

CO2 Emission and Trade: Distinction between Import and Export of Intermediate and Final Goods

Ali Mazyaki *

Department of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Mana Shaabani Rad 

M.Sc. in Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Arian Daneshmand 

Department of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Abstract

The main purpose of this study was to investigate the role of trade by export and import of intermediate and final goods on environmental degradation, and carbon dioxide emission, in the form of the Environmental Kuznets Curve (EKC). For this purpose, a panel data set of OECD, and non-OECD countries from 1998 to 2018 was used. According to the results, the EKC was established in all samples. In addition, while with a sample of OECD countries, trade has a beneficial or inverse effect on carbon dioxide emissions; with a sample of non-OECD countries, and that of all countries, a non-beneficial or direct effect from trade on carbon dioxide emissions prevails. Also, an important conclusion is that imports, regardless of the type of goods, had a more destructive effect on the environment than exports in all samples. Therefore, theories supporting beneficial effects of exports, e.g. improving technology, or destructive effects of imports through energy-intensive products, are better explanations of the issue than theories of destructive consumption of energy resulting from exports, or beneficial effects of imports for the environment.

Keywords: Economic Carbon Dioxide Emissions, Trade, EKC, intermediate goods, Energy-intensive Technology




JEL Classification: O13 , P18 , Q37 , Q56

* Corresponding Author: mazyaki@atu.ac.ir

How to Cite: Mazyaki, A., Shaabani Rad, M., Daneshmand, A (2022). CO2 Emission and Trade: Distinction between Import and Export of Intermediate and Final Goods. Iranian Energy Economics, 44 (11), 129-159.



تجارت و انتشار دی‌اکسید کربن: تفکیک واردات و صادرات کالاهای واسطه‌ای و نهایی

علی مزیکی*  | استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
مانا شعبانی راد  | کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
آرین دانشمند  | استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده

در این پژوهش به بررسی نقش تجارت به تفکیک صادرات و واردات کالاهای واسطه‌ای و نهایی بر تخریب محیط زیست، انتشار دی‌اکسید کربن، در قالب منحنی زیست‌محیطی کوزنتس پرداخته می‌شود. برای این منظور از یک مجموعه داده‌های تابلویی مربوط به کشورهای «سازمان همکاری و توسعه» و کشورهای غیر «سازمان همکاری و توسعه» طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۸ استفاده شده است. طبق نتایج، در تمامی نمونه‌ها منحنی زیست‌محیطی کوزنتس برقرار می‌باشد. از سوی دیگر، تجارت در کشورهای تأثیر مفید، یا معکوس، و در کشورهای غیر سازمان همکاری و توسعه و تمام کشورها تأثیر غیر مفید، یا مثبت و معنادار، بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن دارد. همچنین، یک نتیجه حائز اهمیت «سازمان همکاری و توسعه» اینکه واردات بدون نظر گرفتن نوع کالاها تأثیر مخرب‌تری نسبت به صادرات بر محیط زیست در تمامی حالت‌ها داشت. بر این اساس می‌توان گفت که نظریات حامی آثار مفید صادرات، مانند بهبود تکنولوژی، یا آثار مخرب واردات از طریق افزایش محصولات انرژی‌بر، توضیح‌دهنده بهتری نسبت به نظریات مصرف مخرب انرژی حاصل از صادرات یا آثار مفید واردات برای محیط زیست هستند.

کلیدواژه‌ها: انتشار دی‌اکسید کربن، تجارت، منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، کالاهای واسطه‌ای، تکنولوژی انرژی‌بر.

طبقه‌بندی JEL: Q56, Q37, P18, O13

۱. مقدمه

مسئله آثار زیست‌محیطی تجارت بین‌المللی در سیاست‌های رشد - محور کشورها در مطالعات اخیر چون علی و همکاران (۲۰۲۱) و انصاری^۱ و همکاران (۲۰۲۱) مورد توجه بوده است. در واقع سؤال این است که تغییر الگوی تجارت به سمت باز بودن، تا چه حد ممکن است باعث بهبود یا بدتر شدن کیفیت محیط زیست در سطح جهانی شود. پاسخ به این سؤال آنچنان که به نظر می‌رسد ساده نیست؛ چرا که، ممکن است آثار متفاوتی از گسترش تجارت بر آلودگی زیست‌محیطی متصور باشد: از یک‌سو افزایش تجارت ممکن است با رایج کردن استفاده از تکنولوژی‌های جدید، تغییر به سمت مصرف محصولات کم کربن را افزایش داده و باعث افزایش بازده انرژی (بناروچ و ودر^۲، ۲۰۰۶) و استفاده بیشتر از سوخت‌های کم کربن یا تجدیدپذیر شود. از سوی دیگر، رشد تجارت کالاهای نهایی با تکنولوژی بالاتر در یک اثر بازگشتی^۳ ممکن است موجب افزایش بیش از اندازه مصرف، به واسطه راحتی حاصل از آن اسباب با تکنولوژی بالاتر (آبراردی و کامبینی^۴، ۲۰۱۵)، بشود. در این میان، علی‌رغم وجود پیشینه پژوهش در تحلیل اثرات زیست‌محیطی تجارت خارجی، بررسی اثر نوع تجارت بر انتشار آلودگی کمتر مورد توجه بوده است. مطالعه در این زمینه می‌تواند در طراحی سیاست‌های تجاری کشورها راهگشا باشد. در این راستا مطالعاتی چون ژانگ (۲۰۱۵ و ۲۰۲۰) و بوتابا^۵ و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی رابطه تجارت کالاهای واسطه‌ای و انتشار آلودگی محیط زیست پرداخته‌اند. اما مطالعات کمتری به تفکیک تجارت به صادرات و واردات کالاهای واسطه‌ای و نهایی و بررسی اثر آن به انتشار دی‌اکسید کربن پرداخته‌اند که در این مطالعه به این موضوع خواهیم پرداخت. در تفکیک تجارت، صادرات ممکن است از سه طریق اثرات متفاوتی بر محیط‌زیست تأثیر بگذارد: مصرف انرژی، بهره‌برداری منابع طبیعی، و تغییر تکنولوژی یا اثر تکنیک. از سوی دیگر واردات نیز ممکن است از طریق سه کانال اثرات متفاوتی بر محیط زیست تأثیر بگذارد: افزایش فعالیت‌های حمل و نقل، افزایش محصولات انرژی‌بر و افزایش قدرت رقابت. برای بررسی ادبیات نظری و فرضیه‌های حاصل از آن در ادامه به مبانی نظری این

1. Ansari
2. Benarroch, Weder
3. Rebound effect
4. Abrardi, Cambini
5. Boutabba

موضوع پرداخته و پس از بررسی پیشینه پژوهش به ارائه مدل و داده‌های تابلویی مورد استفاده می‌پردازیم تا براساس آن در بخش تخمین مدل به تحلیل یافته‌ها بپردازیم.

۲. مبانی نظری

همان‌طور که مطرح شد، صادرات ممکن است از سه طریق اثرات متفاوتی بر محیط زیست تأثیر بگذارد: مصرف انرژی، بهره‌برداری منابع طبیعی، و تغییر تکنولوژی یا اثر تکنیک. طبق مکانیسم اول، براساس باسپینگ^۱ (۲۰۱۶) افزایش صادرات با افزایش مصرف انرژی همراه است که در نهایت باعث افزایش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. مکانیسم دوم اثرگذاری صادرات بر آلودگی زیست‌محیطی از این طریق است که با افزایش صادرات منابع طبیعی بیشتری استفاده می‌شود که طی آن، برای مثال، انتشار کربن حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی افزایش یافته و همان‌طور که شمالنسی^۲ و همکاران (۱۹۹۸) اشاره می‌کند باعث تخریب محیط زیست می‌شود. همچنین سلمان^۳ و همکاران (۲۰۱۹) با توجه به پژوهش آنتوایلر^۴ و همکاران (۲۰۰۱) نشان می‌دهند که افزایش صادرات با بهبود تکنولوژی، به دلیل افزایش اثر تکنیک ممکن است باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن بشود.

از سوی دیگر واردات نیز ممکن است از طریق سه کانال اثرات متفاوتی بر محیط زیست تأثیر بگذارد: افزایش فعالیت‌های حمل و نقل، افزایش محصولات انرژی‌بر و افزایش قدرت رقابت. در اثر اول، طبق سادورسکی (۲۰۱۲) کالاهای وارداتی برای توزیع نیاز به شبکه حمل و نقل وسیعی دارند. این فعالیت‌های حمل و نقل نیازمند سوخت برای حمل کالاهای وارداتی از مکانی به مکان دیگر است. بنابراین، افزایش کالاهای وارداتی به ماشین‌آلات حمل و نقل نیاز دارد تا سوخت بیشتری مصرف کنند و در نتیجه انتشار کربن را افزایش دهند. به طریق دوم اگر محصولات وارداتی مانند یخچال، تهویه مطبوع، ماشین ظرفشویی، اتومبیل و غیره انرژی‌بر باشند، واردات ممکن است مصرف انرژی را افزایش دهد. در روش سوم، براساس مطالعه سلمان و همکاران (۲۰۱۹) تجارت آزاد کشور را قادر می‌سازد تا کارایی و قدرت رقابت خود را افزایش دهد تا بتواند سهم بزرگی در بازار بین‌المللی به دست آورد.

1. Bosupeng
2. Schmalensee
3. Salman
4. Antweiler

در همین راستا مطالعاتی مانند شهنازی^۱ و همکاران (۲۰۱۷) تنها بر باز بودن تجارت متمرکز بودند، آکلین^۲ (۲۰۱۶) بر واردات تمرکز داشت در حالی که باسپینگ (۲۰۱۶) فقط بر صادرات متمرکز بود. در حالی که مطالعاتی وجود دارند که به بررسی هر دو اثر واردات و صادرات بر انتشار دی‌اکسید کربن پرداخته‌اند. سلمان و همکاران (۲۰۱۹) عمدتاً اثرات مختلف صادرات و واردات را بر انتشار دی‌اکسید کربن در ۷ کشور جنوب شرقی آسیا از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷ مقایسه کردند. آن‌ها در این مطالعه به دنبال پاسخگویی به سؤال تحقیق زیر است. آیا صادرات و واردات تأثیر نامطلوبی بر کیفیت محیط زیست در کشورهای جنوب شرقی آسیا دارد؟ در نتیجه دریافتند که صادرات و واردات هر دو اثرات نامطلوبی بر انتشار دی‌اکسید کربن دارند.

از سوی دیگر مطالعات تجربی جدیدتر ترکیبی از آثار مطلوب و نامطلوب ارائه می‌دهند. محمود^۳ و همکاران (۲۰۲۰) شواهدی از تأثیر منفی صادرات بر انتشار دی‌اکسید کربن ارائه می‌دهد، در حالی که اثرات سرریز آنها بر کشورهای همسایه مثبت است. همچنین اثرات واردات و باز بودن تجارت کل بر انتشار دی‌اکسید کربن مثبت و سرریز آنها منفی است. مرشد^۴ و دائو^۵ (۲۰۲۰) نیز نشان می‌دهد که بهبود کیفیت صادرات منجر به انتشار کمتر دی‌اکسید کربن می‌شود. علاوه بر این، نشان می‌دهند که تعامل بین رشد اقتصادی و کیفیت صادرات حاکی از آن است که تأثیرات کلی رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن مشروط به کیفیت صادرات است. بنابراین، افزایش کیفیت محصولات صادراتی برای تضمین پایداری محیط زیست در سراسر آسیای جنوبی مرتبط است.

