات فضایی صنعتی شدن و شهرنشینی مثبت است، اما رشد اقتصادی اثر معناداری بر انتشار دی اکسید کربن ندارد. میرزایی و همکاران (۲۰۱۹)، نشان می‌دهند که رابطهٔ مثبت و معناداری بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار دی اکسید کربن در کشورهای منتخب منا وجود دارد. زروکی و همکاران (۲۰۱۸)، بیان می‌کنند که با کاهش فعالیت بخش صنعت، میزان انتشار آلاینده‌ها به‌طور معناداری کاهش می‌یابد. تمیزی (۲۰۱۹)، نتیجه می‌گیرد که لگاریتم تولید ناخالص داخلی، جمعیت، ساختار مصرف انرژی، و شدت انرژی دارای اثر منفی و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن هستند و درجه باز بودن اقتصاد اثر مثبت و معناداری بر انتشار دی اکسید کربن دارد. همچنین، تاثیر مثبت و معنادار متغیر فضایی باوقفه، بیانگر آن است که انتشار کربن در مناطق مختلف با هم مرتبط است. نتایج کارگر ده‌بیدی و اسماعیلی (۲۰۱۶)، نشان‌دهندهٔ

1. Al-Mulali & Ozturk

وجود رابطه N شکل بین درآمد سرانه و آلودگی، اثرگذاری ناچیز ولی مثبت شاخص آزادسازی تجاری بر سرانه انتشار آلودگی، معنادار بودن مصرف انرژی بر آلودگی، و معنادار نبودن شهرنشینی بر آلودگی است. هاشمی و همکاران (۲۰۱۷)، درمی‌یابند که رشد اقتصادی، رشد جمعیت، و سهم بخش صنعت از تولید ملّی اثر مثبت و معناداری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد و کارایی انرژی عموماً باعث کاهش شدت انتشار آلاینده‌ها می‌شود. بلالی و همکاران (۲۰۱۳)، نشان می‌دهند که فرضیه کوزنتس در اقتصاد ایران مورد تایید قرار گرفته است. فطرس و قربان‌سرشت (۱۳۹۱)، با استفاده از مدل اثرات تصادفی و مجموعه داده‌های پانل متوازن برای ۱۸ کشور منتخب منا (کشورهایی با صادرات نفتی و بدون صادرات نفتی) به بررسی اثرات رشد شهرنشینی بر میزان مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن با در نظرگرفتن سه نظریه (الف) تغییر محیط‌زیست به فضای شهری، (ب) تراکم شهری، و (ج) نظریه نوسازی بوم‌شناختی می‌پردازند. نتایج حاکی از آن است که اثرات رشد شهرنشینی بر میزان مصرف انرژی و شدت انتشار دی اکسید کربن در بین هر دو گروه کشورهای منتخب مثبت و معنادار است. این نتایج بیانگر هر دو نظریه تغییر محیط‌زیست به فضای شهری و نظریه نوسازی بوم‌شناختی است.

روش‌شناسی پژوهش

با توجه به اهداف پژوهش، مبنی بر بررسی تاثیر تراکم صنعتی بر تراکم آلودگی و مطالب مندرج در بخش مبانی نظری و پیشینه پژوهش، مدل مورد بررسی پژوهش حاضر به صورت رابطه (۱) تعیین می‌شود:

$$coin_{it} = f(W, indu_{it}, urban_{it}, Gdp_{it}, Gdp_{it}^2, FDI_{it}) \quad (۱)$$

رابطه (۱)، سه متغیر اساسی دارد که شامل متغیر وابسته، مستقل، و کنترل است. coin متغیر وابسته شاخص تراکم آلودگی است. W ماتریس وزنی فضایی مورد استفاده برای برآورد مدل بر اساس رهیافت اقتصادسنجی فضایی است. indu متغیر مستقل تراکم صنعتی است که این پژوهش بر آن است که اثر آن را بر تراکم آلودگی بررسی نماید. سایر متغیرهای پژوهش که به عنوان عوامل موثر بر تغییر تراکم آلودگی تحت عنوان متغیرهای کنترل قابل‌بررسی است: urban نسبت شهرنشینی به صورت نسبت جمعیت شهری به کل جمعیت است، GDP تولید ناخالص داخلی واقعی بر مبنای سال پایه ۲۰۱۰ است، به تبعیت از فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس از مجذور تولید ناخالص داخلی (GDP^2) نیز استفاده شده است. FDI سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، open درجه باز بودن اقتصاد است که به صورت نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌شود. ei شدت انرژی به صورت نسبت انرژی مصرفی به تولید ناخالص داخلی واقعی است.

