فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال سیزدهم/ شماره‌ی۵۳/ تابستان ۱۳۹۶/ صفحات ۱۳۳-۱۰۵

ارزیابی عملکرد کارایی زیست محیطی کشورهای منتخب براساس تحلیل فراگیر داده‌ها و تئوری بازی‌ها در محیط رقابتی

بهرام فتحی
دانشجوی دکتری علوم اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، Bahram125fathi@gmail.com

مهدی خداپرست مشهدی[1]
دانشیار اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد، m_khodaparast@um.ac.ir

مسعود همایونی فر
دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد، homayounifar@um.ac.ir

سید حسین سجادی فر
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، h.sajadifar@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۶

چکیده

در سال‌های اخیر توجه عمومی به مسائل زیست محیطی به نحو چشم گیری افزایش یافته است. با توجه به افزایش نگرانی‌ها در رابطه با کیفیت محیط زیست، تغییرات آب و هوایی و انتشار آلاینده‌های زیست محیطی، کارایی زیست محیطی به‌عنوان یکی از عناصر مهم توسعه پایدار مطرح می‌باشد. در این راستا یکی از مسائل مهم، اندازه‌گیری کارایی زیست محیطی است. هدف اصلی این مطالعه ارزیابی کارایی زیست محیطی در کشورهای منتخب با استفاده از روش ترکیبی تحلیل فراگیر داده‌ها و تئوری بازی‌ها در یک محیط رقابتی با در نظر گرفتن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب در سال ۲۰۱۴ است. نتایج نشان می‌دهد کارایی زیست محیطی کشورهای منتخب به طور متوسط ۷۱/۹۲ درصد می‌باشد و می‌توان با افزایش ستانده مطلوب به طور متوسط به میزان ۹/۰۴ درصد و کاهش نهاده‌ها به طور متوسط به میزان ۲۸/۰۸ درصد عملکرد تولیدی را بهبود بخشیده و به کارایی دست یافت: در این میان کشورهای بحرین و لهستان دارای بهترین عملکرد را داشته‌اند. همچنین کشورهای آرژانتین، بحرین، برزیل، چین، اندونزی، کویت، نیجریه، لهستان، قطر و عربستان کارایی زیست محیطی با ارتباط متقارن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب در شرایط بازی چانه زنی از کارایی بهتری نسبت به سایر کشورها برخوردار بوده‌اند.

طبقه‌بندی JEL: Q25, R22, A03, S9

کلید واژه‌ها: کارایی زیست محیطی، تحلیل فراگیر داده‌ها، بازی همکارانه

---

[1]. نویسنده مسئول

۱- مقدمه

امروزه رشد اقتصادی هدف اصلی بسیاری از سیاست‌های اقتصادی دولت‌ها است، اما این مسئله معمولاً به زیان‌های زیست محیطی منجر می‌شود. از این رو از لحاظ توسعه پایدار این نگرانی وجود دارد که توسعه اقتصاد جهانی صدمه جبران ناپذیری به محیط زیست وارد آورد (فتحی و همکاران، ۱۳۹۴). با افزایش نگرانی‌ها در رابطه با محیط زیست، توجه به آثار منفی و آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های اقتصادی در ارزیابی کارایی بنگاه‌ها در سطح خرد و کشورها و صنایع انرژی‌بر و آلاینده در سطح کلان ضروری می‌باشد. از این رو برای ارزیابی عملکرد اقتصادی در سطح بنگاه و اقتصاد ملی به شاخص‌هایی نیاز است که ابعاد زیست محیطی را نیز در بر داشته باشند (کورهنن و لوپتاسیک[1]، ۲۰۰۴). از سوی دیگر مشکلات مربوط به پیامدهای زیست محیطی و هزینه‌های آینده موجب شده دولت‌ها به منظور کاهش آلودگی و استفاده بهتر از منابع طبیعی، به‌دنبال طراحی و اجرای سیاست‌های سازگار با محیط زیست و منابع کارآمد بوده و نهاد عمومی مشخصی را مسئول امر حفاظت از محیط زیست قرار دهند. به همین دلیل، امروزه شاهد تصویب قوانین سخت‌گیرانه در زمینهٔ حفظ محیط زیست و هماهنگ کردن دیگر بخش‌های اقتصادی و اجتماعی با این بخش هستیم (عبدالهی و فریادی، ۱۳۸۹). به طوری که بر اساس پیمان کیوتو (۱۹۹۷)، کشورهای جهان برای حفظ محیط زیست به‌عنوان یک کالای عمومی مشترک محسوب می‌شود، اقدامات اجرایی مناسب انجام داده‌اند. به هر حال سوخت‌های فسیلی بزرگترین منبع اصلی انتشار دی اکسید کربن و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد که از سال ۱۹۷۰ تا کنون در بین عوامل اصلی، سریع‌ترین رشد را داشته است. با توجه به اینکه هدف اصلی بسیاری از سیاست‌های اقتصادی، دستیابی به سطح رشد اقتصادی بالاتر است و این مسئله معمولا باعث وارد آمدن آسیب‌های جدی به محیط زیست می‌شود، مخاطرات زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی به یک موضوع بحث انگیز تبدیل شده است (سید کمال صادقی، ۱۳۹۱). با توجه به این که سوخت‌های فسیلی قسمت عمده مصرف انرژی کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهد، استفاده از راهکارهایی جهت

1. Korhonen and luptacik

کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی می‌تواند منجر به کاهش آلایندگی و بهبود کارایی زیست محیطی شود. بهبود کارایی انرژی به طور گسترده به‌عنوان یکی از راه‌های مقرون به صرفه برای افزایش امنیت، بهبود رقابت صنعتی و کاهش تغییرات آب و هوایی مصرفی شده است. تولید موفق از دید اقتصادی، تولیدی است که با کمترین نهاده، بیشترین ستاده را ایجاد کند و از دید مهندسی، تولید با کمترین ضایعات و با کیفیت بالا، تولید مطلوب به حساب می‌آید (زهرا نصرالهی، ۱۳۹۱). به‌منظور بررسی عملکرد یک موسسه تولیدی روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از آنها محاسبه کارایی می‌باشد که به نحوه استفاده از عوامل تولید در جهت تولید محصول مربوط می‌شود. پرداختن به مسئله کارایی برای همهٔ کشورها الزامی است، اما این نیاز در کشورهای در حال توسعه بیشتر احساس می‌شود. زیرا این کشورها به علت فقدان تکنولوژی برتر به اتلاف بیشتر منابع و نهاده‌های تولید می‌پردازند و امکان پایین بودن سطح کارایی در این کشورها زیاد است. همچنین، افزایش کارایی فنی در سطوح پایین راحت‌تر و آسان‌تر از افزایش کارایی فنی در سطوح بالاتر است (علی آزادی نژاد و همکاران، ۱۳۹۳). هدف این مقاله محاسبه کارایی زیست محیطی کشورهای در حال توسعه با در نظر گرفتن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب به‌صورت نامتقارن با بهره‌گیری از مدل ترکیبی بازی همکارانه[1] و تحلیل پوششی داده‌ها[2](DEA) با ملاحظات زیست محیطی مد نظر است. ساختار مقاله به‌صورت زیر می‌باشد: پس از مقدمه، به ادبیات نظری در زمینه کارایی زیست محیطی و ارتباط نامتقارن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب پرداخته می‌شود. در قسمت سوم مقاله مطالعات تجربی و در قسمت چهارم روش تحقیق مربوط به تحلیل پوششی داده‌ها و مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها با بازی همکارانه ارائه خواهد شد. در قسمت پنجم نتایج تجربی و در نهایت نتیجه‌گیری مطرح می‌شود.

1. Cooperative game
2. Data envelopment analysis

۲- ادبیات تحقیق

از زمان طرح کارایی زیست محیطی[1] به‌عنوان مسئله اقتصادی، مفهوم کارایی و انواع آن، کارایی زیست محیطی و ارتباط نامتقارن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب این عوامل از بعد نظری و هم تجربی مورد بررسی قرار گرفته است.

مبانی نظری کارایی

کارایی زیست محیطی از دو جهت مورد توجه سیاستمداران و اقتصاددانان است، یکی به دلیل افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و دیگری به دلیل کمیابی منابع انرژی به‌طور معمول کارایی با نحوه تخصیص بهینه منابع کمیاب توسط بنگاه برای نیل به اهداف تولید در ارتباط است. کارایی تولیدی یک بنگاه با توجه به رابطه بین مقادیر بهینه و مقادیر مشاهده شده آن تعیین می‌گردد. زمانی که صحبت از کارایی یک بنگاه به میان می‌آید معمولاً به معنای موفقیت آن بنگاه در رسیدن به حداکثر ستانده با سطح معین نهاده است (فارل[2]، ۱۹۵۷). کارایی مفهومی نسبی است و برای سنجش کارایی، باید عملکرد بنگاه مورد نظر با کارایی در شرایط بالقوه تولید مقایسه گردد تا مشخص شود که کارایی بنگاه یا واحد تولیدی تا چه حد از اندازه مورد انتظار و ایده‌آل فاصله دارد (مهرگان، ۱۳۸۷). برای ارزیابی کارایی یک بنگاه ابتدا باید مرز کارایی بنگاه شناسایی شود و بر مبنای فاصله بنگاه از وضعیت ایده آل، میزان عدم کارایی و به تبع آن کارایی مشخص گردد. در این راستا، دو رویکرد عمده وجود دارد: نخست، رویکرد پارامتریک[3] که در آن با فرض یک شکل تابعی برای مرز کارایی (کاب داگلاس، ترانسلوگ و...) و نوع توزیع عدم کارایی (نرمال یک طرفه، گاما و ...)، با استفاده از روش‌های مرسوم اقتصاد سنجی تخمین زده می‌شود. در ابتدا این رویکرد با استفاده از مدل مرزی معین دنبال شد که در آن عدم کارایی، تلفیقی از عدم کارایی واقعی و جزء اخلال تخمین بود. برای رفع این مشکل مدل مرزی احتمالی[4] توسط تیمر[5] (۱۹۷۱)

