Evaluating and Ranking of Environmental Efficiency of Oil-Rich Countries

Nasrin Ohadi[1]
Javad Shahraki[2]
Mosayyeb Pahlavani[3]
Mostafa Mardani Najafabadi[4]

Received: 2018/06/18
Accepted: 2018/09/03

Abstract

Today, environmental protection is one of the most important concerns throughout the world. In this regard, the measurement of environmental efficiency has emerged as an important issue. The main objective of this paper is to measure environmental efficiency for Iran and developing oil-rich countries using the Data Envelopment Analysis in 2014. This paper considers undesirable outputs and the Shapley value for cooperative game theory. Since the classical Data Envelopment Analysis is not able to distinguish between efficient units, environmental efficiency is ranked based on combination of Data Envelopment Analysis with cross efficiency model and cooperative game theory. The results show that Iran's efficiency score is 0.42. Thus, Iran ranks the eighth among the nine selected countries. In addition, the results show that the difference between optimal and actual consumption levels of inputs varies from 37% to 51%, so that, the greatest difference is relevant to labor and renewable energy, respectively. The study suggests a modification in the structure of important inputs.

Keywords: Cooperative Games, Data Envelopment Analysis, Environmental Efficiency, the Shapley Value
JEL Classification: C_{14}, C_{24}, O_{57}, Q_4

[1] PhD candidate in Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture and Sustainable Environmental Sciences, University of Sistan and Baluchestan, E-mail: nasrin.ohadi@yahoo.com.
[2] Associate Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Sistan and Baluchestan, Corresponding Author, E-mail: j.shahraki@eco.usb.ac.ir
[3] Associate Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Sistan and Baluchestan,
E-mail: pahlavani@eco.usb.ac.ir
[4] Assistant Professor of Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture Engineering and Rural Development, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, E-mail: m.mardani@asnrukh.ac.ir

دوفصلنامهٔ سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی دانشگاه الزهرا(س)
سال ششم، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۷ (پیاپی ۱۸)

ارزیابی و رتبه‌بندی کارآیی زیست‌محیطی کشورهای نفتی[۱]

نسرین اوحدی[۲]، جواد شهرکی[۳]، مصیب پهلوانی[۴] و مصطفی مردانی نجف‌آبادی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۱

چکیده

امروزه حفظ محیط‌زیست از مسائل بسیار مهم در کشورهای جهان محسوب می‌شود. در این راستا، یکی از مسائل مهم، اندازه‌گیری کارآیی زیست‌محیطی است. هدف از انجام این مطالعه، اندازه‌گیری کارآیی زیست‌محیطی و رتبه‌بندی آن در ایران و کشورهای نفتی در حال توسعه با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های دارای خروجی نامطلوب و تئوری بازی همکارانه ارزش شاپلی در سال ۲۰۱۴ است. از آنجایی که مدل کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، توانایی تمایز بین واحدهای کارا را ندارد، از این رو، از ترکیب مدل کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها با مدل کارآیی متقاطع و تئوری بازی همکارانه، رتبه‌بندی صورت گرفت. نتایج این مطالعه، نشان داد که کشور ایران

---

۱. شناسه دیجیتال (DOI): 10.22051/edp.2019.25751.1209

۲. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده اقتصاد؛ nasrin.ohadi@yahoo.com

۳. دانشیار گروه علوم اقتصادی دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده اقتصاد (نویسنده مسئول)؛ j.shahraki@eco.usb.ac.ir

۴. دانشیار گروه علوم اقتصادی دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده اقتصاد؛ pahlavani@eco.usb.ac.ir

۵. استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی؛ m.mardani@asnrukh.ac.ir

پس از کشور برزیل با کسب نمره ۰/۴۲ و تخصیص رتبه ۸ از بین ۹ کشور تحت بررسی از کمترین میزان کارآیی زیست‌محیطی در مقایسه با سایر کشورهای تحت مطالعه برخوردار بوده و از جایگاه مطلوبی در مقایسه با سایر کشورها برخوردار نیست. همچنین نتایج نشان داد که اختلاف بین مصرف مطلوب و مصرف واقعی نهاده‌ها از ۳۷ تا ۵۱ درصد در نوسان است که بیشترین اختلاف، به ترتیب، مربوط به نهاده نیروی کار و انرژی‌های تجدید پذیر است. در این مطالعه، پیشنهاد شد بر اساس اهمیت نهاده‌ها، به اصلاح ساختار استفاده از آنها پرداخته شود.

