فصلنامهٔ سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی دانشگاه الزهرا (س)
سال دوم، شمارهٔ ۴، پاییز ۱۳۹۳

پایش کارایی زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه
(مطالعه‌ی موردی: ایران، هند، ترکیه و مصر)

عبدالرسول قاسمی[۱]، حامد پاشازاده[۲]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۷/۰۷
تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۲۰

چکیده

در این مقاله، ابتدا با استفاده از مدل‌های ابرکارایی با رویکرد تحلیل دریچه‌ای، زیست‌کارایی کشورهای منتخب را محاسبه کرده، سپس، با استفاده از برآوردگر گشتاوری تعمیم‌یافته (GMM) وجود رابطه زیست محیطی کوزنتس را مورد بررسی قرار می‌دهیم. یافته‌ها نشان می‌دهد که در سال‌های مورد مطالعه هند، ترکیه، مصر و ایران به ترتیب بالاترین کارایی زیست‌محیطی را داشته‌اند. همچنین، در طول سال‌های مورد بررسی کارایی زیست‌محیطی ایران روندی کاهشی را نشان می‌دهد. منحنی زیست‌محیطی کوزنتس رابطه بین کارآیی زیست‌محیطی و درآمد ملی کشورهاست. در این پژوهش، کارآیی زیست‌محیطی برای چهار کشور در بازه زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۷ را

[۱]. استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی (نویسنده مسئول)؛ ghasemieco@gmail.com
[۲]. دانشجوی دکتری اقتصاد مالی دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه‌طباطبایی؛ hpashazadeh@gmail.com

محاسبه کرده‌ایم. برآورد مدل پویا برای داده‌های تابلویی[1] نشان می‌دهد که رابطه زیست‌محیطی کوزنتس بین کارآیی زیست‌محیطی و درآمد وجود ندارد. همچنین، این نتیجه به‌دست می‌آید که تعدیل به سمت تعادل در مورد نسبت ساخته شده کشورهای مورد بررسی، بسیار سریع است.

واژگان کلیدی: کارایی زیست محیطی، منحنی کوزنتس، تحلیل پوششی داده‌های پویا، GMM.
طبقه‌بندی JEL : C51, C61, Q52, Q56

۱. مقدمه

از موضوع‌های مهمی که در حال حاضر ذهن اقتصاددانان حوزه محیط‌زیست را به خود مشغول ساخته، افزایش آلودگی محیط‌زیست همراه با افزایش فعالیت‌های اقتصادی یک کشور است. عده‌ای از طرفداران محیط‌زیست معتقدند که افزایش رشد اقتصادی یک کشور که مستلزم افزایش فعالیت‌های اقتصادی از جمله صنایع و کارخانجات است، از یک سوی، از طریق افزایش مصرف انرژی و آزادسازی گازهای گلخانه‌ای باعث آلودگی هوا می‌شود و از سوی دیگر، پسماندهای صنایع و کارخانجات به آلودگی منبع آبی منجر می‌شود.

کوزنتس رابطه بین سطح درآمد و مقیاسی از نابرابری توزیع درآمد را به‌صورت فرضی به شکل یک منحنی U شکل معکوس در نظر گرفت. الگوی زیست‌محیطی مورد نظر به دلیل شباهت‌هایش به الگوی نابرابری درآمد کوزنتس، منحنی زیست‌محیطی کوزنتس نامیده شده است. رابطه بین رشد اقتصادی و تخریب محیط‌زیست از جهات گوناگونی اهمیت دارد. رشد اقتصادی نیازمند مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی است که این موضوع به معنی آلودگی بیشتر محیط‌زیست است که باعث تخریب محیط‌زیست خواهد شد. هرچند در نگاه اول ممکن است این مفهوم درست به نظر برسد، ولی واقعیت چیز دیگری است و رشد اقتصادی لزوماً به تخریب محیط‌زیست منجر نمی‌شود. برخی معتقدند که برای کاهش آلودگی و حفظ محیط‌زیست، باید رشد اقتصادی کاهش یابد، در حالی که عده‌ای دیگر بر این باورند که همراه با رشد اقتصادی

[1] Panel Data

می‌توان محیط‌زیست را حفظ نمود. بر اساس فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC)،[1] رشد اقتصادی همواره به تخریب محیط‌زیست منجر نمی‌شود. کوزنتس در مطالعات خود به این نتیجه رسید که تا سطح معینی از رشد باعث تخریب محیط‌زیست می‌شود، ولی از نقطه‌ای به بعد رشد اقتصادی به بهبود محیط‌زیست منجر می‌شود. تعدادی از پژوهشگران تلاش‌کرده‌اند تا وجود یک رابطه از نوع کوزنتس را بین درآمد و عملکرد محیط‌زیست اثبات نمایند. بسیاری از مطالعات با استفاده از داده‌های متفاوت و توابع فاصله‌ای، سعی در ساخت ستاده‌های مطلوب و نامطلوب داشته‌اند تا بتوانند عملکرد زیست‌محیطی واحدهای تصمیم‌گیری مختلف را اندازه‌گیری کنند. در بسیاری از پژوهش‌های انجام شده در این حوزه عمدتاً از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه دی‌اکسید کربن به عنوان شاخصی برای سطح تخریب محیط‌زیست استفاده شده است.

در این پژوهش، به‌جای استفاده از روش توابع فاصله‌ای جهت‌دار که روشی برای اندازه‌گیری عملکرد زیست‌محیطی کشورهاست، از روش تغییرات سنتی تحلیل پوششی داده‌ها استفاده خواهیم کرد. این روش توسط چارنز و همکاران[2] در سال ۱۹۷۸ معرفی شده و ما را قادر می‌سازد تا داده‌های تلفیقی را مدیریت نموده و اثرات پویا را نیز بررسی نماییم.

با توجه به کار اسمیلد[3] (۲۰۰۴) و کوپر و همکاران[4] (۲۰۰۷) تحلیل پوششی داده‌ها بر اصل میانگین‌های متحرک[5] استوار است و شاخص‌هایی را می‌توان با این روش ساخت که در طول زمان برای کشورها و دوره‌های مختلف زمانی کاربرد داشته باشد. بنابراین، کارآیی زیست‌محیطی یک کشور را می‌توان در یک دوره خاص با کارآیی زیست‌محیطی همان کشور در دوره‌های دیگر و نیز با کشورهای دیگر مقایسه نمود. این روش که به نام تحلیل پوششی داده‌ها مشهور است، توسط چارنز و کوپر[6] (۱۹۸۵) معرفی شده است.

در این مقاله، ابتدا تحلیل پوششی داده‌ها برای برخی کشورهای منتخب را مورد استفاده قرار خواهیم داد، سپس، بر خلاف پژوهش‌های دیگر که از روش پانل ایستا استفاده کرده‌اند، از روش پانل پویا برای آزمون وجود منحنی زیست‌محیطی کوزنتس استفاده خواهیم کرد که رابطه بین کارآیی زیست‌محیطی و درآمد سرانه را نشان می‌دهد.