به جز صادرات و واردات تقسیم‌بندی‌های واسطه‌ای و نهایی از تجارت نیز متصور است. در چند دهه گذشته شاهد رشد شدیدی در چند قطعه‌سازی تولید بین‌المللی بوده‌ایم (ژانگ^۶، ۲۰۱۵)، که این امر به افزایش چشمگیر تجارت کالاهای واسطه‌ای کمک کرده است. کالاهای واسطه‌ای محصولاتی هستند که در تولید کالاهای نهایی استفاده می‌شوند. سهم کالاهای واسطه‌ای تولیدشده در تجارت جهانی، بدون در نظر گرفتن سوخت، در سال ۲۰۱۱ به ۵۵ درصد رسیده است. این سهم قابل توجه محصولات واسطه‌ای از صادرات جهان

1. Shahnazi
2. Aklin
3. Mahmood
4. Murshed
5. Dao
6. Zhang

نشان می‌دهد که تولید جهانی به شدت گسترش یافته است و این امر در انتشار کربن بی‌تأثیر نیست. سادورسکی^۱ (۲۰۱۲) با مطرح کردن این موضوع به لزوم مطالعه بیشتر در مورد رابطه میان انتشار آلودگی، مصرف انرژی، رشد اقتصادی و باز بودن تجارت اشاره می‌کند.

از لحاظ نظری و تجربی، تعریف و اندازه‌گیری کالاهای واسطه‌ای موضوعات مهمی هستند، دیردرف (۲۰۰۶) کالای واسطه را به عنوان «ورودی در فرآیند تولید که خود نیز تولید شده است و برخلاف کالای سرمایه‌ای، در فرآیند تولید مصرف شده و تغییر ماهیت می‌دهد»^۲ تعریف کرد. با هر تعریفی البته تجارت کالاهای واسطه‌ای تا همین اواخر توجه زیادی را به خود جلب نکرده بود و در تحقیقات نظری و تجربی، تجارت را فقط به عنوان تجارت کالاهای نهایی تلقی می‌کردند. اما با افزایش روزافزون تقسیم نیروی کار بین‌المللی از طریق تقسیم فرآیند تولید، که کروگمن^۳ و همکاران (۱۹۹۵) به آن اشاره کرده بود و در دو دهه اخیر به شدت افزایش یافته است، تجارت کالاهای واسطه‌ای توجه بیشتری را به خود جلب کرد. ژانگ (۲۰۱۵) اشاره می‌کند که آزادسازی تجارت می‌تواند از طریق افزایش تولید در بخش کالاهای واسطه‌ای، تقاضا برای آلودگی را که به عنوان یک عامل تولید تلقی می‌شود، افزایش دهد. آزادسازی تجارت انواع کالاهای واسطه‌ای نیز بر قیمت نهایی کالاها تأثیر می‌گذارد و به طور غیرمستقیم نیز تغییری در عرضه آلودگی که توسط دولت تعیین می‌شود، ایجاد می‌کند.

در این راستا، ژانگ (۲۰۱۵) اثر متقابل مصرف انرژی و تجارت کالاهای واسطه‌ای بر انتشار کربن را برای کشورهای آسیای شرقی در قالب منحنی زیست‌محیطی کوزنتس^۴ بررسی کرد و دریافت که تجارت بین‌المللی کالاهای واسطه‌ای تأثیر مثبت انتشار کربن ناشی از مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. همچنین، در مقایسه با تجارت کالاهای نهایی، تجارت کالاهای واسطه‌ای به کاهش بیشتر آلودگی کربن ناشی از مصرف انرژی کمک می‌کند. به همین ترتیب، ژانگ (۲۰۲۰) ارتباط بین تجارت کالاهای واسطه‌ای و آلودگی محیط زیست را در چارچوب سیاست محیط زیست درون‌زا بررسی کرد و دریافت که تجارت بین‌المللی کالاهای واسطه‌ای، از طریق افزایش تعداد اجزای موجود برای تولیدکنندگان بین‌المللی، بر سطح آلودگی و کیفیت محیط زیست تأثیر می‌گذارد.

1. Sadorsky

2. "An input to the production process that has itself been produced and unlike capital, is used up in production"

3. Krugman

4. Environmental Kuznets Curve (EKC)

همچنین، بوتابا و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر تجارت کالاهای واسطه‌ای بر انتشار کربن را با استفاده از منحنی زیست‌محیطی کوزنتس برای چندین کشور آفریقای جنوبی بررسی کردند. آنها دریافتند که تجارت کالاهای واسطه‌ای و مصرف انرژی تأثیر مثبت قابل توجهی بر انتشار کربن دارد. همچنین، دریافتند که تجارت کالاهای واسطه‌ای در مقایسه با کالاهای نهایی، منجر به کاهش بیشتر انتشار کربن می‌شود. شایان ذکر است که مطالعات بسیار کمی در زمینه نقش تجارت کالاهای واسطه‌ای و نهایی به تفکیک در محیط‌زیست وجود دارد و با توجه به مطالب اشاره شده، بررسی این موضوع حائز اهمیت می‌باشد.

۳. پیشینه پژوهش

برای بررسی آثار زیست‌محیطی تجارت بر آلودگی، عمده مطالعات از منحنی زیست‌محیطی کوزنتس به عنوان چارچوبی برای الگوسازی استفاده می‌کنند. (سیمون کوزنتس^۱، ۱۹۵۵، گروسمن و کروگر^۲، ۱۹۹۵، استرن^۳، ۲۰۰۴ و دیندا^۴، ۲۰۰۴، تیلور^۵، ۲۰۰۵) در این چارچوب مطالعات بسیاری برای تجزیه و تحلیل اثرات زیست‌محیطی تجارت خارجی نیز ایجاد شده است. گروسمن و کروگر (۱۹۹۱) در مطالعه خود درباره توافق تجارت آزاد آمریکای شمالی^۶، تأثیر تجارت بر محیط زیست را به سه اثر مقیاس، اثر ساختار و اثر فناوری تقسیم کردند و دریافتند که رشد اقتصادی عامل اصلی تأثیرگذاری بر محیط‌زیست است. سپس، لوکاس^۷ و همکاران (۱۹۹۲) رابطه بین تجارت و شدت آلودگی را بررسی کردند و دریافتند که با افزایش درآمد همراه با تجارت، شدت آلودگی کاهش می‌یابد. در ادامه نیز، گروسمن و کروگر (۱۹۹۴) تأثیر باز بودن تجارت را بر کیفیت محیط زیست بررسی کردند. نتایج تجربی آنها نشان می‌دهد که باز بودن تجارت، تخریب محیط زیست را کاهش می‌دهد. هرچند مطالعاتی چون ماناگی^۸ (۲۰۰۴) و فرانکل و رز^۹ (۲۰۰۵) دریافتند که باز بودن تجارت بر انتشار دی‌اکسید کربن تأثیر منفی دارد. در همین راستا، لائو^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۴)،

1. Kuznets
2. Grossman, Krueger
3. Stern
4. Dinda
5. Taylor
6. North American Free Trade Agreement (NAFTA)
7. Lucas
8. Managi
9. Frankel, Rose
10. Lau

جبلی^۱ و همکاران (۲۰۱۵)، پال و میترا^۲ (۲۰۱۷)، شهباز^۳ و همکاران (۲۰۱۷) و جیانگ^۴ و همکاران (۲۰۱۹) به نقش مهم تجارت بین‌المللی هنگام آزمایش فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس پی بردند.

در این راستا اسکویی (۱۳۸۵) نشان می‌دهد که اثر مفید^۵ تجارت در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن بیشتر برای کشورهای پیشرفته وجود دارد. همچنین، کاپلند و تیلور^۶ (۱۹۹۴) در بررسی تجارت شمال - جنوب برای ارتباط بین درآمد ملی، آلودگی و تجارت نشان دادند که تجارت آزاد، محیط زیست کشورهای پیشرفته را بهبود می‌بخشد در حالی که محیط زیست کشورهای در حال توسعه آسیب می‌بیند.

مطالعات متعددی از جمله ژانگ (۲۰۱۵) و کایکا و زرواس^۷ (۲۰۱۳) استدلال می‌کنند که تجارت می‌تواند بر شکل فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس نیز تأثیر بگذارد. مشیری^۸ و همکاران (۱۳۹۹) نیز تجارت و ضرب درآمد در تجارت را وارد مدل می‌کنند اما تجارت را تفکیک نمی‌کنند. اهمیت بررسی نقش تجارت در انتشار آلودگی زیست‌محیطی از آن روست که طی دهه‌های گذشته جهان شاهد رشد چشمگیری (المولالی و شوتینگ^۹ ۲۰۱۴) در تجارت بین‌المللی کالا، خدمات و سرمایه بوده است.

البته در پیشینه پژوهش عوامل دیگری به جز تجارت نیز هستند که بر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیر می‌گذارند از جمله نرخ شهرنشینی^{۱۰} و سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی^{۱۱} که در ادامه به این موارد اشاره خواهیم کرد. تحقیقات نشان داده است که میزان جمعیت به طور قابل توجهی بر سطح کل انتشار دی‌اکسیدکربن برای هر کشور تأثیر می‌گذارد (صادقی^{۱۲}، رحمان، ۲۰۰۴)، این موضوع در حالی است که اثرات انتشار دی‌اکسیدکربن سرانه نیاز به آزمایش بیشتری دارد. تحقیقات تجربی قبلی همچنین نشان

-
1. Jebli
 2. Pal, Mitra
 3. Shahbaz
 4. Jiang

۵. شایان ذکر است که در این مطالعه منظور از اثر مفید تجارت، اثر منفی تجارت بر انتشار آلودگی است.

6. Copeland, Taylor
7. Kaika, Zervas
8. Moshiri
9. Al-mulali, Sheau-Ting
10. Urban population
11. Manufacturing share of GDP
12. Sadeghi

داده است که نرخ شهرنشینی تأثیر قابل توجهی بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. برای مثال لی^۱ و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه خود در ارتباط با کشور چین به بررسی این موضوع پرداختند که آیا شهرنشینی منجر به انتشار بیشتر دی‌اکسید کربن خانگی به صورت مستقیم و غیرمستقیم می‌شود؟ و به این نتیجه رسیدند که توسعه شهرنشینی باعث انتشار بیشتر دی‌اکسید کربن خانگی به هر دو صورت مستقیم و غیرمستقیم می‌شود.

همچنین، یائو^۲ و همکاران (۲۰۲۱) استدلال کردند که شهرنشینی دارای ابعاد مختلفی می‌باشد که شامل شهرنشینی اقتصادی، شهرنشینی زمین و شهرنشینی جمعیت است و یک رابطه غیرخطی بین ابعاد چندگانه شهرنشینی و انتشار کربن دی‌اکسید وجود دارد. اولاً، هر سه بعد شهرنشینی تأثیر قابل توجهی در انتشار دی‌اکسید کربن دارند. ثانیاً، تأثیر شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسید کربن ناهمگونی قابل توجهی را از نظر اندازه جمعیت شهری نشان می‌دهد. در شهرنشینی اقتصادی، شهرهای کوچک، شهرهای متوسط و شهرهای بزرگ نقش مهمی در ترویج انتشار دی‌اکسید کربن دارند، در حالی که تأثیر معکوس بر کلان شهرها دارد. شهرنشینی جمعیت باعث افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در شهرهای کوچک و کلان شهرها می‌شود. به بیان دیگر شهرنشینی بر شهرهای کوچک و کلان شهرها تأثیری منفی و بر شهرهای بزرگ و متوسط تأثیری مثبت و مفید دارد.