واژگان کلیدی: ارزش شاپلی، بازی همکارانه، تحلیل پوششی داده‌ها، کارآیی زیست‌محیطی
طبقه‌بندی C14, C24, O57, Q4: JEL

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، توجه عمومی به مسائل زیست‌محیطی به نحو چشمگیری افزایش یافته است. با توجه به افزایش نگرانی‌ها در رابطه با کیفیت محیط‌زیست، تغییرات آب و هوایی و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی، کارآیی زیست‌محیطی به عنوان یکی از عناصر مهم توسعه پایدار مطرح می‌باشد (فتحی و همکاران، ۱۳۹۶). امروزه رشد اقتصادی هدف اصلی بسیاری از سیاست‌های اقتصادی دولت‌ها است، که معمولاً به ایجاد زیان‌های زیست‌محیطی منجر می‌شود (اوحدی و همکاران، ۱۳۹۷). به عبارتی، با نظر به اینکه هدف بسیاری از سیاست‌های اقتصادی در جوامع مختلف، دستیابی به سطح رشد اقتصادی بالاتر می‌باشد، مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی به یک موضوع بحث برانگیز تبدیل شده است، زیرا رشد اقتصادی سریع (به علت استفاده فزاینده از منابع طبیعی و انتشار حجم بیشتری از آلاینده‌ها) معمولاً باعث ایجاد زیان‌های جدی بر محیط‌زیست می‌شود (محتشمی و همکاران، ۱۳۹۴).

طی دهه‌های اخیر، انرژی در کنار سایر عوامل تولید، نقش مهمی در رشد اقتصادی کشورها داشته و وابستگی روز افزون به انرژی موجب تعامل این بخش با سایر بخش‌های اقتصادی شده و سرعت در روند رشد و توسعه اقتصادی را وابسته به مصرف انرژی کرده است (محمد باقری، ۱۳۸۹). بنابراین، رشد و توسعه اقتصادی نیازمند استفاده از انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولید است و عدم دسترسی به انرژی مقرون به صرفه و قابل اعتماد، عامل ایجاد عقب ماندگی‌های اقتصادی و اجتماعی در بسیاری از نقاط جهان شده است.

تغییرات جمعیتی و رشد شهرنشینی، علاوه بر ضعف در کارآیی جریان تولید، انتقال، توزیع، مصرف و عدم وابستگی لازم به منابع انرژی مطمئن و پاک، موجب افزایش تقاضای انرژی و

مصرف سریع منابع آن گردیده است (هایرمث و همکاران[1]، ۲۰۰۷؛ دیکنن و همکاران[2]، ۲۰۰۶). لذا رشد روز افزون جمعیت، وابستگی به انرژی و به تبع آن رشد مصرف انرژی فسیلی، موجب افزایش مشکلات زیست‌محیطی می‌شود (صادقی و همکاران، ۱۳۸۶).

در اغلب کشورهای نفتی نیز رشد اقتصادی تا حدود زیادی وابسته به منابع انرژی از جمله نفت و گاز و درآمدهای حاصل از این منابع می‌باشد. لذا رشد اقتصادی و صنعتی شدن، از سویی، با استخراج بیشتر منابع و از سوی دیگر، با افزایش مصرف انرژی بویژه بدون پیشرفت کافی در تکنولوژی، باعث فشار بر محیط‌زیست خواهد شد (بهبودی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین در کشورهای در حال توسعه، تجارت، به توسعه مقیاس فعالیت‌های اقتصادی منجر شده و انباشت صنایع آلاینده محیط‌زیست را در این کشورها بیشتر می‌کند و با توجه به پایین بودن استانداردهای زیست‌محیطی در این کشورها، گسترش تجارت باعث آلوده‌تر شدن محیط زیست می‌شود. بنابراین، این امکان وجود دارد که با تدوین راهکارهایی اصولی و برنامه‌ریزی مدون بدون آنکه از رشد اقتصادی یا کیفیت تولیدات بخش‌های مختلف اقتصادی کاسته شود، از افزایش حجم گاز دی اکسید کربن جلوگیری گردد (محتشمی و همکاران، ۱۳۹۴).