1. Environmental Kuznets Curve
2. Charnes
3. Asmild *et. al.*
4. Cooper *et. al.*
5. Moving Average
6. Charnes and Cooper

۲. مروری بر ادبیات موضوع

براساس کار گالوتی و همکاران[1] (۲۰۰۶) منحنی U شکل معکوس شده حاوی پیام‌های مفیدی در رابطه با GDP و مسائل زیست‌محیطی است که به سیاستگذاران این بخش کمک می‌کند تا سیاست‌های بهتری را در جهت کاهش آلودگی اتخاذ نمایند. با این حال، آرو و همکاران[2] (۱۹۹۵) بر این حقیقت تأکید دارند که سیاست‌های مشوق رشد اقتصادی، جایگزین سیاست‌های زیست‌محیطی نیست. برخی از مطالعات در زمینه وجود منحنی کوزنتس EKC، فروضی را در نظر گرفته‌اند که باعث معکوس شدن منحنی U شکل شده است. بر اساس کار برون[3] (۱۹۹۷) و هان و چاترجی[4] (۱۹۹۷) بهبود کیفیت محیط‌زیست در نتیجه تغییرات تکنولوژی و بهبود آن است. با این حال، بر اساس فعالیت پژوهشگران دیگر بهبود شرایط زیست‌محیطی حاصل انتقال تکنولوژی‌های به اصطلاح کثیف به کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه‌یافته است.[5] در حالی که دیگران بر نقش ترجیحات و ماهیت و نوع انتشار تأکید داشته‌اند.[6]

پژوهش‌های دیگری نیز در این زمینه صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به کار دیندا (۲۰۰۰)[7] اشاره نمود؛ وی بیان می‌کند که عملکرد بهتر زیست‌محیطی مبتنی بر وجود مؤسساتی است که بر اساس حق مالکیت قوی بنا شده‌اند. وجود قوانین و عملکرد خوب دولت در زمینه آگاهی از نتایج آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز به این موضوع کمک می‌نماید.

آندرونی و لوینسون (۲۰۰۱)[8] بر اهمیت ارتباط فنی بین مصرف کالای دلخواه مصرفی و کاهش مصرف کالای بد برحسب تولید به شکل آلودگی تأکید نموده‌اند. بر اساس مطالعه توراس و بویسه (۱۹۹۸)[9] شکل منحنی کوزنتس بستگی به وضعیت توزیع درآمد دارد، به‌طوری که کیفیت بالای درآمد به پایین بودن سطح تخریب محیط‌زیست منجر می‌شود.

---

1. Galeotti *et. al.*
2. Arrow *et. al.*
3. Bruyn
4. Han and Chatterjee
5. Suri and Chapman. (1998)& Heernk *et al*(2001).& Jorgenson.(2006).
6. .Lopez. (1994)& McConnell .(1997).
7. Dinda .(2000).
8. Andreoni and levinson .(2001).
9. Torras and Boyce .(1998).

با توجه به مطالعات انجام شده، نیاز جدی به مطالعاتی در زمینه ارتباط بین وجود منحنی کوزنتس که ارتباط بین درآمد و عملکرد محیط‌زیست است، احساس می‌شود. بر اساس فرض منحنی کوزنتس، در سطوح اولیه توسعه‌یافتگی، رشد اقتصادی و آلودگی هر دو افزایش می‌یابند، اما در سطوح بالاتر توسعه‌یافتگی، با رشد اقتصادی بیشتر، از شدت استخراج منابع، انتشار آلودگی و تخریب محیط‌زیست کاسته می‌شود. به بیان دیگر، در سطوح اولیه توسعه‌یافتگی، رشد اقتصادی به تخریب محیط زیست منجر می‌شود، اما در سطوح بالاتر درآمدی، رشد بیشتر منتهی به وضعیت زیست‌محیطی بهتر می‌شود.

از سوی دیگر، برخی از مطالعات صورت گرفته نیز به این نتیجه رسیده‌اند که این رابطه صادق نیست؛ از آن جمله می‌توان به دو مورد زیر اشاره نمود. لوزاتی و ارسینی[1] به بررسی وجود منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۴ برای۱۱۳ کشور جهان پرداخته و بر اساس نتایج مطالعات‌شان بیان می‌دارند که هیچگونه شواهدی مبتنی بر وجود منحنی کوزنتس پیدا نکرده‌اند. هالکوس و زرمس[2] با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته (GMM)، به بررسی وجود رابطه کوزنتس شکل بین کارایی زیست‌محیطی کشورها و درآمد ملی ۱۷ کشور عضو OECD در دوره ۱۹۸۰-۲۰۰۲ پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که هیچگونه ارتباط مشابهی بین کارایی زیست‌محیطی و درآمد سرانه وجود ندارد.

بر اساس مطالعات صورت گرفته، گروهی از پژوهشگران از روش توابع مستقیم برای اندازه‌گیری کارآیی زیست‌محیطی استفاده کرده‌اند، سپس، با روش‌های مختلف اقتصادسنجی سعی‌کرده‌اند تا وجود یک رابطه از نوع کوزنتس را اثبات کنند. این پژوهشگران برای رسیدن به هدف خود بر روی سازوکار تولید تأکید نموده‌اند که به ترتیب تولید کالای خوب و بد می‌کنند (رشد و آلودگی). زایم و تاسکین (۲۰۰۰)[3] با استفاده از تکنیک مرز امکانات تولید، عملکرد زیست‌محیطی ۲۵ کشور را برای دوره ۱۹۸۰-۱۹۹۰ محاسبه کرده‌اند.

صالح و دیگران (۱۳۸۶)، رابطه بین انتشار CO_2 و تولید ناخالص داخلی در ایران را در دوره ۱۳۳۹-۱۳۸۷ مورد بررسی قرار داده و با استفاده از نتایج به دست آمده، به

1. Luzzati and Orsini .(2009).
2. Halkos and Tzeremes .(2009).
3. Zaim and Taskin .(2000).

تحلیل منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در شرایط ایران پرداخته‌اند. آنها از آزمون استاندارد علّیت گرنجر و آزمون علّیت هسیائو استفاده و منحنی زیست‌محیطی کوزنتس را با استفاده از روش OLS برآورد کرده‌اند. یافته‌های آنها نشان‌دهنده وجود رابطه یک طرفه از انتشار CO_2 به تولید ناخالص داخلی است. در پژوهش آنها، فرم مورد انتظار منحنی EKC در شرایط ایران، تأیید نشده است.

فطرس و نسرین‌دوست (۱۳۸۸)، ضمن بررسی رابطه علّی بین متغیرهای مورد مطالعه، وجود فرضیه زیست محیطی کوزنتس را آزمون کردند. نتایج مطالعه آنها بیانگر رابطه علی یک‌طرفه از انتشار CO_2 به درآمد سرانه و مصرف انرژی به آلودگی آب بوده است. همچنین، فرضیه زیست محیطی کوزنتس برای درآمد سرانه، مصرف انرژی و آلودگی آب تأیید نشده، ولی در ارتباط با CO_2 و مصرف انرژی مورد تأیید قرارگرفته است.

۳. مبانی نظری پژوهش

هرچند در گذشته، در ارزیابی عملکرد بنگاه‌های اقتصادی، بخش‌های اقتصادی و دولت از شاخص‌های متنوعی نظیر بهره‌وری و کارایی به دفعات استفاده شده است، اما با توجه به تأثیر نامطلوب فعالیت‌های اقتصادی بر محیط زیست و آسیب‌پذیری آن -به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه- در سال‌های اخیر، چرخشی به سمت ارزیابی عملکرد اقتصادی با تأکید بر محیط زیست، مورد توجه پژوهشگران در کشورهای مختلف قرار گرفته و توسعه پایدار به عنوان تفکری راهبردی، چارچوب برنامه‌های توسعه در بیشتر کشورهای جهان را تشکیل می‌دهد. در این مطالعه، به منظور بررسی وجود رابطه زیست‌محیطی کوزنتس، روش‌شناسی پژوهش مبتنی بر کاربرد دو روش‌شناسی است. نخست، کاربرد رهیافت تحلیل دریچه‌ای مبتنی بر ابرکارایی، در سنجش کارایی زیست‌محیطی و سپس، آزمون تأثیر متغیر رشد اقتصادی بر کارایی زیست‌محیطی در قالب روش گشتاوری تعمیم یافته است.

