Quarterly Journal of Economic Research and Policies Vol. 32, No. 109 ,Spring 2024

Examining the hypothesis of Kuznets environmental curve using Indicators of environmental performance and green economy growth

Mahshid Khorsand Vakilzadeh
Graduated, Faculty of Economics, University of Tehran.
m.khorsand1995@gmail.com
Ali Jadidzadeh
Assistant Professor, Faculty of Economics, University of Tehran . (Corresponing Author)
jadidzadeh@ut.ac.ir

In order to investigate possible ways to reduce environmental degradation while increasing production and economic growth, it is important to study the relationship between carbon dioxide emissions and economic growth using environmental indicators. In this study, we examine the Kuznets environmental hypothesis through two indicators of environmental performance and green economy growth indices for panel data of 134 countries from 1980-1980 using the fixed effects models. The results show Kuznets's environmental hypothesis by both indicators is not rejected. Then, we examine the impact of trade, foreign direct investment, education and research and development on all three indicators using the fixed effect model. The results show that trade has a significant effect on the environmental performance index and CO2 emissions in the environmental Kuznets curve. Foreign direct investment has a significant effect only on the Kuznets curve index and leads to increased carbon dioxide emissions. Education growth has a positive and significant effect on the environmental performance index and Research and development growth has not significant effect on any of the indicators. According to the results, it is suggested to the policymakers to design and implement coherent environmental policies while paying attention to the development and increase of the income of their country by considering environmental indicators. For example, the increase in trade and education, if it is increased in a planned manner, according to the planned rules and principles, will improve the quality of the environment.

JEL Classification: O44, Q56, C61.
Keywords: Economic growth, Environmental Kuznets curve, Environmental performance, Green economy growth

Reccived: 2023/12/21 Accepted: 2024/05/12

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

نشریه علمی (فصلنامه) پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی شماره ۱۰۹
سال سی و دوم، بهار ۱۴۰۳، صفحه ۱۳۸ - ۹۸

بررسی فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس با استفاده از شاخص‌های عملکرد محیط زیست و رشد اقتصاد سبز

مهشید خورسند وکیل‌زاده
فارغ‌التحصیل، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران.
m.khorsand1995@gmail.com
علی جدیدزاده
استادیار، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران. (نویسنده مسئول)
jadidzadeh@ut.ac.ir

به منظور بررسی راه‌های ممکن جهت کاهش تخریب محیط زیست همزمان با افزایش تولیدات و رشد اقتصادی، مطالعه‌ی رابطه‌ی میزان انتشار دی‌اکسیدکربن با رشد اقتصادی از طریق شاخص‌های محیط زیست حائز اهمیت است. در این مطالعه فرضیه‌ی محیط زیستی کوزنتس از طریق دو شاخص عملکرد محیط زیست و شاخص رشد اقتصاد سبز برای داده‌های تابلویی ۱۳۴ کشور از سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۸۰ با استفاده از مدل اثرات ثابت و تحلیل پوششی داده‌ها بررسی شده‌است. تمامی مدل‌ها و رگرسیون‌ها از طریق نرم‌افزار آر-پراجکت انجام شده است. نتایج نشان‌دهنده‌ی تأیید فرضیه‌ی محیط زیستی کوزنتس توسط هر دو شاخص است. در ادامه با استفاده از مدل اثرات ثابت، تأثیر تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، آموزش و همچنین تحقیق و توسعه بر روی هر سه شاخص محیط زیست کوزنتس، عملکرد محیط زیست و رشد اقتصاد سبز بررسی شده‌است. نتایج بررسی تأثیر همزمان تمامی متغیرها بر روی هر یک از شاخص‌های محیط زیستی نشان می‌دهد که در این بین تجارت، تأثیر معناداری روی منحنی محیط زیست کوزنتس و شاخص عملکرد محیط زیست دارد. پارامتر تجارت در منحنی محیط زیست کوزنتس بر افزایش مثبت انتشار دی‌اکسید کربن و در شاخص عملکرد محیط زیست بر بهبود عملکرد محیطی کشورها تأثیرگذار است. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تنها روی منحنی محیط زیست کوزنتس تأثیر معناداری دارد که باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. همچنین مشخص شد در حالی‌که رشد آموزش تأثیر مثبت و معناداری بر شاخص عملکرد محیط زیست دارد، رشد تحقیق و توسعه بر روی هیچ یک از شاخص‌ها تأثیرگذار نیست. طبق نتایج این مطالعه به سیاست‌گذاران پیشنهاد می‌گردد در پیش‌برد اهداف توسعه‌ای و افزایش سطح رفاه شهروندان نسبت به محاسبه انواع شاخص‌های محیط زیستی اهتمام ورزند تا اندازه‌گیری دقیقی از سطح توسعه پایدار خود به‌دست بیاورند. در نتیجه عوامل مؤثر بر این شاخص‌ها، همانند تجارت و آموزش در این مطالعه، قابل شناسایی است که می‌تواند در تسریع توسعه پایدار مؤثر باشد.

طبقه‌بندی JEL: O44, Q56, C61.
واژگان کلیدی: رشد اقتصادی، منحنی محیط زیست کوزنتس، عملکرد محیط زیست، رشد اقتصاد سبز.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲ / ۹ / ۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳ / ۲ / ۲۳

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

۱. مقدمه

پیشرفت اقتصادی در عین حال که منجر به افزایش سطح تولید ناخالص داخلی و کاهش فقر در جهان شده‌است، آسیب‌های جبران‌ناپذیری به محیط زیست وارد کرده‌است. این رشد سریع اقتصادی و افزایش تولید ناخالص داخلی و در نتیجه آن، افزایش دی اکسیدکربن در سال‌های اخیر باعث ایجاد تخریب‌های محیط زیستی از جمله گرمایش زمین و تغییرات آب و هوا، آلودگی و کمبود منابع شده‌است. این تخریب‌های محیط‌زیستی ناشی از رشد اقتصادی به یک نگرانی جهانی تبدیل شده‌است که در این راستا کشورها به دنبال راهی برای رسیدن به توسعه پایدار هستند.

بنابراین در سال‌های اخیر به منظور کاهش تخریب‌های محیط زیستی، توسعه پایدار مورد توجه سیاست‌گذاران، سازمان‌های بین‌المللی و دانشمندان قرار گرفت و در سال ۱۹۸۷، کمیسیون برونداند[1] توسعه پایدار را به عنوان «توسعه‌ای که نیازهای نسل کنونی را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهای خود برآورده می‌کند» تعریف کرد. بنابراین در مسیر رسیدن به توسعه پایدار، کشورها باید با موانعی مانند گسترش جهانی بیماری، افزایش گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی‌اکسیدکربن و تغییرات آب و هوایی مبارزه کنند تا افزایش درآمد حال، منافع نسل‌های آینده را به خطر نیاندازد (شهزادی و همکاران، ۲۰۲۲)[2].

طبق آمار سایت بانک جهانی[3] در حالی که کشورهای توسعه‌یافته مانند آلمان، فرانسه و سوئد پاک‌تر از ۳۰-۴۰ سال گذشته هستند. برخی کشورهای در حال توسعه مانند آرژانتین، بحرین، بنگلادش و همچنین کشورهای غنی از منابع طبیعی که اقتصاد تک محصولی دارند مانند مکزیک و برزیل نسبت به گذشته آلودگی بیشتری دارند. این مغایرت ظاهری این سؤال را مطرح می‌کند که آیا اختلاف در سطح توسعه‌یافتگی و رشد اقتصادی باعث این تفاوت در کیفیت محیط زیست شده

1. Brundtland Commission
2. Shahzadi et al.
3. The World Bank

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

است؟ مطالعات زیادی بررسی‌های مروری گسترده‌ای از ادبیاتی که رابطه رشد اقتصادی، آلودگی محیطی و فرضیه منحنی محیط زیست کوزنتس آزمایش شده است، ارائه کرده‌اند. برای نمونه به مطالعات استرن (۲۰۰۴)[۱]، دیندا (۲۰۰۰)[۲]، لوزاتی و اورسینی (۲۰۰۹)[۳]، هالیچی اوغلو (۲۰۰۹)[۴]، آکاراوچی و اوزتورک (۲۰۱۰)[۵] رجوع شود. فرضیه منحنی محیط زیست کوزنتس، یک رابطه یو شکل معکوس (∩) را بین سطح توسعه‌یافتگی و میزان تخریب محیط زیست عنوان می‌کند.

سؤال دیگری که در مورد فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس مطرح می‌شود این است که آیا سایر شاخص‌های محیط زیستی نیز فرضیه‌ی منحنی محیط زیست کوزنتس را تأیید می‌کنند؟ چندین مطالعه به منظور اثبات وجود فرضیه منحنی محیط زیست کوزنتس بین سطح توسعه‌یافتگی و تخریب‌های محیط زیستی و همچنین رابطه رشد اقتصادی و عملکرد محیط زیست را بررسی کرده‌اند که در این میان می‌توان به مطالعات زعیم و تسکین (۲۰۰۰)[۶]، زوفیو و پریتو (۲۰۰۱)[۷]، پیکازو و ریچه (۲۰۰۷)[۸]، هالکوس و تزرمز(۲۰۰۹)[۹] اشاره کرد. همچنین تایکا (۱۹۹۶)[۱۰] مرور گسترده‌ای بر ادبیات شاخص‌های عملکرد محیط زیست ارائه می‌دهد و بر این واقعیت تأکید می‌کند که برای مقایسه‌ی بالقوه نیاز به یک یا چند شاخص است.

مطالعه منتقدانه استرن و باربیر (۱۹۹۶)[۱۱] در مورد ادبیات فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس این سؤال را ایجاد می‌کند که آیا رابطه یو شکل معکوس (∩) بین درآمد و تخریب‌های محیط زیست با افزایش درآمد به طور خودکار از بین می‌رود و آیا این تغییر تنها به خاطر مراحل توسعه‌یافتگی کشورها است؟ آیا نیازی به اعمال سیاست نیست؟ (پانایوتو، ۱۹۹۷). در این مورد

---

1. Stern
2. Dinda
3. Luzzati and Orsini
4. Halicioglu
5. Acaravci and Ozturk
6. Zaim and Taskin
7. Zofio and Prieto
8. Picazo and Reche
9. Halkos and Tzeremes
10. Tyteca
11. Stern and Barbier

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

مطالعات متعددی در زمینه بررسی تأثیر متغیرهای سیاستی بر روی کیفیت محیط زیست انجام شده است. به عنوان مثال لین و ژو (۲۰۱۹)[1] تأثیر هزینه‌های مالی بر شاخص رشد اقتصاد سبز را بررسی نموده‌اند. همچنین می‌توان به مطالعه عمری و همکاران (۲۰۱۴)[2]، ساپکوتا و باستولا (۲۰۱۷)[3] و حکیمیا و حمدی (۲۰۱۶)[4] که تأثیر آزادسازی تجاری و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار دی‌اکسیدکربن و کیفیت محیط زیست را بررسی کرده‌اند، اشاره‌کرد. با این حال، تعداد کمی از مطالعات همانند این مطالعه، تلاش کرده‌اند تا وجود یک رابطه مانند کوزنتس بین درآمد و عملکرد محیط زیست[5] و درآمد و رشد اقتصاد سبز[6] را اثبات کنند.

در این مطالعه به سه سؤال بالا به ترتیب پاسخ داده می‌شود. در مرحله اول، با استفاده از مدل اثرات ثابت شاخص منحنی محیط زیستی کوزنتس را محاسبه می‌کنیم. سپس به منظور اثبات فرضیه محیط زیستی کوزنتس شاخص عملکرد محیط زیست و شاخص رشد اقتصاد سبز از طریق روش تحلیل پوششی داده‌ها، با استفاده از داده‌های تولید ناخالص داخلی (به عنوان خروجی مطلوب)، دی‌اکسیدکربن (به عنوان ورودی نامطلوب) و انرژی (به عنوان ورودی مشخص) برای ۱۳۴ کشور شامل کشورهای درحال‌توسعه، توسعه‌یافته و غنی از مواد طبیعی محاسبه می‌کنیم. در مرحله‌ی بعدی تأثیر باز بودن تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، آموزش و تحقیق و توسعه را بر روی تخریب محیط زیست و انتشار دی‌اکسیدکربن مورد بررسی قرار می‌دهیم و تمامی تخمین‌ها از طریق نرم فزار آر-پراجکت[7] انجام می‌شوند.