1. Environmental efficiency
2. Farrell
3. Parametric
4. Probabilistic
5. Timmer

معرفی گردید. سرانجام ایگنر، لاول و اشمیت[1] (۱۹۷۷)، بارزترین مدل مرزی یعنی تابع تولید مرزی تصادفی[2] را ارائه نمودند. این رویکرد در ادبیات اقتصادی به SFA[3] معروف است. رویکرد دوم، رویکرد ناپارامتریک[4] است. چارنز[5]، کوپر[6] و رودز[7] در سال ۱۹۸۷ مجموعه‌ای از مسائل برنامه‌ریزی خطی را برای فرموله نمودن اندازه‌گیری شاخص کارایی فنی فارل ارائه نمودند. روش آنها در ارزیابی کارایی به تحلیل پوششی داده‌ها[8] معروف گردید. در این روش نیازی به مشخص نمودن شکل تابعی وجود ندارد و از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده می‌گردد. مطالعه صورت گرفته توسط اینگر، لاول و اشمیت (۱۹۷۷) و چارنز، کوپر و رودز (۱۹۷۸) پایه مطالعات کارایی در رویکردهای مرزی پارامتریک و ناپارامتریک را تشکیل می‌دهند. ادبیات موجود در زمینه اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل تولید شامل دو رویکرد مرزی[9] و غیرمرزی[10] است که هر یک نیز دارای دو شاخه از روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک هستند (گراسکوپف[11]، ۱۹۹۳). منظور از رویکردهای مرزی، شاخص‌هایی است که از یک مرز کارا برای اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری استفاده می‌کنند. رویکردهای غیرمرزی شامل آن دسته از روش‌هایی است که فرض می‌شود محصول تولیدی بنگاه در هر حالت برابر با محصول متناظر با این سطح از نهاده و تکنولوژی بر روی مرز کاراست، به عبارت دیگر بنگاه همواره بر روی مرز کارا قرار دارد (گراسکوپف، ۱۹۹۳).

برای تعیین میزان عدم کارایی یک بنگاه باید از شاخصی به‌عنوان ملاک مقایسه استفاده نمود. به طور کلی، فارل (۱۹۵۷) سه نوع کارایی برای بنگاه تعریف می‌کند که عبارتند از: کارایی فنی، کارایی تخصیصی و کارایی اقتصادی.

---

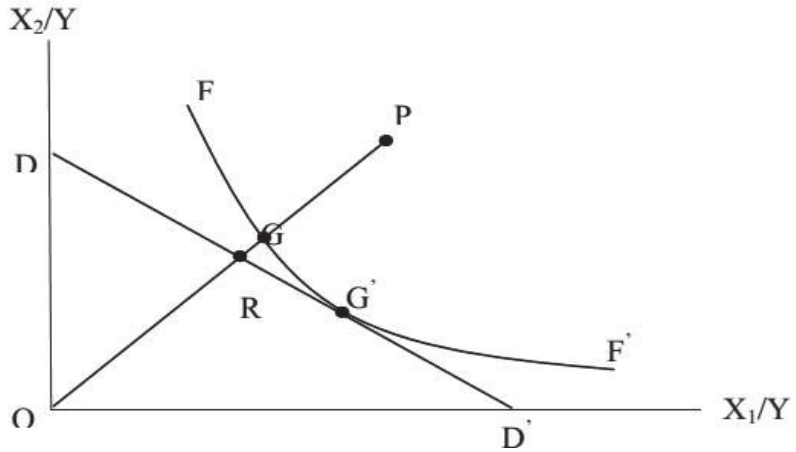
1. Aigner, Lovell and Schmidt
2. Stochastic Frontier Production Function
3. Stochastic Frontier Analysis (SFA)
4. Non-parametric
5. Charnes
6. Cooper
7. Rohdes
8.Data Envelopment Analysis (DEA)
9. Frontier
10. Non-frontier
11. Grosskopf

الف)کارایی فنی[1]: تولیدکننده به لحاظ فنی کاملاً کاراست، اگر تولید او روی منحنی تولید یکسان صورت پذیرد. این مسئله بیانگر توانایی بنگاه در کسب حداکثر محصول از مجموعه عوامل تولید است.

در نمودار (۱) دیدگاه فارل در حالت نهاده محور برای یک بنگاه با دو نهادهٔ X1 و X2 شرط بازدهی به مقیاس ثابت نشان داده شده است. FF منحنی هم مقداری بنگاه دارای کارایی ۱۰۰ درصد را در تولید یک واحد ستاده نشان می‌دهد. GP نیز مقدار عدم کارایی را نشان می‌دهد. به این ترتیب کارایی فنی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$TE = 1 - \frac{GP}{OP} = \frac{OG}{OP} \qquad (۱)$$

یعنی کارایی فنی عبارت خواهد بود از تولید حداکثر مقدار محصول به ازای استفاده از یک مقدار مشخص از عوامل تولیدی. به بیان دیگر، بنگاه مورد نظر می‌بایست به منظور دارا بودن عملکرد کارا از دو نهاده X1 و X2 از وضعیت نقطه G استفاده نماید.



نمودار ۱- اندازه‌گیری کارایی در حالت نهاده محور

ماخذ: امامی میبدی (۱۳۷۹)

ب) کارایی تخصیصی[2]: تخصیص عوامل تولید، کارایی تخصیصی نامیده می‌شود که مفهومی تغییرناپذیر است و به متغیر برون زای قیمت عوامل تولید بستگی

1. Technical Efficiency
2. Allocative Efficiency

دارد و با تغییر قیمت‌های نسبی، تغییر می‌کند. این حالت، با توجه به منحنی هزینه یکسان، ترکیبات هزینه‌ای مختلف برای تولید یک واحد محصول را نشان می‌دهد. کاراترین ترکیب فنی که از لحاظ تخصیصی نیز کارا می‌باشد به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$AE = \frac{OR}{OG} \qquad (۲)$$

ج) کارایی اقتصادی[1]: همانگونه که ذکر شد، کارایی فنی نشان‌دهنده حداکثر میزان تولید با مقدار مشخصی نهاده و یا تولید مشخصی از محصول با استفاده از حداقل نهاده بوده و کارایی تخصیصی نیز با در نظر گرفتن قیمت نهاده‌ها، تولید مشخصی را با حداقل هزینه یا حداکثر کردن درآمد انجام می‌دهد، برحسب تعریف فارل، کارایی اقتصادی ترکیبی از کارایی‌های فنی و تخصیصی است.

$$EE = \frac{OG}{OP} \times \frac{OR}{OG} = \frac{OR}{OP} \qquad (۳)$$

کارایی زیست محیطی

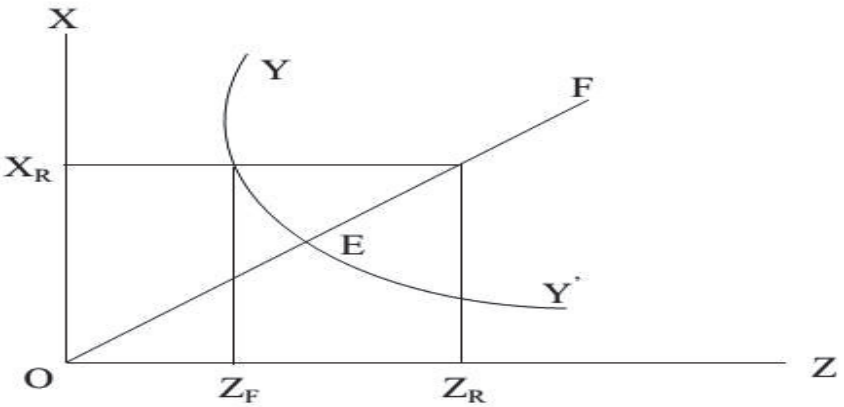
کارایی زیست محیطی را می‌توان به‌عنوان نسبت حداقل استفاده بالقوه به بالفعل نهاده‌های زیانبار زیست محیطی تعریف کرد (رینهارد و همکاران، ۱۹۹۹). در واقع، کارایی زیست محیطی نشان دهنده وضعیت تولید آلایندگی از نهاده‌های تولید است (سورواری و همکاران، ۲۰۱۱). اساساً کارایی زیست محیطی جنبه‌ای از کارایی فنی است که بر نهادهٔ با پیامدهای زیست محیطی منفی تمرکز می‌کند. کاهش در سطح نهاده‌های آلاینده بر کارایی‌های فنی و زیست محیطی اثر می‌گذارد (گراهام، ۲۰۰۴). در نمودار (۲)، 'yy منحنی تولید یکسان، نهاده X یک نهاده معمولی و نهاده Z یک نهاده زیانبار برای محیط زیست است و خواهیم داشت:

$$ee = \frac{OZ_F}{OZ_R} \qquad (۴)$$

که در آن، ee کارایی زیست محیطی، OZF حداقل بالقوه نهاده زیانبار زیست‌محیطی و OZR مقدار بالفعل نهاده زیانبار زیست محیطی است. همان‌طورکه از نمودار (۲) مشاهده می‌شود، کارایی فنی شرط لازم و کافی برای کارایی

1. Economic Efficiency

زیست محیطی است. اگرچه در صورت استفاده از سطوح بالایی از نهاده زیانبار زیست محیطی، درجه بالای کارایی فنی می‌تواند با سطح نسبتاً پایینی از کارایی زیست محیطی همراه باشد. به همین ترتیب، در مقادیر کم نهاده زیانبار زیست محیطی، سطح پایینی از کارایی فنی با درجه بالایی از کارایی زیست محیطی منطبق است (رینهارد و همکاران، ۱۹۹۹).