۳-۱. تحلیل دریچه‌ای

قسمت عمده‌ای از ادبیات موضوع شیوه تحلیل پوششی داده‌ها به استفاده از این روش «در شرایط ایستا» مرتبط هستند. این امر ممکن است گمراه‌کننده باشد، زیرا ترتیبات

پویا (مانند تغییرات فناوری) موجب استفاده بیش از اندازه، نهاده‌ها را برای تولید نتایج سودمند در آینده نزدیک فراهم می‌کند.[۱]

در این پژوهش از روش «وابسته به زمان» تحلیل پوششی داده‌ها که به عنوان «تحلیل دریچه‌ای» معروف است، استفاده می‌کنیم که این نام و مفهوم اصلی از کار جی.کلوپ[۲] در سال ۱۹۸۵ منتج شده است، کسی که این شیوه‌ها را به عنوان آماردان ارشد برای فرماندهی سربازان اعزامی ارتش ایالات متحده استفاده کرد و بسط داد.[۳]

رابطه‌های زیر از کار «دی، بی، سان»[۴] در سال ۱۹۸۸ برای مطالعه خصوصیات تحلیل‌های دریچه‌ای می‌تواند استفاده شود.

جدول ۱. خصوصیات تحلیل‌های دریچه‌ای

متغیر	فرمول
تعداد دریچه‌ها (w)	k-p+1
تعداد واحدهای تصمیم‌گیر در هر دریچه	np/2
تعداد واحدهای تصمیم‌گیر جدید	npw
تغییرات تعداد واحدهای تصمیم‌گیر	n(p-1)(k-1)

که در آن:

n : تعداد واحدهای تصمیم‌گیر،

k : تعداد دوره‌های زمانی،

p : طول دریچه‌ها($\boldsymbol{p \leq k}$)،

w : تعداد دریچه‌ها.

رابطه جایگزین دیگر برای تعداد کل واحدهای تصمیم‌گیر با استفاده از کار چارنز و کوپر (۱۹۹۱)[۵] به صورت n(k-p+1)p قابل بیان است. بنابراین، چنانچه این عبارت بر حسب p بیشینه شود، طول دریچه‌ها با استفاده از رابطه ۱، به‌دست خواهد آمد:

$$\boldsymbol{p = \frac{k+1}{2}} \qquad (۱)$$

---

۱. کوپر و همکاران (۲۰۰۷).

2. G.Klopp

۳. کوپر و همکاران (۲۰۰۷).

4. D.B. Sun .(1988).

5.Charnels and Cooper .(1991).

با توجه به آنکه طول دریچه‌ها، عدد صحیح است، بنابراین، با استفاده از رابطه ۲ می‌توان طول دریچه‌ها را برای دوره‌های زمانی فرد و زوج به‌صورت زیر به‌دست آورد:

$$\boldsymbol{p}=\begin{cases}\frac{\boldsymbol{k+1}}{\boldsymbol{2}}, & \text{فرد } \boldsymbol{k}\\ \frac{\boldsymbol{k+1}}{\boldsymbol{2}}+\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}}, & \text{زوج } \boldsymbol{k}\end{cases} \qquad (۲)$$

۳-۱-۱. تعیین نوع بازده نسبت به مقیاس در مدل تحلیل دریچه‌ای

در این پژوهش، برای تعیین نوع بازده نسبت به مقیاس، چهار مدل مختلف به شرح زیر طراحی کرده‌ایم:

الف) تحلیل دریچه‌ای با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS)،

ب) تحلیل دریچه‌ای بافرض بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS)،

ج) تحلیل دریچه‌ای بافرض نبود بازده صعودی نسبت به مقیاس (NIRS)،

د) تحلیل دریچه‌ای با فرض نبود بازده نزولی نسبت به مقیاس (NDRS).

چنانچه میزان کارایی فنی محاسبه شده در هر سال در روش "الف" یعنی وجود بازده ثابت نسبت به مقیاس و روش "ب" (فرض وجود بازده متغیر نسبت به مقیاس) با هم برابر باشد، نشان‌دهنده حاکم بودن بازده ثابت نسبت به مقیاس بر فرآیند تبدیل نهاده‌ها به ستاده‌ها در آن سال است. چنانچه میزان کارایی فنی محاسبه شده برای هر سال در قسمت "ب" (فرض وجود بازده متغیر نسبت به مقیاس) با میزان کارایی محاسبه شده در قسمت "ج" (نبود بازده صعودی نسبت به مقیاس) با هم برابر باشد، نشان‌دهنده نزولی بودن بازده نسبت به مقیاس در آن سال است. چنانچه میزان کارایی فنی محاسبه شده برای هر سال در قسمت "ب" با میزان کارایی محاسبه شده در قسمت "د" (فرض نبود بازده نزولی نسبت به مقیاس) با هم برابر باشند، نشان‌دهنده صعودی بودن بازده نسبت به مقیاس در مدل پژوهش است.[۱]

۳-۱-۲. مدل ابرکارایی[۲]

همان طور که بیان شد، چارنز و دیگران مدل DEA با بازده ثابت نسبت به مقیاس را ایجاد کردند که بعدها به‌وسیله بنکر و دیگران به بازده متغیر نسبت به مقیاس توسعه

۱. کوئلی و همکاران ،(۲۰۰۵).

2. Super Efficiency Model

پیدا کرد. این مدل‌های استاندارد به صورت مخفف با CCR و BCC شناخته می‌شوند. در مدل‌های استاندارد DEA (BCC و CCR) تمام واحدهای کارا نمره آنها ۱۰۰ درصد (برابر یک) است و رتبه آنها با هم برابرست. نمره واحدهای ناکارا در مدل نهاده محور (که می‌توانند استفاده از نهاده‌ها را کاهش دهند) کمتر از ۱۰۰ درصد بوده و در مدل ستاده محور (که می‌توانند تولید ستاده را گسترش دهند) بزرگتر از ۱۰۰ درصد است.[۱]

با مدل DEA، واحد ارزیابی‌شده قسمتی از مجموعه سنجش[۲] است، در نتیجه، اگر آن واحد به بهترین[۳] صورت عمل کند، آن واحد خودش قسمتی از تابع مرزی را تعیین کرده و ارزش یک را می‌گیرد و نمی‌تواند نسبت به تابع مرزی مقایسه شود، زیرا اساساً بخشی از مرز است.

اندرسون و پترسون[۴] در مدل ابرکارایی، برداشتن واحد ارزیابی‌شده از مجموعه سنجش در قید مدل DEA را پیشنهاد کردند. این مطلب اجازه می‌دهد که مکان نسبی واحد، صرف نظر از کارا بودن یا نبودن واحد، تعیین شود.[۵]

در این مدل، چون "واحدهای ناکارا" در ایجاد تابع مرزی شرکت ندارند (البته حتی زمانی که در مجموعه سنجش در نظر گرفته می شدند نیز در ایجاد تابع مرزی شرکت نداشتند) تعدیل ابرکارایی تأثیری روی رتبه تکنیکی واحدهای ناکارا نداشته و مشابه قبل زیر مرز قرار دارند و نمرات برای واحدهای ناکارا مشابه مدل DEA باقی می‌ماند.