این مقاله در شش بخش نگارش شده است. در بخش ۲ به توضیح پیشینه پژوهش و در بخش ۳ در قالب مبانی نظری به تصریح مفاهیم و کاربرد شاخص‌های محیط زیستی و دلایل بررسی متغیرهای سیاستی بر روی کیفیت محیط زیست پرداخته شده‌است. در بخش‌های ۴ و ۵ به تفسیر

1. Lin and Zhu
2. Omri et al.
3. Sapkota & Bastola
4. Hakimi & Hamdi
5. Environmental Performance Index (EPI)
6. Green Environmental Growth Index (GEGI)
7. R-Project

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

داده‌ها، روش محاسبه و نتایج مدل‌های شاخص‌های منحنی محیط زیست کوزنتس، شاخص عملکرد محیط زیست و شاخص رشد اقتصاد سبز پرداخته و اثر متغیرهای مختلف بر آن‌ها بررسی شده‌است. بخش پایانی نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری مقاله اختصاص دارد.

۲. پیشینه پژوهش

تاکنون مطالعات خارجی و داخلی فراوانی شاخص‌های محیط زیستی را به منظور بررسی رابطه رشد اقتصادی و محیط زیست محاسبه کرده و مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. از جمله این مطالعات آپرگیس و اوزتورک (۲۰۱۵)[1] و سارکودی و استرزوف (۲۰۱۹)[2] می‌باشد که شاخص منحنی محیط زیستی کوزنتس را بررسی کرده‌اند. همچنین مطالعه فو و همکاران (۲۰۲۰)[3] تأثیر تحریم‌های بین‌المللی را روی محیط زیست مورد تحلیل قرار داده و به این منظور از شاخص عملکرد محیط زیست استفاده کرده است. در بین مطالعات داخلی ارسطو و ابراهیمی (۱۳۹۶) منحنی محیط زیستی کوزنتس را برای کشورهای اپک بررسی کرده‌اند. محبی نیا و تهامی‌پور (۱۴۰۲) در بازه ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۶ اثر متقابل رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست را با نگاهی به بخش‌های اصلی اقتصاد ایران بررسی کرده‌اند که طبق نتایج به‌دست آمده لازم است در مسیر توسعه‌ی کشور با التزام بر شاخصه‌های توسعه پایدار از فناوری‌های پاک، انرژی‌های تجدید پذیر، حمل و نقل سبز که با محیط زیست سازگار هستند استفاده شود.

همچنین مطالعات متعددی در زمینه‌ی بررسی تأثیر متغیرهای مورد مطالعه در این پژوهش یعنی تحقیق و توسعه، آموزش، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تجارت بر کاهش تخریب محیط زیستی همزمان با رشد اقتصادی انجام شده‌است که در بسیاری از این مطالعات، شاخص‌های محیط زیستی محاسبه نشده‌اند. به عنوان مثال در بین مطالعات خارجی، می‌توان به مطالعه‌ی عمری و همکاران (۲۰۱۴)[4]، ساپکوتا و باستولا (۲۰۱۷)[1] و همچنین حکیمیا و حمدی (۲۰۱۶)[2] اشاره کرد

1. Apergis & Ozturk
2. Sarkodie & Strezov
3. Fu et al
4. Omri et al

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

که در آن‌ها تأثیر آزادسازی تجاری و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار دی‌اکسیدکربن و کیفیت محیط زیست بررسی شده است. طبق نتایج به دست آمده از مطالعه حکیمیا و حمدی (۲۰۱۶) برای کشورهای مراکش و تونس، اگرچه آزادسازی تجاری با ایجاد فرصت‌های شغلی جدید اقتصاد هر دو کشور را تقویت کرد اما به محیط زیست این دوکشور آسیب رساند. همچنین در مطالعه دوگان و پاتا (۲۰۲۲) [۳] به منظور بررسی رشد اقتصادی کشورها و کیفیت محیط زیست، اثر تحقیق و توسعه، فناوری اطلاعات و ارتباطات[۴] و همچنین مصرف انرژی‌های تجدید پذیر بر روی تخریب‌های محیط زیست در کشورهای گروه هفت طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۷ بررسی شد که نتایج آن تأییدکننده تأثیر مثبت این متغیرها بر کیفیت محیط زیست حین رشد اقتصادی است. همچنین مطالعه شهزادی و همکاران (۲۰۲۲) [۵] اثر تحقیق و توسعه و همچنین انرژی‌های تجدیدپذیر را بر روی کیفیت محیط زیست در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه طی سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۹۵ مورد مطالعه قرار داده‌است.

در بین مطالعات داخلی در مطالعه مرادلی (۱۳۹۷) تأثیر حقوق بین‌المللی تجارت برای رسیدن به اقتصاد سبز و توسعه پایدار بررسی شد. همچنین در مطالعه نادمی و همکاران (۱۴۰۲) تأثیرآموزش بر منحنی محیط زیست کوزنتس با استفاده از روش پانل آستانه در بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۹۰ بررسی شد که طبق نتایج به دست آمده، پیشرفت نظام آموزش طی مراحل توسعه کشورها باعث کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

از سویی دیگر، در بیشتر مطالعاتی که از شاخص‌های محیط زیستی جهت بررسی تأثیر متغیرهای مختلف اقتصادی بر عملکرد محیط زیستی کشورها بهره می‌جویند، تنها از یک شاخص محیط زیستی دلخواه استفاده شده‌است و یا اگر به مطالعه تعدادی از شاخص‌های محیط زیستی پرداخته شده باشد، معمولاً کشورهای محدودی در بازه‌ی زمانی کوتاه‌تری مورد بررسی قرار

1. Sapkota & Bastola
2. Hakimi & Hamdi
3. Dogan and Pata
4. Indormation and communication Technology (ICT)
5. Shahzadi et al.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

گرفته‌اند. بنابراین به عبارتی این مطالعات ادله لازم برای انتخاب آن شاخص را ارائه نمی‌دهند. این در حالی است که شاخص‌های محیط زیستی متعددی راه‌های رسیدن کشورها به اقتصاد سبز را به صورت متفاوت از یکدیگر نمایش داده که لازم است بهترین آنها انتخاب شود. از جمله‌ی این موارد مطالعه‌ی کول (۲۰۰۴)[1] است که به بررسی میزان توضیح دهندگی رابطه یو شکل معکوس (∩) منحنی محیط زیستی کوزنتس توسط تجارت و به طور خاص مهاجرت یا جابجایی صنایع «کثیف» از مناطق توسعه‌یافته به مناطق در حال توسعه پرداخته است. همچنین در مطالعه‌ی سولارین و الملالی (۲۰۱۸)[2] و چودوری (۲۰۲۱)[3] متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بررسی شده است. لین و ژو (۲۰۱۹) نیز تأثیر هزینه‌های مالی بر شاخص رشد اقتصاد سبز از طریق روش گشتاورهای تعمیم یافته[4] در بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۵ برای کشور چین را بررسی نموده‌اند. براساس نتایج مدل، هزینه‌های تحقیق و توسعه و همچنین آموزش، از طریق فعالیت‌های فناوری و سرمایه انسانی باعث بهبود رشد اقتصاد سبز می‌شوند. در مطالعه شیخ زین‌الدین و همکاران (۲۰۲۲)[5] با توجه به اثرات محیط زیستی فعالیت‌های انسانی بر رشد پایدار، فرضیه منحنی محیط زیست کوزنتس با استفاده از شاخص عملکرد محیط زیست برای کشورهای خاورمیانه و آفریقا شمالی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفته‌است. نتایج مطالعه زی و وو (۲۰۲۱)[6] که تأثیر توسعه تجارت بر شاخص عملکرد محیط زیست در کشور چین طی دوره ۲۰۱۷-۲۰۰۵ بررسی شده است، حاکی از آن است که تجارت از طریق رشد اقتصادی باعث بهبود کیفیت محیط زیست می‌شود.

در بین مطالعات داخلی، میرعسگری و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر متغیرهای اقتصادی را بر شاخص عملکرد محیط زیست مورد مطالعه قرار داده‌اند. در مطالعه‌ی مقصودی (۱۳۹۹) تأثیر آموزش و تحقیق و توسعه بر روی رشد شاخص اقتصاد سبز بررسی شده‌است. هم‌چنین فاخر و

1. Cole
2. Solarin & Al-Mulali
3. Chowdhury
4. Generalized Method of Moments (GMM)
5. Sheikhzeinoddin et al.
6. Xie & Wu

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

همکاران (۱۴۰۲) از طریق ۶ شاخص محیط زیستی تأثیر انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر را بر پایداری محیط زیست براساس چارچوب اِن (N) شکل منحنی محیط زیست کوزنتس بررسی کردند که طبق این مطالعه سطح توسعه‌یافتگی مختلف در کشورها و مناطق مختلف تأثیر متفاوتی بر روی محیط زیست دارد. بر همین اساس رابطه رشد اقتصادی وتخریب‌های محیط زیست در کشورهای اپک از طریق ۶ شاخص محیط زیستی توسط آن‌ها تحلیل شد که طبق نتایج استفاده از انرژی تجدیدپذیر در مقابل انرژی تجدیدناپذیر حین رشد اقتصادی باعث کاهش تخریب‌های محیط زیستی می‌شود.

۳. مبانی نظری

این قسمت به معرفی و نحوه محاسبه سه شاخص مورد بررسی شامل شاخص محیط زیست کوزنتس، شاخص عملکرد محیط زیست و شاخص رشد اقتصاد سبز پرداخته و سپس عوامل مؤثر بر این شاخص‌ها که در ادبیات مورد توجه است شرح داده شده‌است.

۳-۱. شاخص یا منحنی محیط زیست کوزنتس

ارتباط تجربی بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست، که در ادبیات به عنوان منحنی محیط زیست کوزنتس نامیده می‌شود، از دهه ۱۹۹۰ در ادبیات اقتصادی محیط زیست وارد شده‌است. فرضیه منحنی محیط زیست کوزنتس[1] یک رابطه یو شکل معکوس (∩) بین سطح تخریب محیطی و رشد درآمد را عنوان می‌کند. به عبارت دیگر تخریب محیط زیست با درآمد سرانه در مراحل اولیه رشد اقتصادی افزایش می‌یابد و پس از رسیدن به یک آستانه توسعه‌یافتگی، با افزایش درآمد سرانه کاهش می‌یابد. به گفته‌ی گالئوتی و همکاران (۲۰۰۶)[2] منحنی یو شکل معکوس (∩) حاوی یک پیام قدرتمند در رابطه با مشکلات تولید ناخالص داخلی و محیط زیست است که به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا اهداف کاهش انتشار کارآمد دی‌اکسیدکربن را ایجاد کنند. با

1. Environmental Kuznets Curve (EKC)
2. Galeotti et al.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

این حال ارو و همکاران (۱۹۹۵)[1] بر این واقعیت تأکید می‌کنند که سیاست‌های تشویق‌کننده رشد اقتصادی جایگزین سیاست‌های محیط زیست نیستند.

جزئیات روش محاسبه منحنی محیط زیست کوزنتس دربخش ۱-۲-۴ آورده شده‌است. به صورت خلاصه، برای استخراج منحنی محیط زیست کوزنتس در ابتدا تأثیر افزایش درآمد سرانه‌ی کشورها بر میزان دی‌اکسیدکربن محاسبه و در مرحله‌ی بعد تأثیر تجارت خارجی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، آموزش و همچنین هزینه تحقیق و توسعه بر روی میزان انتشار کربن‌دی‌اکسید همزمان با افزایش درآمد سرانه بررسی شده‌است. بدین منظور، دو مدل معادله‌ی رابطه‌ی انتشار کربن‌دی‌اکسید و رشد اقتصادی مشخص و با استفاده از روش مدل اثرات ثابت[2] برآورد شده‌است. از آنجایی که در آزمون فرضیه‌ی منحنی محیط زیست کوزنتس، از داده‌های متنوعی به صورت تجمیعی (به صورت درجه اول، دوم و سوم) استفاده شده‌است، این امر احتمالا موجب واریانس ناهمسانی و هم خطی تخمین می‌شود. لذا لازم است وجود این مشکلات در تخمین بررسی شود. جهت بررسی وجود واریانس ناهمسانی از آزمون گلدفلد و کوانت[3] کمک گرفته، که اگر تفاوت آماری[4] بزرگتر از ۵ درصد باشد بیانگر عدم وجود واریانس ناهمسانی می‌باشد. به منظور رفع مشکل هم خطی روش‌های مختلفی وجود دارد که در این مطالعه از روش کسر داده‌ها از میانگین استفاده شده‌است

۲-۳. شاخص عملکرد محیط زیست

در دهه‌های اخیر صنعتی شدن و افزایش تولیدات به طور گسترده‌ای باعث تخریب محیط زیست شده‌است. به همین دلیل به منظور کاهش تخریب‌های محیط زیست طرح تولیدی باید اتخاذ شود که کمترین آسیب را به محیط زیست وارد کند. از آنجایی که کشورهای مختلف ساختارهای صنعتی و الگوهای توسعه متفاوتی دارند، عملکرد محیط زیستی بخش‌های صنعتی ممکن است در

1. Arrow et al.
2. The Fixed Effect Model
3. Goldfeld-Quandt Test
4. P-Value

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

کشورهای مختلف به طور قابل توجهی متفاوت باشد. ارزیابی عملکرد محیط زیستی صنعتی کشورهای مختلف بینش‌هایی را در مورد ارزیابی علمی تلاش‌های انجام شده توسط دولت‌های کشورها، در حفظ انرژی و حفاظت از محیط زیست ایجاد می‌کند. اندازه‌گیری عملکرد محیطی اغلب به شکل یک شاخص عملکرد محیط زیست است که می‌تواند با روش‌های وزن‌دهی و انباشتگی مختلف مانند تحلیل پوششی داده‌ها ساخته شود.