شهرنشینی منجر به افزایش تقاضا برای کالا و خدمات عمومی، استفاده از کالا و خدمات عمومی و همچنین گسترش صنعت ساخت‌وساز می‌شود. همچنین، برخی از محققان مانند هاماموتو^۳ (۲۰۱۳) و پاچو و لاورادور^۴ (۲۰۱۷) خاطر نشان کرده‌اند که سبک زندگی ساکنان و آگاهی از صرفه‌جویی در مصرف انرژی به نوبه خود ارتباط نزدیکی با انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

۴. مدل و داده

هدف این پژوهش آزمون وجود رابطه آماری معنی‌دار بین تجارت به تفکیک صادرات و واردات کالاهای واسطه‌ای و نهایی و تخریب محیط زیست (انتشار دی‌اکسید کربن) در قالب منحنی زیست محیطی کوزنتس و در تحلیل بین کشوری است. بدین منظور از مدل:

1. Li
2. Yao
3. Hamamoto
4. Paço, Lavrador

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 \text{Income} + \beta_2 \text{Income}^2 + \beta_3 \text{Trade} + \beta_4 \text{Trade} \times \text{Income} + \beta_5 Z \quad (1)$$

استفاده می‌شود که در آن متغیر وابسته CO_2 بیان‌گر میزان انتشار دی‌اکسید کربن سرانه که به پیروی از وو^۱ و همکاران (۲۰۲۰) براساس واحد متریک تن می‌باشد. همچنین Income بیان‌گر درآمد است که به پیروی از ژانگ (۲۰۱۵) و بوتابا (۲۰۱۸) با تولید ناخالص داخلی سرانه به دلار آمریکا به قیمت ثابت ۲۰۱۵ اندازه‌گیری می‌شود. Trade بیانگر تجارت است که به پیروی از ژانگ (۲۰۱۵) براساس تجارت بین‌المللی کشورها براساس دلار آمریکا می‌باشد. البته ما علاوه بر کل تجارت، در این مطالعه از تجارت به تفکیک واردات کالاهای واسطه‌ای، صادرات کالاهای واسطه‌ای، واردات کالاهای نهایی، و صادرات کالاهای نهایی نیز استفاده می‌کنیم. Z نیز نمادی برای سایر متغیرهای کنترلی است که ممکن است به مدل اضافه شود. شایان ذکر است که برای واقعی کردن داده‌ها از تعدیل‌کننده تولید ناخالص داخلی استفاده شده و تمام متغیرها به صورت لگاریتم می‌باشد. براساس مدل (۱) برای بررسی حساسیت نسبی اثرات درآمد بر دی‌اکسید کربن از:

$$\frac{\overline{CO_2}}{\overline{income}} = \widehat{\beta}_1 + 2\widehat{\beta}_2 \overline{income} + \widehat{\beta}_4 \overline{trade} \quad (2)$$

و برای بررسی حساسیت نسبی اثرات تجارت بر دی‌اکسید کربن از:

$$\frac{\overline{CO_2}}{\overline{trade}} = \widehat{\beta}_3 + \widehat{\beta}_4 \overline{income} \quad (3)$$

استفاده شده است که در اینجا $\overline{CO_2}$ ، به دلیل لگاریتم بودن تمامی متغیرها به صورت نسبی بوده و به معنای درصد تغییرات دی‌اکسید کربن خواهد بود.

منبع داده تابلویی مورد استفاده ما بانک جهانی و پایگاه داده تجارت بین‌المللی سازمان ملل متحد است. ما یک بار از داده تمام کشورها، و یک بار از داده ۳۸ کشور عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی^۲ و کشورهای غیر «سازمان همکاری و توسعه» استفاده می‌کنیم. دوره مورد بررسی این پژوهش، شامل ۲۱ سال متوالی از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۸ از بانک جهانی و پایگاه داده‌های تجارت بین‌المللی می‌باشد. دلیل انتخاب این نمونه به این صورت است که کشورهای سازمان توسعه و همکاری اقتصادی به عنوان تأثیرگذاران اصلی باز

1. Wu
2. OECD

بودن اقتصاد جهانی و سیاست‌های زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شوند. کشورهای عضو، توسعه یافته‌اند و در سطح درآمد سرانه بالای با تجارت باز و سیستم‌های مالی گسترده قرار دارند. همچنین، براساس داده‌های شاخص‌های توسعه جهانی (۲۰۱۷)^۱، کشورهای عضو «سازمان همکاری و توسعه» دو سوم حجم تجارت جهانی را در دوره ۲۰۲۰-۱۹۹۰ تشکیل می‌دهند. از جمله موضوعات مهم مورد توجه کشورهای «سازمان همکاری و توسعه» به عنوان یک سازمان اقتصادی بین‌المللی، تغییرات آب و هوا و انتشار دی‌اکسید کربن می‌باشد. در عین حال، ما کشورهای غیر «سازمان همکاری و توسعه» را به عنوان مقایسه برای درک بهتر تأثیر توسعه اقتصادی ملی بر انتشار دی‌اکسید کربن انتخاب می‌کنیم. در جدول ۱ به شرح متغیرها و نحوه محاسبه آن‌ها پرداخته شده است.

جدول ۱. شرح متغیرهای پژوهش

نماد متغیر	نام متغیر	نحوه محاسبه
CO ₂	دی‌اکسید کربن	انتشار سرانه دی‌اکسید کربن
Income	درآمد	تولید ناخالص داخلی سرانه به دلار آمریکا به قیمت ثابت ۲۰۱۵
Income ²	مجذور درآمد	مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه به دلار آمریکا به قیمت ثابت ۲۰۱۵
Trade	تجارت	تجارت بین‌الملل برحسب دلار به قیمت ثابت ۲۰۱۵
Urban	نرخ شهرنشینی	نرخ شهرنشینی (درصد از کل جمعیت)
Manufacturing	سهم صنعت	ارزش افزوده صنعت (درصد از تولید ناخالص داخلی)

شایان ذکر است که تمامی متغیرها به صورت لگاریتم است به این دلیل که نمونه‌ها شامل کشورهای بسیار کوچک و بسیار بزرگ است و شکل لگاریتمی تفاوت متغیرها را از نظر مقیاس کاهش می‌دهد. همچنین برای طبقه‌بندی تجارت، براساس «دسته‌بندی‌های اقتصادی گسترده»^۲ برای تشخیص تجارت کالاهای واسطه‌ای از تجارت کالاهای نهایی استفاده می‌شود. «دسته‌بندی‌های اقتصادی گسترده»، براساس طبقه‌بندی استاندارد تجارت بین‌المللی^۳

1. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

2. Broad Economic Categories (BEC)

3. Standard International Trade Classification (SITC)

و داده‌های طبقه‌بندی شده براساس استفاده نهایی در سیستم حساب‌های ملی است و یک سیستم طبقه‌بندی مستقل شامل تجارت بین‌المللی نمی‌باشد. این طبقه‌بندی شامل سه دسته کالاهای واسطه‌ای، کالاهای نهایی و کالاهای سرمایه‌ای است. گروه محصولات «دسته‌بندی‌های اقتصادی گسترده» در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. طبقه‌بندی‌های اقتصادی گسترده^۱

سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳	طبقه‌بندی
۱. غذا و نوشیدنی	۱۱. اولیه	۱۱۱. عمدتاً برای صنعت	کالاهای واسطه‌ای
		۱۱۲. عمدتاً برای مصرف خانگی	کالاهای نهایی
	۱۲. فرآوری شده	۱۲۱. عمدتاً برای صنعت	کالاهای واسطه‌ای
		۱۲۲. عمدتاً برای مصرف خانگی	کالاهای نهایی
۲. لوازم صنعتی که در جای دیگر مشخص نشده است		۲۱. اولیه	کالاهای واسطه‌ای
		۲۲. فرآوری شده	کالاهای واسطه‌ای
۳. سوخت‌ها	۳۲. فرآوری شده	۳۱. اولیه	کالاهای واسطه‌ای
		۳۲۱. موتور ^۲	طبقه‌بندی نشده
		۳۲۲. سایر	کالاهای واسطه‌ای
۴. کالاهای سرمایه‌ای (به جز تجهیزات حمل و نقل) و لوازم جانبی آنها		۴۱. کالاهای سرمایه‌ای (به جز تجهیزات حمل و نقل)	کالاهای سرمایه‌ای
		۴۲. قطعات و لوازم جانبی	کالاهای واسطه‌ای
۵. تجهیزات حمل و نقل و لوازم جانبی آنها	۵۲. سایر	۵۱. وسیله نقلیه مسافربری ^۳	طبقه‌بندی نشده
		۵۲۱. صنعتی	کالاهای سرمایه‌ای
		۵۲۲. غیر صنعتی	کالاهای نهایی
		۵۳. قطعات و لوازم جانبی	کالاهای واسطه‌ای
۶. کالاهای مصرفی که در جای دیگر مشخص نشده‌اند		۶۱. بادوام	کالاهای نهایی
		۶۲. نیمه بادوام	کالاهای نهایی
		۶۳. غیر بادوام	کالاهای نهایی
۷. کالاهایی که در جای دیگر مشخص نشده‌اند			طبقه‌بندی نشده

منبع: برگرفته از پایگاه آماری سازمان ملل متحد

1. BEC
2. Motor spirit
3. Passenger motor cars

داده‌های میزان تجارت از پایگاه داده سازمان ملل جمع‌آوری شد. طبقه‌بندی کالاهای واسطه‌ای که در این مطالعه آورده شده است براساس جدول ۲ شامل کدهای ۱۱۱، ۱۲۱، ۲۱، ۲۲، ۳۱، ۳۲۲، ۴۲ و ۵۳ است. به همین ترتیب طبقه‌بندی کالاهای نهایی شامل کدهای ۱۱۲، ۱۲۲، ۵۲۲، ۶۱، ۶۲ و ۶۳ می‌باشد. مقدار بسیار کمی از تجارت کالاهای واسطه‌ای نیز وجود دارد که در سیستم طبقه‌بندی در دسته «طبقه‌بندی نشده» قرار دارند، که سهم ناچیزی در کل تجارت دارند.

۵. تخمین مدل و تحلیل یافته‌ها

در ادامه، قبل از تخمین مدل به بررسی بعضی آزمون‌های پایداری نتایج می‌پردازیم. با استفاده از آزمون هاسمن، آماره کای - دو محاسبه شده و روش اثرات ثابت در مدل‌ها استفاده شد. شایان ذکر است مانایی متغیرها نیز مورد بررسی و آزمون قرار گرفته و تمام متغیرهای مورد استفاده مانا بودند. اما یکی از مشکلات بالقوه در تحلیل داده‌های تابلویی بین کشوری مسئله همبستگی مقطعی است. به طور معمول، همبستگی مقطعی به این دلیل به وجود می‌آید که هنجارهای اجتماعی، الگوهای رفتار روان‌شناختی و رفتار گله‌ای را نمی‌توان به صورت کمی اندازه‌گیری کرد و بنابراین به عنوان عوامل مشترک مشاهده نشده وارد رگرسیون‌های پانل می‌شود. نادیده گرفتن وجود همبستگی مقطعی در برآورد مدل‌های تابلویی می‌تواند منجر به نتایج آماری نادرست شود. در این راستا، مطالعه سوپرون و دهرز^۱ (۲۰۲۰) برای بررسی رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و توسعه اقتصادی با استفاده از منحنی زیست‌محیطی کوزنتس از مدل ناپارامتریک استفاده می‌کنند. رویکرد این مطالعه البته، استفاده از روش دریسکول و کرای^۲ است که طبق هوچل^۳ (۲۰۰۷)، شو^۴ و همکاران (۲۰۱۹ و ۲۰۱۷) مشکل همبستگی مقطعی را برطرف می‌کند. نتایج حاصل از تخمین مدل در نظر گرفته شده به منظور بررسی تأثیر انواع تجارت به تفکیک صادرات - واردات و واسطه‌ای - نهایی بر روی انتشار دی‌اکسیدکربن برای تمام کشورها بدون در نظر گرفتن تعامل تجارت و درآمد، در جدول ۳ ارائه شده است.