رتبه کارایی تکنیکی برای "واحدهای کارا" مساوی یا بیشتر از یک خواهد بود. در واقع، واحد کارا یا روی مرز قرار دارد (اشاره دارد به اینکه این واحد، زمانی که نسبت به تمام واحدهایی که در طول مرز هستند مقایسه می‌شود، کارایی یکسان دارد) یا بالای مرز است (اشاره دارد به اینکه این واحد نسبت به واحدهای دیگری که بدون قرار داشتن این واحد در مجموعه سنجش، مرز را تعریف می‌کنند، نسبتاً کاراتر است.). در واقع، مدل ابرکارایی، قید بالا را از روی نمره کارایی فنی حذف کرده و اطلاعات اضافی را

1. CAK lovell and APB rouse .(2003).
2. Comparison set
3. Best
4. Anderson and Peterson .(1993).

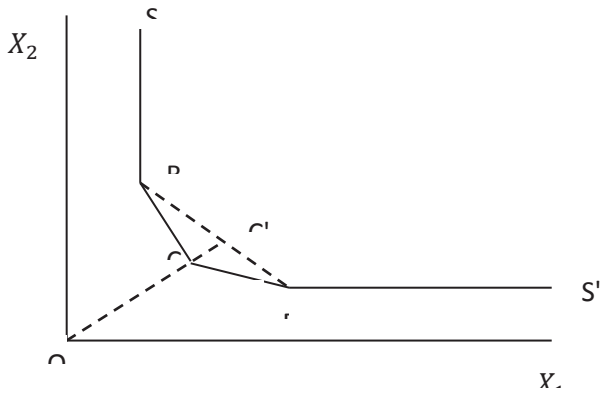
۵. کوئلی و همکاران (۲۰۰۵).

راجع به اجرای نسبی واحدهای کارا فراهم می‌کند و در آن می‌توان بین بنگاه‌های موجود بر روی نقاط مرزی، تمایز قائل شد.[1]

کارکردهای متعددی برای مدل ابرکارایی ذکر شده است، که عبارتند از:

- رتبه بندی واحدهای کارا،
- طبقه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده،
- بازی‌های نسبت کارایی دو نفره،
- محاسبه و تجزیه شاخص بهروری مالم‌کویست.

نمودار ۱، یک مدل ابرکارایی نهاده محور را نشان می‌دهد. مرز کارا در این نمودار شامل خط شکسته‌ای است که واحدهای تصمیم‌گیرنده C، B و D را به یکدیگر متصل می‌کند، در این حالت، کارایی واحد تصمیم‌گیرنده C برابر $\frac{OC}{OC} = 1$ است؛ حال، چنانچه واحد تصمیم‌گیرنده C از مجموعه مرجع مستثنی شود، تأثیر آن ایجاد مرز جدیدی خواهد بود که صرفاً واحدهای تصمیم‌گیرنده B و D را به هم متصل می‌نماید. ابرکارایی واحد تصمیم‌گیرنده C در این حالت برابر با $\frac{OC'}{OC}$ و بزرگتر از یک خواهد بود و نشان دهنده آن است که این واحد تصمیم‌گیرنده می‌تواند میزان مصرف نهاده‌های خود را افزایش دهد و همچنان کارا باقی بماند.



نمودار ۱. ارزیابی ابرکارایی واحد تصمیم‌گیرنده C

1. Tammie A. Nahra, David Mendez , Jeffrey A. Alexander .(2009).

رابطه جبری یک مدل ابرکارایی نهاده محور را می‌توان به‌صورت رابطه ۳، نوشت:

$$Min\theta$$
$$Subjectto \sum_{\substack{j=1\\ j\neq 0}}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ij} \qquad i = 1,2,\dots,m$$
$$\sum_{\substack{j=1\\ j\neq 0}}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq y_{rj} \quad r = 1,2,\dots,s \qquad (۳)$$
$$\sum_{\substack{j=1\\ j\neq 0}}^{n} \lambda_j = 1$$
$$\theta \geq 0 \qquad \lambda_j \geq 0 \quad j \neq 0$$

همچنین، رابطه جبری یک مدل ابرکارایی ستاده محور به صورت رابطه ۴، بیان می‌شود:

$$Max\emptyset$$
$$Subjectto \sum_{\substack{j=1\\ j\neq 0}}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq x_{ij} \qquad i = 1,2,\dots,m$$
$$\sum_{\substack{j=1\\ j\neq 0}}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq \emptyset y_{rj} \qquad r = 1,2,\dots,s \qquad (۴)$$
$$\emptyset \geq 0 \qquad \lambda_j \geq 0 \quad j \neq 0$$

۳-۲. روش گشتاوری تعمیم یافته

شکل کلی رابطه برآوردشده توسط مدل‌های پویا از داده‌های تابلویی، به‌صورت اثرات فردی به شکل زیر است:

$$Y_{it} = \lambda_t + \eta_i + \sum_{k=1}^{q} \alpha_k Y_{i(t-k)} + \beta'(L) X_{it} + \nu_{it} t = q+1,\dots,T_i i = 1,2,..N \qquad (۵)$$

که در آن، λ_t و η_i به ترتیب تصریح زمان و اثرات فردی است. X_{it} بردار شامل متغیرهای توضیحی، $B(L)$ بردار شامل جملات کثیرالجمله در عملگر وقفه و q حداکثر طول وقفه است. شناسایی چنین مدلی نیازمند اعمال برخی محدودیت‌ها بر روی همبستگی سریالی بین جملات خطای ν_{it} است. همچنین، باید برخی محدودیت‌ها بر روی ویژگی‌های متغیرهای وابسته X_{it} اعمال نمود که تنها شامل میانگین متحرک و نوفه سفید باشد. در صورتی که جمله خطا اساساً خودرگرسیو باشد، باید تبدیلاتی بر روی آن انجام گیرد.

روابط $(T_i - q)$ برای افراد با واحد i را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$Y_i = \delta w_i + d_i \eta_i + \nu_i \qquad (۶)$$

در رابطه ۶، δ پارامتر بردار شامل α_k ، β و λ بوده و w_i ماتریس داده‌های شامل متغیرهای درونزای وقفه‌دار است. بر اساس کار آرلانو و بوند (۱۹۹۸)، برآوردگر خطی گشتاوری تعمیم‌یافته برایδ به‌صورت رابطه ۷، به‌دست می‌آید.