تحلیل پوششی داده‌ها، توسط چارنز و همکاران(۱۹۷۸)[1] توسعه یافته که یک روش اثبات شده برای ارزیابی کارایی نسبی مجموعه‌ای از نهادهای قابل مقایسه است که این روش اغلب به نام واحدهای تصمیم‌گیری[2] با ورودی‌ها[3] و خروجی‌های[4] متعدد نامیده می‌شود. همچنین از سال ۲۰۰۲ دانشگاه ییل[5] شاخص عملکرد محیط زیست ۱۸۰ کشور را با استفاده از ۴۰ شاخص عملکرد در ۱۱ دسته‌ی موضوعی مانند کیفیت هوا، تنوع زیستی و سطوح تغییرات آب و هوایی، رتبه‌بندی می‌کند. به طور کلی، شاخص عملکرد محیط زیست روشی برای کمی سازی تأثیر سیاست‌ها بر عملکرد محیط زیست است که براساس امتیازی که از محاسبه آن به دست می‌آید مشخص می‌شود، سیاست کدام کشورها کاراتر است و عملکرد بهتری در کنترل کیفیت محیط زیست داشته‌اند. نحوه‌ی محاسبه‌ی شاخص عملکرد محیط زیست در بخش ۲-۲-۴ تشریح شده‌است. به منظور محاسبه‌ی شاخص عملکرد محیط زیست از فرضیه‌ی دسترسی محدود در اندازه‌گیری تابع فاصله‌ی جهت‌دار با دسترسی ضعیف[6] استفاده شده و از طریق روش تحلیل پوششی داده‌ها[7] مورد محاسبه قرار گرفته‌است. سپس تأثیر تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، آموزش و تحقیق و توسعه بر شاخص عملکرد محیط زیست از طریق مدل اثرات ثابت بررسی شده‌است.

1. Charnes et al.
2. Decision making market (DMU)
3. Inputs
4. Otputs
5. Yale university
6. Weak Disposal Directional Distance Function
7. Data Envelopment Analysis

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

۳-۳. شاخص رشد اقتصاد سبز

الگوهای رشد حاضر در کشورها نه تنها ناپایدار هستند بلکه عمیقا ناکارآمد نیز هستند. نتیجه توسعه پایدار، پایداری اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی است. طی ۳۰ سال گذشته مشاهده شده‌است که نه تنها اهداف اقتصادی و اجتماعی باهم سازگارند بلکه مکمل هم نیز هستند (فای، ۲۰۱۲)[1]. رشد اقتصادی همزمان با کاهش فقر در بعد اجتماعی باعث بهبود بهداشت، آموزش، فرصت‌های شغلی بیشتر و برابری بیشتر در جوامع می‌شود. اما در رابطه با محیط زیست آسیب‌های جبران ناپذیری را طی ۲۵۰ سال گذشته به آن وارد کرده است به حدی که خسارت‌های محیط زیستی، آینده‌ی رشد اقتصادی و پیشرفت شاخص‌های اجتماعی را تهدید می‌کند. حرکت کشورها به سمت اقتصاد سبز راه حل این مسئله است. اقتصاد سبز به عنوان مؤثرترین راهکار برای حرکت به سمت توسعه پایدار است که بعد اقتصادی و محیط زیستی توسعه پایدار را در ارتباط با یکدیگر بررسی می‌کند. رشد سبز، رشدی است که در آن استفاده از منابع طبیعی کارآمد است و به دلیل کاهش آلودگی و تأثیرات محیط زیستی، رشدی پاک به حساب می‌آید (مقصودی ۱۳۹۹).

به منظور کاهش آلاینده‌ها در آب، زمین و هوا، باید صنایع در فرآیند تولیدی قرار گیرند که سال به سال مصرف انرژی، آب و مواد اولیه محدودتری استفاده کنند. شاخص رشد اقتصاد سبز، شاخصی است که عملکرد کشورها را در دستیابی به اهداف پایداری از جمله اهداف رسیدن به توسعه پایدار اندازه‌گیری می‌کند. جزییات نحوه‌ی محاسبه‌ی شاخص رشد اقتصاد سبز در بخش ۳-۲-۴ آورده شده‌است. به منظور محاسبه‌ی شاخص رشد اقتصاد سبز از روش تحلیل پوششی داده‌ها و مسیریابی غیرشعاعی استفاده شده‌است. تحلیل پوششی داده‌ها روشی غیرپارامتری در ارزیابی کارایی است که از روش برنامه‌ریزی خطی استفاده می‌کند. از آنجایی که در روش تحلیل پوششی داده‌ها یکی از ضرایب ورودی و یا خروجی‌ها را می‌توان محاسبه کرد، جهت محاسبه‌ی تمامی ضرایب لازم است از روش مسیریابی غیرشعاعی استفاده شود. به منظور بررسی اثر تجارت،

1. Fay

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، آموزش و تحقیق و توسعه بر شاخص رشد اقتصاد سبز از روش مدل اثرات ثابت استفاده شده‌است.

۴-۳. متغیرهای سیاستی

بهبود محیط زیست با رشد درآمد به صورت خودکار اتفاق نمی‌افتد بلکه به سیاست‌ها و نهادها بستگی دارد. رشد تولید ناخالص داخلی با افزایش تقاضا برای بهبود کیفیت محیطی، شرایط را برای بهبود محیط زیست ایجاد می‌کند و منابع را برای تأمین آن در دسترس قرار می‌دهد. اینکه بهبود کیفیت محیطی (یا کاهش تخریب) چه زمانی و چگونه محقق شود، به سیاست‌های دولت، نهادهای اجتماعی و کامل بودن و عملکرد بازارها بستگی دارد (پانایوتو، ۱۹۹۷).[1] به منظور بررسی تأثیر سیاست کشورها بر کیفیت محیط زیست تأثیر تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، رشد آموزش و رشد تحقیق و توسعه بر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصاد سبز و عملکرد محیط زیست بررسی شده‌است.

تجارت؛ رابطه بین آزادسازی تجاری، رشد اقتصادی و کیفیت محیطی در چند سال گذشته مورد توجه محققان و سیاست‌گذاران قرار گرفته است. مطالعات قبلی این رابطه را در سه دسته طبقه بندی کردند (گروسمن و کروگر، ۱۹۹۱)[2]. نوع اول اثر مقیاسی است که در آن باز بودن تجارت ممکن است مصرف داخلی و سطح تولید را تحریک کند و در نتیجه فعالیت اقتصادی را تسریع کند. نوع دوم اثرات فنی است که نشان می‌دهد آزادسازی تجارت فرصت‌های انتقال فناوری پیشرفته و تقویت مقررات زیست محیطی را فراهم می‌کند. نوع سوم، اثر ترکیب است که زمانی ظاهر می‌شود که به نظر می‌رسد تجارت تأثیری بر اصلاح ساختار اقتصادی کشور میزبان دارد.

1. Panayotou
2. Grossman and Krueger

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

سرمایه‌گذاری خارجی؛ لچومنان و کوداما (۲۰۰۰)[1] دریافتند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با استفاده از فناوری‌های پاک‌تر و محصولات سازگار با محیط زیست و فرآیندهای تولید، رفاه محیط زیست را بهبود می‌بخشد. همچنین دین و همکاران (۲۰۰۵)[2] مدعی شدند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به محیط زیست کشور میزبان سود می‌رساند. به صورت کلی تأثیر آن بستگی به نوع سیاست هر کشور و روابطش با کشورهای دیگر دارد.

آموزش و تحقیق و توسعه؛ آموزش از طریق پرورش نیروی انسانی و تغییر ساختار تولید از صنایع سرمایه‌بر (فیزیکی) به صنایع کاربر (انسانی) مانند وکیل، مشاور و معلم به رشد اقتصادی کمک می‌کند (دیسو و همکاران[3]، ۲۰۱۶)، به این تأثیر آموزش تأثیر ترکیبی می‌گویند. سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه می‌تواند از طریق تکنولوژی، افزایش کارایی، اتخاذ فناوری‌های پاک، استفاده از انرژی‌های پاک و تولید محصولات سازگار با محیط زیست به رشد اقتصاد سبز کمک کند. به این تأثیر تحقیق و توسعه تأثیر فنی می‌گویند (سندبرگ و همکاران[4]، ۲۰۱۹).

همچنین متغیرهای کنترل استفاده شده در بررسی اثر متغیرهای سیاستی بر شاخص‌های محیط زیست عبارتند از؛ رشد تولید ناخالص داخلی، نسبت صنایع ثانویه به تولید ناخالص داخلی برای کنترل ساختار اقتصادی (لین و ژو[5]، ۲۰۱۹)، نسبت تولید ناخالص داخلی به زمین جهت کنترل اثر مقیاس خروجی و نسبت هزینه‌های دولت به تولید ناخالص داخلی به منظور کنترل نقش دولت در اقتصاد هستند. بنابراین به منظور کنترل کیفیت محیط زیست توسط کشورها در حین رشد اقتصادی لازم است شاخص‌های محیط زیستی محاسبه شوند و سپس در راستای بهبود شاخص‌های محیط زیستی بررسی اثر اعمال برخی سیاست‌ها توسط دولت‌ها مانند تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، رشد آموزش و تحقیق و توسعه بر روی این شاخص‌ها حائز اهمیت است.

---

1. Letchumanan and Kodama
2. Dean et al.
3. Dissou et al.
4. Sandberg et al.
5. Lin and Zhu

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

۴. داده‌ها و روش انجام تحقیق

۴-۱. داده‌ها

در این قسمت در ابتدا در جدول ۱ توصیف آماری داده‌های مورد استفاده در محاسبه منحنی محیط زیست کوزنتس، شاخص عملکرد محیط زیست و شاخص رشد اقتصاد سبز بیان شده‌است. سپس در جدول ۲ توصیف آماری متغیرهای مستقل که تأثیر آن‌ها بر روی شاخص‌های محیط زیست بررسی خواهد شد تشریح شده‌است.

به منظور انجام محاسبات از داده‌های تابلویی[1] نامتوازن ۱۳۴ کشور از سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۸۰ استفاده شده‌است. برای آزمایش فرضیه‌ی کوزنتس از طریق روش اثرات ثابت، از داده‌های تولید ناخالص داخلی سرانه و دی‌اکسیدکربن سرانه که هر دو از سایت بانک جهانی[2] استخراج شده‌اند، استفاده شد. واحد تولید ناخالص داخلی سرانه، دلار ثابت ۲۰۱۰ آمریکا است، کمینه آن ۱۶۴/۳۳ مربوط به کشور اتیوپی و بیشنه‌ی آن ۱۱۶۲۳۳ برای امارت متحده عربی است. همچنین واحد دی‌اکسیدکربن سرانه کیلوتن است، جمهوری کنگو کمترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن سرانه را با عدد $۷/۲۸۰ \times ۱۰^{-۹}$ کیلوتن و کشور قطر بیشترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن را با عدد $۴/۱۴۴ \times ۱۰^{-۵}$ کیلوتن داشته‌اند.

به منظور محاسبه شاخص عملکرد محیط زیست و شاخص رشد اقتصاد سبز از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است. به این منظور از داده‌های مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی و دی‌اکسیدکربن استفاده می‌شود. مصرف انرژی به عنوان نماینده‌ی استفاده از منابع طبیعی (ورودی) است که داده‌های مربوط به آن از سایت آژانس بین‌المللی انرژی[3] استخراج می‌شود و واحد آن کیلوتن معادل نفت است. تولید ناخالص داخلی حقیقی بیانگر رشد اقتصادی (خروجی مطلوب) است که ایالت متحده آمریکا بیشترین رشد اقتصادی را با عدد $۱/۷۹۱ \times ۱۰^{۱۳}$ دلار ثابت ۲۰۱۰

1. Panel data
2. The World Bank
3. The International Energy Agency

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

آمریکا و کشور اریتره کمترین رشد اقتصادی را با عدد $۸/۸۵۵ \times ۱۰^{۸}$ داشته‌اند. دی‌اکسیدکربن با واحد کیلوتن نماینده‌ی چگونگی رفتار با محیط زیست است، کمینه‌ی آن مربوط به جزیره‌ی هائیتی و بیشنیه‌ی آن بین ۱۳۴ کشور مربوط به کشور چین بوده است.