ساختار شواهد آماری مبتنی بر مکان، لزوم استفاده از رهیافت اقتصادسنجی فضایی را مطرح می‌کند. داده‌های دارای ابعاد مکانی با دو مسئله وابستگی فضایی و ناهمسانی فضایی مواجه هستند، که رویکردهای مرسوم اقتصادسنجی تا حد زیادی این دو موضوع را نادیده می‌گیرد. این امر ممکن است به دلیل نقض فروض گاوس ـ مارکف[1] کاربردی در مدل‌های رگرسیونی رخ دهد (Shakibaee *et al.*, 2015). مدل خطای فضایی، وقفه فضایی و مختلط از جمله مدل‌های اقتصادسنجی فضایی هستند که ساختار آن‌ها بستگی به محل قرارگیری ماتریس وزنی فضایی برای رفع همبستگی فضایی است. مدل عمومی آشیانه‌ای فضایی (GNSM)[2] که تمام اثرات فضایی را به صورت جامع در نظر می‌گیرد، به صورت رابطه (۲) است:

$$Y=\rho WY+X\beta+WX\theta+u \quad u=\delta Wu+\varepsilon \qquad (۲)$$

بر اساس رابطه (۲)، Y متغیر وابسته، X بردار متغیرهای توضیحی موثر بر Y، و W ماتریس وزنی فضایی است. $X\beta$ نشان‌دهندهٔ اثر متغیرهای داخلی هر منطقه بر متغیر وابسته همان منطقه است، اما $WX\theta$ نشان‌دهندهٔ اثرات سرریز یا به عبارتی اثر متغیرهای مناطق همجوار بر متغیر وابسته یک منطقه خاص است. تعیین و برآورد مدل‌های مختلف فضایی بستگی به معناداری ضریب خطای فضایی (δ) و وقفه فضایی (ρ) دارد. انواع مدل‌های سنجی فضایی بر اساس شرایط مختلف در جدول (۱) قابل‌تعیین است.

جدول ۱: انواع مدل‌های فضایی (Elhorst, 2014)

ضرایب	$\theta=\delta=0$	$\rho=\theta=0$	$\rho=\delta=0$
مدل	وقفه فضایی (SAR)[3]	خطای فضایی (SEM)	(SLX)[4]
ضرایب	$\theta=0$	$\delta=0$	$\rho=0$
مدل	خودهمبستگی فضایی (SAM)[5]	دوربین فضایی (SDM)	خطای دوربین فضایی (SDEM)[6]

برای اندازه‌گیری تراکم آلودگی از شواهد آماری چهار آلاینده مهم دی اکسید کربن، متان، اکسید نیتروژن، و $PM_{2.5}$ استفاده می‌شود.[7] برای اندازه‌گیری شاخص تراکم آلودگی از شاخص آنتروپی بهبودیافته استفاده شده است که یک روش وزن‌دهی عینی است و وزن‌ها را مطابق اطلاعات ارائه‌شده

1. Gauss–Markov
2. General Nesting Spatial Model
3. Spatial Autoregressive Model
4. Spatial Lagged X
5. Spatial Autocorrelation Model
6. Spatial Durbin Error Model
7. https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics

توسط هر شاخص تعیین می‌کند و می‌تواند از خطای ناشی از عوامل انسانی جلوگیری کند. فرایند محاسبه شاخص تراکم آلودگی به صورت زیر است (Dong *et al.*, 2020):

۱. فرایند استاندارد کردن داده‌ها: در این مرحله برای استاندارد کردن شاخص‌های مثبت از تبدیل $X'_{tij} = \frac{X_{tij}}{max X_{tij}}$ و برای استاندارد کردن شاخص‌های منفی از تبدیل $X'_{tij} = \frac{min X_{tij}}{X_{tij}}$ استفاده می‌شود. θ بیانگر زمان، m بیانگر کشور، و n شاخص‌هاست. X_{tij} نشان‌دهندهٔ شاخص i کشور j در سال t است، به‌طوری که i=1,2,… n، j=1,2,…m و t=1,2,3…θ هستند.

۲- محاسبه وزن خاص p_{tij}:

$$p_{tij} = \frac{X'_{tij}}{\sum_{t=1}^{\theta}\sum_{i=1}^{m} X_{tij}} \quad (۳)$$

۳- محاسبه مقدار آنتروپی e_j

$$k = \ln(\theta m) \quad (۴)$$

$$e_{tj} = -k\sum_{i=1}^{m} p_{tij} \ln p_{tij} \quad (۵)$$

۴- محاسبه وزن w_j

$$w_{tj} = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^{n}(1 - e_j)} \quad (۶)$$

۵- محاسبه شاخص جامع s_{ti}

$$s_{ti} = \sum_{j=1}^{n} w_j X'_{tij} \quad (۷)$$

حال با برآورد شاخص جامع آلودگی، در این مرحله به برآورد تراکم آلودگی با استفاده از تمرکز جغرافیایی پرداخته می‌شود. در واقع، در جهت انعکاس توزیع فضایی تراکم آلودگی از عامل منطقه جغرافیایی استفاده می‌شود (Campos, 2012). اگر s_i نشان‌دهندهٔ میزان شاخص جامع آلودگی محیط‌زیست در کشور i باشد و $AREA_i$ نشان‌دهندهٔ مساحت کشور i باشد. فرایند محاسبه تراکم آلودگی هست:

$$SA_{ti} = \frac{S_{ti} \Big/ \sum_{i=1}^{m} S_{ti}}{AREA_{ti} \Big/ \sum_{i=1}^{m} AREA_{ti}} \quad (۸)$$