(۷)

$$\widetilde{\delta} = \left[\left(\sum_i W_i^{'} Z_i\right).\frac{1}{\frac{1}{N}\sum_i H_i Z_i}.\left(\sum Z_i^{'} W_i^{*}\right)\right]^{-1}.\left(\sum_i^{*} Z_i\right)\frac{1}{\frac{1}{N}\sum_i Z_i^{`} H_i Z_i}\left(\sum_i Z_i^{`} Y_t^{*}\right)$$

که در آن، W_i^{*} و Y_i^{*} نشان‌دهنده برخی تبدیلات بر روی W_i و Y_i مانند تفاضل مرتبه اول است. Z_i نیز شامل متغیرهای ابزاری و H_i ماتریس خاص وزنی برای یک فرد است. در صورتی که v_{it} واریانس ناهمسان داشته باشد، از برآوردگر دو مرحله‌ای استفاده می‌شود.[۱]

۴. روش‌شناسی

در این مقاله با استفاده از داده‌های سری زمانی مربوط به سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۷ نسبت‌های زیست‌محیطی برای چهار کشور ایران، هند، مصر و ترکیه را محاسبه کرده‌ایم. این کشورها، با توجه به رویکرد مقایسه‌ای سند چشم‌انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران و نیز وجود داده‌های مورد نیاز انتخاب شده‌اند. ستاده مطلوب مورد استفاده در مدل تحلیل دریچه‌ای، تولید ناخالص داخلی کشورهای مورد نظر (بر حسب دلار و به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰) و ستاده نامطلوب مورد استفاده در مدل، میزان انتشار سرانه دی‌اکسد کربن (بر حسب تن) است. همچنین، نهاده‌های مورد استفاده شامل تشکیل سرمایه ناخالص (بر حسب دلار و به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰)، تشکیل سرمایه ثابت ناخالص (بر حسب دلار و به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰) و میزان کل اشتغال است. علاوه بر ۴ شاخص یادشده که در تحلیل پوششی داده‌ها مورد استفاده قرار گرفته، در تحلیل مدل اقتصادسنجی از تولید ناخالص داخلی سرانه نیز استفاده کرده‌ایم. در این پژوهش برای محاسبه کارایی زیست‌محیطی ابتدا دو مدل جداگانه با استفاده از تحلیل دریچه‌ای، طراحی و برآورد کرده‌ایم. این دو مدل عبارتند از:

الف) ***تعیین کارایی خوب***: در این مرحله از پژوهش کارایی کشورها را با ستاده مطلوب تولید ناخالص داخلی و نهاده‌های تشکیل سرمایه ناخالص (بر حسب دلار و به قیمت

۱. بالتاجی (۲۰۰۸).

ثابت سال ۲۰۰۰)، تشکیل سرمایه ثابت ناخالص (بر حسب دلار و به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰) و نیز میزان کل اشتغال برآورد کرده‌ایم.

ب) ***تعیین کارایی بد:*** در این مرحله نیز کارایی کشورهای منتخب را با استفاده از ستاده نامطلوب سرانه انتشار دی‌اکسید کربن و نهاده‌های تشکیل سرمایه ناخالص (بر حسب دلار و به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰)، تشکیل سرمایه ثابت ناخالص (بر حسب دلار و به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰) و نیز میزان کل اشتغال برآورد کرده‌ایم.

پس از محاسبه مدل‌های یادشده، کارایی زیست‌محیطی را از تقسیم کارایی خوب بر کارایی بد محاسبه کرده‌ایم. همچنین، ربای انتخاب مدل بین خطی یا لگاریتمی بودن متغیرها که رابطه بین کارآیی زیست‌محیطی و تولید ناخالص داخلی سرانه را نشان می‌دهد، از آزمون باکس-کوکس استفاد کرده‌ایم. شکل کلی مدل مورد استفاده در این پژوهش به‌صورت زیر است:

$$EF_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1(\frac{GDP}{C})_{it} + \beta_2(\frac{GDP}{C})^2_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (۸)$$

که در آن، α_i کشور و γ_t عرض از مبدأ مربوط به زمان است.کشورها با اندیس i و زمان با اندیس t مشخص شده و EF نسبت کارآیی زیست‌محیطی ساخته شده و ε_{it} جمله اخلال است.

برای برآورد رابطه بالا از روش‌های داده‌های تابلویی استفاده کرده‌ایم. نخستین روش مورد استفاده، روش اثرات ثابت[1] است که در آن به هر یک از کشورها اجازه داده می‌شود تا هر یک عرض از مبدأ مخصوص به خود را داشته باشند. روش دوم مورد استفاده نیز روش اثرات تصادفی[2] است که در آن اثرات فردی به‌صورت تصادفی درنظر گرفته می‌شود. برای انتخاب بین مدل اثرات تصادفی و ثابت از آزمون هاسمن[3] استفاده کرده، همچنین، برای بررسی همبستگی سریالی بین جملات خطا نیز آزمون مربوطه را انجام داده‌ایم. با احتساب پویایی، مدل پویای پانل را با رویکرد روش‌های گشتاوری تعمیم‌یافته مورد استفاده قرار داده‌ایم.

1.Fixed effects
2. Random effects
3. Hausman test

۵. تحلیل نتایج

نتایج کاربرد مدل تحلیل دریچه‌ای مبتنی بر ابرکارایی، به شرح جدول زیر است:

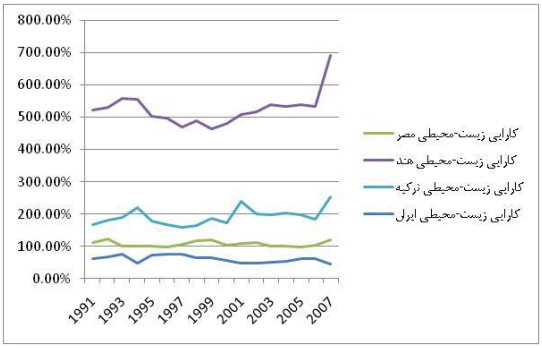
جدول ۲. کارایی زیست‌محیطی کشورهای منتخب

سال	ایران	مصر	هند	ترکیه
۱۹۹۱	٪۶۲,۰۲	٪۱۰۹,۳۴	٪۵۲۳,۰۹	٪۱۶۷,۴۱
۱۹۹۲	٪۶۶,۲۳	٪۱۲۲,۳۹	٪۵۲۹,۶۰	٪۱۸۲,۲۷
۱۹۹۳	٪۷۴,۳۳	٪۱۰۰,۰۰	٪۵۵۷,۲۳	٪۱۸۹,۸۶
۱۹۹۴	٪۴۸,۰۵	٪۱۰۰,۰۰	٪۵۵۵,۸۰	٪۲۲۱,۳۶
۱۹۹۵	٪۷۰,۵۲	٪۱۰۰,۰۰	٪۵۰۳,۳۵	٪۱۷۹,۶۵
۱۹۹۶	٪۷۳,۵۶	٪۹۶,۷۰	٪۴۹۷,۳۵	٪۱۶۷,۳۶
۱۹۹۷	٪۷۳,۲۰	٪۱۰۵,۰۰	٪۴۶۸,۵۶	٪۱۵۹,۹۹
۱۹۹۸	٪۶۴,۵۹	٪۱۱۶,۷۵	٪۴۸۸,۱۹	٪۱۶۵,۲۹
۱۹۹۹	٪۶۳,۳۴	٪۱۱۸,۷۳	٪۴۶۲,۹۷	٪۱۸۶,۹۲
۲۰۰۰	٪۵۶,۴۱	٪۱۰۳,۲۶	٪۴۸۰,۰۸	٪۱۷۴,۷۵
۲۰۰۱	٪۴۷,۵۷	٪۱۰۸,۲۹	٪۵۰۸,۴۳	٪۲۳۹,۶۱
۲۰۰۲	٪۴۷,۷۹	٪۱۱۰,۹۷	٪۵۱۶,۹۴	٪۲۰۲,۴۳
۲۰۰۳	٪۵۰,۰۴	٪۹۹,۶۱	٪۵۳۸,۷۲	٪۱۹۸,۸۰
۲۰۰۴	٪۵۳,۸۸	٪۹۹,۲۵	٪۵۳۱,۸۱	٪۲۰۲,۷۱
۲۰۰۵	٪۶۱,۷۹	٪۹۶,۲۷	٪۵۳۷,۸۲	٪۱۹۸,۴۲
۲۰۰۶	٪۶۰,۲۶	٪۱۰۲,۰۶	٪۵۳۲,۸۲	٪۱۸۴,۷۱
۲۰۰۷	٪۴۵,۹۶	٪۱۲۰,۱۴	٪۶۹۳,۰۰	٪۲۵۳,۴۳

مأخذ: یافته‌های این پژوهش.