جدول ۱ توصیف آماری داده‌های مورد استفاده در محاسبه منحنی محیط زیست کوزنتس، شاخص عملکرد محیط زیست و شاخص رشد اقتصاد سبز را نشان می‌دهد.

جدول ۱. داده‌های مورد استفاده برای محاسبه شاخص‌های محیط زیست برای ۱۳۴ کشور از سال ۲۰۱۸-۱۹۸۰

متغیرها	(بیشینه-کمینه) انحراف معیار± میانگین
دی‌اکسیدکربن سرانه (کیلو تن)	$(۱۰^{-۵} \times ۴/۱۴۴ - ۱۰^{-۹} \times ۷/۲۸۰) ۱۰^{-۶} \times ۵/۴۰۲ \pm ۱۰^{-۶} \times ۴/۷۸۵$
تولید ناخالص داخلی سرانه (دلار ثابت ۲۰۱۰ آمریکا)	(۱۶۴/۱۱۶۲۳۳-۳۳) ۱۸۰۱۰/۵ ± ۱۳۵۳۰/۳
دی‌اکسیدکربن (کیلو تن)	(۰/۱۸۹ -۹۵۷۰/۸۰۷) ۶۹۴/۹۳ ± ۱۸۳/۶۹۴
تولید ناخالص داخلی (دلار ثابت ۲۰۱۰ آمریکا)	$(۱۰^{۱۳} \times ۱/۷۹۱ - ۱۰^{۸} \times ۸/۸۵۵) ۱۰^{۱۲} \times ۱/۳۴۹ \pm ۱۰^{۱۱} \times ۴/۰۹۶$
مصرف نهایی انرژی (کیلوتن معادل نفت)	(۰/۱۳-۲۰۵۷/۶۷) ۱۷۶/۵۶۷ ± ۵۴/۴۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

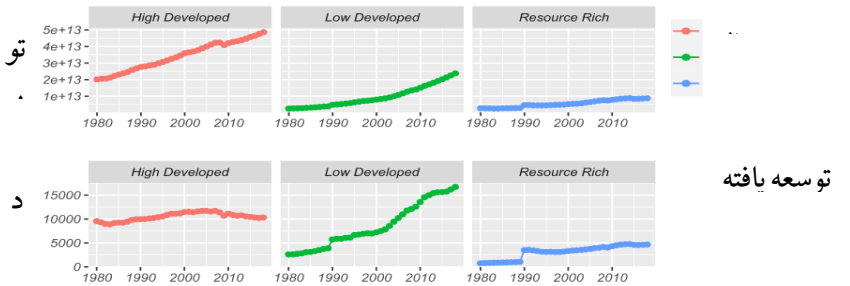
نمودار ۱ روند متغیرهای اصلی شامل تولید ناخالص داخلی و دی‌اکسیدکربن را براساس سطح توسعه‌یافتگی کشورها و میزان بهره‌مندی آن‌ها از منابع طبیعی نشان می‌دهد. در نمودار۱، بالا، روند تغییرات تولید ناخالص داخلی و نمودار ۱، پایین، روند تغییرات دی‌اکسیدکربن طی سال‌های ۱۹۸۰-۲۰۱۸ برای ۱۳۴ کشور نشان داده شده‌است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود در کشورهای درحال توسعه (نمودار سبز) و غنی از منابع طبیعی (نمودار آبی) با افزایش تولید ناخالص داخلی، انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش و در کشورهای توسعه‌یافته (نمودار قرمز) با افزایش سطح توسعه‌یافتگی کاهش می‌یابد. از آنجایی که

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

با افزایش سطح توسعه‌یافتگی میزان انتشار کربن‌دی‌اکسید کاهش می‌یابد، این مشاهدات فرضیه‌ی منحنی زیست محیطی کوزنتس را تأیید می‌کنند.



نمودار ۱. میزان انتشار دی‌اکسیدکربن و میزان تولید ناخالص داخل از ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸
برای ۱۳۴ کشور براساس سطح توسعه‌یافتگی
مأخذ: یافته‌های پژوهش

به منظور بررسی تأثیر سیاست‌های اقتصادی کشورها بر روی میزان انتشار دی‌اکسیدکربن و کیفیت محیط زیست از داده‌های تجارت (درصد مجموع صادرات و واردات از تولید ناخالص داخلی)، درصد سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از تولید ناخالص داخلی، درصد هزینه‌های تحقیق و توسعه از تولید ناخالص داخلی که هر سه داده از بانک جهانی استخراج شده‌اند و شاخص آموزش که از سایت سازمان ملل متحد[1] استخراج شده استفاده شده‌است. تجارت در کشور عراق کمترین سهم از درآمد (تولید ناخالص داخلی) این کشور بوده، درحالی که هنگ کنگ در مقایسه با سایر ۱۳۴ کشور بیشترین سهم را داشته است. در مورد سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی کمترین درصد سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از تولید ناخالص داخلی مربوط به کشور لوکزامبورگ در سال ۲۰۰۷ و بیشترین آن متعلق به کشور مالتا در سال ۲۰۰۷ بوده است. بیشترین مخارج تولید ناخالص داخلی برای تحقیق و توسعه با نسبت ۴/۹۵۲ مربوط به کشور اسرائیل در سال ۲۰۱۸ و کمترین آن با نسبت ۰/۰۰۵۴ در سال ۲۰۰۲ در کشور زامبیا بوده است. شاخص آموزش، جزیی از شاخص

1. United Nations Environment Program

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

توسعه انسانی است که هر ساله توسط برنامه توسعه سازمان ملل منتشر می‌شود. این شاخص با ترکیب میانگین سال‌های تحصیل برای بزرگسالان با سال‌های مورد انتظار مدرسه برای کودکان اندازه‌گیری شده که هر کدام ۵۰ درصد وزن دریافت می‌کنند. کشور نیگر کمترین شاخص آموزش را در سال ۲۰۰۰ و کشور کیپروس بیشترین شاخص آموزش را در سال ۱۹۹۰ داشته‌اند. توصیف آماری این داده‌ها در جدول ۲ بیان شده‌است.

جدول ۲. توصیف آماری متغیرهای مستقل برای ۱۳۴ کشور از سال ۲۰۱۸-۱۹۸۰

متغیرها	(بیشینه-کمینه) انحراف معیار± میانگین
تراکم جمعیت (جمعیت در هر کیلومتر مربع)	۲۱۹/۸۱ ± ۷۸۹/۳۴ (۱/۲۳۷-۷۹۵۲/۹۹۹)
رشد تولید ناخالص داخلی سرانه (درصد از تولید ناخالص داخلی)	۱۰۱/۷۳۵ ± ۵/۹۲۲(-۴/۹۶ -۱۷۹/۶۵)
نسبت تولید به زمین (دلار ثابت ۲۰۱۰ آمریکا/ کیلومتر مربع)	۴۹۱/۵۸ ± ۲۷۴۵/۷۴۲ (۰/۴۷۱۱۴-۲۰/۰۴)
تجارت (درصد از تولید ناخالص داخلی)	۸۰/۳۹۱ ± ۵۳/۶۳۵ (۰/۴۴۲-۰۲۱/۶۲۰)
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (درصد از تولید ناخالص داخلی)	۴/۰۶۲ ± ۱۴/۴۱۸ (-۵۸/۴۴۹-۳۲۲/۰۸۲)
آموزش (سال)	۰/۶۲۹ ± ۰/۵۶۶ (۰/۳۳-۱۱۶/۰۰۰)
تحقیق و توسعه (درصد از تولید ناخالص داخلی)	۰/۹۸۹ ± ۰/۹۵۴ (۰/۴-۰۰۵۴/۹۵۲)
صنایع ثانویه (درصد از تولید ناخالص داخلی)	۱۵/۲۵۹ ± ۵/۶۴۹ (۱/۳۹-۷۹۶/۹۱۳)
هزینه‌های دولت (درصد از تولید ناخالص داخلی)	۲۷/۳۶۰ ± ۱۲/۰۶۰ (۱۷/۹۸-۱۵۰/۴۸۰)

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۲-۴. روش انجام تحقیق

در این بخش به تفصیل در ابتدا روش محاسبه منحنی محیط زیست کوزنتس، شاخص عملکرد محیط زیست و شاخص رشد اقتصاد سبز و سپس روش بررسی تأثیر متغیرهای تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، آموزش و تحقیق و توسعه شرح داده می‌شود.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

۱-۲-۴. منحنی محیط زیست کوزنتس

برای استخراج و آزمون فرضیه منحنی محیط زیست کوزنتس، از مقاله پانایوتو (۱۹۹۷) استفاده شد که در این مقاله رابطه درآمد- محیط زیست و تأثیر سیاست‌های دولت بر روی این رابطه، برای داده‌های پانل ۳۰ کشور از طریق فرضیه منحنی محیط زیست کوزنتس بررسی شده‌است. بدین منظور، در این مطالعه نیز از داده‌های متنوعی به صورت تجمیعی (به صورت درجه اول، دوم و سوم) با این تفاوت که فرضیه منحنی محیط زیست کوزنتس برای ۱۳۴ کشور بررسی و تأثیر سیاست‌های متفاوتی بر روی انتشار دی‌اکسیدکربن لحاظ می‌شود استفاده شده‌است. در معادله‌ی (۱) $i=1,\ldots,N$ نشان دهنده‌ی کشورهاست، $t=1,\ldots,T$ به بازه‌ی زمانی اشاره می‌کند و ε_{it} عبارت خطا است. معادله(۱) فرض می‌کند که انتشار دی‌اکسیدکربن سرانه ($CO2it$) می‌تواند تحت تأثیر تولید ناخالص داخلی سرانه ($GDPcait$)، مجذور نرخ رشد تولید ناخالص داخلی سرانه ($GDPca2it$) و مکعب نرخ رشد تولید ناخالص داخلی سرانه ($GDPca3it$) قرار گیرد. $TIMEt$ نشانگر اثر ثابت زمان است، درواقع کنترل‌کننده‌ی اثرات متغیرهایی است که در طول زمان بر متغیر وابسته تأثیر می‌گذارند اما در مدل قابل مشاهده نیستند.

$$CO2_{it}=a_1 GDPca_{it}+ a_2 GDPca^2{}_{it}+ a_3 GDPca^3{}_{it}+TIME_t+\varepsilon_{it} \qquad (۱)$$

در معادله‌ی (۲) تراکم جمعیت ($POPD_{it}$)، رشد درآمد سرانه (Gr_{it}) و سیاست‌ها وارد مدل شد. البته تأثیر تراکم جمعیت بر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن نامعلوم است. از یک سو، افراد بیشتری در هر کیلومتر مربع در نتیجه استفاده از زغال سنگ و سوخت‌های غیرتجاری در پخت و پز و گرمایش، منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر در هر کیلومتر مربع می‌شود که به طور کامل در مقیاس فعالیت‌های اقتصادی رسمی ثبت نمی‌شود. از سوی دیگر، کشورهای پرجمعیت احتمالا بیشتر از کشورهای کم جمعیت نگران کاهش دی‌اکسیدکربن در هر سطح از درآمد هستند

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

(پانایوتو،۱۹۹۷).[1] انتظار می‌رود که نرخ رشد سریع‌تر منجر به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن ($CO2_{it}$) محیط زیست شود؛ زیرا مقیاس اقتصاد گسترش می‌یابد و با افزایش درآمد سرانه، بهبود کمی در کیفیت محیط زیست کاهش می‌یابد.

کشورهایی با سطح درآمد یکسان ممکن است آگاهانه سیاست‌های محیط زیستی کم و بیش سخت گیرانه‌ای را اتخاذ کنند. به همین دلیل در کنار درآمد سرانه لازم است که سیاست‌ها را هم وارد مدل کرد.

$$Co2_{it}=a_1 GDPca_{it}+ a_2 GDPca^2_{it}+ a_3\ GDPca^3_{it}+ a_4 POPD_{it}+ a_5 POPD^2_{it}+ a_6 POPD^3_{it}+ a_7 Gr_{it}+a_8 Gr_{it} G_{it}+a_9 Trade_{it}+a_{10} FDI_{it}+a_{11} RD_{it}+ a_{12} ED_{it}+TIME_t+\varepsilon_{it} \quad (۲)$$

معادله‌ی (۲) مدل کلی منحنی محیط زیست کوزنتس است که شامل تمامی متغیرهایی است که قرار است تأثیر آن‌ها بر روی منحنی محیط زیست کوزنتس و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن محاسبه شود.