در ایران، به لحاظ دارا بودن میادین سرشار نفتی و گازی، بخش عظیمی از انرژی اولیه توسط نفت و گاز طبیعی تأمین می‌شود. این موضوع، اگرچه موجب وابستگی عظیم اقتصادی کشور به این منابع شده و به خودی خود، یک مزیت و برتری است، ولی ایجاد آلودگی زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی طی سال‌های اخیر، هزینه‌های جانی و مالی قابل توجهی به کشور تحمیل کرده است. آمارها نشان می‌دهند که ایران در گزارش عملکرد زیست‌محیطی در سال ۲۰۱۴، با کسب نمره ۵۱/۰۸ رتبه ۸۳ را به دست آورد، اما در سال ۲۰۱۶، از میان ۱۸۰ کشور جهان با داشتن نمره ۶۶/۳۲ رتبه ۱۰۵ام را کسب کرد.

در منطقه خاورمیانه و شمال آسیا نیز ایران در رتبه ۱۳ام از بین ۱۹ کشور قرار دارد (گزارش شاخص عملکرد زیست‌محیطی، ۲۰۱۶). با افزایش نگرانی‌ها در رابطه با کیفیت محیط‌زیست، لحاظ کردن آثار منفی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی در ارزیابی کارآیی و بهره‌وری بنگاه‌ها در سطوح کلان و صنایع انرژی بر و آلاینده، ضروری به نظر می‌رسد. از این رو، برای ارزیابی عملکرد اقتصادی کشورها، به شاخص‌هایی نیاز است که ابعاد زیست‌محیطی را نیز در بر داشته باشد (کورهونن و لوپتکیک[3]، ۲۰۰۴).

در این راستا در مطالعه حاضر، قصد بر این است که با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های دارای خروجی نامطلوب، کارآیی زیست‌محیطی در ایران و کشورهای در حال توسعه نفتی به دلیل تشابه در میزان توسعه یافتگی، وابستگی به انرژی و نوسانات جدی در فهرست

1. Hiremath *et al.*
2. Dicknann *et al.*
3. Korhonen & Luptacik

شاخص عملکرد زیست‌محیطی، اندازه‌گیری شود و سپس رتبه‌بندی به عنوان مهم‌ترین عاملی که هر سازمان می‌باید در محیط رقابتی یا غیر رقابتی انجام دهد، صورت پذیرد. این امر سبب می‌شود که در یک محیط یکسان، موقعیت سازمان بر اساس شاخص‌ها و یا متغیرهای مختلف مشخص شود و شرکت‌های ضعیف‌تر، فاصله خود را با برترین‌ها تشخیص داده و استراتژی مناسب برای رسیدن به آنها را تدوین نمایند (امیری و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به اینکه در مدل تحلیل پوششی داده‌ها، تمایزی بین واحدهای تصمیم‌گیری کارا وجود ندارد و این روش فقط می‌تواند واحدهای کارا را از ناکارا جدا کرده و رتبه‌بندی فقط برای سیستم‌های ناکارا امکان‌پذیر است و واحدهای کارا با درجه کارآیی یک، غیر قابل تمیز می‌باشند و بر این اساس، در سالهای اخیر، با ارائه مدلی در چهارچوب تئوری بازی‌ها، سعی بر رتبه‌بندی واحدهای کارا جهت تفکیک آنها به واحدهای برتر و ضعیف‌تر شده است. با مدل کردن مساله در قالب یک بازی همکارانه[1]، هر بازیکن برای دستیابی به سودی بیشتر از آنچه خود به تنهایی کسب می‌نماید، با دیگر بازیکنان بر اساس درصدی مشخص، ائتلافی را تشکیل داده و با شرکت در محیطی غیر رقابتی در جهت کسب سودی بیشتر یا همان مقدار، توافق می‌نماید. در این میان، برای اینکه بتوان دو رویکرد را به هم مرتبط نمود و نتایج قابل قبول و منطقی کسب کرد، از مدل کارآیی متقاطع[2] استفاده شد که با استفاده از ماتریس تشکیل شده در این مدل، می‌توان ائتلافات ناشی از بازیکنان را در نظر گرفت. بنابراین در مطالعه حاضر، از به‌کارگیری ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها و نظریه بازی‌ها (استفاده از روش ارزش شاپلی[3] در بازی همکارانه) به رتبه‌بندی عادلانه واحدها پرداخته شد.

چارچوب کلی پژوهش حاضر، پس از مقدمه، عبارت است از بخش دوم پژوهش، بیان مبانی نظری و پیشینه تحقیق، بخش سوم، روش شناسی تحقیق، بخش چهارم، نتایج و بحث، و بخش پنجم، نتیجه‌گیری و پیشنهادات.