1. Soberon, D'Hers
2. Driscoll, Kraay
3. Hoechle
4. Xu

جدول ۳. نتایج تخمین نمونه ۱ بدون تعامل تجارت با درآمد

متغیرها	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)
Income	۲/۶۴۸***	۲/۷۰۵***	۲/۵۲۲***	۲/۶۸۳***	۲/۵۱۷***	۲/۳۹۳***	۲/۳۷۸***
	(۰/۴۹۷)	(۰/۴۳۸)	(۰/۴۷۳)	(۰/۴۴۹)	(۰/۴۷۰)	(۰/۴۰۰)	(۰/۴۱۱)
Δ Income	-۰/۱۳۵***	-۰/۱۳۹***	-۰/۱۲۷***	-۰/۱۳۶***	-۰/۱۲۶***	-۰/۱۲۳***	-۰/۱۲۲***
	(۰/۰۲۷۳)	(۰/۰۲۵۰)	(۰/۰۲۶۲)	(۰/۰۲۵۷)	(۰/۰۲۶۰)	(۰/۰۲۳۱)	(۰/۰۲۳۴)
Trade	۰/۰۲۲۵**	۰/۰۳۵۶***	۰/۰۱۹۹**	۰/۰۰۵۹۳	۰	۰/۰۴۸۲***	۰/۰۵۲۰***
	(۰/۰۰۸۶۸)	(۰/۰۰۷۸۴)	(۰/۰۰۷۴۰)	(۰/۰۰۹۱۰)	(۰/۰۰۶۲۴)	(۰/۰۰۷۲۵)	(۰/۰۰۹۴۵)
Urban	۰/۴۶۵***	۰/۶۱۶***	۰/۴۴۸***	۰/۶۲۹***	۰/۴۶۳***	۰/۶۶۷***	۰/۶۴۹***
	(۰/۱۴۹)	(۰/۰۸۹۸)	(۰/۱۲۰)	(۰/۰۹۲۲)	(۰/۱۲۶)	(۰/۰۵۰۶)	(۰/۰۵۶۴)
Manufacturin	۰/۰۸۶۶***	۰/۰۴۸۸	۰/۰۸۳۲**	۰/۰۳۹۸	۰/۰۸۰۸**	۰/۰۳۷۱	۰/۰۳۳۰
	(۰/۰۲۹۷)	(۰/۰۲۸۷)	(۰/۰۲۹۹)	(۰/۰۲۷۴)	(۰/۰۲۸۶)	(۰/۰۲۷۵)	(۰/۰۲۸۴)
Constant	-۱۴/۱۳***	-۱۵/۱۰***	-۱۳/۴۷***	-۱۴/۵۹***	-۱۳/۱۶***	-۱۴/۰۱***	-۱۴/۰۰***
	(۱/۸۶۰)	(۱/۶۶۰)	(۱/۷۹۵)	(۱/۶۷۳)	(۱/۶۸۳)	(۱/۶۲۹)	(۱/۷۲۴)
Observations	۲/۳۳۳	۲/۷۴۶	۲/۳۶۶	۲/۷۵۳	۲/۳۷۳	۲/۸۷۶	۲/۸۵۸
Number of groups	۱۵۱	۱۵۸	۱۵۱	۱۵۸	۱۵۱	۱۵۹	۱۵۹

Standard errors in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

منبع: نتایج پژوهش

در جدول ۳ و سایر جدول‌ها که در ادامه ارائه خواهد شد، متغیر Trade به طرق مختلفی تعریف شده‌اند که در ادامه توضیح می‌دهیم. میزان تجارت برای کالاهای واسطه‌ای به سه طریق محاسبه شده است: صادرات کالاهای واسطه‌ای (ستون ۵)، واردات کالاهای واسطه‌ای (ستون ۷) و مجموع واردات و صادرات کالاهای واسطه‌ای (ستون ۳). بر همین اساس، جهت مقایسه تأثیر کالاهای واسطه‌ای از نهایی، میزان تجارت برای کالاهای نهایی نیز به سه طریق، واردات کالاهای نهایی (ستون ۶)، صادرات کالاهای نهایی (ستون ۴) و مجموع واردات و صادرات کالاهای نهایی (ستون ۲) تخمین زده است. همچنین، (ستون ۱) جهت بررسی مجموع تجارت کل کالاهای واسطه‌ای و نهایی تخمین زده شده است.

بر طبق نتایج ارائه شده در جدول ۳، تجارت (Trade) دارای یک رابطه معنادار و مثبت با انتشار دی‌اکسید کربن می‌باشد. همچنین با مقایسه ضرایب ستون چهارم و پنجم این جدول، مربوط به صادرات کالاهای نهایی و واسطه‌ای، با سایر ستون‌ها می‌توان به این نتیجه رسید که

آثار مخرب تجارت بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهایی با رویکرد صادرات - محور مشاهده نمی‌شود. این نتیجه با مطالعه سلمان (۲۰۱۹) نیز هماهنگ است و به نظر می‌رسد از لحاظ نظری اثر تکنیک برقرار باشد. براساس کوپلند و تیلور (۱۹۹۴، ۲۰۰۳) و گروسمن و کروگر (۱۹۹۱) اثر تکنیک به این صورت است که آزادسازی تجارت منجر به رشد تولید شده و به همین ترتیب میزان درآمد را افزایش می‌دهد که کشورهای ثروتمند تمایل بیشتری به این داشته و می‌توانند منابع را از طریق ایجاد استانداردهای زیست‌محیطی بالاتر و سرمایه‌گذاری روی فناوری‌های پاک به سمت حفاظت از محیط زیست هدایت کنند. اثر تکنیک توسط تأثیر ترکیبی درآمد و واکنش تولیدکنندگان به بازار و انگیزه‌های سازمانی تعیین می‌شود. بنابراین، اثر تکنیک، تغییر در آلودگی کل (یا تخریب محیط زیست) ناشی از تغییر به تکنیک‌های تولید پایدارتر از نظر زیست‌محیطی را با فرض مقیاس ثابت و اثرات ترکیب اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین با توجه به مطالب فوق می‌توان استدلال کرد که در کشورهای توسعه‌یافته به دلیل اثر تکنیک با افزایش صادرات میزان تخریب محیط زیست کاهش می‌یابد.

در ادامه به نتایج حاصل از تخمین مدل در نظر گرفته شده برای بررسی تأثیر تجارت به تفکیک نوع کالاها و تجارت بر روی انتشار دی‌اکسید کربن برای تمامی کشورها با در نظر گرفتن تعامل تجارت و درآمد، که در جدول ۴ ارائه شده است، می‌پردازیم. بر طبق نتایج ارائه شده در جدول ۴، وارد کردن تعامل تجارت^۱ و درآمد^۲ منطقی است، چراکه تمام ضرایب معنی‌دار و از لحاظ علامت هماهنگ هستند. براساس این نتایج گرچه تجارت، فارغ از نوع آن، دارای یک رابطه معنادار و مثبت با میزان انتشار دی‌اکسید کربن در نمونه تمام کشورها است، اما با افزایش درآمد این اثر کاهش می‌یابد. فلذا می‌توان گفت اثر مثبت درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن، با افزایش تجارت محدود می‌شود.

همچنین، نتایج نشان می‌دهد که مجذور درآمد^۳ در تمامی حالات با انتشار دی‌اکسید کربن رابطه معنادار و معکوس و با درآمد^۴ رابطه معنادار و مثبت دارد بنابراین، منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در تمامی کشورها برقرار است.

نرخ شهرنشینی در تمامی حالات رابطه مثبت و معناداری با میزان انتشار دی‌اکسید کربن دارد. بنابراین، با افزایش میزان شهرنشینی، انتشار دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد. همچنین،

1. Trade
2. Income
3. Income²
4. Income

افزایش سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی با انتشار دی‌اکسید کربن رابطه مثبت و در بعضی حالات معنادار دارد. به همین ترتیب افزایش سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی منجر به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود.

جدول ۴: نتایج تخمین نمونه ۱ شامل تعامل تجارت و درآمد

(۷)	(۶)	(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)	متغیرها
واردات کالاهای واسطه‌ای	واردات کالاهای نهایی	صادرات کالاهای واسطه‌ای	صادرات کالاهای نهایی	تجارت کل کالاهای واسطه‌ای	تجارت کل کالاهای نهایی	تجارت کل	
۲/۵۶۸***	۲/۴۹۲***	۲/۶۳۱***	۲/۷۶۹***	۲/۶۶۶***	۲/۸۴۲***	۲/۸۲۶***	Income
(۰/۴۵۱)	(۰/۴۴۳)	(۰/۵۳۵)	(۰/۴۶۳)	(۰/۵۴۲)	(۰/۴۷۵)	(۰/۵۶۵)	
-۰/۰۸۹***	-۰/۰۷۶***	-۰/۰۹۸***	-۰/۱۲۱***	-۰/۰۹۷***	-۰/۰۹۹***	-۰/۰۹۹***	Income ^۲
(۰/۰۲۹۹)	(۰/۰۲۴۷)	(۰/۰۲۹۵)	(۰/۰۲۵۷)	(۰/۰۲۹۷)	(۰/۰۲۶۶)	(۰/۰۳۰۵)	
۰/۳۸۶***	۰/۴۶۷***	۰/۲۶۹***	۰/۱۶۹***	۰/۳۱۱***	۰/۴۰۳***	۰/۳۶۰***	Trade
(۰/۰۷۶۴)	(۰/۰۸۵۶)	(۰/۰۶۸۵)	(۰/۰۲۷۰)	(۰/۰۷۸۶)	(۰/۰۴۹۳)	(۰/۰۶۵۷)	
-۰/۰۴۰***	-۰/۰۵۰***	-۰/۰۳۲***	-۰/۰۱۹***	-۰/۰۳۴***	-۰/۰۴۴***	-۰/۰۳۹***	Trade*Income
(۰/۰۰۹۶۶)	(۰/۰۰۹۹۷)	(۰/۰۰۸۵۱)	(۰/۰۰۳۰۲)	(۰/۰۰۹۵۸)	(۰/۰۰۵۷۶)	(۰/۰۰۸۱۴)	
۰/۶۸۸***	۰/۷۰۲***	۰/۵۲۶***	۰/۶۳۱***	۰/۵۲۹***	۰/۶۸۳***	۰/۵۷۰***	Urban
(۰/۰۵۸۴)	(۰/۰۴۵۸)	(۰/۱۲۷)	(۰/۰۹۳۷)	(۰/۱۱۶)	(۰/۰۹۱۸)	(۰/۱۵۱)	
۰/۰۳۷	۰/۰۳۳	۰/۰۶۸**	۰/۰۴۴	۰/۰۷۴**	۰/۰۴۵*	۰/۰۷۶***	Manufacturin
(۰/۰۲۶۳)	(۰/۰۲۴۵)	(۰/۰۲۴۹)	(۰/۰۲۶۱)	(۰/۰۲۶۳)	(۰/۰۲۵۸)	(۰/۰۲۶۵)	
-۱۷/۹۹***	-۱۸/۱۶***	-۱۶/۳۳***	-۱۶/۳۶***	-۱۷/۱۵***	-۱۹/۲۰***	-۱۸/۵۶***	Constant
(۱/۸۸۶)	(۲/۲۰۱)	(۲/۱۹۷)	(۱/۸۱۷)	(۲/۴۲۱)	(۱/۹۸۸)	(۲/۴۱۲)	
۲/۸۵۸	۲/۸۷۶	۲/۳۷۳	۲/۷۵۳	۲/۳۶۶	۲/۷۴۶	۲/۳۳۳	Observations
۱۵۹	۱۵۹	۱۵۱	۱۵۸	۱۵۱	۱۵۸	۱۵۱	Number of rroups