ترسیم نمودار مربوط به این نتایج، مقایسه قابل ملاحظه‌ای را در ارتباط با سطح کارایی زیست‌محیطی در هر یک از کشورها و نیز تغییرات آن در طول زمان را ارائه خواهد داد.

مقایسه تطبیقی، فاصله زیاد کشورها در کارایی زیست‌محیطی را نشان می‌دهد. کشور هند در بین کشورهای منتخب بیشترین کارایی زیست‌محیطی را داشته و پس از آن به ترتیب، کشورهای ترکیه، مصر و ایران قرار دارند. همچنین، روند تغییرات کارایی زیست‌محیطی در کشورهای هند، ترکیه و مصر صعودی و در کشور ایران، نزولی است.



نمودار ۲: مقایسه تطبیقی کارایی زیست‌محیطی کشورهای منتخب

در راستای بررسی وجود فرضیه کوزنتس در کارآیی زیست‌محیطی کشورهای موردنظر، ابتدا از آزمون ریشه واحد استفاده کرده‌ایم. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، از سه نوع آزمون لوین-لین- چو،[1] پسران- شین[2] و آزمون از نوع فیشر[3] برای آزمون ریشه واحد در مورد داده‌های تابلویی استفاده کرده‌ایم. نتایج هر سه آزمون نشان می‌دهد که در تفاضل مرتبه اول، هر دو متغیر مانا هستند، در حالی که در سطح متغیرها، هر دو نامانا بوده که با یک مرتبه تفاضل‌گیری مانا شده‌اند. بنابراین، متغیرهای مدل، جمعی از مرتبه اول هستند.

جدول ۳. نتایج آزمون‌های ریشه واحد برای داده‌های تابلویی

آزمون	EF	GDP/C	D(EF)	D(GDP/C)
Levin, Lin and Chu t	-۰,۴۶ (۰,۸۲)	-۰,۰۳ (۰,۹۲)	-۱,۳۴ (۰,۰۰)	-۱,۰۵ (۰,۰۰)
Im-Pesaran-Shin	-۱,۳۵ (۰,۶۴)	-۰,۴۱ (۰,۹۹۲)	-۳,۷۵ (۰,۰۰)	-۳,۸ (۰,۰۰)
Fisher type	۱۲,۲۱ (۰,۱۴)	۰,۰۳۴ (۱,۰۰)	۵۷,۴۸ (۰,۰۰۰)	۱۲,۹۴ (۰,۱۱۴)

مأخذ: یافته‌های این پژوهش.

1. Levin, Lin and Chu t
2. Im-Pesaran-Shin
3. Fisher type

در این مطالعه همچنین، هم‌جمعی داده‌های تابلویی را مورد آزمون قرار داده‌ایم. هر چند آزمون‌های متنوعی برای این منظور در داده‌های تابلویی وجود دارد، در این پژوهش از آزمون هم‌جمعی وسترلوند[1] استفاده کرده که بیشتر آزمون‌ها در مورد متغیرها، هم‌جمعی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، این آزمون را برای سه حالت بدون روند قطعی، با عرض از مبدأ و روند و بدون روند یا عرض از مبدأ انجام داده‌ایم.

جدول ۴. نتایج آزمون‌های هم‌جمعی وسترلوند برای داده‌های تابلویی

	Ga	Gt	Pa	Pt
بدون روند قطعی	-۰,۸۵ (۰,۹)	-۳,۴۴ (۰,۰۰۱)	-۰,۵ (۰,۹)	-۱,۰۶ (۰,۹)
با عرض از مبدأ و روند	-۶,۲۳ (۰,۹۷۸)	-۳,۹۶ (۰,۰۰)	-۹,۲۳ (۰,۶۴۵)	-۵,۸۱ (۰,۰۸)
بدون روند یا عرض از مبدأ	-۱,۸ (۰,۹)	-۰,۸ (۰,۷۸)	-۰,۰۷ (۰,۸)	-۰,۱۲ (۰,۹)

مأخذ: یافته‌های این پژوهش.

نتایج برآورد مدل را در جدول ۵ آورده‌ایم. این جدول شامل برآوردهای گشتاوری تعمیم‌یافته (GMM) برای معادلات پویای کشورهای مورد نظر است. در اینجا تمام متغیرها بجز متغیر با وقفه متغیر وابسته را برونزا در نظر گرفته‌ایم. بیشتر ضرایب به‌دست آمده از نظر آماری معنادارند. با توجه به اهمیت فرض در مورد جمله خطا، نتایج آزمون‌های همبستگی سریالی مرتبه اول و مرتبه دوم را نیز در این جدول ارایه کرده‌ایم. در شرایطی که بین جملات خطا خودهمبستگی وجود داشته باشد، ناگزیر به استفاده از روش برآورد پویای پانل خطی[2] خواهیم بود؛ هر چند این مدل، پیچیدگی‌هایی نسبت به دو روش برآورد دیگر پویای پانل دارد.

دو روش برآورد دیگر برای در نظرگرفتن پویایی‌ها در داده‌های از نوع پانل روش آلرانو- بوور[3] و آلرانو – بوند[4] است. فروض استفاده از روش اول وجود شرایط خاص گشتاوری و نبود خودهمبستگی بین جملات خطاست. روش دوم یعنی روش آلرانو –

1. westerlund
2. Linear dynamic paneldata estimation
3. Arellano–Bover
4. Arellano–Bond

بوند نیز برای داده‌هایی طراحی شده که در آن تعداد پانل‌ها زیاد بوده و زمان‌ها کم باشد و شرط استفاده از آن نبود خودهمبستگی بین جملات خطاست.

برآوردکننده پویای پانل تنها زمانی می‌تواند برآوردهای سازگاری ارایه نماید که شرایط گشتاوری معتبر باشند. اگرچه هیچ روشی برای آزمودن اعتبار شرایط گشتاوری در یک مدل دقیقاً شناسا، وجود ندارد، اما اعتبار شرایط گشتاوری در یک مدل با محدودیت بیش از حد شناسا، از طریق آماره سارگان، قابل ارزیابی است. در این پژوهش آماره سارگان را نیز ارائه کرده‌ایم. این آماره نشان می‌دهد که شرایط گشتاوری بیش از حد شناسا معتبر بوده، در نتیجه، این برآوردگر می‌تواند برآوردهای سازگاری ارایه نماید. ستون دوم جدول که نخستین روش برآورد مدل را نشان می‌دهد، روش برآورد اثرات ثابت است. در این روش، عرض از مبدأ برای هر کشور در طول زمان، ثابت در نظر گرفته می‌شود. ستون سوم جدول نیز شامل نتایج برآورد به روش اثرات تصادفی بوده و در ستون آخر جدول نیز نتایج برآورد به روش آرلانو – بوند را ارایه کرده‌ایم. نتایج آزمون خودهمبستگی حاکی از نبود همبستگی بین جملات خطاست و با توجه به اینکه تعداد پانل‌ها کمتر از تعداد سال‌هاست، بنابراین باید از این روش استفاده نمود. ضریب جمله با وقفه متغیر وابسته در کشورهای مورد بررسی، نشان‌دهنده وجود سرعت بالای تعدیل در حرکت به سمت تعادل است.