نمودار ۲- مرز تولید با نهاده معمولی x و نهاده زیانبار

مأخذ: رینهارد و همکاران (۱۹۹۹)

ارتباط نامتقارن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب

براساس تمامی نظریات رشد اقتصادی، انرژی به‌عنوان یک عامل مؤثر در تولید مطرح است، که بدون آن حرکت به سمت رشد اقتصادی میسر نمی‌باشد. ولی با توجه به آثار سو زیست محیطی ناشی از مصرف انرژی، توجه نظریه‌های اقتصادی به ارتباط بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست معطوف شده است. برخی نظریه‌های رشد اقتصادی، مصرف انرژی را موجب تخریب محیط زیست دانسته و برخی دیگر حرکت به‌سمت رشد اقتصادی را موجب بهبود کیفیت محیط زیست می‌دانند. در نظریات اقتصادی، ارتباط میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در قالب فرضیه الگوی منحنی زیست محیطی کوزنتس[1] (EKC) مطرح می‌شود. بر مبنای فرضیه[1] EKC،

1. Environmental Kuznets Carve

هم‌زمان که یک کشور توسعه می‌یابد، ابتدا آلودگی شروع به افزایش می‌کند، ولی بعد از رسیدن به یک سطح خاص پیشرفت اقتصادی، آلودگی کاهش می‌یابد. در حقیقت، تخریب محیط زیست در مراحل اولیه رشد اقتصادی، امری غیر قابل اجتناب بوده و کشوری که در مرحله اولیه توسعه قرار دارد، ناگریز از تخریب محیط زیست به منظور توسعه می‌باشد. اما پس از رسیدن به سطح کافی از توسعه اقتصادی، مباحث رشد پایدار و مسائل زیست محیطی اهمیت یافته و با تلاش برای جلوگیری از تخریب محیط زیست رشد اقتصادی همراه با آلودگی کمتر تحقق می‌یابد. لذا بیان می‌شود که یک رابطه U وارونه بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست وجود دارد که این همان منحنی زیست محیطی کوزنتس است. تحلیل تجربی فرضیه EKC را می‌توان به‌صورت مدل تئوریک ساده‌ای که توسط آندرونی و لوینسون[۲] (۲۰۰۱) مطرح شده شرح داد.

۳- مطالعات تجربی

امامی میبدی و همکاران (۱۳۹۴) درمطالعه‌ای به اندازه‌گیری کارایی فنی، تخصیصی، اقتصادی و بهره‌وری پالایشگاه‌های گاز طبیعی ایران با روش ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کوئیست طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۳ پرداخته‌اند. برای این منظور از روش نهاده محور با سه نهاده و دو ستانده استفاده شده است. نتایج نشان داد که متوسط کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی پالایشگاه‌های گاز طبیعی کشور در سال‌های مورد نظر به‌ترتیب ۹۵، ۹۸/۱ و ۹۳ درصد بوده است. همچنین بهره‌وری کل عوامل تولید پالایشگاه به طور متوسط ۸/۲ درصد رشد منفی داشته که دلیل اصلی آن رشد منفی ۸ درصدی در کارایی تکنولوژی می‌باشد.

سیفی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از اطلاعات سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷ مربوط به ۶ نیروگاه حرارتی برق استان‌های خراسان، کارایی زیست محیطی صنعت برق نسبت به آلاینده اکسیدهای نیتروژن را با بهره‌گیری از توابع فاصله هایپربولیک با در نظر گرفتن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب به‌صورت نامتقارن با رهیافت اقتصاد سنجی الگوی مرزی

---

۱. کوزنتس (Kuznets) در دهه ۱۹۶۰، در قالب یک فرضیه بیان کرد که رابطه بین رشد اقتصادی و نابرابری، به‌صورت یک U وارونه است. در دهه ۱۹۹۰، محققان با به‌کارگیری این فرضیه، وجود چنین رابطه‌ای بین رشد اقتصادی و آلودگی زیست محیطی را بیان کردند و بدین شکل فرضیه زیست محیطی کوزنتس مطرح شد.

2. Andreoni and Levinson

تصادفی از شکل تابعی ترانسلوگ محاسبه نموده‌اند. نتایج حاصل مطالعه نشان می‌دهد که کارایی زیست محیطی نیروگاه‌های نمونه به‌طور متوسط ۹۳/۸۱ درصد می‌باشد. همچنین قیمت سایه‌ای معادل ۱/۱۲ ریال به ازای هر کیلو گرم اکسیدهای نیتروژن را نشان می‌دهد.

راسخی و سلمانی (۱۳۹۲) رابطه میان شدت انرژی و کارایی اقتصادی و مشخصاً وجود رابطه U بر عکس میان این دو را برای مجموعه کشورهای منتخب طی بازه زمانی (۲۰۱۱-۱۹۹۱) مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها با استفاده از روش تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها نشان داد که با افزایش شدت انرژی تا حد آستانه کارایی اقتصادی افزایش می‌یابد، اما پس از آن نقطه افزایش شدت انرژی کاهش کارایی اقتصادی را به‌دنبال دارد. بنابراین برای کشورهای منتخب طی دوره مورد نظر رابطه U برعکس بین شدت انرژی و کارایی اقتصادی تأیید می‌گردد.

رضایی و همکاران (۱۳۹۱) کارایی و بهره‌وری زیست محیطی کشورهای منتخب واردکننده و صادرکننده سوخت‌های فسیلی با رویکرد تابع مسافت جهت‌دار طی دوره زمانی ۲۰۰۷-۱۹۹۷ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد بهره‌وری زیست‌محیطی کشورهای وارد کننده به طور متوسط به اندازه ۰/۱۴ درصد و کشورهای صادرکننده در دوره مورد نظر ۰/۷ رشد داشته است. همچنین رابطه بین بهره‌وری زیست‌محیطی و درآمد سرانه در هر دو گروه از کشورها به شکل N معکوس است.

نصرالهی و همکاران (۱۳۹۱) با اندازه‌گیری کارایی نسبی صنایع تولیدی ایران طی برنامه سوم و دو سال اول برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران ۸۵- ۱۳۷۹، آلاینده‌های زیست‌محیطی را به‌عنوان خروجی نامطلوب مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق مذکور حاکی از آن است که در تمامی سال‌های مورد بررسی تنها صنعت تولید رادیو و تلویزیون و دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی کارا بوده است. هم چنین در تمام سال‌های برنامه و از میان ۲۱ صنعت مورد بررسی همواره بیش از هفده صنعت ناکارا بوده‌اند، به‌عبارت دیگر در این سال‌ها تنها بیست درصد از واحدها کارا بوده و از منابع خود به درستی استفاده نموده‌اند.

آماده و رضایی (۱۳۹۰) کارایی زیست محیطی شرکت‌های برق منطقه‌ای کشور را اندازه‌گیری کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد در بین شرکت‌های برق منطقه‌ای،

شرکت برق منطقه‌ای آذربایجان و خراسان، هم از نظر کارایی معمولی و هم از نظر کارایی زیست محیطی عملکرد ضعیفی دارند. هم چنین شرکت منطقه‌ای خوزستان برخلاف کارایی معمولی بالا، از کارایی زیست محیطی اندکی برخوردار است. شرکت برق منطقه‌ای گیلان دارای کارایی معمولی و زیست محیطی واحد می‌باشد. در نهایت نتیجه آزمون کروسکال والیس نشان داد که لحاظ کردن میزان انتشار دی اکسیدکربن به‌عنوان ستانده نامطلوب اثر معناداری بر امتیاز کارایی شرکت‌ها دارد.

شرزه‌ای و ابراهیم زادگان (۱۳۹۰) به برآورد اثر بازگشت افزایش کارایی انرژی بر مصرف خانوارهای ایرانی و انتشار دی اکسیدکربن پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که در همه سناریوها افزایش کارایی انرژی سبب افزایش مصرف برخی از کالاها و کاهش مصرف بقیه کالاها شده است. اثر بازگشت برآورد شده تقریباً ۹۸ درصد بوده که افزایش کارایی انرژی، به مقدار بسیار جزئی مصرف انرژی و انتشار دی اکسیدکربن را کاهش می‌دهد.

ناصر زاده (۱۳۸۹) به بررسی کارایی زیست محیطی نیروگاه‌های کشور بین سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶ پرداخته است. ستانده‌های تولید برق و انتشار دی اکسید کربن به‌عنوان ستانده مطلوب به‌ترتیب به‌عنوان ستانده مطلوب و نامطلوب و نیروی کار، سوخت مصرفی و ظرفیت نامی نیروگاه به‌عنوان نهاده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از روش تحلیل پوششی نشان می‌دهند که کارایی زیست محیطی ۴۰ نیروگاه طی دوره مورد نظر در حال کاهش بوده است. همچنین بین کارایی زیست محیطی و نوع سوخت مصرفی در نیروگاه‌ها رابطه معناداری وجود دارد.

رافعی (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، انتشار آلودگی و کارایی زیست محیطی در کشورهای منتخب پرداخته است. وی در این تحقیق برای محاسبه کارایی از روش DEA بارویکرد نهاده محور استفاده نموده و آلودگی را به‌عنوان یک نهاده وارد مدل کرده است. در این مطالعه از شکل درجه سوم این منحنی استفاده گردیده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که منحنی کوزنتس زیست محیطی برای کشورهای منتخب دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۵ در قسمت صعودی خود قرار دارد.