Standard errors in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

منبع: نتایج پژوهش

در ادامه، نتایج حاصل از تخمین مدل در نظر گرفته شده برای بررسی تأثیر تجارت به تفکیک نوع کالاها و تجارت بر روی انتشار دی‌اکسید کربن برای کشورهای عضو «سازمان همکاری و توسعه» با در نظر گرفتن تعامل تجارت و درآمد، در جدول ۵ ارائه شده است. طبق نتایج ارائه شده در جدول ۵، تجارت (Trade) بدون در نظر گرفتن نوع کالاها دارای یک رابطه معنادار و معکوس با میزان انتشار دی‌اکسید کربن برای کشورها عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی است. بنابراین، کشورهای دارای سطح تجارت بالاتر، دی‌اکسید کربن

کمتری منتشر می‌کند. همچنین، تعامل تجارت و درآمد (Trade*Income) در تمامی مدل‌ها تأثیر معنادار و مثبت روی انتشار دی‌اکسید کربن دارد. بنابراین، اول اینکه تأثیر درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن به اثر نسبی تجارت بستگی دارد و دوم اینکه با افزایش تجارت میزان انتشار دی‌اکسید کربن حاصل از افزایش درآمد افزایش می‌یابد. همچنین، منحنی زیست محیطی کوزنتس در تمامی کشورها برقرار است. نرخ شهرنشینی نیز در تمامی حالات رابطه معکوس و معناداری با میزان انتشار دی‌اکسید کربن دارد. بنابراین، در این کشورها با افزایش میزان شهرنشینی، انتشار دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد. همچنین، سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی با انتشار دی‌اکسید کربن رابطه مثبت و معناداری دارد. به همین ترتیب افزایش سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی منجر به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود.

جدول ۵. نتایج تخمین نمونه ۲ کشورهای «سازمان همکاری و توسعه»

(۷)	(۶)	(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)	متغیرها
واردات کالاهای واسطه‌ای	واردات کالاهای نهایی	صادرات کالاهای واسطه‌ای	صادرات کالاهای نهایی	تجارت کل کالاهای واسطه‌ای	تجارت کل کالاهای نهایی	تجارت کل	
۴/۶۷۴***	۵/۰۷۱***	۵/۲۱۵***	۴/۴۵۱***	۴/۸۵۶***	۴/۵۸۸***	۴/۷۳۴***	Income
(۱/۰۴۵)	(۱/۲۶۱)	(۱/۱۳۷)	(۱/۱۷۳)	(۱/۱۰۷)	(۱/۲۱۳)	(۱/۱۴۶)	
-۰/۳۱۳***	-۰/۳۲۰***	-۰/۳۴۰***	-۰/۲۷۰***	-۰/۳۲۷***	-۰/۲۹۶***	-۰/۳۲۲***	Income _۲
(۰/۰۶۶۲)	(۰/۰۸۲۰)	(۰/۰۷۰۳)	(۰/۰۷۳۹)	(۰/۰۷۰۷)	(۰/۰۸۱۰)	(۰/۰۷۵۶)	
-۰/۸۹۲***	-۰/۸۳۲***	-۰/۹۴۴***	-۰/۷۲۷***	-۰/۹۴۵***	-۰/۸۸۹***	-۰/۹۷۰***	Trade
(۰/۱۷۷)	(۰/۲۵۴)	(۰/۱۶۳)	(۰/۲۳۴)	(۰/۱۷۵)	(۰/۲۷۷)	(۰/۲۱۰)	
۰/۰۸۲۲***	۰/۰۷۵۵***	۰/۰۸۵۳***	۰/۰۵۹۵**	۰/۰۸۶۱***	۰/۰۷۶۷**	۰/۰۸۷۳***	Trade*Income
(۰/۰۱۹۱)	(۰/۰۲۶۵)	(۰/۰۱۶۷)	(۰/۰۲۳۷)	(۰/۰۱۸۵)	(۰/۰۲۸۲)	(۰/۰۲۲۰)	
-۰/۸۰۵**	-۰/۷۵۸**	-۰/۸۴۸***	-۱/۰۱۳***	-۰/۸۳۱**	-۰/۹۶۱***	-۰/۸۶۸***	Urban
(۰/۳۱۷)	(۰/۳۱۳)	(۰/۲۷۲)	(۰/۳۰۹)	(۰/۲۹۴)	(۰/۳۲۴)	(۰/۳۰۰)	
۰/۱۵۳***	۰/۱۴۸***	۰/۱۶۲***	۰/۱۳۱***	۰/۱۶۲***	۰/۱۲۸***	۰/۱۵۷***	Manufacturin
(۰/۰۲۹۶)	(۰/۰۳۵۱)	(۰/۰۳۵۶)	(۰/۰۳۱۹)	(۰/۰۳۴۸)	(۰/۰۳۲۰)	(۰/۰۳۴۷)	
-۸/۸۵۷**	-۱۲/۲۴**	-۱۱/۰۰**	-۸/۸۶۰*	-۸/۸۴۰**	-۷/۹۵۷*	-۷/۶۳۶*	Constant
(۳/۷۵۲)	(۴/۳۹۲)	(۴/۲۲۷)	(۴/۸۰۲)	(۳/۹۲۰)	(۴/۶۰۱)	(۴/۰۵۹)	
۷۹۵	۷۹۴	۷۸۷	۷۹۴	۷۸۷	۷۹۴	۷۸۶	Observations
۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸	Number of rous

Standard errors in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

منبع: نتایج پژوهش

به همین ترتیب، نتایج حاصل از تخمین مدل در نظر گرفته شده برای بررسی تأثیر تجارت به تفکیک نوع کالاها و تجارت بر روی انتشار دی‌اکسید کربن برای کشورهای غیر عضو «سازمان همکاری و توسعه» با در نظر گرفتن تعامل تجارت و درآمد، در جدول ۶ ارائه شده است.

بر طبق نتایج ارائه شده در جدول ۶، تجارت (Trade) بدون در نظر گرفتن نوع کالاها دارای یک رابطه معنادار و مثبت با میزان انتشار دی‌اکسید کربن برای تمامی کشورهای غیر عضو «سازمان همکاری و توسعه» است. بنابراین، کشورهای دارای سطح تجارت بالاتر در این نمونه دی‌اکسید کربن بیشتری نیز منتشر می‌کنند. همچنین، تعامل تجارت و درآمد (Trade*Income) در تمامی مدل‌ها تأثیر معنادار و معکوس روی انتشار دی‌اکسید کربن دارد. بنابراین، اول اینکه تأثیر درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن به اثر نسبی تجارت بستگی دارد و دوم اینکه با افزایش تجارت میزان انتشار دی‌اکسید کربن حاصل از افزایش درآمد کاهش می‌یابد. همچنین منحنی زیست محیطی کوزنتس در این نمونه نیز برقرار است. نرخ شهرنشینی در تمامی حالات رابطه مثبت و معناداری با میزان انتشار دی‌اکسید کربن دارد. بنابراین، در با افزایش میزان شهرنشینی، انتشار دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد. همچنین، سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی با انتشار دی‌اکسید کربن رابطه مثبت بی‌معنا با انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

جدول ۶. نتایج تخمین نمونه ۳ کشورهای غیر عضو «سازمان همکاری و توسعه»

متغیرها	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)
تجارت کل	تجارت کل کالاهای نهایی	تجارت کل کالاهای واسطه‌ای	صادرات کالاهای نهایی	صادرات کالاهای واسطه‌ای	واردات کالاهای نهایی	واردات کالاهای واسطه‌ای	
Income	۲/۱۱۰***	۲/۱۹۷***	۱/۹۲۵***	۲/۱۰۶***	۱/۹۸۷***	۱/۹۱۴***	۱/۹۱۱***
	(۰/۴۹۱)	(۰/۴۶۴)	(۰/۴۸۰)	(۰/۴۴۸)	(۰/۴۸۰)	(۰/۴۳۹)	(۰/۴۰۱)
Income ^۲	-۰/۰۶۵***	-۰/۰۷۶***	-۰/۰۶۱**	-۰/۰۹۲***	-۰/۰۶۴**	-۰/۰۵۶***	-۰/۰۶۰**
	(۰/۰۲۳۰)	(۰/۰۲۲۲)	(۰/۰۲۲۵)	(۰/۰۲۳۸)	(۰/۰۲۳۵)	(۰/۰۱۹۲)	(۰/۰۲۴۸)
Trade	۰/۳۲۸***	۰/۳۱۲***	۰/۲۸۱***	۰/۰۹۹***	۰/۲۵۹***	۰/۳۷۱***	۰/۳۱۹***
	(۰/۰۶۳۸)	(۰/۰۵۱۳)	(۰/۰۷۸۶)	(۰/۰۳۰۰)	(۰/۰۷۱۹)	(۰/۰۹۳۴)	(۰/۰۵۹۱)
Trade*Income	-۰/۰۳۴***	-۰/۰۳۱***	-۰/۰۲۹***	-۰/۰۰۹***	-۰/۰۳۰***	-۰/۰۳۷***	-۰/۰۳۰***
	(۰/۰۰۷۴۹)	(۰/۰۰۵۷۵)	(۰/۰۰۹۲۴)	(۰/۰۰۲۸۲)	(۰/۰۰۸۹۸)	(۰/۰۱۱۰)	(۰/۰۰۷۰۷)

(۷)	(۶)	(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)	متغیرها
واردات کالاهای واسطه‌ای	واردات کالاهای نهایی	صادرات کالاهای واسطه‌ای	صادرات کالاهای نهایی	تجارت کل کالاهای واسطه‌ای	تجارت کل کالاهای نهایی	تجارت کل	
۰/۸۶۳***	۰/۸۷۳***	۰/۸۱۲***	۰/۸۶۱***	۰/۷۹۹***	۰/۸۸۶***	۰/۸۵۱***	Urban
(۰/۰۴۵۹)	(۰/۰۳۳۶)	(۰/۰۹۸۸)	(۰/۰۷۹۴)	(۰/۰۸۲۰)	(۰/۰۷۰۴)	(۰/۱۲۶)	
۰/۰۰۱۳۷	۰/۰۰۳۵۵	۰/۰۱۵۴	۰/۰۰۰۲۹۲	۰/۰۲۳۵	۰/۰۱۱۰	۰/۰۲۵۶	Manufacturin
(۰/۰۲۷۱)	(۰/۰۲۶۱)	(۰/۰۲۸۷)	(۰/۰۲۶۵)	(۰/۰۳۰۸)	(۰/۰۲۸۱)	(۰/۰۳۰۸)	
-۱۵/۵۶***	-۱۵/۷۹***	-۱۴/۶۸***	-۱۴/۰۳***	-۱۴/۹۵***	-۱۶/۶۸***	-۱۶/۴۶***	Constant
(۱/۷۵۹)	(۲/۴۶۱)	(۲/۱۷۸)	(۱/۸۳۰)	(۲/۳۹۹)	(۲/۱۵۵)	(۲/۳۰۹)	
۲/۰۶۳	۲۰۸۲/	۱/۵۸۶	۱/۹۵۹	۱/۵۷۹	۱/۹۵۲	۱/۵۴۷	Observations
۱۲۱	۱۲۱	۱۱۳	۱۲۰	۱۱۳	۱۲۰	۱۱۳	Number of rous