۲-۲-۴. شاخص عملکرد محیط زیست

در این بخش به تفصیل روش محاسبه شاخص عملکرد محیط زیست پرداخته شده‌است که به منظور محاسبه این شاخص از روش مورد استفاده در مطالعه هالکوس و ترمز (۲۰۰۹)[2] که رابطه شاخص عملکرد محیط زیست و منحنی محیط زیست کوزنتس در کشور چین بررسی کرده‌اند، استفاده شده‌است. بنابراین تفسیر روش محاسبه شاخص عملکرد محیط زیست به شرح زیر است:

براساس مطالعه شفارد (۱۹۷۰)[3]، دسترسی محدود خروجی‌ها به این معنی است که امکان کاهش نسبت خروجی‌ها وجود دارد. به عبارت دیگر، بنگاه‌ها می‌توانند خروجی نامطلوب را با کاهش سطح فعالیت محدود کنند. در این پژوهش فرض شده‌است دسترسی به مجموعه خروجی‌ها محدود و ورودی قابل دسترس است.

1. Panayotou.
2. Halkos &Tzeremes
3. Shepard

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

فرض می‌کنیم P(X) به عنوان مجموعه خروجی محیط زیست می‌تواند باشد اگر:

۱. $(Y,U)\in P(X)$ و $0<\theta<1$ سپس $(\theta Y, \theta U)\in P(X)$.

۲. $(Y,U)\in P(X)$، $U=0$ دلالت دارد که $Y=0$ است.

فرض دسترسی ضعیف دلالت براین دارد که کاهش خروجی‌های نامطلوب پرهزینه است و بنابراین کاهش خروجی‌های نامطلوب را می‌توان تنها با کاهش همزمان خروجی‌های مطلوب به دست آورد. علاوه بر این، این فرض نشان می‌دهد خروجی‌های مطلوب با خروجی‌های نامطلوب دارای اتصال تهی[1] هستند، یعنی این که خروجی‌های نامطلوب توسط فرآیند تولید در هنگام تولید خروجی‌های مطلوب هستند. به منظور فرموله کردن فناوری محیط زیست، از چارچوب تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌شود.

اگر $k=1,\ldots,K$ تعداد کشورها باشد، آنگاه تولید یا بازده محیط زیست به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$P(X) = \{(Y\ U): \sum_1^k Z_k Y_{km} \geq Y_m\}\ ,\ m=1,\ldots,M,$$
$$\sum_1^k Z_k U_{kj} = U_j\ ,\ j = 1\ \ldots\ J \qquad (۳)$$
$$\sum_1^k Z_k X_{kn} \leq X_j\ ,\ n=1,\ldots,N,$$
$$Z_k \geq 0,\ k=1,..,K\ \}$$

Z_k , $k=1,..,K$ متغیرهای شدت را نشان می‌دهد که منفی نیستند و دلالت بر بازگشت ثابت به مقیاس دارند. نابرابری در خروجی‌های مطلوب و برابری در خروجی‌های نامطلوب کمک می‌کند تا فرضیه دسترسی محدود و تنها دسترسی قوی خروجی‌های مطلوب تحمیل شود. با این حال، عدم اشتراک با محدودیت‌های زیر بر خروجی‌های نامطلوب تحمیل می‌شود:

$$\sum_{k=1}^k U_{kj} > 0\ ,\ j=1,\ldots,J, \qquad (۴)$$
$$\sum_{j=1}^j U_{kj} > 0\ ,\ k=1,\ldots,K$$

1. Null-joint

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

علاوه بر این، از رویکرد تابع فاصله جهت دار مانند گروسکوپف و همکاران (۱۹۹۷)[1] استفاده می‌شود تا بتوان خروجی‌های نامطلوب را کاهش و خروجی‌های مطلوب را گسترش داد. برای اینکه بتوان مدل کرد، در تنظیم تابع فاصله جهتی از بردار جهت استفاده شد که در آن $g=(g_y,-g_u)$؛ به طوری که $g_y=1$ و $g_u= -1$ است. سپس امتیاز کارایی برای هر K' واحد تصمیم‌گیری (همان‌طور که قبلا اشاره شده‌است هر واحد تصمیم‌گیری یک کشور هست) را می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد:

$$\vec{D}_0(X^{k'},Y^{k'},U^{k'})=\text{Max } \beta \qquad (۵)$$
$$\text{s.t.}(Y^{k'}+\beta_{g_y}\ ,\ U^{k'}-\beta_{g_u})$$

بنابراین برنامه خطی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\vec{D}_0(X^{k`},Y^{k`},U^{k`})=\text{Max } \beta$$
$$\text{s.t.} \quad \sum_1^k Z_k Y_{km} \geq Y_m(1+\beta_y)\ ,\ m=1,\ldots,M,$$
$$\sum_1^k Z_k U_{kj} = U_j(1-\beta_u)\ ,\ j=1,\ldots,J, \qquad (۶)$$
$$\sum_1^k Z_k X_{kn} \leq X_j\ ,\ n=1,\ldots,N,$$

در معادله‌ی (۶)، Y بیانگر خروجی مطلوب است که در این مطالعه همان تولید ناخالص داخلی می‌باشد، U بیانگر خروجی نامطلوب است که همان دی‌اکسیدکربن است و X میزان مصرف انرژی در نتیجه‌ی تولید دی‌اکسیدکربن و تولید ناخالص داخلی است. B_y، β_u و Z_k ضرایب مجهولی هستند که تخمین زده می‌شوند.

با توجه به اینکه از امتیاز کارایی به‌دست‌آمده در تحلیل مرحله دوم استفاده شد، امتیاز (درجه) کارایی به‌دست‌آمده بر حسب تابع فاصله خروجی شفارد محاسبه شد. طبق مطالعه

1. Grosskopf et al.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

گروسکوپف و همکاران (۱۹۹۷)[1] تابع فاصله خروجی شفارد یک مورد خاص از تابع فاصله جهت‌دار است و می‌تواند به صورت زیر محاسبه شود:

$$D_0(X,Y,U)=1/\left(1+\overrightarrow{D_0}(X^k,Y^k,U^k;Y^k,U^k)\right) \quad (۷)$$

پس از استخراج شاخص عملکرد محیط زیست به عوامل تأثیرگذار بر آن پرداخته شده‌است. در معادله (۸)، EPI_{it} نشانگر شاخص عملکرد محیط زیست برای کشور i در سال t است. $EPI_{i,t-1}$ وقفه‌ی زمانی شاخص عملکرد محیط زیست است، چراکه عملکرد محیط زیست در دوره‌ی قبل تأثیری پویا بر عملکرد فعلی دارد. متغیرهای Trade، FDI، ED و RD به ترتیب نشانگر متغیرهای تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، رشد آموزش و یا رشد تحقیق وتوسعه است. نتایج تحقیق و توسعه تا رسیدن به مرحله‌ی کاربردی و تأثیر آن بر عملکرد محیط زیست با یک وقفه‌ی زمانی همراه است. بنابراین از داده‌های سال قبل $(t-1)$ تحقیق و توسعه جهت تخمین تأثیر آن بر عملکرد محیط زیست سال حاضر استفاده شد. $\mathbf{X}_{it}$ بیانگر بردار متغیرهای کنترلی شامل هزینه‌های دولت، صنایع ثانویه و نسبت تولید به زمین است و α_i نشانگر اثرات ثابت کشوری است. در واقع α_i بیانگر اثر تمامی عواملی است که به صورت مقطعی بر EPI_{it} اثر می‌گذارند اما اثر این عوامل در طول زمان ثابت است. θ، γ_1 تا γ_4 و بردار $\boldsymbol{\beta}$ ضرایبی هستند که برآورد می‌شوند. $TIME_t$ نشانگر اثر ثابت زمان است و در واقع کنترل کننده‌ی اثرات متغیرهایی است که در طول زمان بر متغیر وابسته تأثیر می‌گذارند اما در مدل بررسی نمی‌شوند و ε_{it} جز تصادفی است.

$$EPI_{it}=\alpha_i+\theta EPI_{i,t-1}+\gamma_1 Trade_{it}+\gamma_{2\,10} FDI_{it}+\gamma_3 ED_{it}+\gamma_4 RD_{it-1}+X'_{it}\beta+TIME_t+\varepsilon_{it} \quad (۸)$$

۳-۲-۴. شاخص رشد اقتصاد سبز

براساس مطالعه مقصودی (۱۳۹۹) که تأثیر آموزش و تحقیق و توسعه بر شاخص رشد اقتصاد سبز برای ۱۳۴ کشور بررسی شده‌است،[1] شاخص عملکرد اقتصاد سبز را می‌توان از روش تحلیل

1. Grosskopf et al.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

پوششی داده‌ها محاسبه کرد و در این راستا توضیح روش تحلیل پوششی داده‌ها نیاز است تا مجموعه‌ی امکانات تولید با شرایط زیر تعریف شود:

۱. واحدهای تصمیم‌گیری عضو مجموعه امکانات تولید هستند.

۲. اگر واحد تصمیم‌گیری $(E,Y,C) \in R^E \times R^n \times R^p$ عضو مجموعه امکانات تولید باشد آنگاه به ازای هر $0 \leq H \leq 1$ واحدهای تصمیم‌گیری $H(E,Y,C)=(HE,HY,HC)$ عضو مجموعه امکانات تولید خواهند بود.

۳. هرترکیب محدبی از واحدهای تصمیم‌گیری عضو مجموعه امکانات تولید است.

کوچک‌ترین مجموعه‌ای که در اصول ۱ تا ۳ صدق می‌کند برابر است با:

$$T_c= \{(E,Y,C) \in R^m \times R^n \times R^p | \sum H_k E_k \leq E_0, \sum H_k Y_k \leq Y_0, \sum H_k C_k \leq C_0 \} \quad (۹)$$

تحلیل پوششی داده‌ها روشی است که می‌توان از آن برای به‌دست آوردن یکی از ضرایب H_E و H_C و H_G استفاده کرد. برای به‌دست آوردن مقدار بهینه تمامی ضرایب از رو ش مسیریابی غیرشعاعی استفاده شد.

با توجه به یافته‌های جو و همکاران (۲۰۱۲) می‌توان روش غیرشعاعی را به صورت زیر تعریف کرد:

$$\overrightarrow{NNDF}(E,G,C,g)=\sup\{W^T\beta:[(E,G,C)+g.diag(\beta)] \in T_c\} \quad (۱۰)$$

بردار $\overrightarrow{NNDF}$ متغیرها را با توجه به جهت آن‌ها (کاهشی یا افزایشی) بهینه‌یابی می‌کند. $g=(g_E,g_G,g_C)$ بردار جهت بوده و نشان‌گر جهت گسترش ورودی، خروجی مطلوب و خروجی نامطلوب است. $W=(W_E, W_Y, W_C)^T$ بردار وزن‌ها و نشانگر وزن وردی‌ها و خروجی‌ها و

---

۱. تفاوت این قسمت با مطالعه مقصودی (۱۳۹۹) این است که در این مطالعه تاثیر تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نیز بر شاخص رشد اقتصاد سبز تحلیل می‌شود.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

$\beta=(\beta_E, \beta_Y, \beta_C)^T \geq 0$ نشانگر مقیاس نسبی ورودی‌ها و خروجی‌ها است. نشانگر ماتریس قطری β است:

$$\text{diag}(\beta)=\begin{bmatrix}\beta_E & 0 & 0\\ 0 & \beta_G & 0\\ 0 & 0 & \beta_c\end{bmatrix}$$

با توجه به تعریف تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی خطی می‌توان مقدار NNDF را به دست آورد:

$$\overrightarrow{NNDF}(E^k,Y^k,C^k;g)= \text{Max}\ \tfrac{1}{3}\beta_E+\tfrac{1}{3}\beta c+\tfrac{1}{3}\beta_Y \qquad (۱۱)$$

$$\text{s.t}\ \sum_1^k H_k E_{kt}\leq E(1-\beta_E)$$
$$\sum_1^k H_k Y_{kt}\geq Y(1+\beta_Y)$$
$$\sum_1^k H_k C_{kt}=X(1-\beta_C)$$

با استفاده از ضرایب به دست آمده از برنامه‌ریزی خطی فوق ابتدا مقدار شاخص عملکرد اقتصاد سبز را به دست می‌آید:

$$GEPI_{it}=\frac{\frac{1}{2}\left(1-B_{E_{it}}\right)+\frac{1}{2}(1-Bc_{it})}{\frac{1}{2}\left(1+B_{Y_{it}}\right)} \qquad (۱۲)$$

و سپس با استفاده از مقدار به دست آمده از رابطه (۱۲) مقدار شاخص رشد اقتصاد سبز به صورت زیر به دست می‌آید:

$$GEGI_{it}=\frac{GEPI_{it}-GEPI_{i,t-1}}{GEPI_{i,t-1}} \qquad (۱۳)$$

پس از استخراج شاخص رشد اقتصاد سبز از معادله‌ی (۱۳) عوامل تأثیرگذار بر آن بررسی می‌شود. بدین منظور معادله رگرسیون مشابهی همانند معادله (۸) تصریح شد، با این تفاوت که این‌بار متغیر وابسته شاخص رشد اقتصاد سبز ($GEGI_{it}$) است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

۵. نتایج برآورد مدل‌ها

در این بخش به تفصیل نتایج حاصل از محاسبه‌ی شاخص‌های منحنی محیط زیستی کوزنتس، شاخص عملکرد محیط زیست و شاخص رشد اقتصاد سبز و تأثیر متغیرهای تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، آموزش و تحقیق و توسعه بر روی هر یک از سه شاخص بررسی شده‌است.