کاربرد آزمون هاسمن، نشان‌دهنده ناهمبسته بودن درآمد و عرض از مبدأهای کشورهای مورد بررسی است؛ از این رو، کاربرد مدل اثرات تصادفی، برآوردهای سازگاری را ارایه خواهد داد. برآوردهای گشتاوری تعمیم‌یافته در خصوص کشورهای مورد مطالعه در این پژوهش، حاکی از منفی بودن -که ضریب تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP/C) است- که برخلاف پیش‌بینی فرضیه کوزنتس، کارایی زیست‌محیطی (EF) فزاینده همراه با تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP/C) افزایش نخواهد یافت. به بیان دیگر، افزایش در تولید ناخالص داخلی سرانه به افزایش در کارایی زیست‌محیطی در کشورهای مورد بررسی منجر نخواهد شد. به بیان ساده‌تر، در کشورهای مورد مطالعه، رشد اقتصادی همراه با تأثیر نامطلوب بر محیط‌زیست است که البته چنین نتیجه‌ای در مطالعه آیر[1] (۱۹۹۵) نیز تأیید شده است. وجود چنین پدیده‌ای به دلیل کم‌توجهی به محیط زیست در کشورهای در حال توسعه است.

1. Ayer

جدول ۵. نتایج آزمون‌ها و برآورد مدل

مدل	اثرات ثابت	اثرات تصادفی	تفاضل مرتبه اول آرلانو بوند تک مرحله‌ای
عرض از مبدأ	۱,۷* (۳,۹)	۴,۵۱* (۹,۶۴)	۰,۵۹* (۲,۱۴)
GDP/C	۰,۰۰۱ (۰,۷۵)	-۰,۰۰۲* (-۵,۴۱)	-۰,۰۰۴* (-۲,۹۶)
GDP/C^2	-۰,۰۰۲ (-۰,۳۲)	۰,۰۰۳* (۴,۸)	۰,۰۰۱* (۴,۶۲)
EF_{t-1}			۰,۹۲* (۱۹,۷۵)
آماره آزمون والد	۱,۰۰	۳۰,۲۴	۴۷۰۴۳
آماره آزمون هاسمن		۸۱,۰۷ {۰,۰۰}	
آزمون همبستگی سریالی مرتبه اول			-۱,۶ {۰,۰۹}
آزمون همبستگی سریالی مرتبه دوم			۱,۳۴ {۰,۱۷}
آماره سارگان			۸۰,۴۷ {۰,۱۴}
تعداد متغیرهای ابزاری			۷۲

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده آماره t و اعداد داخل کروشه نشان دهنده ارزش p است.

- معنادار در سطح خطای ۵ درصد.

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان‌دهنده پایین‌بودن کارایی زیست‌محیطی ایران در مقایسه با کشورهای دیگر مورد مطالعه است؛ به‌طوری که در طول سال‌های مورد بررسی هند، ترکیه مصر و ایران به ترتیب بیشترین کارایی زیست‌محیطی را دارند. همچنین، کارایی زیست‌محیطی ایران در طول سال‌های مورد بررسی روند کاهشی داشته است.

در گام بعدی، رابطه از نوع زیست‌محیطی کوزنتس بین عملکرد زیست‌محیطی و درآمد سرانه کشورهای منتخب را بررسی کردیم. برای دستیابی به هدف مورد نظر، داده‌های سری زمانی متغیرهای مربوطه را از سال ۱۹۹۱ تا سال ۲۰۰۷ برای ۴ کشور استخراج کرده و پس از کاربرد مدل تحلیل دریچه‌ای و برآورد مدل اقتصادسنجی،

مشخص شد که رابطه زیست‌محیطی از نوع کوزنتس بین عملکرد زیست‌محیطی کشورهای مورد مطالعه و درآمد سرانه آنها وجود ندارد. همچنین، منفی‌شدن ضریب جمله درآمد سرانه در مدل اقتصادسنجی، نشان می‌دهد که کارآیی زیست‌محیطی همراه با افزایش درآمد سرانه، فزاینده نخواهد بود. نتیجه دیگر این پژوهش نشانمی دهدکه به دلیل اینکه ضریب جمله با وقفه متغیر وابسته نزدیک به یک است، بنابراین، تعدیل به سمت تعادل در کشورهای مورد بررسی سریع است. به بیان دیگر، افزایش فعالیت‌های اقتصادی همواره حفاظت از محیط‌زیست را تضمین نمی‌نماید.

۶. منابع

- سلیمی‌فر، مصطفی و دهنوی، جلال. (۱۳۸۸). مقایسه زیست محیطی کوزنتس در کشورهای عضو OECD و کشورهای در حال توسعه: تحلیل مبتنی بر داده‌های پانل. مجله دانش و توسعه، سال هفدهم، شماره ۲۹. صص ۱۶۲-۱۸۰.
- صالح، ایرج و سادات باریکانی، سید حامد؛ شعبانی زهره؛ یزدانی، سعید. (۱۳۸۸). بررسی رابطه علیت بین تولید ناخالص داخلی و حجم گازهای گلخانه‌ای در ایران: مطالعه موردی گاز دی‌اکسیدکربن. اقتصادکشاورزی و توسعه، شماره ۶۶. صص ۱۹-۴۲
- فطرس، محمدحسن و نسرین دوست، میثم. (۱۳۸۸). بررسی رابطه آلودگی هوا آلودگی آب مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران از سال ۸۳ -۱۳۵۹. فصلنامه اقتصاد انرژی، شماره ۲۱. صص ۱۱۳-۱۳۵.
- Andreoni, J. & Levinson. A. (2001). The Analytics of the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Public Economics*, 80, pp. 269-286.
- Arellano, M. & Bond. S. (1991). Some Tests of Specification for Panel data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *Review of Economic Studies* 58: pp. 277–297.
- Arellano, M. & Bover, O. (1995). Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models. *Journal of Econometrics* 68: pp. 29–51.

- Arrow, K. Bolin, B. Costanza, R. Dasgupta, P. Folke, C. C. Holling, C. S. Jansson, B.O. Levin, S. Maler, K.-G. Perrings, C. & Pimental, D. (1995). Economic Growth, Carrying Capacity and the Environment. *Science*, 268, pp. 520-521.
- Asmild, M. Paradi, C. V. Aggarwall, V. & Schaffnit, C. (2004). Combining DEA Window Analysis with the Malmquist Index Approach in a Study of the Canadian Banking Industry. *Journal of Productivity Analysis,* Vol. 21, No.1, pp. 67-89.
- Ayres, R. U. (1995). Economic Growth: Politically Necessary but not Environmentally Friendly. *Ecological Economics*, Vol.15, No.1, pp. 97-99.
- Baltagi, B. H. (2008). *Econometric Analysis of Panel Data*. Fourth Edition. New York: Wiley.
- Coelli, T. J. Prasada Rao, D. S. O'Donnell C. J. & Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Second Edition, Springer.
- Cooper, W. W. Seiford, L. M. & Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-solver Software,* 2nd ed. Springer Science + Business Media, New York, NY.
- De Bruyn, S. M. (1997). Explaining the Environmental Kuznets Curve: Structural Change and International Agreements in Reducing Sulphur Emissions. *Environment and Development Economics,* Vol.2, No.4, pp. 485-503.
- Galeotti, M. Lanza, A. & Pauli, F. (2006). Reassessing the Environmental Kuznets Curves for CO_2 Emissions: a Robustness Exercise. *Ecological Economics*, Vol.57, No.1, pp. 152-163.
- Halkos, G. E. & Tzeremes. N. G. (2009). Exploring the Existence of Kuznets Curve in Countries' Environmental Efficiency using DEA Window Analysis. *Ecological Economics,* Vol.68, No. 7, pp. 2168- 2176.
- Han, X. & Chatterjee, L. (1997). Impacts of Growth and Structural Change on CO2 Emissions of Developing Countries. *World Development*, Vol. 25, Issue 3, pp. 395-407.
- Heerink, N. Mulatu, A. & Bulte, E. (2001). Income Inequality and the Environment: Aggregation Bias in an Environmental

Kuznets Curves. *Ecological Economics*, Vol.38, Issue 3. pp. 359-367.