امامی میبدی و همکاران (۱۳۸۸) کارایی فنی و بهره‌وری ۲۶ نیروگاه حرارتی فعال در ایران را با استفاده از روش تحلیل فراگیر داده‌ها و شاخص مالم کوئیست اندازه‌گیری

نموده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که متوسط کارایی فنی نیروگاه‌ها تحت فرض بازده ثابت و متغیر در سال ۱۳۸۶ به‌ترتیب برابر با ۷۶/۴ و ۹۲/۸ درصد است و ناکارایی مقیاس بیشترین تأثیر را روی ناکارایی فنی دارد. رشد بهره‌وری تمام نیروگاه‌های مورد نظر طی سال‌های ۸۶-۱۳۸۱به طور متوسط معادل ۱/۵ درصد بوده و تأثیر گذارترین عامل در تغییرات بهره‌وری، تغییرات تکنولوژیکی معرفی شده است.

مهدی صادقی (۱۳۸۶) پژوهشی با هدف بررسی راهکارهای افزایش بازده نیروگاه و آثار زیست محیطی و اقتصادی آن انجام داده، که در آن به بررسی بازده نیروگاه‌های گازی، سیکل ترکیبی و بخاری پرداخته است. با توجه به محاسبات صورت گرفته، در نتیجه افزایش بازده، میزان آلاینده‌های تولیدی و هزینه‌های اجتماعی کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌یابند. از آن جا که این کاهش بیشتر در نیروگاه‌های بخاری رخ می‌دهد، لذا ارجحیت افزایش بازده در این نیروگاه‌ها می‌باشد.

صادقی و سعادت (۱۳۸۳) در مطالعه ی خود با استفاده از داده‌های سری زمانی سالانه طی سال‌های ۱۳۸۰- ۱۳۴۶ به بررسی رابطه علی بین رشد اقتصادی و اثرات زیست محیطی در ایران پرداخته‌اند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در دوره مورد مطالعه یک رابطه علی یک طرفه از رشد جمعیت به سوی تخریب محیط زیست وجود داشته است. همچنین رابطه علی دو طرفه بین تخریب محیط زیست و رشد اقتصادی در ایران نیز بر قرار می‌باشد.

کومار و خانا (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای به اندازه‌گیری بهره‌وری کارایی زیست محیطی دربین ۳۸ کشور منتخب طی دوره ۱۹۹۲-۱۹۷۱ پرداخته‌اند. برای اندازه‌گیری بهره‌وری و کارایی از توابع مسافت جهت‌دار استفاده گردیده است. همچنین نتایج حاصل نشان می‌دهد که بین بهره‌وری زیست محیطی و درآمد سرانه در کشورهای گروه اول مورد مطالعه رابطه از نوع منحنی کوزنتس است.

ماناجی و جنا (۲۰۰۸) به بررسی رابطه بهره‌وری زیست محیطی و منحنی کوزنتس در کشور هند پرداخته‌اند. در این بررسی از دی اکسید سولفور، دی اکسید نیتروژن و ذرات معلق به‌عنوان ستانده نامطلوب استفاده گردیده است. بهره‌وری زیست محیطی با استفاده از شاخص بهره‌وری لیونبرگر مورد استفاده قرار گرفته که بر مبنای توابع ستانده

جهت‌دار قرار دارد نتایج حاصل نشان می‌دهد که بهره‌وری زیست محیطی در هند بین سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۹۱ رو به کاهش بوده است.

آنگ (۲۰۰۷) در مطالعه خود به بررسی رابطه علی پویا بین انتشار گاز دی اکسیدکربن، مصرف انرژی و تولید در فرانسه طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۶۰ پرداخته است. نتایج مطالعه نشان داد که رشد اقتصادی علت بلندمدت مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست بوده و یک رابطه علی یک طرفه از سوی مصرف انرژی به رشد تولید در کوتاه‌مدت برقرار است. همچنین، یافته‌های این مطالعه نشان داد که با افزایش استفاده از انرژی، انتشار گاز دی اکسید کربن نیز افزایش می‌یابد.

سویتاس و همکاران (۲۰۰۷) رابطه ی بین مصرف انرژی، درآمد و انتشار کربن در آمریکا را بررسی کردند. در این تحقیق علاوه بر متغیرهای مذکور، دو متغیر نیروی انسانی و سرمایه نیز به‌عنوان نهاده‌های تولید، در مدل وارد شده‌اند. نتایج حاصل نشان می‌دهد یک رابطه ی مثبت و معنی دار بین انتشار کربن و مصرف انرژی وجود دارد اما چنین رابطه‌ای را بین درآمد و انتشار کربن نیافتند. از این رو آن‌ها بیان کردند که رشد درآمد در آمریکا به خودی خود راه حل مناسبی برای مشکلات زیست محیطی در این کشور نخواهد بود.

کومار (۲۰۰۶) از شاخص بهره‌وری لیونبرگر – مالم کوئیست برای اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل تولید در دو گروه از کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه استفاده نمود. ستانده‌های مورد استفاده در این مطالعه تولید ناخالص داخلی، انتشار دی اکسید کربن و نهاده‌های مورد استفاده، نیروی کار، موجودی سرمایه و مصرف انرژی است. پس از محاسبه بهره‌وری زیست محیطی، عوامل مؤثر بر بهره‌وری زیست محیطی در قالب منحنی کوزنتس مورد بررسی قرار گرفته است.

تول و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه بلندمدت بین مصرف انرژی و انتشار گاز دی اکسید کربن در آمریکا طی سال‌های ۲۰۰۲-۱۸۵۰ پرداخته‌اند. نتایج اصلی این مطالعه نشان می‌دهد که طی دوره مورد مطالعه شدت انتشار گاز دی اکسید کربن با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی افزایش می‌یابد و رشد اقتصادی و رشد مصرف برق نیز از عوامل تأثیرگذار بر انتشار دی اکسید کربن است.

ماناجی و کانکو (۲۰۰۴) به مطالعه بهره‌وری زیست محیطی چین طی سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۸۷ با استفاده از داده‌های استانی پرداختند. در این مطالعه بهره‌وری یک بار به‌صورت کلی با لحاظ ستانده‌های مطلوب و نامطلوب و بار دیگر بدون لحاظ ستانده‌های نامطلوب اندازه‌گیری شده است. شاخص بهره‌وری زیست محیطی نیز از نسبت بهره‌وری نوع اول به نوع دوم به‌دست می‌آید. در محاسبه بهره‌وری از رویکرد توابع مسافت استفاده گردیده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۹۹۴ -۱۹۹۱ به‌دلیل توجه کمتر به کاهش آلودگی در چین بهره‌وری کلی به‌صورت چشم‌گیری افزایش و بهره‌وری زیست محیطی کاهش یافته است.

۴- روش تحقیق

این پژوهش بر اساس روش برنامه ریزی استوار است. در این بخش ساختار الگو مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این بخش روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی کارایی زیست محیطی در بین کشورها را معرفی خواهیم نمود. فرض می‌کنیم در فرایند تولید با استفاده از نهاده‌ها شامل موجودی سرمایه (K)، نیروی کار (L) و مصرف انرژی (E) و تولید ناخالص داخلی (GDP) و انتشار دی اکسید کربن (CO2) به‌ترتیب به‌عنوان ستانده‌های مطلوب و نامطلوب در مدل در نظر گرفته شده است. در رابطه (۵) ترکیب نهاده‌ها به تولید ستانده‌ها منتج می‌گردد، T نیز به‌عنوان تابع تولید در نظر گرفته می‌شود.

$$T = (K, L, E, GDP, CO2): (K, L, E) \Rightarrow (GDP, CO2)$$
$$(K', L', E', GDP, CO2) \in T \text{ , or } (K, L, E, GDP', CO2) \in \text{ if } (K, L, E, Y, C) \in T \quad (۵)$$
$$\text{and } (K' , L', E') \geq (K, L, E) \text{ or } (GDP' \leq GDP)$$

از آنجایی که امروزه در مجامع جهانی بر کنترل و کاهش انتشار دی اکسید کربن تأکید شده و کشورها موظف به رعایت آن می‌باشند، لذا دو فرض اساسی پیوستگی در مبدا[1] و قابلیت دفع ضعیف[2] برای اینکه تولید ستانده نامطلوب در مدل فوق انعکاس یابد بایستی به آن اضافه گردند. براساس ویژگی پیوستگی در مبدا، ستانده مطلوب GDP و

1. Null-jointness
2. Weak Disposability

ستانده نامطلوب CO2 فقط در مبدا مختصات دارای پیوستگی می‌باشند، که آن را به‌صورت زیر نمایش می‌دهیم:

$$\text{(i) if } (K, L, E, GDP, CO2) \in T \text{ and } 0 < \theta \leq 1, \Rightarrow (K, L, E, \theta GDP, \theta CO2) \epsilon T \quad (۶)$$

$$\text{(ii) if } (K, L, E, GDP, CO2) \in T \text{ and } GDP = 0, \Rightarrow CO2 = O$$

با توجه به رابطه (۶) مفهوم پیوستگی در مبدا، این است که هیچ ستانده مطلوبی تولید نمی‌شود مگر آنکه ستانده نامطلوب نیز تولید گردد. در واقع اگر مقدار ستانده نامطلوب برابر صفر باشد، تولیدی انجام نگرفته و میزان ستانده مطلوب نیز صفر خواهد. به عبارت دیگر کاهش متناسب در تولید ناخالص داخلی و تولیدگازهای گلخانه‌ای CO2 امکان‌پذیر است. علاوه بر آن در این مدل نیازمند فرضیه عدم اشتراک در T می‌باشد که نشان می‌دهد که تنها راه برای حذف تولیدگازهای گلخانه‌ای CO2، توقف فعالیت‌های تولیدی می‌باشد. فرض عدم اشتراک و امکان‌پذیری ضعیف برای اولین بار توسط فاره و همکاران (۱۹۹۴) بیان شده است که در معادلات ذیل به‌صورت ریاضی نشان داده شده است.