گام بعدی، اندازه‌گیری شاخص تراکم صنعتی با استفاده از معیار ضریب مکان است. شاخص ضریب مکان بهترین شاخص برای اندازه‌گیری تراکم صنعتی است (Zhang *et al.*, 2018)، که به صورت سهم صنعت به سهم تولید ناخالص داخلی کشورها محاسبه می‌شود. با فرض این‌که indu میزان تولید بخش صنعت و gros کل تولید در کشور i باشد، بنابراین شاخص تراکم صنعتی به صورت فرمول (۹) قابل‌محاسبه است:

$$induin_i = \frac{indu_i(t) \Big/ \sum_i^m indu_i(t)}{gros_i(t) \Big/ \sum_i^m gros_i(t)} \qquad (۹)$$

شواهد حاصل از اندازه‌گیری دو شاخص تراکم آلودگی (فرمول ۸) و تراکم صنعتی (فرمول ۹)، در جدول (۲) نشان می‌دهد که تراکم آلودگی در کشور بحرین به دلیل مساحت کم‌تر دارای بیش‌ترین مقدار و در کشور الجزایر و عربستان در کم‌ترین مقدار برابر با ۰/۵ و ۰/۶ است. در حالی که شواهد تراکم صنعتی نشان می‌دهد که قطر دارای بیش‌ترین تراکم صنعتی و لبنان با مقدار ۰/۴۳ دارای کم‌ترین تراکم صنعتی است. در واقع، هرچه تراکم بالاتر باشد، نشان‌دهندهٔ بالا بودن سهم صنعت نسبت به سهم تولید ناخالص داخلی است.

جدول ۲: شواهد تراکم صنعتی و تراکم آلودگی

کشورها	تراکم آلودگی	تراکم صنعتی
اردن	۱۴	۰/۷۴
رژیم صهیونیستی	۵۷/۹	۰/۵۴
الجزایر	۰/۵	۱/۰۵
امارات	۱۴/۹	۱/۲۶
ایران	۰/۸	۰/۹۱
مراکش	۲/۸	۰/۶۱
بحرین	۱۶۳۸/۳	۱/۱۵
ترکیه	۱/۶	۰/۵۸
تونس	۸	۰/۶۲
عراق	۲/۸	۱/۳۷
عربستان	۰/۶	۱/۳۹
یمن	۲/۴	۱/۵۶
عمان	۴	۱/۵۴
قطر	۱۰۷/۵	۱/۷۴
کویت	۶۹/۹	۱/۶۲
لبنان	۱۲۱/۷	۰/۴۳
مصر	۱/۳	۱/۰۳

برآورد مدل و تحلیل نتایج

برای برآورد مدل از شواهد آماری سالیانه کشورهای منا برای دوره زمانی ۲۰۱۷-۲۰۱۰ استفاده شده است، که دارای ساختار ترکیبی هستند. احتمال وجود اثرات فضایی، لزوم استفاده از رهیافت اقتصادسنجی فضایی را مطرح می‌کند. پس ابتدا با استفاده از آماره موران[1]، وجود اثرات فضایی انتشار دی‌اکسیدکربن در میان کشورهای منا، که اغلب دارای ارتباط همسایگی هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این راستا از آماره موران استفاده می‌شود. فرضیه صفر آزمون موران نبود اثرات فضایی و فرضیه مقابل آن، وجود اثرات فضایی است. نتایج آماره موران برای متغیر تراکم آلودگی و پسماند مدل عوامل موثر بر تراکم آلودگی در جدول (۳)، نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر نبود اثرات فضایی رد شده است، چرا که مقدار احتمال مربوط به ضرایب کم‌تر از ۰/۰۵ است. ساختار داده‌های مورد استفاده ترکیبی از زمان و کشورهای منا است که ممکن است نوعی ناهمگنی در بُعد زمان و مقاطع (فضا) وجود داشته باشد و لزوم در نظرگرفتن آن‌ها در مدلسازی از اهمیت بالایی برخوردار است. اثرات ثابت فضایی و زمانی کنترل‌کننده تمامی اثرات ثابت ناشی از این دو متغیر خواهد بود که نادیده گرفتن آن‌ها باعث تورش در تخمین مدل خواهد بود (Elhorst, 2014). منظور از اثرات ثابت زمانی، تمامی عوامل تاثیرگذار بر کارایی انرژی است که در طول زمان تغییر کرده اما در همه کشورها ثابت بوده است. اثرات ثابت فضایی، خصوصیات فردی تاثیرگذار بر تراکم آلودگی است که در طول زمان ثابت است، اما از هر کشوری به کشور دیگر تغییر می‌کند (Taleblou *et al*., 2017). نتایج آزمون نسبت راست‌نمایی در جدول (۳) نشان می‌دهد که اثرات ثابت فضا وجود دارد، ولی اثرات ثابت زمان وجود ندارد. به عبارتی، ناهمگنی میان کشورها قابل‌تایید است. همچنین، برای آزمون مدل اثرات ثابت در مقابل اثرات تصادفی از آزمون هاسمن فضایی استفاده می‌شود. از آن‌جا که مقدار احتمال آماره هاسمن برابر با ۰/۹۸ است، پس فرضیه صفر ردناپذیر است و باید از مدل اثرات تصادفی برای برآورد مدل استفاده شود.