- Jorgenson, A. K. (2006). Unequal Ecological Exchange and Environmental Degradation: a Theoretical Proposition and Cross-National Study of Deforestation, 1990-2000. *Rural Sociology*, Vol.71, No.4, pp. 685-712.
- Levin, A. Lin, C.F. & Chu, C. (2002). Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite- Sample Properties. *Journal of Econometrics*, Vol. 108, No.1, pp. 1-24.
- Lopez, R. (1994). The Environment as a Factor of Reduction: the Effects of Economic Growth and Trade Liberalization. *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.27, Issue 2. pp. 163-184.
- Luzzati, T. & Orsini. M. (2009). Investigating the Energy-Environmental Kuznets Curve. *Energy Journal*, Vol.34, No. 3, pp. 291-300.
- McConnell, K. E. (1997). Income and the Demand for Environmental Quality. *Environment and Development Economics*, Vol.2, Issue 4. pp. 383-399.
- Suri, V. & Chapma. D. (1998). Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, Vol.26, Issue 2, pp. 195-208.
- Taskin, F. & Zaim. O. (2000). Searching for a Kuznets Curve in Environmental Efficiency Using Kernel Estimations. *Economics Letters,* Vol. 68, Issue 2, pp. 217-223.
- Torras, M. & Boyce. J. K. (1998). Income, Inequality and Pollution: a Reassessment of the Environmental Kuznets Curve. *Ecological economics,* Vol.27, Issue 2, pp.147-160.
- Zaim, O. & Taskin. F. (2000). A Kuznets Curve in Environmental Efficiency: an Application on OECD Countries. *Environmental and Resource Economics,* Vol. 17, No.1, pp. 21-36.

ضمایم: داده‌ها، ستاده‌ها و نتایج مدل تحلیل دریچه‌ای

سال	کشور	انتشار CO2 (metric tons per capita)	تولید ناخالص داخلی میلیارد دلار (constant 2000 US$)	تشکیل سرمایه ناخالص میلیارد دلار (constant 2000 US$)	تشکیل سرمایه ثابت ناخالص میلیارد دلار (constant 2000 US$)	کل اشتغال میلیون نفر	کارایی زیست‌محیطی درصد
1991	EGY	1.33	66	1122	11	12	2517
1991	IND	0.85	273	315	58	56	50519
1991	IRN	4.22	79	1432	38	24	2537
1991	Turkey	2.66	188	3293	33	36	2997
1992	EGY	1.35	69	1148	11	12	2563
1992	IND	0.89	288	327	64	60	51468
1992	IRN	4.40	83	1469	37	23	2567
1992	Turkey	2.66	197	3399	37	37	2986
1993	EGY	1.51	71	1158	10	10	2583
1993	IND	0.90	302	336	68	62	52431
1993	IRN	4.02	81	1423	27	20	2615
1993	Turkey	2.78	213	3596	48	47	2820
1994	EGY	1.36	74	1182	11	11	2638
1994	IND	0.94	322	352	82	69	53385
1994	IRN	5.11	81	1395	18	18	2663
1994	Turkey	2.69	203	3368	34	39	3020
1995	EGY	1.50	78	1214	12	12	2663
1995	IND	0.99	347	372	89	81	53600
1995	IRN	4.83	83	1409	24	17	2712
1995	Turkey	2.88	219	3572	46	44	3073
1996	EGY	1.57	81	1250	13	13	2759
1996	IND	1.06	373	393	88	83	54269
1996	IRN	4.78	89	1486	31	21	2671
1996	Turkey	3.09	235	3770	48	50	3138

سال	کشور	انتشار CO2 (metric tons per capita)	تولید ناخالص داخلی میلیارد دلار (constant 2000 US$)	تشکیل سرمایه ناخالص میلیارد دلار (constant 2000 US$)	تشکیل سرمایه ثابت ناخالص میلیارد دلار (constant 2000 US$)	کل اشتغال میلیون نفر	کارایی زیست‌محیطی درصد
1997	EGY	1.63	86	1294	15	15	2798
1997	IND	1.08	388	402	99	88	55222
1997	IRN	4.78	92	1513	31	24	2773
1997	Turkey	3.20	253	3987	54	57	3110
1998	EGY	1.81	89	1322	19	19	2825
1998	IND	1.09	412	419	99	94	56279
1998	IRN	5.11	95	1528	30	24	2839
1998	Turkey	3.19	258	4012	53	55	3168
1999	EGY	1.82	95	1376	20	19	2961
1999	IND	1.14	442	443	117	105	56844
1999	IRN	5.03	96	1532	31	26	2881
1999	Turkey	3.00	250	3815	48	46	3187
2000	EGY	2.01	100	1423	20	19	2954
2000	IND	1.17	460	453	111	105	57603
2000	IRN	5.30	101	1584	33	27	2916
2000	Turkey	3.25	267	4011	55	54	3104
2001	EGY	1.76	103	1445	19	18	2954
2001	IND	1.17	484	469	115	112	58438
2001	IRN	5.49	105	1616	33	31	2931
2001	Turkey	2.88	251	3727	37	38	3075
2002	EGY	1.74	106	1452	19	20	3025
2002	IND	1.17	502	479	128	120	59248
2002	IRN	5.68	113	1710	38	34	2977
2002	Turkey	3.00	267	3902	47	44	3030
2003	EGY	1.77	109	1470	18	18	3083
2003	IND	1.20	544	512	144	136	60139

سال	کشور	انتشار CO2 (metric tons per capita)	تولید ناخالص داخلی میلیارد دلار (constant 2000 US$)	تشکیل سرمایه ناخالص میلیارد دلار (constant 2000 US$)	تشکیل سرمایه ثابت ناخالص میلیارد دلار (constant 2000 US$)	کل اشتغال میلیون نفر	کارایی زیست‌محیطی درصد
2003	IRN	5.96	121	1804	44	38	3064
2003	Turkey	3.15	281	4052	52	50	2988
2004	EGY	1.90	114	1501	19	19	3135
2004	IND	1.25	590	546	177	162	60248
2004	IRN	6.22	127	1867	46	41	3192
2004	Turkey	3.21	307	4373	61	64	3063
2005	EGY	2.12	119	1539	21	22	3186
2005	IND	1.29	644	589	204	187	60968
2005	IRN	6.17	133	1924	48	43	3219
2005	Turkey	3.33	333	4680	72	75	3082
2006	EGY	2.27	127	1614	24	25	3270
2006	IND	1.35	705	635	236	213	61816
2006	IRN	6.87	141	2008	51	44	3274
2006	Turkey	3.63	356	4938	82	85	3107
2007	EGY	2.30	136	1697	30	30	3427
2007	IND	1.43	773	687	271	246	62426
2007	IRN	6.98	152	2137	56	47	3395
2007	Turkey	3.95	373	5104	87	88	3095

مأخذ: داده‌های WDI و یافته‌های این پژوهش.