رابطه (۶) نشان می‌دهد اگر تولید ستانده نامطلوب هزینه اضافی بر تولید کننده تحمیل کند فعالیت‌های کاهش آلودگی معمولا باعث خواهند شد تا منابع از تولید ستانده نامطلوب منحرف شوند و در سطح مشخصی از نهاده، تولید ستانده مطلوب کاهش یابد. در این حالت فرض براین است که کاهش در ستانده‌ها حالت شعاعی دارد یعنی با ثابت بودن سطح نهاده کاهش در ستانده‌ها با نسبت مشابه رخ می‌دهد (فاره و گراسکوپف، ۲۰۰۴).

در روابط فوق مدل‌سازی تکنولوژی تولید زیست محیطی برای تابع تولید مشترک خروجی مطلوب و نامطلوب معرفی گردید. با توجه به این موضوع در گام بعدی توصیف تکنولوژی تولید زیست محیطی در چارچوب تحلیل پوششی داده‌های ناپارامتری خواهد بود. فرض می‌شود که $i= 1,2,\ldots$ کشور وجود دارد و برای هر کشور متغیرهای ورودی و خروجی مطلوب و نامطلوب در اقتصاد به‌صورت $(K_i, L_i, E_i, GDP_i, CO2_i)$ تعریف می‌شوند. در این تحقیق به منظور رفع مشکلات در مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها جهت ارزیابی کارایی انرژی از مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها با تئوری بازی‌ها استفاده شده است. بر اساس رابطه (۶) ملاحظه می‌شود که بین متغیرهای

GDP و CO2 به‌عنوان خروجی در تابع تولید ارتباط تنگاتنگی وجود دارد که در بسیاری از مطالعات اقتصادی به بررسی علیت روابط این دو متغیر پرداخته شده است. اما در این تحقیق جدای از مطالعات متعارف برای محاسبه کارایی انرژی، اثر متقاطع دو متغیر GDP و CO2 را با استفاده از یک مدل ترکیبی DEA- GAME بررسی می‌کنیم. مطالعات پیشین نشان می‌دهند که تلفیق DEA با GAME می‌تواند بر این محدودیت‌ها غلبه کند. زیرا DEA خود یکی از ابزارهای قدرتمند ارزیابی عملکرد است اما نارسایی‌هایی از قبیل نادیده گرفتن برخی ارتباطات متقابل متغیرها و حساسیت نسبت به تغییرات مجموعه ورودی و خروجی‌ها دارد. جهانگشایی رضایی و همکاران (۱۳۹۳).

در این تحقیق با استفاده از مدل چانه زنی نش، عملکرد واحدهای تصمیم گیرنده[1] (DMU) به‌طور همزمان اندازه‌گیری می‌شود. طبق مدل نش، مجموعه شدنی باید فشرده و محدب باشد و شامل برخی از بردارهای نتیجه نیز باشد. بنابراین هر نتیجه معین باید بزرگتر از نتیجه شکست باشد. نتایج شکست نقطه در شروعی برای چانه زنی هستند که نتیجه حاصل را در صورتی که یک بازیکن تصمیم بگیرد از چانه‌زنی کناره‌گیری نماید، نشان می‌دهند. برای تخمین نقاط شکست[2] از رویکرد کارایی متقاطع[3] استفاده می‌شود. طبق تحقیق جهانگشایی رضایی و همکاران[4] (۲۰۱۲) این رویکرد بسیار به واقعیت نزدیک است.

شاخص کارایی متقابل یک DMU توسط مجموعه‌ای از وزن‌های بهینه $V_{1d}^*, \dots, v_{md}^*, u_{1d}^*, \dots, u_{sd}^*$ به‌دست می‌آید، سپس کارایی متقاطع DMUها به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$E_{qj} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rq}^* z_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{iq}^* x_{ij}} \qquad q, j = 1, \dots, m \qquad (۷)$$

میانگین کل E_{qj}ها، کارایی متقاطع DMU_J است.

$$\overline{E_J} = \frac{1}{n} \sum_{q=1}^{n} E_{qj} \qquad (۸)$$

رابطه ۸ شاخص کارایی متقاطع واحدهای تصمیم گیرنده است. روش کارایی متقاطع را برای تعیین نقاط شکست که در مدل تلفیقی به کار رفته مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1. Decision Making Units
2. Breakdown Points
3. Cross- Efficiency
4. Jahangoshai Rezaee, et al

$$\theta_{cross} = \min_q(E_{qi})\ j = 1, \dots, n \quad (۹)$$

طبق این روش نقاط شکست برای مدل با نماد θ_{cross} نشان داده شده است.

مدل تحلیل پوششی داده‌ها با بازی چانه زنی[1]

به‌علت محدویت‌های DEA در این قسمت مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و بازی چانه زنی معرفی می‌گردد (عمرانی و همکاران[2]، ۲۰۱۵). در این مدل N کشور (DMU) را در نظر گرفته که DMUj (j=1,2,…,n) و دارای دو خروجی r که با Z_{rs} (r=1,2,…,s) و فرض می‌کنیم که i ورودی را با X_{im} (i=1,2,…,m) نشان می‌دهیم. این که ورودی‌ها برای دو خروجی مشترک می‌باشند. در مرحله اول از مدل DEA استاندارد برای ارزیابی DMUها از معیارها استفاده می‌گردد و در مرحله دوم با استفاده از مدل چانه زنی، عملکرد DMUها با خروجی مطلوب و نامطلوب و یک دسته ورودی به طور هم زمان اندازه‌گیری می‌شود. در این روش برای انجام ارزیابی یکپارچه عملکرد کارایی، DEA و بازی چانه زنی نش با هم ترکیب می‌شوند. کارایی زیست محیطی از طریق مدل تلفیقی تحلیل پوششی داده و بازی چانه زنی همکارانه بررسی می‌گردد. هدف بازی چانه زنی نش به‌عنوان یک بازی همکارانه تقسیم منافع بین دو بازیکن بر مبنای رقابت بین آن‌ها می‌باشد. مدل نش (۱۹۵۰) مستلزم این است که مجموعه شدنی فشرده و محدب و شامل بردارها بوده و پیامدها به‌گونه‌ای باشد که پیامد حاصل از نقطه شکست بیشتر باشد. پیامد نقطه شکست، نقطه شروع چانه‌زنی است. در این تحقیق برای حداکثر سازی کارایی زیست محیطی ابتدا نقاط شکست ستانده نامطلوب را محاسبه نموده، سپس مجموع موزون خروجی‌ها (به‌ترتیب مطلوب و نامطلوب) نسبت به مجموع موزون ورودی‌ها به‌دست می‌آید. برای ساختن مدل N کشور موجود است و برای یک نمونه کشور مورد بررسی نیز کشور صفر است که ورودی‌ها Xi0 را برای تولید خروجی‌ها مصرف می‌کند. در صورتی که وزن تخصیص داده شده به خروجی‌ها و ورودی‌ها به‌ترتیب با μ_r و v_i نشان داده شود، برای پیدا کردن حداکثر کارایی کشور صفر باید e_0 حداکثر شود. قیدهای مدل نیز عبارتند از: قید اول اینکه مجموع موزون

1. DEA-bargaining game model
2. Omrani et al.

خروجی‌ها باید از نقاط شکست بزرگتر باشند و قید دوم (کارایی تمام کشورها کوچک‌تر یا مساوی یک) قید DEA است که باید تعداد قیدها در مدل با تعداد کشورها برابر باشد. در این تحقیق هدف اندازه‌گیری کارایی۲۶ کشور نسبت به هم است که برای هر کشور سه ورودی و دو خروجی در نظر گرفته شده است. اما از آن جایی که ساخت ۲۶ مدل در این مقاله پر حجم است، فقط مدلی برای اندازه‌گیری کارایی کشور صفر ساخته شده که با تغییر اندکی برای ۲۵ کشور دیگر نیز قابل ارائه است.

$$\max\ e_0 = \left(\frac{\sum_{r=1}^{s}\mu_r z_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}} - \theta_{cross_j}\right) \qquad (۱۰)$$

$$\text{s.t.}\ \frac{\sum_{r=1}^{s}\mu_r z_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}} \geq \theta_{cross_j}$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s}\mu_r z_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}} \leq 1, \qquad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1$$

$$\mu_r, v_i > 0, i = 1, \dots, m, r = 1, \dots, s$$

قضیه

نماد S در رابطه (۱۰) مجموعه امکان تولید $(\mu_1, \dots, \mu_s,\ v_1, \dots, v_m)$ است. مجموعه امکان تولید n کشور $(j = 1,2, \dots, n)$ با m ورودی مختلف $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ و s خروجی $z_j = (z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{sj})$ به‌صورت زیر و با نماد S تعریف می‌شود.

$$S = \left\{\left(x, z \middle| \text{خروجی } z \text{ بتواند با ورودی } x \text{ ایجاد شود}\right)\right\}$$

به این ترتیب مجموعه‌ای متشکل از مشاهدات واقعی مربوط به عملکرد کشورهای تحت ارزیابی با ترکیب خاصی به‌صورت فوق است.