۵-۱. منحنی محیط زیست کوزنتس

نتایج مدل رگرسیون داده‌های تابلویی مدل‌های منحنی محیط زیست کوزنتس، که شرح آن در بخش ۱-۲-۴ رفت، در جدول ۳ گزارش شده‌است. در این جدول مدل‌ها از دو روش مدل اثرات ثابت و اثرات تصادفی محاسبه و نتایج آزمون هاسمن گزارش شده‌است. در همه‌ی مدل‌ها معناداری آماری آزمون کوچکتر از ۵ درصد است و به این معنی است که مدل اثرات ثابت جهت تخمین مدل‌ها مناسب‌تر است. ستون اول جدول ۱ نتایج مدل (۱) را نشان می‌دهد. ضرایب درآمد سرانه با توان‌های مختلف در سطح یک درصد از نظر آماری معنی‌دار هستند و دارای نشانه‌های مورد انتظار هستند که نشان‌دهنده وجود یک رابطه یو شکل معکوس (∩) بین دی‌اکسیدکربن و درآمد سرانه در محدوده داده‌های درآمدی است.

ستون‌های (۲) تا (۴) جدول ضرایب مختلف مدل (۲) را نشان می‌دهند. به طور کلی طبق زمانی که تمامی متغیرها وارد مدل می‌شوند نتایج تأثیر سیاست‌های خارجی، شامل دو متغیر تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، متفاوت می‌شود. برای بررسی حساسیت مدل، در ستون (۲) فقط متغیرهای تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و در ستون (۳) متغیرهای آموزش و تحقیق و توسعه مورد توجه است. در ستون (۴) تمامی متغیرها همزمان وارد معادله (۲) می‌شوند. مقایسه ضرایب ستون‌های (۲) و (۳) با (۴) نشان می‌دهد که با حضور تمامی متغیرهای کنترلی تجارت و سرمایه‌خارجی تأثیر مثبت خود را حفظ کرده‌اند و اندازه ضرایب آن‌ها افزایش یافته است. اما رشد آموزش و رشد تحقیق و توسعه همچنان از نظر آماری معنادار

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

نیستند. یعنی در ستون (۴) تجارت در سطح یک درصد معنادار می‌شود و تأثیر بیشتری بر روی شاخص کوزنتس می‌گذارد و در عین حال ضریب آن نیز بزرگ‌تر شده است، از ۱/۹۱ درصد افزایش در انتشار دی‌اکسیدکربن نسب به میانگین خود به ۷/۷۸ درصد تبدیل شده است که منجر به افزایش بیشتری در تولید دی‌اکسیدکربن می‌شود.[۱] در عین حال، ضریب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نیز بزرگ‌تر شده است و به جای ۰/۸۴ درصد در ستون (۱) به ۱/۰۰۵ درصد در ستون (۴) افزایش یافته است. بنابراین همان‌طور که در این مطالعه تجارت و سرمایه گذاری مستقیم خارجی باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در تمامی ۱۳۴ کشور می‌شوند، در مطالعه حکیمیا و حمدی (۲۰۱۶) نیز تجارت تأثیر منفی بر کیفیت محیط زیست داشته است. در حالی که طبق مطالعه دین و همکاران (۲۰۰۵) سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی باعث بهبود کیفیت محیط زیست می‌شود.

۱. به منظور محاسبه تاثیر متغیرهای سیاستی بر میزان انتشار دی اکسید کربن در منحنی محیط زیست کوزنتس، از لگاریتم داده‌های تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و برای دی اکسید کربن از روش کسر داده‌ها از میانگین استفاده شد که در ابتدا از آن لگاریتم گرفته و سپس از میانگین لگاریتم آن کسر گردید. بنابراین به منظور تفسیر ضرایب، نمایی ضرایب داده‌ها را از یک کم و در ۱۰۰ ضرب گردید ($۱۰۰\times(۱-e^{\beta})$). به عنوان مثال، عدد ۱/۹۱ که برای ضریب تجارت به دست آمده است به این معنی است که اگر تجارت سرانه یک درصد نسبت به تولید ناخالص داخلی افزایش یابد، منجر به ۱/۹۱ درصد (بیش از یک درصد) افزایش در دی اکسید کربن می‌شود.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

جدول ۳. نتایج برازش اثرات ثابت بر دی‌اکسیدکربن: منحنی محیط زیست کوزنتس

متغیرها	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
درآمد سرانه	۰/۲۵۱***	۰/۳۶۴***	۰/۵۲۵***	۰/۴۹۳***
	(۰/۰۲۲)	(۰/۰۲۷)	(۰/۰۲۲)	(۰/۰۵۳)
(درآمد سرانه)[۲]	−۰/۱۵۵***	−۰/۱۳۶***	−۰/۰۷۸***	−۰/۰۹۴***
	(۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۹)	(۰/۰۲۲)	(۰/۰۲۳)
(درآمد سرانه) [۳]	−۰/۰۱۵***	−۰/۰۱۰***	−۰/۰۰۴	−۰/۰۰۸
	(۰/۰۰۲)	(۰/۰۰۲)	(۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۵)
تراکم جمعیت	–	۰/۵۱۲***	۰/۱۲۹•	۰/۲۵۷**
		(۰/۳۸۴)	(۰/۲۷۱)	(۰/۰۹۵)
(تراکم جمعیت)[۲]	–	−۰/۰۳۴***	−۰/۱۱۱***	−۰/۱۱۱***
		(۰/۰۰۸)	(۰/۲۱۶)	(۰/۰۲۱)
(تراکم جمعیت)[۳]	–	−۰/۰۰۳*	−۰/۰۰۵	۰/۰۰۲
		(۰/۰۰۱)	(۰/۰۰۳)	(۰/۰۰۳)
رشد تولید ناخالص داخلی	–	−۰/۰۰۷	۰/۲۳۸	−۰/۰۷۹
		(۰/۰۶۰)	(۰/۱۲۳)	(۰/۱۳۶)
تجارت	–	۰/۰۱۹	–	۰/۰۷۵**
		(۰/۰۱۱)		(۰/۰۲۷)
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	–	۰/۰۰۸**	–	۰/۰۱۰*
		(۰/۰۰۳)		(۰/۰۰۴)
رشد آموزش	–	–	−۰/۰۰۰۵	−۰/۰۰۰۵
			(۰/۰۰۱)	(۰/۰۰۲۰)
رشد تحقیق و توسعه	–	–	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۶
			(۰/۰۰۰۰۶)	(۰/۰۰۰۰۶)
آزمون هاسمن	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
نتایج آزمون گلدفلد و کوانت	۰/۶۹۶	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۱۶

توجه: اعداد داخل پارانتز نشانگر خطای استاندارد مستحکم گروهی هستند. ستاره‌ها نشانگر معناداری ضرایب در ۱۰ درصد (●)، ۵ درصد (*)، یک درصد (**) و ۰/۱ درصد (***).

مأخذ: یافته‌های پژوهش

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

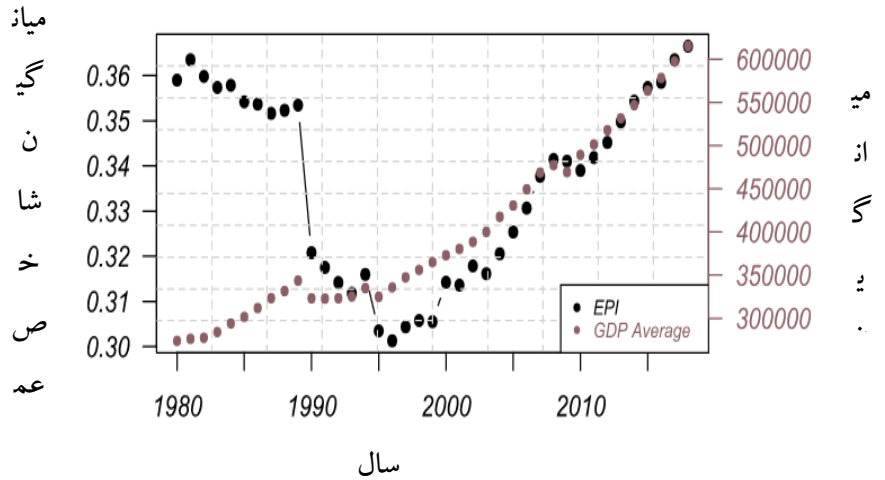
۲-۵. شاخص عملکرد محیط زیست

در مرحله‌ی بعد با استفاده از معادله (۷) و داده‌های تولید ناخالص داخلی، دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی، شاخص عملکرد محیط زیست را برای ۱۳۴ کشور برای سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۸۰ به‌دست‌می‌آید. نمودار ۲، منحنی سیاه‌رنگ (EPI)، نشانگر تغییرات میانگین عملکرد محیط زیست طی ۳۹ سال است که میانگین عملکرد محیط زیست ابتدا دارای روند نزولی و سپس صعودی است که این روند تأیید کننده فرضیه زیست محیطی کوزنتس است. برای توضیح دقیق‌تر جهت تأیید فرضیه‌ی منحنی محیط زیست کوزنتس توسط شاخص عملکرد محیط زیست، در نمودار ۲، منحنی قهوه‌ای رنگ (GDP Average)، مقایسه‌ی روند میانگین تغییرات تولید ناخالص داخلی که بیانگر تغییرات درآمد کشورها است طی ۳۹ سال از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ آورده شده است.

همان‌طور که نمایان است در سال‌های اولیه با افزایش درآمد کشورها، شاخص عملکرد محیط زیست روند نزولی داشته است و به این معنا است که در مراحل ابتدایی توسعه‌یافتگی تمرکز کشورها فقط تولید بیشتر و افزایش درآمد است که به همین دلیل توجهی به محیط زیست نداشته‌اند و وارد شدن بیش از اندازه‌ی آلاینده‌ها به محیط زیست، آسیب‌های شدیدی به آن وارد می‌کنند. تقریباً از سال ۱۹۹۵ و رسیدن به سطح مشخصی از درآمد و توسعه‌یافتگی، درکنار افزایش درآمد به دنبال راه‌هایی در راستای کاهش آلایندگی و تخریب محیط زیست هستند و لذا عملکرد کشورها در کنترل کیفیت محیط زیست همزمان با رشد اقتصادی بهبود می‌یابد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]



نمودار ۲. مقایسه روند میانگین شاخص عملکرد محیط زیست و درآمد سرانه
برای ۱۳۴ کشور از سال ۱۹۸۰-۲۰۱۸
مأخذ: یافته‌های پژوهش

پس از استخراج شاخص عملکرد محیط زیست از معادله‌ی (۷) در بخش ۲-۲-۴ به عوامل تأثیرگذار بر آن پرداخته شده‌است. بدین منظور معادله رگرسیون معادله (۸) در بخش ۲-۲-۴ تصریح شد. با توجه به نتایج آزمون هاسمن و کوچکتر از ۵ درصد بودن معناداری آزمون در جدول ۴، مدل اثرات ثابت جهت تخمین مدل‌ها انتخاب شد. ستون (۱) در جدول ۴ تأثیر آموزش و تحقیق و توسعه را بدون متغیرهای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تجارت گزارش می‌کند در این ستون رشد آموزش در سطح ۵ درصد تأثیر مثبت و معنادار بر عملکرد محیط زیست دارد، به‌طوری که اگر شاخص رشد آموزش یک واحد بیشتر شود شاخص عملکرد محیط زیست ۰/۰۶۱ واحد افزایش می‌یابد. رشد تحقیق و توسعه تأثیر معنادار بر شاخص عملکرد محیط زیست ندارد. ستون (۲) در جدول ۴ تأثیر تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را بدون رشد آموزش و تحقیق و توسعه بررسی می‌کند. تجارت (آزادسازی تجاری) در سطح یک درصد تأثیر مثبت و معنادار بر عملکرد محیط زیست دارد و با افزایش یک واحد درصد تجارت از تولید ناخالص