جدول ۳: آزمون نسبت راست‌نمایی، هاسمن و موران

آزمون موران	تراکم آلودگی	پسماند مدل متعارف
	(۰/۰۰) ۵/۱۶	(۰/۰۰) ۳/۱۹
آزمون نسبت راست‌نمایی هاسمن	آماره LR اثرات ثابت فضا	آماره LR اثرات ثابت زمان	آزمون هاسمن فضایی
	(۰/۰۰) ۱۷۶/۹۸	(۰/۹۸) ۱/۸۴	(۰/۹۸) ۱/۴۲

1. Moran Test

گام سوم، بررسی ضریب لاگرانژ برای تعیین وابستگی فضایی برحسب وقفه فضایی، خطای فضایی یا ترکیبی است. نتایج حاصل از ضریب لاگرانژ در جدول (۴) نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبتنی بر نبود وابستگی فضایی در مشاهده‌ها از متغیر در هر دو حالت LM lag و RLM lag رد شده است. اما فرضیه صفر مبتنی بر نبود وابستگی فضایی در جزء خطا در هر دو حالت LM error و RLM error تایید شده است. بنابراین، در برآورد مدل‌ها، تنها از وقفه فضایی استفاده می‌شود.

جدول ۴: آزمون ضرایب لاگرانژ

	LM error	RLM error	LM lag	RLM lag
مقدار آماره	۲/۰۴	۳/۴۲	۴/۳۱	۵/۶۸
ارزش احتمال	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۱۷

نتایج حاصل از برآورد مدل (۱) عوامل موثر بر تراکم آلودگی در کشورهای منا به روش اثرات تصادفی در جدول (۴) گزارش شده است. شواهد حاصل از برآوردها در جدول جدول (۵) نشان می‌دهد که با افزایش یک درصد در تراکم صنعتی، میزان تراکم آلودگی در سطح خطای ۵ درصد به میزان ۰/۰۳ درصد کاهش یافته است. اثر منفی تراکم صنعتی ناشی از واقعیتی است که تراکم صنعتی باعث سرریز دانش و فناوری در میان بخش‌های مختلف اقتصادی می‌شود و به این واسطه سطح بهره‌وری در کل صنعت افزایش می‌یابد و برای سطح ثابتی در تولید مصرف انرژی کم‌تر و دی اکسید کربن کم‌تری منتشر می‌شود.

جدول ۵: برآورد مدل SAR به روش اثرات تصادفی

	ضرایب	مقدار احتمال
تراکم صنعتی	-۰/۰۳	۰/۰۱۸
تولید ناخالص داخلی	۰/۱۸	۰/۰۰
مجذور تولید ناخالص داخلی	-۰/۰۳۲	۰/۰۰
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	۰/۰۱۱	۰/۵۰۹
باز بودن اقتصاد	-۰/۳۷۹	۰/۰۰
شهرنشینی	۰/۰۰۱	۰/۸۱
شدت انرژی مصرفی	۰/۴۱۵	۰/۰۰
عرض از مبدأ	۱۷/۰۳	۰/۰۰
وقفه فضایی	۰/۲۴	۰/۰۰

علاوه بر این، جدول جدول (۵) نشان می‌دهد که با افزایش در تولید ناخالص داخلی میزان تراکم آلودگی به‌طور معناداری افزایش می‌یابد، به‌طوری که با افزایش یک درصد در تولید ناخالص داخلی سرانه، میزان تراکم آلودگی به اندازه ۰/۱۸ درصد افزایش می‌یابد. در واقع، با افزایش در تولید ناخالص داخلی نیاز به انرژی به عنوان نهاده اصلی تولید افزایش می‌یابد و با توجه به این‌که سهم بالایی از انرژی مصرفی در کشورهای متعدد ناشی از سوخت‌های فسیلی است، انتشار آلاینده‌های ناشی از مصرف انرژی به‌طور معناداری افزایش می‌یابد. اما با افزایش در رشد اقتصادی، مسئله کیفیت محیط‌زیست به عنوان کالایی کمیاب در مسائل سیاستگذاری دارای ارزش خواهد شد. به همین دلیل نوعی رابطه غیرخطی بین تولید ناخالص داخلی و تراکم آلودگی وجود خواهد داشت و بر اساس شواهد به‌دست‌آمده، مجذور تولید ناخالص داخلی باعث کاهش در تراکم آلودگی می‌شود و با افزایش یک درصد در مجذور تولید ناخالص داخلی، میزان تراکم آلودگی به اندازه ۰/۰۳۲ درصد کاهش می‌یابد. به‌طور کلی، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس قابل‌تایید است.