اثبات

با در نظر گرفتن روابط $\frac{\sum_{r=1}^{s}\mu_r z_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}} \geq \theta_{cross_j}$ ، $\sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{ij} > 0$ و $\frac{\sum_{r=1}^{s}\mu_r z_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}} \leq 1,$ به‌ترتیب با روابط زیر برابر می‌باشند.

$$\sum_{r=1}^{s}\mu_r z_{r0} - \theta_{cross} \times \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0\ , \sum_{r=1}^{s}\mu_r z_{rj} \leq \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}$$

بـــا فـــرض ایـــن دو رابطـــه $(\mu'_1, \dots, \mu'_s, v'_1, \dots, v'_m)$ و $(\mu''_1, \dots, \mu''_s, v''_1, \dots, v''_m)$ می‌توانند راه حل ممکن رابطه (۹) باشـند، بـرای رسـیدن بـه $\lambda \in [0,1]$ روابـط زیـر را خواهیم داشت.

$$\begin{aligned}\sum_{R=1}^{s}\left[\lambda\mu'_r + (1-\lambda)\mu''_r\right]z_{r0} - \theta_{cross} \times \sum_{i=1}^{m}\left[\lambda v'_i + (1-\lambda)v''_I\right]x_{ij} \\ = \lambda\left(\sum_{i=1}^{s}\mu'_r z_{r0} - \theta_{cross} \times \sum_{i=1}^{m} v'_i x_{ij}\right) \\ +(1-\lambda)\left(\sum_{r=1}^{s}\mu''_r z_{r0} - \theta_{cross} \times \sum_{i=1}^{m} v''_i x_{ij}\right) \le 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^{s}\left[\lambda\mu'_r + (1-\lambda)\mu''_r\right]z_{r0} \\ = \lambda\sum_{r=1}^{s}\mu'_r z_{r0} + (1-\lambda) \\ \times \sum_{r=1}^{s}\mu''_r z_{r0} \\ \le \lambda\sum_{i=1}^{m} v'_i x_{ij} + (1-\lambda)\sum_{i=1}^{m} v''_i x_{ij} = \sum_{i=1}^{m}\left[\lambda v'_i + (1-\lambda)v''_i\right]x_{ij}\end{aligned}$$

براساس این روابط نتیجه می‌گیریم که S یک مجموعه محدب است.

۵- نتایج تجربی

این پژوهش از نوع تجربی است که با توجه به اطلاعات و آمارهای جمع آوری شـده از بانک جهانی (WDI) تجزیه و تحلیل داده‌ها برای کشورها انجـام شـده اسـت. پـس از گردآوری آمار و اطلاعات لازم، کارایی زیست محیطی کشورهای منتخب بـا اسـتفاده از تحلیل پوششی داده‌ها با روش متعـارف و روش ترکیبـی DEA-game ارزیـابی گردیـد. براساس یک رابطه تجربی، بایستی تعداد کشورهای مورد بررسی از سـه برابـر مجموعـه داده‌ها و ستانده‌ها بیشتر یا مساوی باشد، در غیر این صورت کارایی تمامی کشورها برابر یک یا نزدیک کارایی واحد خواهد شد (امروزنژاد[1]، ۲۰۱۰). لذا بایسـتی تعـداد کشـورها حداقل ۱۵ باشد که در این پژوهش تعداد کشورها برابر ۲۶ است، از این رو رابطه تجربی مذکور برقرار است. از طرفی در مطالعات و تحقیقات تجربی، کارایی فنی بیش از کارایی تخصیصی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، زیرا در محاسبه کارایی فنی به اطلاعات قیمتی در

1. Emrouznejad

مورد عوامل تولید و محصول که عموما غیر قابل دسترس است، نیاز نیست (امامی میبدی، ۱۳۹۰). از این رو اساساً کارایی زیست محیطی در این پژوهش جنبه‌ای از کارایی فنی است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این بخش به معرفی متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه کارایی زیست محیطی می‌پردازیم. در این تحقیق از موجودی سرمایه (دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵)، نیروی کار (نفر) و مصرف انرژی (کیلو تن معادل نفت) [1] به‌عنوان نهاده و از تولید ناخالص داخلی (دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵) و میزان انتشار دی اکسید کربن (کیلو تن) به‌ترتیب به‌عنوان ستاده مطلوب و نامطلوب در مدل استفاده می‌گردد. داده‌های مربوط به متغیرهای موجودی سرمایه (K)، نیروی کار (L) و مصرف انرژی (E) به‌عنوان ورودی و تولید ناخالص داخلی (GDP) و انتشار دی اکسید کربن (CO2) به‌ترتیب به‌عنوان ستانده‌های مطلوب و نامطلوب از گزارش سالانه بانک جهانی جمع‌آوری گردیده‌اند. جهت محاسبه کارایی زیست محیطی از نرم‌افزار گمس [2] استفاده شده است. در روش تحلیل پوششی داده‌ها ابتدا با رویکرد ستانده مطلوب و ستانده نامطلوب در نهایت با تابع تولید مشترک ستانده‌ها عملکرد کارایی زیست محیطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این مطالعه یک گروه از کشورها بر اساس طبقه بندی بانک جهانی به‌عنوان کشورهای در حال توسعه با منابع صادرات فسیلی در نظر گرفته می‌شوند. این کشورهای منتخب شامل: آلبانی، آذربایجان، آرژانتین، اکوادور، اندونزی، الجزایر، اکوادر، ایران، بحرین، برزیل، امارات متحده عربی، ترکمنستان، چین، رومانی، عمان، عربستان سعودی، قطر، کلمبیا، کویت، گابن، گرجستان، لهستان، لیبی، مالزی، نیجریه و ونزوئلا می‌باشد. آمار مورد نیاز برای محاسبه مدل در سال ۲۰۱۴ تهیه شده است. در جدول (۱) نهاده‌ها و ستانده‌های مورد استفاده و برخی از آمارهای مربوط بیان شده است.

1. Kt of Oil Equivalent
2. General Algebraic Modeling System

جدول ۱- آمار توصیفی نهاده‌ها و ستانده‌های کشورهای در حال توسعه منتخب در سال ۲۰۱۴

	متغیرها	واحد	متوسط	حداکثر	حداقل
نهاده‌ها	موجودی سرمایه (K)	دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵	۱/۶۶۴۴۹E+۱۳	۳/۸۹۵۸E+۱۴	۱۴۳۰۴۵۴۶
	نیروی کار (L)	نفر	۵۴۱۴۳۵۹۳/۳۸	۸۰۶۴۹۸۵۲۱	۶۴۵۵۷۳
	مصرف انرژی (E)	کیلو تن معادل نفت	۳۷۷۱/۵۹۸۷۵۶	۱۹۲۳۶/۹۳۷۸	۶۹۳/۵۴۷۱۳۶
ستانده‌ها	تولید ناخالص ملی (Y)	دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵	۴/۲۰۶۹۵E+۱۱	۵/۷۸۲۲E+۱۲	۲۹۸۳/۸۵۲۹۶
	انتشار دی اکسید کربن (C)	کیلو تن	۶۳۵۶۴۴/۶۵۰۹	۹۲۷۸۵۶۴/۶۵	۲۲۹۷/۹۶

منبع : یافته‌های تحقیق

یافته‌های تحقیق

به‌منظور نشان دادن عملکرد مدل از تحلیل پوششی داده‌ها و بازی چانه زنی استفاده می‌شود و مجموعه داده‌های ۲۶ کشور در حال توسعه و اندازه‌گیری کارایی زیست محیطی و رتبه بندی برای هر کشور محاسبه شده است. نتایج حاصل از مدل DEA در ستون دوم جدول ۲ نشان داده شده است، به‌طوری‌که ۸ کشور کارا هستند و بر روی مرز کارایی قرار دارند. کشورهای دیگر ناکارا بوده و نیاز به بهبود عملکرد دارند. بدیهی است امتیاز کارایی از مدل DEA به هم نزدیک می‌باشند و بسیاری از کشورها در مرز قرار گرفته‌اند. در حقیقت شدت تفاوت از مدل DEA در موقعیت تعداد زیادی از ورودی‌ها و خروجی‌ها بسیار کم است. در این بخش برای غلبه بر محدودیت مدل DEA مرسوم از مدل تحلیل پوششی داده‌های ترکیبی استفاده می‌شود. نتایج مدل DEA با ملاحظات زیست محیطی در ستون سوم جدول ۲ نشان داده شده است. ستون رتبه بندی کشورها با استفاده از مدل DEA با ستانده نامطلوب انتشار دی اکسید کربن (CO2) نشان داده شده است. با توجه به این نتایج، ۸ کشور آرژانتین، بحرین، برزیل، چین، نیجریه، لهستان، قطر و عربستان به‌ترتیب دارای بهترین عملکرد می‌باشند. طبق محاسبات انجام شده کارایی زیست محیطی کشورهای نمونه به طور متوسط ۷۱/۹۲ درصد می‌باشد، بر این اساس می‌توان با افزایش ستانده مطلوب به طور متوسط به‌میزان

۹/۰۴ درصد و کاهش نهاده‌ها به طور متوسط به میزان ۲۸/۰۸ درصد عملکرد تولیدی را بهبود بخشید و به کارایی دست یافت. با توجه بـه نتـایج کـارایی بـا ملاحظـات زیسـت محیطی در جدول ۲ در ستون سوم، کشورهای بحرین و لهستان دارای بهترین عملکـرد می‌باشند. در این مدل دو کشور مذکور در کارایی مرسوم (سـتون دوم) و بـا ملاحظـات زیست محیطی در ستون سوم بسیار خوب به بهترین کارایی و مرتبه‌دست یافته و سـایر کشورهای دیگر از این مزیت برخوردار نیستند. بر این اساس کارایی زیست محیطی بـه طور متوسط ۲۵/۷۱ درصد می‌باشد و برای رسیدن به سطح کارایی می‌توان با افـزایش ستانده به طور متوسط به میزان ۸/۹ درصد و کاهش نهاده‌ها به طور متوسط بـه میـزان ۷۴/۲۹ درصد، عملکرد کارایی را بهبود بخشند. از نتایج این قسمت بر می‌آید به غیـر از دو کشور بحرین و لهستان سایر کشورها به‌علت عدم توجه به ملاحظات زیست محیطی و انتشار زیاد دی اکسید کربن، از کارایی مطلوب برخوردار نیستند. همچنین برای بهبود کارایی با در نظر گرفتن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب به‌صورت نامتقارن از مدل بـازی چانه زنی با ترکیب مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA-GAME) اسـتفاده مـی‌شـود، و شواهدی وجود دارد که کشورها با توجه به اهمیت مسئله تغییرات آب و هوایی و توسعه پایدار در محیط رقابتی به این نتایج دست می‌یابند. با رشد اهمیت توسعه پایدار، مفهوم کارایی زیست محیطی نیز جایگاه ویژه‌ای را در ادبیات اقتصاد توسعه یافته است. کارایی زیست محیطی دو جنبه محیطی واقتصادی را بررسی می‌کند، بنابراین مـی‌تـوان گفـت شاخص کارایی زیست محیطی نمایانگر میزان تعهد به توسعه پایدار می‌باشـد (سـیفی و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج حاصـل از رویکـرد DEA-GAME در جـدول ۲ سـتون پـنجم نشان داده شده است. این نتایج با حل مدل (۱۰) نقطه شکسـت (θ =۰/۰۰۱) بـه‌دسـت آمده است. ستون ششم ارائه رتبه بندی این مدل است. با توجه به این نتایج کشـورهای آرژانتین، بحرین، برزیل و چین و کلمبیا پنج رتبه اول را به‌ترتیب به‌دسـت آورده و ایـن کشورها در محیط رقابتی عملکرد مناسبی نسبت به سایر کشورها داشته‌اند. بـا مقایسـه کارایی معمولی ستون دوم، کارایی زیسـت محیطـی سـتون سـوم و کـارایی در محـیط رقابتی در ستون پنجم می‌توان چهار دسته از کشورها را در نظر گرفت. ابتدا کشورهایی هستند که کارایی معمولی و زیست محیطی آنها به‌صورت مطلق بـالا مـی‌باشـد، ماننـد بحـرین، چـین و لهسـتان، گـروه دوم کشـورهایی کـه کـارایی معمـولی و هـم کـارایی