Standard errors in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

منبع: نتایج پژوهش

در ادامه به جمع‌بندی و تحلیل نهایی نتایج می‌پردازیم. بدین منظور حساسیت نسبی دی‌اکسید کربن نسبت به تغییرات تجارت و درآمد در جدول ۷ با استفاده از نمونه تمام کشورها ارائه شده است. جدول ۷ اثر حاشیه‌ای خالص تجارت و درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن در نمونه تمام کشورها را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که اثر خالص تجارت در حالت تجارت کلی (مجموع تجارت کالاهای واسطه‌ای و نهایی) برابر با ۰/۰۱۸ است. هرچند این اثر در نمونه کشورهای «سازمان همکاری و توسعه» بالعکس است. بنابراین تجارت در نمونه تمام کشورها تأثیر افزایشی بر انتشار دی‌اکسید کربن و تخریب محیط زیست دارد و این نتیجه در نمونه کشورهای «سازمان همکاری و توسعه» متفاوت است. در صورت تفکیک کالاها به دو صورت واسطه‌ای و نهایی نیز تأثیر مثبت بر انتشار دی‌اکسید کربن وجود دارد و باعث افزایش آن می‌شود، به علاوه می‌توان گفت که تجارت کل کالاهای نهایی تأثیر بیشتری بر میزان افزایش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به تجارت کل کالاهای واسطه‌ای دارد.

از سوی دیگر با تفکیک تجارت کالاها به صورت صادرات و واردات نیز در می‌یابیم که اثر حاشیه‌ای واردات کالاهای واسطه‌ای و نهایی بر انتشار دی‌اکسید کربن مثبت و معنادار بوده ولی اثر خالص صادرات کالاهای واسطه‌ای بر انتشار دی‌اکسید کربن بی‌معناست. بنابراین، نکته قابل توجه این است که عامل اصلی افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در نمونه

تمام کشورها به نوع تجارت کالاها بستگی دارد به طوری که، اثر خالص صادرات برای کالاهای نهایی و واسطه‌ای بی‌معنا هستند و اثر خالص واردات برای کالاهای نهایی و واسطه‌ای به ترتیب برابر با ۰/۰۳۵ و ۰/۰۴۰ و معنادار هستند. بنابراین، واردات در هر دو کالای واسطه‌ای و نهایی نقش بیشتری را در افزایش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به صادرات داشته است.

جدول ۷. حساسیت نسبی نمونه ۱

(۷)	(۶)	(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)	
واردات کالاهای واسطه‌ای	واردات کالاهای نهایی	صادرات کالاهای واسطه‌ای	صادرات کالاهای نهایی	تجارت کل کالاهای واسطه‌ای	تجارت کل کالاهای نهایی	تجارت کل	
۰/۰۵۲***	۰/۰۴۸***	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱۹**	۰/۰۳۵***	۰/۰۲۲**	اثر حاشیه‌ای تجارت (بدون در نظر گرفتن تعامل با درآمد)
۰/۰۴۰	۰/۰۳۵	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱۶	۰/۰۲۴	۰/۰۱۸	اثر حاشیه‌ای تجارت
۰/۳۱۹	۰/۳۱۶	۰/۳۵۶	۰/۳۶۳	۰/۳۳۴	۰/۳۴۷	۰/۳۳۵	اثر حاشیه‌ای درآمد
۸/۵۷۵	۸/۵۷۵	۸/۵۷۵	۸/۵۷۵	۸/۵۷۵	۸/۵۷۵	۸/۵۷۵	میانگین درآمد
۱۷/۹۲۶	۱۷/۰۰۳	۱۸/۳۹۹	۱۶/۵۷۵	۱۹/۲۴۴	۱۷/۷۳۰	۱۹/۶۰۹	میانگین تجارت

منبع: نتایج پژوهش

موضوع قابل توجه براساس این نمونه این است که تفکیک تجارت به دو صورت صادرات و واردات اثر مشخص تری نسبت به تفکیک نوع کالاها به صورت واسطه‌ای و نهایی بر روی انتشار دی‌اکسید کربن دارد. براساس نتایج مطالعه حاضر اثر افزایش‌دهنده تجارت بر صادرات نشان می‌دهد که کارکرد مکانیزم «اثر تکنیک» در صادرات بر بهبود وضعیت آلودگی کشورهای صادرکننده بیشتر از مکانیزم «مصرف انرژی» صادرات در بدتر شدن وضعیت آلودگی موثر است. فلذا نظریه اثر تکنیک که پیش‌تر بیان شده، بیشتر از نظریه مصرف انرژی و بهره‌برداری از منابع طبیعی عمل می‌کند. همچنین اثر کاهنده تجارت وارداتی در انتشار دی‌اکسید کربن نشان می‌دهد که کارکرد مکانیزم افزایش حمل و نقل بیشتر از مکانیزم افزایش قدرت رقابت در اثر افزایش واردات کار می‌کند. بدین معنا که، تأثیر تجارت از نوع واردات بر محیط زیست مخرب‌تر بوده و به نظر کانال افزایش حمل و نقل و افزایش مصرف محصولات انرژی‌بر در اثر واردات بیشتر فعال باشد.

در اثر حاشیه‌ای درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن برای تجارت کالاهای واسطه‌ای برابر است با $0/334$ و اثر حاشیه‌ای درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن در تجارت کالاهای نهایی برابر است با $0/347$. در نتیجه مقادیر بسیار بهم نزدیک هستند و با افزایش درآمد، تجارت ناشی از آن تفاوت قابل توجهی بین صادرات و واردات کالاهای واسطه‌ای و نهایی وجود ندارد. همچنین، نتایج حاصل از تخمین مدل در نظر گرفته شده برای بررسی حساسیت نسبی تجارت و درآمد بر روی انتشار دی‌اکسید کربن برای کشورهای «سازمان همکاری و توسعه» در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸. حساسیت نسبی نمونه ۲

	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)
	تجارت کل	تجارت کل کالاهای نهایی	تجارت کل کالاهای واسطه‌ای	صادرات کالاهای نهایی	صادرات کالاهای واسطه‌ای	واردات کالاهای نهایی	واردات کالاهای واسطه‌ای
اثر حاشیه‌ای تجارت (بدون در نظر گرفتن تعامل با درآمد)	$-0/092***$	$-0/122***$	$-0/075**$	$-0/135***$	$-0/084***$	$-0/070*$	$-0/058$
اثر حاشیه‌ای تجارت	$-0/083$	$-0/110$	$-0/070$	$-0/123$	$-0/078$	$-0/064$	$-0/058$
اثر حاشیه‌ای درآمد	$0/037$	$0/094$	$0/004$	$0/096$	$0/024$	$0/010$	$-0/025$
میانگین درآمد	$10/155$	$10/155$	$10/155$	$10/155$	$10/155$	$10/155$	$10/155$
میانگین تجارت	$21/180$	$19/845$	$20/842$	$19/094$	$20/089$	$19/140$	$20/138$

منبع: نتایج پژوهش

جدول فوق اثر خالص تجارت و درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن برای کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که اثر خالص تجارت بر انتشار دی‌اکسید کربن در حالت کلی برابر است با $-0/083$ و تجارت در این کشورها باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و بهبود محیط‌زیست می‌شود. در صورت تفکیک کالاها به دو صورت واسطه‌ای و نهایی نیز تأثیر منفی بر انتشار دی‌اکسید کربن وجود دارد و باعث کاهش آن می‌شود، در حالی که تجارت کل کالاهای نهایی تأثیر بیشتری بر میزان کاهش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به تجارت کل کالاهای واسطه‌ای دارد. با تفکیک تجارت کالاها به صورت صادرات و واردات نیز در می‌یابیم که صادرات و واردات کالاهای واسطه‌ای و نهایی هر کدام تأثیر منفی بر انتشار دی‌اکسید کربن داشته و این موضوع در حالی است عامل اصلی کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای «سازمان همکاری و توسعه» به نوع تجارت کالاها بستگی دارد به این معنی که، اثر خالص صادرات

برای کالاهای نهایی و واسطه‌ای به ترتیب برابر است با ۰/۱۲۳- و ۰/۰۷۸- و اثر خالص واردات برای کالاهای نهایی و واسطه‌ای به ترتیب برابر با ۰/۰۶۴- و ۰/۰۵۸- است. بنابراین، صادرات در هر دو کالای واسطه‌ای و نهایی نقش بیشتری را در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به واردات داشته است. موضوع قابل توجه این است که نتایج به دست آمده در نمونه ۲ نیز نشان می‌دهند که تفکیک تجارت به دو صورت صادرات و واردات اثر مشخص تری نسبت به تفکیک نوع کالاها به صورت واسطه‌ای و نهایی بر روی انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. در کشورهای «سازمان همکاری و توسعه» به نظر می‌رسد که اثر تکنیک تأثیر بیشتری بر انتشار دی‌اکسیدکربن داشته و باعث می‌شود که تجارت اثر معکوس بر انتشار دی‌اکسیدکربن داشته باشد و به همین ترتیب باعث می‌شود نقش صادرات در بهبود محیط زیست بیشتر از واردات باشد.

در ارتباط با اثر خالص درآمد بر انتشار دی‌اکسیدکربن، به این ترتیب که در تجارت کالاهای واسطه‌ای اثر درآمد بر انتشار دی‌اکسیدکربن برابر است با ۰/۰۰۴ و اثر درآمد بر انتشار دی‌اکسیدکربن در تجارت کالاهای نهایی برابر است با ۰/۰۹۴. بنابراین با افزایش درآمد، تجارت کالاهای نهایی تأثیر مخرب تری بر محیط زیست خواهد داشت. به همین ترتیب، نتایج حاصل از تخمین مدل در نظر گرفته شده برای بررسی حساسیت نسبی تجارت و درآمد بر روی انتشار دی‌اکسیدکربن برای کشورهای غیر سازمان همکاری و توسعه در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹. حساسیت نسبی نمونه ۳

(۷)	(۶)	(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)	
واردات کالاهای واسطه‌ای	واردات کالاهای نهایی	صادرات کالاهای واسطه‌ای	صادرات کالاهای نهایی	تجارت کل کالاهای واسطه‌ای	تجارت کل کالاهای نهایی	تجارت کل	
۰/۰۷۹***	۰/۰۷۱***	۰/۰۱۳***	۰/۰۱۹**	۰/۰۴۷***	۰/۰۶۴***	۰/۰۵۲***	اثر حاشیه‌ای تجارت (بدون در نظر گرفتن تعامل با درآمد)
۰/۰۷۲	۰/۰۶۸	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹	۰/۰۴۵	۰/۰۶۰	۰/۰۵۱	اثر حاشیه‌ای تجارت
۰/۴۰۷	۰/۳۹۷	۰/۴۱۷	۰/۴۴۸	۰/۳۹۶	۰/۴۲۹	۰/۳۹۹	اثر حاشیه‌ای درآمد
۸/۰۹۷	۸/۰۹۷	۸/۰۹۷	۸/۰۹۷	۸/۰۹۷	۸/۰۹۷	۸/۰۹۷	میانگین درآمد
۱۷/۱۳۷	۱۶/۲۴۹	۱۷/۶۰۷	۱۵/۶۲۱	۱۸/۴۹۳	۱۶/۹۲۷	۱۸/۸۵۳	میانگین تجارت