سومین عامل مهم بر تراکم آلودگی، شدت انرژی مصرفی و به عبارتی نسبت انرژی مصرفی به تولید ناخالص داخلی است. شدت انرژی به عنوان معیاری از ناکارایی مصرف انرژی مد نظر قرار دارد. بر اساس شواهد به‌دست‌آمده، با افزایش یک درصد در شدت انرژی مصرفی میزان تراکم آلودگی به اندازه ۰/۴۱۵ درصد افزایش یافته است. در واقع، بخش بالایی از افزایش انتشار دی اکسید کربن در کشورهای منا ناشی از استفاده ناکارامد از انرژی مصرفی است. بالا بودن شدت انرژی و اثرگذاری مثبت آن ناشی از این واقعیت است که کشورهای منا عمدتاً انرژی را در بخش‌های مصرفی مانند خانوارها مصرف می‌کنند، و فناوری تولیدی آن‌ها در سطح پایینی قرار دارد و به‌ازای هر واحد تولید، انرژی بیش‌تری مصرف می‌کنند، که این عاملی مهم برای افزایش تراکم آلودگی در این گروه از کشورها در سال‌های اخیر بوده است.

چهارمین عامل مهم بر تغییرات تراکم آلودگی، باز بودن اقتصاد و سهم صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی است. صادرات و واردات کشورهای مبتنی بر کالاهای دارای فناوری برتر هستند که توانایی کسب سهم بالای بازارهای جهانی را دارند. بر اساس این، واردات مبتنی بر برتر بودن کالاهای خارجی نسبت به داخلی است و صادرات مبتنی بر مزیت نسبی است و به همین دلیل، فناوری‌های بازار جهانی از نظر برتر بودن یا برابر با فناوری داخلی هستند یا پیشرفته‌تر. این مسئله در کشورهای منا به دلیل ساختارهای مصرفی احتمالاً به برتر بودن فناوری خارج نسبت به داخل دلالت دارد. شواهد حاصل از برآوردها در جدول (۵) نیز تاییدی بر این مسئله است و باز بودن اقتصاد اثر منفی و معناداری بر تراکم آلودگی دارد، به‌طوری که با افزایش یک درصد در باز بودن اقتصاد، میزان تراکم آلودگی به اندازه ۰/۳۷۹ درصد کاهش یافته است.

شهرنشینی بر اساس ادبیات اقتصادی یکی از عوامل موثر بر تراکم آلودگی است. توسعه شهرنشینی

پیامد توسعه اقتصادی و توسعه صنعتی است. بر اساس همین، ساختار شهرها تعیین‌کنندهٔ اثر شهرنشینی بر انتشار دی اکسید کربن است. اگر ساختار شهرها توانایی استفاده از سیستم حمل‌ونقل عمومی در جهت بهره‌برداری از جمعیت افزایش‌یافتهٔ شهرها باشد، در این صورت شهرنشینی اثر منفی بر تراکم آلودگی دارد. در غیر این صورت، شهرنشینی باعث افزایش در تراکم آلودگی می‌شود. نتایج برآوردها برای پژوهش حاضر نشان می‌دهد که شهرنشینی اثر مثبتی بر تراکم آلودگی می‌گذارد، و دلالت بر ساختار نامطلوب شهرها در کشورهای مورد بررسی دارد، اما این اثر از نظر آماری معنادار نیست. بنابراین، شهرنشینی نمی‌تواند به عنوان عامل موثر بر تراکم آلودگی مطرح شود.

در نهایت وقفه فضایی تراکم آلودگی مثبت و از نظر آماری در سطح خطای یک درصد معنادار است. به‌طوری که با افزایش یک درصد در تراکم آلودگی در کشورهای $i \neq j$، میزان تراکم آلودگی در کشور i به اندازه ۰/۲۴ درصد افزایش می‌یابد. بنابراین، بهبود کیفیت محیط‌زیست، مسئله‌ای بین‌المللی است و به توجه کشورهای جهان برای بهبود محیط‌زیست نیاز دارد.

جدول (۵)، نتایج حاصل از برآورد اثرات مستقیم متغیرها را بر تراکم انتشار دی اکسید کربن نشان می‌دهد. با توجه به وجود اثرات فضایی، به بررسی اثرات سرریز (اثرات ناشی از تغییرات متغیرها در مناطق همجوار) متغیرهای موثر بر تراکم آلودگی پرداخته می‌شود. جدول (۶)، نتایج حاصل از برآورد رابطه (۱) را با وجود اثرات سرریز متغیرهای توضیحی بر تراکم آلاینده‌ها نشان می‌دهد. به این صورت که متغیرهای توضیحی علاوه بر این‌که به صورت مستقیم بر تراکم آلودگی اثرگذار هستند، به واسطه اثرات سرریز نیز بر تراکم آلودگی در مناطق همجوار اثرگذار هستند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، افزایش در نسبت باز بودن اقتصاد در کشورهای $i \neq j$ باعث کاهش تراکم انتشار دی اکسید کربن در کشور i به اندازه ۰/۶۴ درصد می‌شود که در سطح خطای یک درصد معنادار است.