زیست‌محیطی آنها پایین است مانند آلبانی، الجزایر، آذربایجان، کلمبیا، اکوادور، مصر، گابن، گرجستان، اندونزی، ایران، کویت، لیبی، مالزی، عمان، رومانی، ترکمنستان، امارات متحده و ونزوئلا. گروه سوم، کشورهایی که کارایی معمولی بالاتر و کارایی زیست محیطی پایین‌تری دارند مانند آرژانتین، برزیل، چین، نیجریه، قطر و عربستان. کشورهای گروه اول از منابع موجود به‌صورت بهینه‌ای استفاده می‌کنند، اما کارایی زیست‌محیطی کم‌تری نسبت به کارایی معمولی دارند، به‌عنوان نمونه آرژانتین و برزیل، بنابراین باید این کشورها نسبت به مسائل زیست‌محیطی توجه بیش‌تری داشته باشند. گروه چهارم کشورهایی هستند که در یک محیط رقابتی با بازی همکارانه نسبت به کارایی معمولی و کارایی زیست محیطی از کارایی زیست محیطی با ارتباط نامتقارن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب در یک شرایط بازی چانه زنی کارایی را بهبود داده‌اند، مانند کشورهای آرژانتین، بحرین، برزیل، چین، اندونزی، کویت، نیجریه، لهستان، قطر و عربستان.

جدول ۲- نتایج امتیازات کارایی زیست محیطی برای کشورهای در حال توسعه منتخب در سال ۲۰۱۴

کشور	DEA	CO2	Rank	DEA- game	Rank
آلبانی	۰/۲۳۱۱	۰/۰۲۰۸	۲۴	۰/۲۳۱۰	۱۹
الجزایر	۰/۵۹۶۴	۰/۱۰۴۸	۱۸	۰/۵۹۶۳	۹
آرژانتین	۱	۰/۱۰۷۳	۱۷	۰/۹۹۹۹	۱
آذربایجان	۰/۵۸۰۳	۰/۱۴۹۳	۱۴	۰/۵۸۰۲	۱۰
بحرین	۱	۱	۱	۰/۹۹۹۹	۱
برزیل	۱	۰/۱۶۳۷	۱۰	۰/۹۹۹۹	۱
چین	۱	۰/۹۸۹۱	۲	۰/۹۹۹۹	۱
کلمبیا	۰/۹۰۵۵	۰/۰۷۸۱	۲۰	۰/۹۰۵۴	۲
اکوادور	۰/۸۴۰۳	۰/۷۷۶۶	۳	۰/۸۴۰۲	۶
مصر	۰/۶۸۱۳	۰/۲۴۴۹	۶	۰/۶۸۱۲	۷
گابن	۰/۴۷۵۸	۰/۰۲۰۱	۲۵	۰/۴۷۵۷	۱۵
گرجستان	/۴۱۶۰	۰/۰۸۰۳	۱۹	۰/۴۱۵۹	۱۶

کشور	DEA	CO2	Rank	DEA- game	Rank
اندونزی	۰/۸۸۱۸	۰/۰۳۹۰	۲۳	۰/۸۸۱۷	۳
ایران	۰/۴۹۱۵	۰/۱۵۷۵	۱۳	۰/۴۹۱۴	۱۴
کویت	۰/۸۶۰۸	۰/۲۰۷۹	۷	۰/۸۶۰۷	۵
لیبی	۰/۲۹۷۳	۰/۱۱۲۷	۱۶	۰/۲۹۷۲	۱۷
مالزی	۰/۶۵۷۹	۰/۱۲۵۳	۱۵	۰/۶۵۷۸	۸
نیجریه	۱	۰/۱۶۸۲	۹	۰/۹۹۹۹	۱
عمان	۰/۵۴۵۸	۰/۱۷۹۱	۸	۰/۵۴۵۷	۱۲
لهستان	۱	۱	۱	۰/۹۹۹۹	۱
قطر	۱	۰/۲۵۰۱	۵	/۹۹۹۹	۱
رومانی	۰/۵۷۹۹	۰/۰۶۵۲	۲۲	۰/۵۷۹۸	۱۱
عربستان سعودی	۱	۰/۲۵۰۵	۴	۰/۹۹۹۹	۱
ترکمنستان	۰/۲۶۳۹	۰/۱۵۹۹	۱۱	۰/۲۶۳۸	۱۸
امارات متحده عربی	۰/۸۶۷۶	۰/۱۵۷۶	۱۲	۰/۸۶۷۵	۴
ونزوئلا	۰/۵۲۵	۰/۰۷۶۱	۲۱	۰/۵۲۴۹	۱۳
میانگین	۰/۷۱۹۲	۰/۲۵۷۱		۰/۷۱۹۱	

منبع : یافته‌های تحقیق

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به اهمیت توسعه پایدار، کشورها بایستی به منابع انرژی و زیست‌محیطی به‌عنوان یک دارایی مشترک و ضروری توجه خاص نمایند. در برخورد با چالش‌ها، بایستی عوامل زیست محیطی را در نظر گرفت و در این راستا توسعه اقتصادی باید علاوه بر رشد اقتصادی، مستلزم افزایش صرفه‌جویی انرژی و کارایی زیست‌محیطی باشد. بنابراین یکی از مهم ترین کارهایی که بر عهده متخصصان فن گذارده شده، یافتن راه حل‌هایی به منظور کاهش اثرات جانبی[1] منفی ناشی از رشد اقتصادی و مصرف انرژی و زیان‌های وارده به محیط زیست باشد. این مطالعه بر پایه مدل تحلیل پوششی داده‌ها با ترکیب تئوری بازی‌ها در محیط رقابتی با بازی همکارانه و یکپارچه جهت ارزیابی کارایی

1. Externality effects

زیست محیطی کشورهای در حال توسعه منتخب با سه ورودی و دوخروجی مطلوب و نامطلوب، به منظور رفع مشکل نارسایی در مدل تحلیل پوششی داده‌ها ی متعارف انجام شده است. نتایج تجربی این مطالعه براساس مدل ترکیبی نشان می‌دهد که کشورهای آرژانتین، بحرین، برزیل، چین، نیجریه، قطر و لهستان کارایی داشته و سایر کشورها از مزیت کارایی در شرایط همکارانه برخوردار نمی‌باشند. به عبارت دیگر شرایط بازی همکارانه جهت ارتقای کارایی زیست محیطی برای کشورهای دیگر مؤثر نبوده و از امتیازات کارایی ضعیف‌تری برخوردارند. با توجه به یافته‌های این مطالعه پیشنهاد می‌شود کشورهایی که شدت انرژی بالایی دارند، اولا ترکیب انرژی خود را به نفع انرژی‌های تجدیدپذیر تغییر دهند، ثانیا کارایی استفاده از منابع سوخت‌های فسیلی را از طریق بهبودهای تکنولوژی افزایش دهند. از این رو با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و آسیب‌های زیست محیطی کمتر، تولید خود را افزایش خواهند داد.

فهرست منابع

آزادی نژاد، علی، آماده، حمید، امامی میبدی، علی (۱۳۹۳)، بررسی عوامل مؤثر در کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها، تحقیقات اقتصادی، دوره ۴۹، شماره ۱، بهار، ۱۸۸-۱۷۳.

آماده، حمید، رضایی، علی (۱۳۹۰)، اندازه‌گیری کارایی زیست محیطی با استفاده از مدل کارایی سراسری ستانده مطلوب و نامطلوب تفکیک ناپذیر سراسری در بخش تولید انرژی الکتریکی شرکت‌های برق منطقه‌ای، مطالعات اقتصاد انرژی: دوره ۸، شماره ۳۰، پاییز، ۱۵۴-۱۲۵.

امامی میبدی، علی، محمدی تیمور، عارف، بهروز (۱۳۹۴)، اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری در پالایشگاه‌های گاز طبیعی ایران، فصلنامه علوم اقتصادی، سال۹، شماره ۳۰، بهار.

امامی میبدی، علی (۱۳۷۹). اصول اندازه‌گیری کارآیی و بهره‌وری (علمی و کاربردی). تهران: مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

امامی میبدی، علی و افقه، مرتضی و رحمانی صفتی، محمدحسین (۱۳۸۸)، اندازه‌گیری کارایی فنی و بهره‌وری در نیروگاه‌های بخاری، گازی و سیکل ترکیبی، فصلنامه اقتصاد مقداری،۶، (۳)، ۷۹-۱۰۳.