۲. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

به طور معمول، کارآیی در ارتباط با نحوهٔ تخصیص بهینه منابع کمیاب توسط بنگاه برای رسیدن به اهداف تولید است. در حالت کلی، زمانی که صحبت از کارآیی یک بنگاه به میان می‌آید، معمولاً به معنای موفقیت آن بنگاه در رسیدن به حداکثر ستانده با سطح معین نهاده‌ها است (فارل[4]، ۱۹۵۷). روش تحلیل پوششی داده‌ها، یکی از پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک در اندازه‌گیری کارآیی است که کارآیی با انجام دادن یک‌سری بهینه‌سازی به صورت مجزا برای هر بنگاه محاسبه می‌شود. در این روش، اندازه‌گیری عوامل تولید و محصولات، می‌تواند با واحدهای

1. Cooperative Games
2. Cross Efficiency Matrix
3. Shaply value
4. Farrell

متفاوتی انجام گیرد. علاوه بر این، در این روش، می‌توان مدل‌هایی با چند عامل تولید و چند محصول را بررسی کرد (فارل، ۱۹۵۷). مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، می‌توانند محصول‌گرا[1] یا نهاده‌گرا[2] باشند. در مدل‌های محصول‌گرا، هدف، حداکثر کردن تولید با توجه به مقدار معین نهاده‌ها می‌باشد، اما در روش نهاده‌گرا، هدف، استفاده حداقل نهاده با توجه به سطح معین محصول می‌باشد. سطح پوششی مدل‌ها (هم محصول‌گرا و هم نهاده‌گرا) می‌تواند بازده ثابت نسبت به مقیاس یا بازده متغیر نسبت به مقیاس را داشته باشد (گرین[3]، ۱۹۹۰).

مساله‌ای که اخیرا با افزایش نگرانی‌ها در مورد مسائل زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی مورد توجه قرار گرفته، لحاظ کردن آسیب‌های زیست‌محیطی در اندازه‌گیری کارآیی بنگاه‌های اقتصادی است. برای رفع این مشکل، نوع جدیدی از کارآیی به نام کارآیی زیست‌محیطی معرفی شد که ستانده نامطلوب را نیز در بر می‌گیرد (هاینس و همکاران[4]، ۱۹۹۷).

عبارت زیست‌کارآیی که نشانگر وضعیت تولید آلایندگی از نهاده‌های تولید است (سوروای و همکاران[5]، ۲۰۱۱)، ترکیبی از کارآیی‌های اقتصادی و محیط‌زیست است که بر روی استفاده کارا از منابع و ایجاد آلودگی کمتر تمرکز دارد که هدف اصلی آن، توسعه پایدار است؛ لذا به حداکثر سازی رشد اقتصادی با حداقل ضایعات زیست‌محیطی کمک می‌کند (شهیکی تاش و همکارن، ۱۳۹۴). به عبارتی، زیست‌کارآیی به عنوان ترکیبی از کارآیی‌های اقتصادی و محیط زیست، نسبت حداقل استفاده بالقوه به بالفعل نهاده‌های زیست‌محیطی است (رینهارد و همکاران[6]، ۱۹۹۹).

جهت درک بهتر مطلب، از نمودار ۱ استفاده شد؛ به‌طوری‌که در نمودار ۱، 'yy منحنی تولید یکسان، نهاده X یک نهاده معمولی و نهاده Z یک نهاده زیانبار برای محیط‌زیست است، بنابراین:

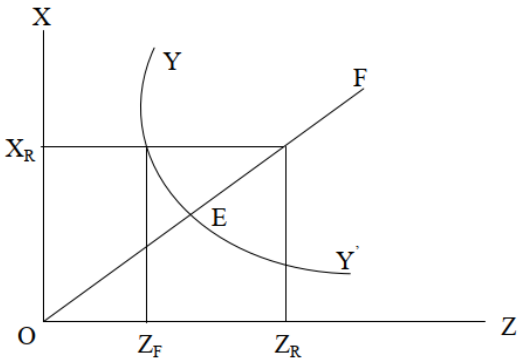
$$ee = \frac{OZ_F}{OZ_R} \qquad (۱)$$

به‌طوری‌که ee کارآیی زیست‌محیطی، OZ_F حداقل بالقوه نهاده زیانبار زیست‌محیطی و OZ_R مقدار بالفعل نهاده زیانبار زیست‌محیطی است.