جدول ۶: برآورد مدل SDM

	اثرات مستقیم	اثرات سرریز
تراکم صنعتی	-۰/۰۲۹ (۰/۰۳)	۰/۰۱۲ (۰/۵۸)
تولید ناخالص داخلی	۰/۲۱۵ (۰/۰۰)	۰/۰۱۰۹ (۰/۹۱)
مجذور تولید ناخالص داخلی	-۰/۰۳۶ (۰/۰۰)	-۰/۰۰۰۱ (۰/۹۹)

ادامه جدول ۶: برآورد مدل SDM

	اثرات مستقیم	اثرات سرریز
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	۰/۰۱۰۴ (۰/۵۳)	۰/۰۱۳ (۰/۶۶)
باز بودن اقتصاد	-۰/۲۸۷ (۰/۰۲)	-۰/۶۴ (۰/۰۰۷)
شهرنشینی	-۰/۰۰۱۸ (۰/۷۸)	-۰/۰۲ (۰/۱۹)
شدت انرژی مصرفی	۰/۴۵۲ (۰/۰۰۸)	-۰/۱۴ (۰/۵۲)
عرض از مبدأ	۲۰/۶ (۰/۰۳۷)	
وقفه فضایی	۰/۲۰۶ (۰/۰۲۶)	

اثرات فضایی سایر متغیرهای پژوهش، از نظر آماری معنادار نیست و دلالت بر این مسئله دارد که ارتباط میان کشورهای منا به دلیل ساختارهای اقتصادی دارای یکپارچگی نیست و این مسئله باعث شده است که اثرات سرریز میان کشورها تنها از طریق باز بودن اقتصاد امکان‌پذیر باشد. واقعیت آن است که ساختارهای صنعتی کشورهای منا به نسبت بازارهای جهانی ضعف زیادی دارد و به همین دلیل اثرات سرریز آن‌ها به اندازه‌ای نیست که بتواند به‌طور معناداری باعث تغییرات در تراکم انتشار دی اکسید کربن سایر کشورها شود.

بحث و نتیجه‌گیری

ساختار صنعت یکی از مولفه‌هایی است که بر ابعاد مختلفی از متغیرهای اقتصادی اثرگذار است. در همین راستا ساختار بهینه صنعت به صورت ساختاری قابل‌تعریف است که دارای بیش‌ترین اثر بر رشد اقتصادی در کنار کم‌ترین اثرات جانبی منفی آلایندگی است. بنابراین، هدف پژوهش حاضر بررسی اثر ساختار صنعتی بر تراکم آلودگی در کشورهای منا برای دوره زمانی ۲۰۱۷-۲۰۱۰ است. نتایج بکارگیری اقتصادسنجی فضایی نشان می‌دهد که نوعی وابستگی فضایی در تراکم آلودگی میان کشورهای منا به دلیل ماهیت انتشار آلاینده‌ها و بدون مرز بودن انتقال آن‌ها وجود دارد. تراکم صنعت

در داخل کشور به‌طور مستقیم به واسطه اثرات سرریز دانش و فناوری بین بخش‌های مختلف صنعتی به کاهش تراکم آلودگی منجر می‌شود، اما اثرات سرریز آن معنادار نیست و ناشی از توسعه محدود صنعت و همچنین نبود مرزهای یکپارچه در این گروه از کشورهاست. شدت انرژی در یک کشور باعث افزایش انتشار آلاینده‌ها به دلیل ناکارایی در مصرف انرژی است. رشد اقتصادی نیز به‌طور مستقیم به دلیل نیاز به نهاده انرژی باعث افزایش در انتشار آلاینده‌ها شده است. در نهایت، باز بودن اقتصاد به دلیل تفاوت فناوری وارداتی نسبت به فناوری کشورهای منا می‌تواند به‌طور معناداری باعث کاهش در انتشار آلاینده‌ها شود. پس این اثر به دلیل کاهش محدودیت مرزی می‌تواند دارای اثرات سرریز مطلوب باشد.

نتایج برآوردها نشان می‌دهد که کشورهای منا به دلیل محدودیت‌های مرزی و نبود ساختار صنعت نمی‌توانند به‌طور مطلوبی از اثرات سرریز همسایگی بهره‌مند شوند. بنابراین، سهم پژوهش حاضر در بررسی عوامل موثر بر آلاینده‌ها تمرکز بر ساختار صنعت در جهت بهره‌گیری از اثرات مطلوب سرریز در میان بخش‌های صنعتی است. در نتیجه، تمرکز بر توسعه صنعت بر اساس مزیت نسبی هر کدام از کشورها در راستای بهره‌مندی از مزایایی اثرات سرریز دانش و فناوری، و تطابق مهارت با مشاغل در داخل کشورها و همچنین بهبود فناوری تولیدی برای کاهش اثرات شدت انرژی بر انتشار آلاینده‌ها از اهمیت بالایی در سیاستگذاری کشورها برخوردار است.