امامی میبدی، علی، خوشکلام خسروشاهی، موسی، مهدوی، روح اله (۱۳۹۰). کارایی و بهره‌وری از دیدگاه اقتصادی، انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی تهران.

رضایی، علی، آماده، حمید، محمدی تیمور (۱۳۹۱). تحلیل بهره‌وری و کارایی زیست محیطی در کشورهای منتخب وارد کننده و صادر کننده منابع انرزی فسیلی: رویکرد تابع مسافت جهت دار، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، سال اول،شماره ۲، بهار، ۹۳-۱۲۶.

راسخی، سعید، سلمانی، پروین (۱۳۹۲)، رابطه شدت انرژی و کارایی اقتصادی در کشورهای منتخب با استفاده از الگوی گشتاور تعمیم‌یافته: کاربردی از تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها، پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، دوره ۲۱, شماره ۶۷، پاییز، ۲۴-۵.

رافعی، میثم (۱۳۸۹)، بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و کارایی زیست محیطی در ایران و چند کشور منتخب، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علامه طباطبایی.

سیفی، احمد، سلیمی فر، مصطفی، فنودی، هانیه (۱۳۹۲)، اندازه‌گیری کارایی زیست محیطی: بررسی موردی نیروگاه‌های حرارتی تولید برق در استان‌های خراسان جنوبی، رضوی و شمالی، اقتصاد انرژی ایران، دوره ۲، شماره ۷، تابستان، ۴۱-۱۷.

شرزه‌ای، غلامعلی، ابراهیم زادگان، هه ژار (۱۳۹۰)، برآورد اثر بازگشت افزایش کارایی انرژی در ارتباط با مصرف خانوارها و انتشار دی اکسیدکربن در ایران، مطالعات اقتصاد انرژی، دوره ۸، شماره ۳۰، پاییز، ۶۱-۳۳.

صادقی، حسین و رحمان سعات (۱۳۸۳). رشد جمعیت، رشد اقتصادی و اثرات زیست محیطی در ایران (یک تحلیل علی). تحقیقات اقتصادی، ۶۴: ۱۸۰-۱۶۴.

صادقی، مهدی، گل آور، لیلا، عابدی، زهرا (۱۳۸۶)، بررسی پیامدهای اقتصادی زیست محیطی افزایش بازده نیروگاه‌های برق فسیلی، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نهم، شماره چهارم.

صادقی، سید کمال، متفکر آزاد، محمد علی، پورعبادالهان کویچ، محسن، شهباززاده خیاوی، اتابک (۱۳۹۱). بررسی رابطه علی بین انتشار دی اکسید کربن، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در ایران (رهیافت آزمون علیت تودا- یاماموتو). فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، سال اول، شماره ۴، پاییز، صفحات ۱۱۶-۱۰۱.

عبدالهی، ناصر و فریادی، مسعود (۱۳۸۹). چالش‌های حقوقی سازمان حفاظت محیط زیست ایران. مجله علوم محیطی. شماره .۷صص .۱۴۳-۱۸

فتحی، بهرام، مهدوی عادلی، محمد حسین، فطرس، محمد حسن (۱۳۹۴)، اندازه‌گیری کارایی زیست محیطی انرژی در کشورهای در حال توسعه منتخب با استفاده از مدل‌های ناپارامتریک ایستا و پویا، فصل نامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال یازدهم، شماره ۴۶،۸۷-۶۱.

مهرگان، نادر و اصغر مبارک (۱۳۷۸)، بررسی تأثیر مؤلفه‌های اقتصاد نوین بر کارایی صنایع در ایران، فصلنامه اقتصاد مقداری، دوره ۵، شماره ۲، تابستان، صفحات ۱۵۲-۱۳۱.

ناصرزاده، سمیه (۱۳۸۹)، ارزیابی زیست محیطی کارایی نیروگاه‌های حرارتی کشور با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها DEA، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی.

نصرالهی، زهرا، صادقی، آرانی زهرا، غفاری گولک، مرضیه (۱۳۹۱)، اندازه‌گیری کارایی صنایع تولیدی ایران با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و با تأکید بر ستاده‌های نامطلوب (آلاینده های زیست محیطی)، سیاست های اقتصادی (نامه مفید)، دوره ۸ (۱۸)، شماره ۱ (۹۰) ; تابستان، ۱۱۰-۸۷.

Aigner, D. J., Lovell, C. A. K. and P. Schmidt (1977), “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models”, Journal of Econometrics, Vol. 6, pp. 21-37.

Ang, J.B. 2007. CO2 emission, energy consumption, and output in France. Energy policy, 35:4772-4778.

Charnes, A., Cooper, W. W. and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency Of Decision Making Units", European Journal of Operational Research, Vol. 2, pp. 429-444.

Dijkgraf, E. and H. R.J. vollebergh (2001), A note on testing for environmental Kuznets curves, OCFEB research memorandum 0102, research center for economic policy, Erasmus university, Rotterdam.

Emrouznejad A, De Witte K. COOPER-framework, (2010). a unified process for nonparametric projects. European Journal of Operational Research;207(3):1573-86.

Fare, R. and S. Grosskopf (2004), New Directions: Efficiency and Productivity, Kluwer Academic Publishers, 174 pages.

Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, Z., (1994). Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries. American Economic Review 84, 66–83.

Fare, R. et al (1992), "Productivity Changes in Swedish Pharamacies 1980-1989: A Non-Parametric Malmquist Approach", Journal of Productivity Analysis, Vol. 3, Issue 1-2, pp. 85-101.

Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", Journal of Royal Statistical Society, Vol. 120, Issue 3, pp. 253-290.

Graham, Mary (2004). Environmental Efficiency Meaning and Measurement and Application to Australian Dairy Farms. Presented at the 48th Annual AARES Conference, Melbourne, Victoria. February.

Grosskopf, S. (1993), "Efficiency and Productivity", in the Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications, Fried, H.O, Knox, C. L. L. and Shelton, S. S., New York: Oxford University Press, pp. 160-194.

Kaneko, Shinji and Shunsuke Managi (2004), "Environmental Productivity in China", Economics Bulletin, Vol. 17, No. 2, pp. 1-10.

Korhonen .PJ and M Luptacik (2004). "Eco-Efficiency Analysis of Power Plants: An Extension of Data Envelopment Analysis." EJOR 154(2): 437-446.

Kumar, S. (2006), "Environmentally Sensitive Productivity Growth: A Global Analysis Using Malmquist–Luenberger Index", Ecological Economics, Vol. 56, Issue 6, pp. 280-293.

Kumar, S. and M. Khanna (2009), "Measurement of Environmental Efficiency and Productivity: A Cross-country Analysis", Environment and Development Economics, Vol. 14, pp. 473-495.

Liang, L., W. D. COOK, J. Zhu.(2008), DEA models for two stage processes: game approach and efficiency decomposition " naval research logistics, 7-653-643.

Managi, Shunsuke. and Pradyot Ranjan Jena (2008), "Environmental Productivity and Kuznets Curve in India", Ecological Economics, Vol. 65, pp. 432-440.

Omrani, H. Gharizadeh Beiragh,R. Shafiei Kaleibari,S. (2015), Performance assessment of Iranian electricity distribution companies by an integrated cooperative game data envelopment analysis principal component analysis approach. Electrical Power and Energy Systems 64 (2015) 617–625.

Rezaee MJ, Moini A, Makui, A. (2012), Operational and non-operational performance evaluation of thermal power plants in Iran: A game theory approach, energy 38-96-103.

Reinhard, Stijn; Knox Lovell, C.A. & Geert Thijssen (1999). "Econometric Estimation of Technical and Environmental Efficiency: An Application to Dutch Dairy Farms".American Journal of Agricultural Economics. Vol. 81. PP. 44-60.

Sorvari, Jaana; Petri Porvari & Sirkka Koskela (2011). "Survey on the Environmental Efficiency Assessment Methods and Indicators". MMEA Research Report nr D2.1.1.HELSINKI.

Soytas,u., sari,R., Bradley, T. E.(2007), Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States. Ecological Economics, 62 (1), 482-489.

Tol, S.J.W., R. Pacala & S.R. Socolow. (2006). Understanding Long term energy use and carbon dioxid emission in the USA. Humorg university.

World Bank, (2014), World Development Indicators (WDI), CD-ROM. Washington.

An assessment of Environmental Efficiency of Selected Countries Based on Envelopment Data Analysis and Game Theory Under Competitive Conditions

Bahram Fathi
Bahram125fathi@gmail.com

Mahdi Khodaparast Mashhadi
m_khodaparast@um.ac.ir

Masuod Homayounifar
homayounifar@um.ac.ir

Seyedhossein Sajadifar
h.sajadifar@gmail.com
Received: 2016/08/02 Accepted: 2017/06/16

Abstract

In recent years public attention to environmental issues has increased dramatically. Due to increasing concerns about environmental quality, climate change and environmental emissions, environmental performance has emerged as an important measure of sustainable development. The main objective of this study was to evaluate environmental performance in selected countries, using a combination of data envelopment analysis and game theory in a competitive environment, to calculate desirable and undesirable outputs in 2014. The results indicate that selected countries had an average environmental performance of 71.92 percent. This performance can be improved by 9.04 percent through optimizing output and 28.8 percent through more efficient use of inputs. Amongst the sample countries, Bahrain and Poland had the best performance. In addition, Argentina, Bahrain, Brazil, China, Indonesia, Kuwait, Nigeria, Poland, Qatar and Saudi Arabia were in a better position than other countries to improve their environmental performance given a symmetric relationship between desirable and undesirable factors under conditions of a game theory bargain.

JEL Classification: Q25, R22, A03, S9

Keywords: Environmental efficiency, Data envelopment analysis, Cooperative game