منبع: نتایج پژوهش

جدول فوق اثر خالص تجارت و درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن برای کشورهای غیر از عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که اثر خالص تجارت در حالت کلی برابر است با ۰/۰۵۱ و تجارت در این کشورها باعث افزایش انتشار دی‌اکسید کربن و تخریب محیط زیست می‌شود. در صورت تفکیک کالاها به دو صورت واسطه‌ای و نهایی نیز تأثیر مثبت بر انتشار دی‌اکسید کربن وجود دارد و باعث افزایش آن می‌شود، در حالی که تجارت کل کالاهای نهایی تأثیر بیشتری بر میزان افزایش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به تجارت کل کالاهای واسطه‌ای دارد. با تفکیک تجارت کالاها به صورت صادرات و واردات نیز در می‌یابیم که صادرات و واردات کالاهای واسطه‌ای و نهایی هر کدام تأثیر مثبت بر انتشار دی‌اکسید کربن داشته و این موضوع در حالی است عامل اصلی افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای غیر از «سازمان همکاری و توسعه» به نوع تجارت کالاها بستگی دارد به طوری که، اثر خالص صادرات برای کالاهای نهایی و واسطه‌ای به ترتیب برابر است با ۰/۰۱۹ و ۰/۰۱۳ و اثر خالص واردات برای کالاهای نهایی و واسطه‌ای به ترتیب برابر با ۰/۰۶۸ و ۰/۰۷۲ است. بنابراین، واردات در هر دو کالای واسطه‌ای و نهایی نقش بیشتری را در افزایش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به صادرات داشته است.

همچنین در ارتباط با اثر خالص درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن، به این ترتیب که در تجارت کالاهای واسطه‌ای اثر درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن برابر است با ۰/۳۹۶ و اثر درآمد بر انتشار دی‌اکسید کربن در تجارت کالاهای نهایی برابر است با ۰/۴۲۹ بنابراین با افزایش درآمد، تجارت کالاهای نهایی تأثیر مخرب تری بر محیط زیست خواهد داشت.

به طور خلاصه با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان چنین اظهار کرد که رویکرد صادرات محور کشورها موجب ایجاد منافع زیست محیطی بیشتری نسبت به رویکرد واردات محور کشورها می‌شود. این نتیجه از آنجا به دست می‌آید که در تمامی نمونه‌ها تجارت از نوع صادرات آثار مخرب محدودتر (نمونه ۱ و ۳) و آثار سازنده بیشتری (نمونه ۲) داشت. فلذا همچنین باید گفت که احتمالاً اثر مفید تجارت بر کاهش انتشار آلودگی بیشتر از طریق صادرات در کشورهای توسعه یافته‌تر، و کمتر از طریق واردات در کشورهای در حال توسعه قابل تأیید است.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها در سراسر جهان گرم شدن فزاینده کره زمین و تغییرات آب و هوایی در دو دهه اخیر است. طبق گزارش بنگاه حفاظت از محیط زیست ایالات متحده، در میان چندین آلاینده زیست‌محیطی که باعث تغییرات آب و هوایی می‌شوند، در سال ۲۰۱۹، دی‌اکسید کربن مسئول ۸۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. بنابراین، یک مسئله مهم در سیاست‌های اقلیمی، شناسایی راه‌های کاهش انتشار است که اساساً در درک عوامل تغییرات مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن استوار است. در این میان تجارت یکی از عوامل بسیار مهم در انتشار دی‌اکسید کربن و تخریب محیط زیست است. هرچند به واسطه تحریکی که تجارت در رشد ایجاد می‌کند هدایت نوع تجارت بسیار کلیدی است. در این مطالعه به بررسی اثر انواع تجارت بین‌المللی به تفکیک صادرات و واردات کالاهای واسطه‌ای و نهایی در انتشار دی‌اکسید کربن پرداختیم تا به انی پرسش پاسخ دهیم که رشد در کدام نوع تجارت باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. همچنین اثر انواع تجارت بر رابطه مثبت درآمد و انتشار دی‌اکسید کربن در این مطالعه مورد توجه است. برای پاسخ به پرسش‌های پژوهش حاضر، از ۳ نمونه شامل تمام کشورها، کشورهای عضو «سازمان همکاری و توسعه» و کشورهای غیر عضو «سازمان همکاری و توسعه» در بازه زمانی سال ۱۹۹۸ تا سال ۲۰۱۸ استفاده کرده‌ایم. جهت آزمون فرضیه‌ها و تخمین مدل‌های پژوهش با به کارگیری نرم‌افزار استاتا ۱۷، از روش اثرات ثابت داده‌های تابلویی استفاده شده است.

طبق نتایج حاصل از تخمین مدل برای نمونه اول که شامل تمام کشورها بود دریافتیم که تجارت (Trade) دارای یک رابطه معنادار و مثبت با انتشار دی‌اکسید کربن دارد. نکته قابل توجه این بود که عامل اصلی افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در نمونه تمام کشورها به نوع تجارت کالاها بستگی دارد. به طوری که، واردات در هر دو کالای واسطه‌ای و نهایی نقش بیشتری را در افزایش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به صادرات داشته است.

در ادامه نیز براساس نتایج حاصل از تخمین مدل برای نمونه دوم، که شامل کشورهای «سازمان همکاری و توسعه» بود، دریافتیم که تجارت بدون در نظر گرفتن نوع کالاها دارای یک رابطه معنادار و معکوس با میزان انتشار دی‌اکسید کربن است. نکته قابل توجه در این نمونه نیز این بود که عامل اصلی افزایش انتشار دی‌اکسید کربن به نوع تجارت

کالاها بستگی دارد. به طوری که، واردات در هر دو کالای واسطه‌ای و نهایی نقش بیشتری را در افزایش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به صادرات داشته است.

به همین ترتیب، طبق نتایج حاصل از تخمین برای نمونه سوم، که شامل کشورهای غیر «سازمان همکاری و توسعه» بود، تجارت بدون در نظر گرفتن نوع کالاها دارای یک رابطه معنادار و مثبت با میزان انتشار دی‌اکسید کربن است. در این نمونه هم عامل اصلی افزایش انتشار دی‌اکسید کربن به نوع تجارت کالاها بستگی دارد و واردات در هر دو کالای واسطه‌ای و نهایی نقش بیشتری را در افزایش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به صادرات داشته است.

از لحاظ نظری موضوع قابل توجه براساس نتایج این مطالعه این است که تفکیک تجارت به دو صورت صادرات و واردات اثر مشخص تری نسبت به تفکیک نوع کالاها به صورت واسطه‌ای و نهایی بر روی انتشار دی‌اکسید کربن دارد. نتیجه مشخص در مورد صادرات و واردات، بعضی کانال‌های نظری ادبیات نظری مرور شده را تقویت کرده و مجراهای فعال‌تر اثرگذاری تجارت بر آلودگی را مشخص می‌کند. براساس نتایج مطالعه حاضر کارکرد تکنیکی اقلام صادراتی بر بهبود وضعیت آلودگی کشور صادرکننده بیشتر از مکانیزم «مصرف انرژی» صادرات در بدتر شدن وضعیت آلودگی مؤثر است. فلذا نظریه تکنیک در مطالعه سلمان و همکاران (۲۰۱۹) بیشتر از نظریه مصرف انرژی و بهره‌برداری از منابع طبیعی عمل می‌کند. همچنین اثر مخرب واردات در انتشار دی‌اکسید کربن نشان می‌دهد که کارکرد نظریه افزایش حمل و نقل بیشتر از مکانیزم افزایش قدرت رقابت مطالعه سادورسکی (۲۰۱۲) در اثر افزایش واردات کار می‌کند. بدین معنا که، تأثیر تجارت از نوع واردات بر محیط زیست مخرب‌تر بوده و به نظر کانال افزایش حمل و نقل و افزایش مصرف محصولات انرژی‌بر در اثر واردات بیشتر فعال باشد.

بر طبق نتایج ارائه شده در این پژوهش تجارت بستگی به نوع نمونه از یک سو تأثیر مثبت و از سوی دیگر تأثیر منفی بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن دارد. ولی موضوع از این جهت حائز اهمیت بود که واردات بدون نظر گرفتن نوع کالاها تأثیر مخرب تری نسبت به صادرات بر محیط زیست داشت. بنابراین حداقل طبق یافته‌های این مطالعه اولاً توصیه می‌شود آثار زیست‌محیطی تجارت در سیاست‌گذاری‌ها مورد توجه قرار بگیرد. دوم اینکه به نظر نمی‌رسد رویکرد واردات - محور بتواند برای حفاظت از محیط زیست مفیدتر از

رویکرد صادرات - محور باشد. در نهایت نیز از آنجا که صادرات هر کشوری واردات کشور دیگری است، به سازمان‌های نظارت جهانی توصیه می‌شود یک رویکرد جهانی در سیاست‌های زیست‌محیطی تجارت اتخاذ کرده و به آثار زیست‌محیطی تجارت براساس نوع آن توجه کنند.

بر مبنای نتایج حاصل از پژوهش حاضر، نقش عوامل متعددی از جمله تجارت به تفکیک صادرات و واردات کالاهای واسطه‌ای و نهایی و درآمد و نرخ شهرنشینی و سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی بر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در قالب منحنی زیست‌محیطی کوزنتس بررسی شد. از جمله سایر عوامل تأثیرگذار بر تخریب محیط زیست می‌توان به برون‌سپاری (فینسترا^۱ و هانسن^۱، ۱۹۹۷، ۲۰۰۳) در رویکرد صادرات محور اشاره کرد. بنابراین، برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود میزان برون‌سپاری در مدل مورد توجه واقع شود.

۷. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

۸. سپاسگزاری

از هئیت تحریریه مجله بابت فرآیند داوری و تمام پیشنهادات سازنده‌شان تشکر می‌کنیم

ORCID

Ali Mazyaki

 <https://orcid.org/0000-0002-2705-4899>

Mana Shaabani Rad

 <https://orcid.org/0000-0003-7735-0877>

Arian Daneshmand

 <https://orcid.org/0000-0002-5668-5171>

۹. منابع

اصفهان، حمیده؛ مهدوی زفرقندی، سعیده. (۱۳۹۶). بررسی آثار رفاهی سیاست زیست‌محیطی واردات کالای پاک. *فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه*، ۲۲(۱)، ۳۳-۴۵.

شهنازی، روح‌اله؛ هادیان، ابراهیم و جرگانی، لطف‌اله. (۱۳۹۵). بررسی رابطه علیت میان مصرف حامل‌های انرژی، رشد اقتصادی و دی‌اکسیدکربن در بخش‌های اقتصاد ایران. *پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، ۷(۲۸)، ۷۰-۵۱.

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

مشیری، سعید؛ دانشمند، آرین؛ نیازی، بهار. (۱۴۰۰). نقش تجارت بین‌الملل در رابطه بین درآمد و کیفیت محیط زیست. *پژوهشنامه اقتصادی*، (۷۹) ۲۰، ۵۱-۱۱.