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

داخلی، شاخص عملکرد محیط زیست ۰/۰۰۰۰۷۶ واحد افزایش می‌یابد. این نتیجه به این دلیل می‌تواند باشد که آزادسازی تجاری منجر به افزایش رفاه ناشی از تخصیص بهتر منابع داخلی می‌شود، به این معنی که انتقال دانش و فناوری را تسهیل می‌کند و صنایع قدیمی و آلاینده به صنایع پاک تبدیل می‌شوند. ستون آخر تأثیر همه‌ی متغیرها به طور همزمان بر عملکرد محیط زیست بررسی شده است. همانند نتایج مطالعه نظری و همکاران (۱۴۰۲) و مطالعه زی و وو (۲۰۲۱) که به ترتیب آموزش و تجارت باعث کاهش میزان آلودگی شده است، در این حالت نیز تجارت و رشد آموزش با همان سطح معناداری ستون دوم و سوم یعنی در سطح یک و پنج درصد، تأثیر مثبت بر شاخص عملکرد محیط زیست دارند. با افزایش یک واحد رشد شاخص آموزش، شاخص عملکرد محیط زیست ۰/۰۴۸ واحد افزایش می‌یابد و با افزایش یک واحد درصد تجارت از تولید ناخالص داخلی، شاخص عملکرد محیط زیست ۰/۰۰۰۱۰ واحد افزایش می‌یابد. ولی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد تحقیق و توسعه تأثیر معناداری ندارند. در هر سه مدل وقفه‌ی زمانی شاخص عملکرد محیط زیست در سطح یک درصد تأثیر معنادار و مثبت بر شاخص عملکرد محیط زیست سال جاری دارد به این معنی که هرچه عملکرد سال گذشته بهتر باشه باعث عملکرد بهتر کشورها در کنترل کیفیت محیط زیست در سال جاری در راستای تولید کالاهای بیشتر با مصرف انرژی کمتر و تولید آلودگی کمتر می‌شود.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

جدول ۴. نتایج برازش اثرات ثابت تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، آموزش، تحقیق و توسعه بر شاخص عملکرد محیط زیست

متغیر وابسته: شاخص عملکرد محیط زیست	(۱)	(۲)	(۳)
وقفه زمانی متغیر وابسته	۰/۷۹۴*** (۰/۰۱۹)	۰/۰۸۷۷*** (۰/۰۱۰۶)	۰/۸۱۱*** (۰/۰۱۷)
رشد آموزش	۰/۰۶۱* (۰/۰۲۹)	–	۰/۰۴۸* (۰/۰۲۴)
رشد هزینه تحقیق و توسعه	۰/۰۰۱۸ (۰/۰۰۱۱)	–	۰/۰۰۱ (۰/۰۰۱)
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	–	−۰/۰۰۰۰۲۱ (۰/۰۰۰۰۲)	−۰/۰۰۰۰۰۳ (۰/۰۰۰۰۱۹)
تجارت	–	۰/۰۰۰۰۷۳** (۰/۰۰۰۰۲۴)	۰/۰۰۰۱۰** (۰/۰۰۰۰۳)
نسبت تولید به زمین	−۰/۰۰۲۵ (۰/۰۰۴۴)	−۰/۰۰۵۵* (۰/۰۰۲۶)	۰/۰۰۲ (۰/۰۰۳)
صنایع ثانویه	۰/۰۰۰۵ (۰/۰۰۰۲)	−۰/۰۰۰۲۷ (۰/۰۰۰۱۷)	۰/۰۰۰۱ (۰/۰۰۰۳)
هزینه‌های دولت	−۰/۰۰۰۴۳*** (۰/۰۰۰۱۱)	−۰/۰۰۰۲۱** (۰/۰۰۰۰۷۲)	−۰/۰۰۰۴*** (۰/۰۰۰۱)
آزمون هاسمن	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
ضریب تعیین	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۹

توجه: اعداد داخل پارانتز نشانگر خطای استاندارد مستحکم گروهی هستند. ستاره‌ها نشانگر معناداری ضرایب در ۱۰ درصد (●)، ۵ درصد (*)، یک درصد (**) و ۰/۱ درصد (***).

مأخذ: یافته‌های پژوهش

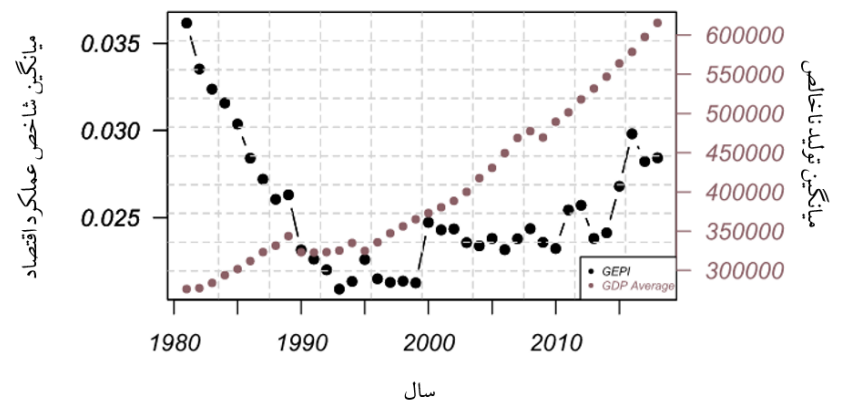
[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

۳-۵. شاخص رشد اقتصاد سبز

در آخر با استفاده از معادله (۱۳) و داده‌های تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و دی‌اکسیدکربن، شاخص عملکرد اقتصاد سبز را به‌دست می‌آید. نمودار ۳، منحنی سیاه رنگ (GEPI)، نشانگر تغییرات میانگین عملکرد اقتصاد سبز طی ۳۹ سال است که می‌توان مشاهده کرد به طور میانگین ابتدا روند نزولی و سپس صعودی است که تأیید کننده فرضیه زیست محیطی کوزنتس است. جهت توضیح دقیق‌تر تأیید فرضیه‌ی منحنی محیط زیست کوزنتس توسط شاخص عملکرد اقتصاد سبز، در نمودار۳، منحنی قهوه‌ای رنگ (GDP Average)، مقایسه‌ی روند میانگین تغییرات تولید ناخالص داخلی که بیانگر تغییرات درآمد کشورها است طی ۳۹ سال از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ نیز آورده شده است.

همان‌طور که از نمودار ۳ نمایان است در سال‌های اولیه با افزایش درآمد کشورها، شاخص عملکرد اقتصاد سبز روند نزولی داشته است که به این معنا است که در مراحل ابتدایی توسعه‌یافتگی تمرکز کشورها فقط به تولید بیشتر و افزایش درآمد است و تقریبا از سال ۱۹۹۵ و رسیدن به سطح مشخصی از درآمد و توسعه‌یافتگی درکنار افزایش درآمد به دنبال راه‌هایی در راستای تحقق اقتصاد سبز هستند و در نتیجه‌ی رشد اقتصادی کیفیت محیط زیست بهبود می‌یابد که منجر به بهبود عملکرد کشور جهت قرارگرفتن در مسیر اقتصاد سبز می‌شود.



نمودار ۳. شاخص رشد اقتصاد سبز (٪) و میانگین آن برای ۱۳۴ کشور از ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

پس از استخراج شاخص رشد اقتصاد سبز از معادله‌ی (۱۳) به عوامل تأثیرگذار بر آن پرداخته می‌شود. بدین منظور معادله رگرسیون مشابهی همانند معادله (۸)، با این تفاوت که این‌بار متغیر وابسته شاخص رشد اقتصاد سبز ($GEGI_{it}$) است تصریح شد.

نتایج آزمون هاسمن و برآورد مدل اثرات ثابت در جدول ۵ آورده شده است. با توجه به این‌که معناداری آماری آزمون هاسمن کوچکتر از ۵ درصد است، مدل اثرات ثابت جهت تخمین مدل‌ها استفاده شد. ستون (۱) درجدول شماره ۵ نتایج تأثیر تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، بدون متغیرهای رشد آموزش و تحقیق و توسعه، بر رشد اقتصاد سبز است که در آن تجارت تأثیر مثبت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر منفی بر رشد سبز دارند، ولی هیچ کدام به لحاظ آماری معنادار نیستند. ستون (۲) تأثیر رشد آموزش و تحقیق و توسعه را بر رشد سبز، بدون متغیرهای تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، متغیرهای نشان می‌دهد که هردو تأثیر مثبت بر رشد سبز دارند ولی به لحاظ آماری معنادار نیستند. ستون (۳) نیز تأثیر همه‌ی متغیرها را به طور همزمان بر رشد اقتصاد سبز نشان می‌دهد که رشد آموزش، تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر منفی بر رشد سبز دارند و رشد هزینه تحقیق و توسعه تأثیر مثبت دارد ولی هیچ کدام معنادار نیستند. همان طور که در مطالعه مقصودی (۱۳۹۹) و لی و شو (۲۰۱۸)[1] که رشد اقتصاد سبز را محاسبه و تأثیر متغیرها را بر این شاخص بررسی کرده بودند در این مطالعه نیز درهر سه موردی که تأثیر متغیرها برروی شاخص رشد اقتصاد سبز محاسبه شد، وقفه‌ی زمانی (رشد اقتصاد سبز سال گذشته) تأثیر منفی و معنادار بر رشد اقتصاد سبز دوره‌ی حاضر دارد و این نشان می‌دهد رشد اقتصاد سبز همیشه در نوسان است. به عبارت دیگر رشد سبز بالاتر در دوره‌ی گذشته، تمایل به رشد نسبتا کم سرعت در دوره‌ی فعلی دارد و در دوره‌ی بعد بهبود می‌یابد که این نتایج با روند نمودار ۴ مطابقت دارد.

1. Li, J., Xu.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

جدول ۵. نتایج اصلی برازش مدل اثرات ثابت برشاخص رشد اقتصاد سبز

متغیر وابسته: شاخص رشد اقتصاد سبز	(۱)	(۲)	(۳)
وقفه زمانی متغیر وابسته	۰/۱۲۱- ***	۰/۱۵۴- ***	۰/۱۵۳- ***
	(۰/۰۲۱)	(۰/۰۲۹)	(۰/۰۲۹)
رشد آموزش	–	۰/۰۴۸-	۰/۰۰۰۶۹-
		(۰/۱۲۲)	(۰/۰۰۱۲۷)
رشد هزینه تحقیق و توسعه	–	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۰۰۶۴
		(۰/۰۰۵۴)	(۰/۰۰۰۰۵۴)
تجارت	۰/۰۰۰۰۳۷	–	۰/۰۰۰۱۲-
	(۰/۰۰۰۱۰۹)		(۰/۰۰۰۱۹)
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	۰/۰۰۰۰۵۰-	–	۰/۰۰۰۱۳-
	(۰/۰۰۰۰۹۳)		(۰/۰۰۰۱۰)
صنایع ثانویه	۰/۰۰۱۰۴	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۲۴
	(۰/۰۰۰۷۵)	(۰/۰۰۱۴)	(۰/۰۰۱۶)
نسبت تولید به زمین	۰/۰۲۲- *	۰/۰۵۴- **	۰/۰۵۶-
	(۰/۰۱۱)	(۰/۰۱۸)	(۰/۰۱۹)
هزینه‌های دولت	۰/۰۰۰۴۴-	۰/۰۰۱۳- **	۰/۰۰۱۲- *
	(۰/۰۰۰۳۲)	(۰/۰۰۰۴)	(۰/۰۰۰۵۲)
آزمون هاسمن	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
ضریب تعیین	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۶

توجه: اعداد داخل پارانتز نشانگر خطای استاندارد مستحکم گروهی هستند. ستاره‌ها نشانگر معناداری ضرایب در ۱۰ درصد (●)، ۵ درصد (*)، یک درصد (**) و ۰/۱ درصد (***).

مأخذ: یافته‌های پژوهش

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

۶. نتیجه‌گیری

در این مطالعه ابتدا به معرفی شاخص‌های محیط زیستی شامل منحنی محیط زیست کوزنتس، شاخص عملکرد محیط زیست و شاخص رشد اقتصاد سبز پرداخته و اهمیت بررسی تأثیر متغیرهای سیاستی شامل تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تجارت و تحقیق و توسعه را برروی شاخص‌ها محیط زیستی و انتشار دی‌اکسیدکربن شرح داده شد. سپس در بخش ۴ داده‌های استفاده شده در محاسبه هر یک از مدل‌ها، متغیرهای سیاستی و متغیرهای کنترل را بررسی و روش انجام تحقیق به تفصیل توضیح داده شد. طبق توضیحات این بخش با استفاده از نرم افزار آر شاخص منحنی محیط زیست کوزنتس را از طریق مدل اثرات ثابت محاسبه و از طریق محاسبه‌ی شاخص عملکرد محیط زیست و شاخص رشد اقتصاد سبز با بهره‌گیری از روش تحلیل پوششی داده‌ها صحت آن را برای ۱۳۴ کشور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که هر دو شاخص، فرضیه منحنی محیط زیست کوزنتس را تأیید می‌کنند. سپس تأثیر آموزش، تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تجارت به تفکیک سیاست خارجی (سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تجارت) و سیاست داخلی (آموزش و تحقیق و توسعه) بر روی هر سه شاخص با استفاده از رگرسیون اثرات ثابت برآورد شد.