به عنوان پیشنهاد پژوهشی، بررسی و اندازه‌گیری سهم هر کدام از زیربخش‌های صنعتی در افزایش آلایندگی می‌تواند مبنایی برای مطالعات آتی باشد.

اظهاریه قدردانی

نویسندگان این پژوهش از توصیه‌های اندیشمندانه داوران محترم و ناشناس که در بهبود کیفی مقاله نقش مهمی داشته‌اند و ویراستار علمی (مازیار چابک)، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

الف) انگلیسی

Al-Mulali, U., & Ozturk, I. (2015). The Effect of Energy Consumption, Urbanization, Trade Openness, Industrial Output, and the Political Stability on the Environmental Degradation in the MENA (Middle East and North African) Region. *Energy, 84*(1), 382-389. https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.004

Balali, H., Zamani-Dadandeh, O., & Yousofi, A. (2013). The Relationship between Economic Growth and Environmental Pollution in Oil Sector with Emphasis on Oil Price Volatility: Case Study of Iran. *Planning and Budgeting, 18*(3), 49-66. http://jpbud.ir/article-1-1070-fa.html

Campos, C. (2012). The Geographical Concentration of Industries. *Office for National Statistics,* 20 July.

Chen, J., & Hu, C. (2008). The Agglomeration Effect of Industrial Agglomeration—The Theoretical and Empirical Analysis of the Yangtze River Delta Region as an Example. *Management World, 6*(1), 68-83.

Cheng, Z., Li, L., & Liu, J. (2017). Identifying the Spatial Effects and Driving Factors of Urban PM2. 5 Pollution in China. *Ecological Indicators, 82*(1), 61-75. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.043

Dong, F., Wang, Y., Zheng, L., Li, J., & Xie, S. (2020). Can Industrial Agglomeration Promote Pollution Agglomeration? Evidence from China. *Journal of Cleaner Production, 246*(1), 118960. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118960

Elhorst, J. P. (2014). *Spatial Econometrics from Cross-Sectional Data to Spatial Panels:* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40340-8

Fagbohunka, A. (2012). The Impacts of Agglomeration on the Immediate Environment, Using the Lagos Region as a Study Case. *European Scientific Journal, 8*(6), 33-48.

Goli, Y. (2020). Evaluation of Spatial Effect of Industrialization on Environmental Quality in Iran's Province. *Environmental Researches, 10*(20), 273-284. http://www.iraneiap.ir/article_109290.html

Hashemi, M., Nasrollahi, Z., & Bameri, S. (2017). The Affecting Factors on Environment and Sustainable Development in MENA and OECD Countries; Based on STIRPAT. *Journal of Iranian Economic Issues, 3*(2), 127-148. http://economics.ihcs.ac.ir/article_2680.html

Hosoe, M., & Naito, T. (2006). Trans-Boundary Pollution Transmission and Regional Agglomeration Effects. *Papers in Regional Science, 85*(1), 99-120. https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2006.00062.x

Jiang, Y., & Zheng, J. (2017). Economic Growth or Environmental Sustainability? Drivers of Pollution in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration in China. *Emerging Markets Finance and Trade, 53*(11), 2625-2643. https://doi.org/10.1080/1540496X.2017.1370580

Kaldor, N. (1966). *The Causes of the Slow Rate of Growth of the UK Economy:* Cambridge University Press.

Kargar Dehbidi, N., & Esmaeili, A. (2016). The Effects of Economic Growth, Energy Consumption, Trade Openness and Urbanization on Environmental Pollution In the MENA Region during the Period 1995- 2012. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 47*(4), 815-824. https://dx.doi.org/10.22059/ijaedr.2016.61329

Karmellos, M., Kopidou, D., & Diakoulaki, D. (2016). A Decomposition Analysis of the Driving Factors of CO2 (Carbon Dioxide) Emissions from the Power Sector in the European Union Countries. *Energy, 94*(1), 680-692. https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.145

Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review, 45*(1), 1-28.

Li, X., Xu, Y., & Yao, X. (2021). Effects of Industrial Agglomeration on Haze Pollution: A Chinese City-Level Study. *Energy Policy, 148*(1), 111928. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111928