References

- Abrardi, L. and Cambini, C. (2015). Tariff regulation with energy efficiency goals. *Energy Economics*, 49, 122-131.
- Aklin, M. (2016). Re-exploring the trade and environment nexus through the diffusion of pollution. *Environmental and Resource Economics*, 64(4), 663-682.
- Ali, S., Dogan, E., Chen, F. and Khan, Z. (2021). International trade and environmental performance in top ten-emitters countries: the role of eco-innovation and renewable energy consumption. *Sustainable Development*, 29(2), 378-387.
- Al-mulali, U. and Sheau-Ting, L. (2014). Econometric analysis of trade, exports, imports, energy consumption and CO2 emission in six regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 484-498.
- Ang, J. B. (2007). CO2 emissions, energy consumption, and output in France. *Energy policy*, 35(10), 4772-4778.
- Ansari, M. A. and Khan, N. A. (2021). Decomposing the trade-environment nexus for high income, upper and lower middle income countries: what do the composition, scale, and technique effect indicate?. *Ecological Indicators*, 121, 107122.
- Antweiler, W., Copeland, B. R. and Taylor, M. S. (2001). Is free trade good for the environment?. *American economic review*, 91(4), 877-908.
- Benarroch, M. and Weder, R. (2006). Intra-industry trade in intermediate products, pollution and internationally increasing returns. *Journal of Environmental Economics and Management*, 52(3), 675-689.
- Bosupeng, M. (2016). The effect of exports on carbon dioxide emissions: policy implications. *International Journal of Management and Economics*, 51(1), 20-32.
- Boutabba, M. A., Diaw, D. and Lessoua, A. (2018). Environment-energy-growth nexus in Sub-Saharan Africa: The role of intermediate goods. *International economics*, 156, 254-267.
- Chang, C. P., Wen, J., Dong, M. and Hao, Y. (2018). Does government ideology affect environmental pollutions? New evidence from instrumental variable quantile regression estimations. *Energy Policy*, 113, 386-400.
- Chen, Y., Ishikawa, J. and Yu, Z. (2004). Trade liberalization and strategic outsourcing. *Journal of International Economics*, 63(2), 419-436.

- Cole, M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological economics*, 48(1), 71-81.
- Cole, M. A. (2006). Does trade liberalization increase national energy use?. *Economics Letters*, 92(1), 108-112.
- Copeland, B. R. and Taylor, M. S. (1994). North-South trade and the environment. *The quarterly journal of Economics*, 109(3), 755-787.
- Copeland, B. R. and Taylor, M. S. (2013). Trade and the Environment: Theory and Evidence. Princeton university press.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological economics*, 49(4), 431-455.
- Dinda, S. (2005). A theoretical basis for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 53(3), 403-413.
- Esfahani, H. and Mahdavi Zafarghandi, S. (2017). Examining the Welfare Impacts of Environmental Policies for Importing Clean Technologies. *The Journal of Planning and Budgeting*, 22(1), 33-45. [In Persian]
- Feenstra, R. C., & Hanson, G. H. (1997). Foreign direct investment and relative wages: Evidence from Mexico's maquiladoras. *Journal of international economics*, 42(3-4), 371-393.
- Feenstra, R. C., & Hanson, G. H. (2003). Global production sharing and rising inequality: A survey of trade and wages. *Handbook of international trade*, 146-185.
- Frankel, J. A. and Rose, A. K. (2005). Is trade good or bad for the environment? Sorting out the causality. *Review of economics and statistics*, 87(1), 85-91.
- Grossman, G. M. and Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.
- Hamamoto, M. (2013). Energy-saving behavior and marginal abatement cost for household CO2 emissions. *Energy Policy*, 63, 809-813.
- Hoechle, D. (2007). Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. *The stata journal*, 7(3), 281-312.
- Jebli, M. B., Youssef, S. B. and Ozturk, I. (2016). Testing environmental Kuznets curve hypothesis: The role of renewable and non-renewable energy consumption and trade in OECD countries. *Ecological Indicators*, 60, 824-831.
- Jiang, L., He, S., Zhong, Z., Zhou, H. and He, L. (2019). Revisiting environmental Kuznets curve for carbon dioxide emissions: the role of trade. *Structural Change and Economic Dynamics*, 50, 245-257.
- Kaika, D. and Zervas, E. (2013). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory—Part A: Concept, causes and the CO2 emissions case. *Energy Policy*, 62, 1392-1402.

- Kaufmann, R. K., Davidsdottir, B., Garnham, S. and Pauly, P. (1998). The determinants of atmospheric SO₂ concentrations: reconsidering the environmental Kuznets curve. *Ecological economics*, 25(2), 209-220.
- Khan, Z., Ali, M., Jinyu, L., Shahbaz, M. and Siqun, Y. (2020). Consumption-based carbon emissions and trade nexus: evidence from nine oil exporting countries. *Energy Economics*, 89, 104806.
- Kim, D. H., Suen, Y. B. and Lin, S. C. (2019). Carbon dioxide emissions and trade: Evidence from disaggregate trade data. *Energy Economics*, 78, 13-28.
- Krugman, P., Cooper, R. N. and Srinivasan, T. N. (1995). Growing world trade: causes and consequences. *Brookings papers on economic activity*, 1995(1), 327-377.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45(1), 1-28.
- Lau, L. S., Choong, C. K. and Eng, Y. K. (2014). Investigation of the environmental Kuznets curve for carbon emissions in Malaysia: do foreign direct investment and trade matter?. *Energy policy*, 68, 490-497.
- Li, Y., Zhao, R., Liu, T. and Zhao, J. (2015). Does urbanization lead to more direct and indirect household carbon dioxide emissions? Evidence from China during 1996-2012. *Journal of Cleaner Production*, 102, 103-114.
- Liddle, B. (2018). Consumption-based accounting and the trade-carbon emissions nexus. *Energy Economics*, 69, 71-78.
- Lucas, R. E., Wheeler, D. and Hettige, H. (1992). *Economic development, environmental regulation, and the international migration of toxic industrial pollution, 1960-88* (Vol. 1062). World Bank Publications.
- Mahmood, H., Alkhateeb, T. T. Y. and Furqan, M. (2020). Exports, imports, foreign direct investment and CO₂ emissions in North Africa: Spatial analysis. *Energy Reports*, 6, 2403-2409.
- Managi, S. (2004). Trade liberalization and the environment: carbon dioxide for 1960-1999. *Economics Bulletin*, 17(1), 1-5.
- Melvin, J. R. (1968). Production and trade with two factors and three goods. *The American Economic Review*, 58(5), 1249-1268.
- Miroudot, S., Lanz, R. and Ragoussis, A. (2009). Trade in intermediate goods and services.
- Moshiri, S., Daneshmand, A. and Niazi, B. The Role of International Trade in the Relationship between Income and Environmental Quality *Journal of Economic Research*, 79(20), 11. [In Persian].
- Murshed, M. and Dao, N. T. T. (2020). Revisiting the CO₂ emission-induced EKC hypothesis in South Asia: the role of Export Quality Improvement. *GeoJournal*, 1-29.
- OECD (2001). *Environmental Indicators for Agriculture*, vol. 3: Methods and Results. Publications Service, OECD, Paris.

- OECD (2021), Trade in goods and services (indicator). doi: 10.1787/0fe445d9-en (Accessed on 20 September 2021)
- Paço, A. and Lavrador, T. (2017). Environmental knowledge and attitudes and behaviours towards energy consumption. *Journal of environmental management*, 197, 384-392.
- Pal, D. and Mitra, S. K. (2017). The environmental Kuznets curve for carbon dioxide in India and China: Growth and pollution at crossroad. *Journal of Policy Modeling*, 39(2), 371-385.
- Rahman, M. M. (2017). Do population density, economic growth, energy use and exports adversely affect environmental quality in Asian populous countries?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 506-514.
- Sadeghi, H. and Saadat, R. (2004). Economic population growth and environmental effects in Iran (A Causal Analysis). *Journal of Economic Research*. 39(1). 163-180. [In Persian]
- Sadorsky, P. (2012). Energy consumption, output and trade in South America. *Energy Economics*, 34(2), 476-488.
- Salman, M., Long, X., Dauda, L., Mensah, C. N. and Muhammad, S. (2019). Different impacts of export and import on carbon emissions across 7 ASEAN countries: a panel quantile regression approach. *Science of the total environment*, 686, 1019-1029.
- Schmalensee, R., Stoker, T. M. and Judson, R. A. (1998). World carbon dioxide emissions: 1950-2050. *Review of Economics and Statistics*, 80(1), 15-27.
- Shahbaz, M., Nasreen, S., Ahmed, K. and Hammoudeh, S. (2017). Trade openness-carbon emissions nexus: the importance of turning points of trade openness for country panels. *Energy Economics*, 61, 221-232.
- Shahnazi, R., Hadian, E. and Jargani, L. (2017). An investigation of energy consumption, economic growth and CO2 emission in the Iranian economic sectors. *Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research*, 7(28), 51-70. [In Persian]
- Soberon, A. and D'Hers, I. (2020). The environmental Kuznets curve: a Semiparametric approach with cross-sectional dependence. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(11), 292.
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World development*, 32(8), 1419-1439.
- Taylor, M. S. (2005). Unbundling the pollution haven hypothesis. *Advances in Economic Analysis & Policy*, 4(2).
- Wang, Y., Wu, C. and Yang, L. (2013). Oil price shocks and stock market activities: Evidence from oil-importing and oil-exporting countries. *Journal of Comparative economics*, 41(4), 1220-1239.
- Wu, R. and Xie, Z. (2020). Identifying the impacts of income inequality on CO2 emissions: empirical evidences from OECD countries and non-OECD countries. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123858.

- Wu, Z., Yang, L., Chen, Q. and Ye, Q. (2021). The impacts of international trade on global greenhouse gas emissions: A thought experiment based on a novel no-trade analysis. *Journal of environmental management*, 300, 113836.
- Xu, B. and Lin, B. (2015). How industrialization and urbanization process impacts on CO2 emissions in China: evidence from nonparametric additive regression models. *Energy Economics*, 48, 188-202.
- Xu, X., Hu, H., Tan, Y., Yang, G., Zhu, P. and Jiang, B. (2019). Quantifying the impacts of climate variability and human interventions on crop production and food security in the Yangtze River Basin, China, 1990-2015. *Science of the Total Environment*, 665, 379-389.
- Xu, X., Yang, G., Tan, Y., Zhuang, Q., Tang, X., Zhao, K. and Wang, S. (2017). Factors influencing industrial carbon emissions and strategies for carbon mitigation in the Yangtze River Delta of China. *Journal of cleaner production*, 142, 3607-3616.
- Yang, M., Wang, E. Z. and Hou, Y. (2021). The relationship between manufacturing growth and CO2 emissions: Does renewable energy consumption matter?. *Energy*, 232, 121032.
- Yao, F., Zhu, H. and Wang, M. (2021). The Impact of Multiple Dimensions of Urbanization on CO2 Emissions: A Spatial and Threshold Analysis of Panel Data on China's Prefecture-Level Cities. *Sustainable Cities and Society*, 73, 103113.
- Zhang, J. (2015). Carbon emission, energy consumption and intermediate goods trade: a regional study of East Asia. *Energy Policy*, 86, 118-122.
- Zhang, J. (2020). International production fragmentation, trade in intermediate goods and environment. *Economic Modelling*, 87, 1-7.

استناد به این مقاله: مزبکی، علی؛ شعبانی راد، مانا؛ دانشمند، آرین. (۱۴۰۱). تجارت و انتشار دی‌اکسید کربن: تفکیک واردات و صادرات کالاهای واسطه‌ای و نهایی، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۴۴ (۱۱)، ۱۲۹-۱۵۹.



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