در منحنی محیط زیست کوزنتس، زمانی که تأثیر همزمان تمامی متغیرها روی شاخص منحنی محیط زیست کوزنتس بررسی شد، مشخص شد که تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبت و معناداری در افزایش تولید دی‌اکسیدکربن دارند. در حالی‌که ضرایب رشد آموزش و رشد تحقیق و توسعه هیچ کدام اثرگذار نیستند. برای شاخص عملکرد محیط زیست، تجارت تأثیر مثبت و بزرگی بر شاخص عملکرد محیط زیست دارد، اما سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیری بر آن ندارد. هرچند رشد آموزش و رشد هزینه‌های تحقیق و توسعه تأثیر مثبتی بر شاخص عملکرد محیط زیست دارند، اما فقط رشد آموزش تأثیر معناداری از خود نشان می‌دهد. در مورد شاخص رشد اقتصاد سبز، متغیرهای تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد آموزش تأثیری منفی دارند ولی قابل توجه نیستند. رشد تحقیق و توسعه تأثیر مثبت دارد ولی بازهم معنادار نیست.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

بنابراین، با توجه به یکسان نبودن تأثیر متغیرهای مختلف بر انواع شاخص‌های محیط زیستی، برای رسیدن به اقتصاد سبز لازماست که دولت‌ها شاخص‌های محیط زیستی مختلفی را برای مسائل اقتصادی بررسی کرده تا بتوانند به صورت هدفمند سیاست‌گذاری کنند. تعیین سطح توسعه‌یافتگی برای انتخاب شاخص مناسب و سیاست‌گذاری درست حائز اهمیت است.

یافته‌های این مطالعه پیشنهادهای عملی به سیاست‌گذاران کشورهای در حال توسعه، توسعه یافته و غنی از منابع طبیعی ارائه می‌دهد. با توجه به اینکه رابطه افزایش درآمد کشورها و کیفیت محیط زیست یعنی فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس برای کشورها تأیید شده‌است، سیاست‌گذاران کشورها می‌توانند با در نظر گرفتن و توجه به شاخص‌های محیط زیستی، سیاست‌های محیط زیستی منسجمی را در مسیر توسعه پایدار و افزایش همزمان درآمد و بهبود کیفیت محیط زیست کشور خود اعمال کنند. با توجه به نتایج این مطالعه افزایش آزادسازی تجارت و هزینه‌های آموزش باعث کاهش تخریب‌های محیط زیستی می‌شود. به عنوان مثال، اگر سیاست‌گذاران چارچوبی دقیق و کارآمدی برای گسترش تجارت کشور خود تنظیم کنند، با پایبندی به آن، می‌توانند به طور همزمان با افزایش تولید ناخالص و کنار گذاشتن دستگاه‌های تولیدی فرسوده و در مقابل آن وارد کردن کالاها از سایر کشورها، باعث بهبود عملکرد ملی در کاهش آلودگی شوند، در غیر این صورت نتایج عکس خواهد داشت. علاوه براین، افزایش سرمایه‌گذاری در بخش آموزش از طریق افزایش آگاهی افراد در حفظ محیط زیست و تولید تکنولوژی‌های جدید سازگار با محیط زیست باعث بهبود کیفیت محیط زیست می‌شود.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

منابع

ابراهیمی، صلاح و ارسطو، عبدالرضا (۱۳۹۶). «آزمون منحنی زیست محیطی کوزنتس؛ شواهدی از کشورهای اپک». *ششمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، اقتصاد و علوم انسانی*، شماره ۸.

محبی‌نیا، فرزانه و مرتضی تهامی‌پور (۱۴۰۲). «بررسی اثرات متقابل رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست (با نگاهی بر بخش‌های اصلی اقتصاد ایران)». *مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی*، شماره ۸۰ .

فاخرحسینعلی (۱۴۰۲). «تأثیر تولید ناخالص داخلی، توسعهٔ مالی و مصرف انرژی بر کیفیت محیط زیست: با تأکید بر شش شاخص محیط‌زیستی». *محیط زیست طبیعی*، شماره *۷۶*.

مرادلی، مهسا (۱۳۹۷). «تعامل اقتصاد سبز و حقوق بین‌الملل تجارت در حمایت از محیط زیست». *دوفصلنامه پژوهش حقوق بین‌الملل معاصر*، دوره: ۲، شماره: ۱۱، ۱۹.

مقصودی، علی (۱۳۹۹). «تأثیر آموزش و تحقیق و توسعه بر رشد اقتصاد سبز». *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تهران، دانشکده اقتصاد.

میرعسگری، رضا؛ صدرآرا، مهرداد و فروغ انصاری (۱۳۹۶). «بررسی تأثیر متغیرهای اقتصادی بر شاخص عملکرد محیط زیستی». *دومین کنفرانس بین‌المللی تکنیک‌های مدیریت و حسابداری*، صص ۱۴-۱.

نادمی، یونس؛ جلیلی کامجو، پرویز و سبحان نظری (۱۴۰۲). «تأثیر آموزش بر منحنی محیط زیست کورنتس: رویکرد پانل آستانه». *پژوهشنامه اقتصاد کلان*، *۱۷* (۳۶)، صص ۱۷۲-۱۵۱.

Acaravci A. & I. Ozturk (2010). "On the relationship between energy consumption , CO 2 emissions and economic growth in Europe". *Energy*, *35*(12), 5412–5420. https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.009

Apergis N. & I. Ozturk (2015). "Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries". *Ecological Indicators*, No. *52*, pp. 16–22. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.026

Arrow K., Bolin B., Costanza R., Dasgupta P., Folke C. & C.S. Holling (1995). "Economic growth, carrying capacity, and the environment". *Environment and Development Economics*, *1*(1), 104–110. https://doi.org/10.1017/S1355770X00000413

Charnes A., Cooper W.W. & E. Rhodes (1978). "Measuring the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*, *2(6)*, pp. 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

Common M.S., Stern D.I & E.B. Barbier (1996). "Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development". *World Development*, *24*(7), pp. 1151–1160. https://doi.org/10.1016/0305-750X(96)00032-0

Chowdhury T. (2021). "Nexus between Foreign Direct Investment Inflow and EPI Score in Brazil". *International Journal of Trade, Economics and Finance*, *12*(1), pp.16–20. https://doi.org/10.18178/ijtef.2021.12.1.687

Cole M.A. (2004). "Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: Examining the linkages". *Ecological Economics*, *48*(1), pp.71–81. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.09.007

Dean J.M., Commission U.S.I.T., Lovely M.E. & H. Wang (2005). "Are Foreign Investors Attracted to Weak Environmental Regulations? Evaluating the Evidence from China". *World Bank Policy Research Working Paper 3505*. https://doi.org/10.1596/1813-9450-3505

Dinda S., Coondoo D. & M. Pal (2000). "Air quality and economic growth: An empirical study". *Ecological Economics*, *34*(3), pp. 409–423. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00179-8

Dissou Y., Didic S. & T. Yakautsava (2016). "Government spending on education, human capital accumulation, and growth". *Economic Modelling*, No. *58*, pp. 9–21. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.04.015

Dogan A. & U.K. Pata (2022). "The role of ICT, R&D spending and renewable energy consumption on environmental quality: Testing the LCC hypothesis for G7 countries". *Journal of Cleaner Production*, *380*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135038

Fay M. (2012). "Inclusive green growth: The pathway to sustainable development". *World Bank Publications*. http://hdl.handle.net/10986/6058

Fu Q., Chen Y.E., Jang C.L. & C.P. Chang (2020). "The impact of international sanctions on environmental performance". *Science of the Total Environment*, No.*745*, 141007. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141007

Galeotti M., Lanza A. & F. Pauli (2006). "Reassessing the environmental Kuznets curve for CO 2 emissions : A robustness exercise B". No. 57, pp. 152–163. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.031

Grosskopf S., Chung Y.H. & R. Fare (1997). "Productivity and Undesirable Outputs : A Directional Distance Function Approach". *Environmental Management*, pp.229–240. https://doi.org/10.1006/jema.1997.0146

Grossman G.M. & A.B. Krueger (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement*. *3914*. https://doi.org/10.3386/w3914

Hakimi A. & H. Hamdi (2016). "Trade liberalization, FDI inflows, environmental quality and economic growth: A comparative analysis between Tunisia and Morocco". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No. *58*, pp. 1445–1456. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.280

Halicioglu F. (2009). "An econometric study of CO 2 emissions , energy consumption, income and foreign trade in Turkey". *Energy Policy*, No. *37*, pp. 1156–1164. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.012

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

Halkos G.E. & N.G. Tzeremes (2009). "Exploring the existence of Kuznets curve in countries ' environmental ef fi ciency using DEA window analysis". *Ecological Economics*, *68*(7), pp. 2168–2176. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.02.018
Letchumanan R. & F. Kodama (2000). "Reconciling the conflict between the "pollution-haven" hypothesis and an emerging trajectory of international technology transfer". *Research Policy*, *29*(1), pp. 59–79. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00033-5
Li J., Xu B. (2018). "Curse or blessing: how does natural resource abundance affect green economic growth in China?", *Econ. Res.J*, *53(09)*, pp. 151–167. https://doi.org/10.3390/su13084530
Lin B. & J. Zhu (2019). "Fiscal spending and green economic growth: Evidence from China". *Energy Economics*, No. *83*, pp. 264–271. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.07.010
Luzzati T.Ã. & M. Orsini (2009). "Investigating the energy-environmental Kuznets curve". *Energy*, *34(3)*, pp. 291–300. https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.07.006
Omri A., Nguyen D.K. & C. Rault (2014). "Causal interactions between CO2 emissions, FDI, and economic growth: Evidence from dynamic simultaneous-equation models". *Economic Modelling*, No. *42*, pp. 382–389. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.07.026
Panayotou T. (1997). "Demystifying the environmental Kuznets curve : turning a black box into a policy tool". *Environment and Development Economics*, *2*(4), pp. 465–484.
Picazo-Tadeo A.J. & A. García-Reche (2007). "What makes environmental performance differ between firms? Empirical evidence from the Spanish tile industry". *Environment and Planning*, A, 39(9), pp. 2232-2247. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.10.024
Sandberg M., Klockars K. & K. Wilén (2019). "Green growth or degrowth? Assessing the normative justifications for environmental sustainability and economic growth through critical social theory". *Journal of Cleaner Production*, No. *206*, pp. 133–141. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.175
Sapkota P. & U. Bastola (2017). "Foreign direct investment, income, and environmental pollution in developing countries: Panel data analysis of Latin America". *Energy Economics*, No. *64*, pp. 206–212. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.04.001
Sarkodie S.A. & V. Strezov (2019). "A review on Environmental Kuznets Curve hypothesis using bibliometric and meta-analysis". *Science of The Total Environment*, No. *649*, pp. 128–145. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.276
Shahzadi I., Yaseen M.R., Iqbal Khan M.T., Amjad Makhdum, M. S., & Ali, Q. (2022). "The nexus between research and development, renewable energy and environmental quality: Evidence from developed and developing countries". *Renewable Energy*, No.*190*, pp. 1089–1099. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.050
Sheikhzeinoddin A., Mohammad Hassan Tarazkar A., Amirmohsen Behjat b, Usama Al-mulali C., I. O. (2022). "The nexus between environmental performance and economic growth : New evidence from the Middle East and North Africa region". *Journal of Cleaner Production*, *331*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129892

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]

Shephard R.W. (1970). "Theory of cost and production functions". *Princeton University Press, Princeton*. https://doi.org/10.2307/2230285

Solarin S.A. & U. Al-Mulali (2018). "Influence of foreign direct investment on indicators of environmental degradation". *Environmental Science and Pollution Research*, *25*(25), pp. 24845–24859. https://doi.org/10.1007/s11356-018-2562-5

Stern D.I. (2004). "The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve". *World Development*, *32*(8), pp. 1419–1439. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004

Tyteca D. (1996). "On the Measurement of the Environmental Performance of Firms-A Literature Review and a Productive Efficiency Perspective". In *Journal of Environmental Management*, Vol. 46.

Xie Q & H. Wu (2021). *How does trade development affect environmental performance ? New assessment from partially linear additive panel analysis. Environmental Impact Assessment Review*.
https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106584.

Zaim O. & F. Taskin (2000). "Environmental efficiency in carbon dioxide emissions in the OECD : A non-parametric approach". *Environmental Management*, *March 1998*, 95–107. https://doi.org/10.1006/jema.1999.0313

Zofio J.L. & A.M. Prieto (2001). "Environmental efficiency and regulatory standards : the case of CO 2 emissions from OECD industries". *Resource and Energy Economics*, No. *23*, pp. 63–83.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.61186/qjerp.32.109.98]