Liu, J., Cheng, Z., & Li, L. (2016). Industrial Agglomeration and Environmental Pollution. **Science Research Management, 6**(1), 134-140.
Liu, J., Cheng, Z., & Zhang, H. (2017a). Does Industrial Agglomeration Promote the Increase of Energy Efficiency in China? *Journal of Cleaner Production, 164*(1), 30-37. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.179
Liu, J., Zhao, Y., Cheng, Z., & Zhang, H. (2018). The Effect of Manufacturing Agglomeration on Haze Pollution in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 15*(11), 2490. https://doi.org/10.3390/ijerph15112490
Liu, S., Zhu, Y., & Du, K. (2017b). The Impact of Industrial Agglomeration on Industrial Pollutant Emission: Evidence from China under New Normal. *Clean Technologies and Environmental Policy, 19*(9), 2327-2334. https://doi.org/10.1007/s10098-017-1407-0
Mirzaei, M., Horry, H. R., & Sadeghi, Z. (2019). Investigating the Effect of Foreign Direct Investment on Environmental Pollution in MENA Countries. *Journal of Environmental and Natural Resource Economics, 3*(4), 113-130. https://dx.doi.org/10.22054/eenr.2019.12472
Porter, M. E. (1998). *On Competition*: Harvard Business Press.
Shakibaee, A. R., Ahmadi Nejad, M. R., Kamaladdini, Z., & Taleghani, F. (2015). The Impact of Urbanization and Its Overflows on Income Distribution of Iran Provinces using Spatial Econometrics Approach. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics, 2*(3), 1-26. https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_4570.html
Shen, N., & Peng, H. (2021). Can Industrial Agglomeration Achieve the Emission-Reduction Effect? *Socio-Economic Planning Sciences, 75*(1), 100867. https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100867
Sun, P., & Yuan, Y. (2015). Industrial Agglomeration and Environmental Degradation: Empirical Evidence in Chinese Cities. *Pacific Economic Review, 20*(4), 544-568. https://doi.org/10.1111/1468-0106.12101
Swann, P., & Prevezer, M. (1996). A Comparison of the Dynamics of Industrial Clustering in Computing and Biotechnology. *Research Policy, 25*(7), 1139-1157. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00897-9
Taleblou, R., Mohammadi, T., & Pirdayeh, H. (2017). Analysis of Spatial Diffusion of Housing Price Changes in Iranian Provinces; Spatial Econometrics Approach. *Economics Research, 17*(66), 55-95. https://dx.doi.org/10.22054/joer.2017.8202
Tamizi, A. (2019). Economic and Environmental Factors Determining the Amount of Carbon Dioxide Emissions in the MENA Countries. *Journal of Urban Economics and Management, 7*(26), 115-130. http://iueam.ir/article-1-1195-fa.html
Verhoef, E. T., & Nijkamp, P. (2002). Externalities in Urban Sustainability: Environmental versus Localization-Type Agglomeration Externalities in a General Spatial Equilibrium Model of a Single-Sector Monocentric Industrial City. *Ecological Economics, 40*(2), 157-179. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00253-1
Wang, B., Sun, Y., & Wang, Z. (2018). Agglomeration Effect of CO2 Emissions and Emissions Reduction Effect of Technology: A Spatial Econometric Perspective Based on China's Province-Level Data. *Journal of Cleaner Production, 204*(1), 96-106. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.243
Wang, J., Ye, X., & Wei, Y. D. (2019). Effects of Agglomeration, Environmental Regulations, and Technology on Pollutant Emissions in China: Integrating Spatial, Social, and Economic

Network Analyses. *Sustainability, 11*(2), 363. https://doi.org/10.3390/su11020363
Yuan, Y., & Xie, R. (2015). Empirical Research on the Relationship of Industrial Agglomeration, Technological Innovation and Environmental Pollution. *Studies in Science of Science, 33*(9), 1340-1347.
Zaroki, S., Motameni, M., & Moghadasi Sedehi, A. (2018). The Effect of Economic Boom & Recession on Environmental Pollution in Iran: Focusing on Economic Sectors. *Planning and Budgeting, 23*(2), 79-104. http://jpbud.ir/article-1-1729-fa.html
Zhang, K., & Wang, D. (2014). The Interaction and Spatial Spillover between Agglomeration and Pollution. *China Industrial Economics, 6*(1), 70-82.
Zhang, L., Rong, P., Qin, Y., & Ji, Y. (2018). Does Industrial Agglomeration Mitigate Fossil CO2 Emissions? An Empirical Study with Spatial Panel Regression Model. *Energy Procedia, 152*(1), 731-737. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.237
Zhao, H., Cao, X., & Ma, T. (2020). A Spatial Econometric Empirical Research on the Impact of Industrial Agglomeration on Haze Pollution in China. *Air Quality, Atmosphere & Health, 13*(11), 1305-1312. https://doi.org/10.1007/s11869-020-00884-w

ب) فارسی

فطرس، محمدحسن، و قربان‌سرشت، مرتضی (۱۳۹۱). اثر رشد شهرنشینی بر مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن: مقایسه سه نظریه. *نشریه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۹(۳۵)، ۱۶۸-۱۴۷.

نحوه ارجاع به مقاله:

اسلامی گیسکی، سکینه؛ سلیمی‌فر، مصطفی و سیفی، احمد (۱۴۰۱). بررسی تاثیر تراکم صنعتی بر تراکم آلودگی: رهیافت اقتصادسنجی فضایی (مورد مطالعاتی کشورهای منتخب منا)، برنامه‌ریزی و بودجه، ۱، (۲۷)، ۱۷۶-۱۵۵.

Eslami Giski, S., Salimifar, M., & Esifi, A. (2022). The Effect of Industrial Agglomeration on Pollution Agglomeration: Spatial Econmetric Approach. Planning and Budgeting, 1(27), 155-176.

DOI: https://doi.org/10.52547/jpbud.27.1.155

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Planning and Budgeting. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://Creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.