در واقع، کارآیی زیست‌محیطی به‌عنوان جنبه‌ای از کارآیی فنی روی نهاده با پیامدهای زیست‌محیطی منفی تمرکز می‌کند و با کاهش سطح نهاده‌های آلاینده، برکارآیی‌های فنی و زیست‌محیطی اثر می‌گذارد (گراهام[7]، ۲۰۰۴). پس از ارزیابی کارآیی بنگاه‌ها، مهم‌ترین هدف، رتبه‌بندی واحدها بر اساس میزان اهمیت آنها می‌باشد؛ لذا رتبه‌بندی واحدها از اهمیت بسیاری برخوردار است. با توجه به اینکه در روش تحلیل پوششی داده‌ها، ممکن است چندین واحد کارا

1. Output Oriented
2. Input Oriented
3. Greene
4. Haynes *et al.*
5. Sorvari *et al.*
6. Reinhard *et al.*
7. Graham

وجود داشته باشد، همواره رتبه‌بندی واحدهای کارا، یکی از مشکلات اساسی این روش است (شفاعت، ۱۳۹۵).



شکل ۱. مرز تولید با نهاده معمولی X و نهاده زیانبار Z

مأخذ: رینهارد و همکاران، ۱۹۹۹

رویکرد جدیدی که در این مطالعه از آن برای غلبه بر این مشکل و اندازه‌گیری رتبه‌بندی استفاده شد، ترکیب روش تحلیل پوششی داده‌ها با تئوری بازی‌های همکارانه است. تئوری بازی‌ها، یک نظریه ریاضی است که با مدل‌های گوناگونی برمبنای تعامل چند تصمیم‌گیرنده سروکار دارد که به این تصمیم گیرنده‌ها، بازیکن گفته می‌شود. در هر بازی، هر بازیکن با توجه به منافع خود و با توجه به تصمیم‌گیری رقبا، مجموعه‌ای از استراتژی‌ها یا اقدامات در دسترس را انجام می‌دهد. در واقع، بازیکنان بر پایه مطلوبیت حقیقی و با توجه به نتیجه نهایی‌شان تصمیم‌گیری می‌کنند. در بازی همکارانه،که در این مطالعه به کار رفته است، همه نوع توافق میان بازیکنان امکان‌پذیر است. به عبارتی، بازی همکارانه با موقعیت‌هایی سروکار دارد که گروهی از بازیکنان که ائتلاف دارند، سود خود را برای افزایش، با بازیکنان دیگر به اشتراک می‌گذارند. در واقع، هدف در اینجا افزایش سود تک‌تک بازیکنان یک گروه با مشارکت آنها است؛ به طوری که این سود، از سود فردی هر بازیکن به‌طور جداگانه بیشتر است (شفاعت، ۱۳۹۵). به عبارتی، یک بازی ائتلافی، مدلی از بازی همکاری است که در آن، سودمندی، قابل انتقال به همکاران است. از جمله بازی‌های ائتلافی، ارزش شاپلی است که با محاسبه آن ارزش هر بازیکن مشخص می‌شود (آمن[1]، ۱۹۸۹).

بررسی مطالعات انجام شده در زمینه تحقیق حاضر، می‌تواند در شناخت بیشتر موضوع مورد بحث و بررسی آن، مؤثر باشد. در این راستا، برخی از مطالعات انجام شده در این زمینه، عبارتند از:

1. Aumann

قاسمی و پاشازاده (۱۳۹۳)، کارآیی زیست‌محیطی کشورهای در حال توسعه (ایران، ترکیه، هند و مصر) را بررسی، و کارآیی زیست‌محیطی با رویکرد تحلیل پنجره‌ای را برآورد کردند. نتایج نشان داد در سال‌های مورد مطالعه، هند، ترکیه، مصر و ایران به ترتیب، بالاترین کارآیی زیست‌محیطی را دارند.

فتحی و همکاران (۱۳۹۴)، با استفاده از مدل‌های ناپارامتریک ایستا و پویا، کارآیی زیست‌محیطی کشورهای در حال توسعه منتخب را اندازه‌گیری کردند. نتایج، بیانگر آن است که مصرف انرژی کشورهای در حال توسعه منتخب، به میزان ۱۸/۱ درصد در سال از طریق بهبود کارآیی انرژی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، نتایج تجزیه و تحلیل پویا نشان می‌دهد که میانگین کارآیی انرژی با ۲/۶ درصد در سال ۲۰۱۲ نسبت به سال پایه، در کشورهای منتخب، بهبود یافته است.

راسخی و همکاران (۱۳۹۵)، ارتباط کارآیی اقتصادی و کارآیی زیست‌محیطی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها اندازه‌گیری کردند. نتایج، حاکی از بالاتر بودن میانگین کارآیی زیست‌محیطی و اقتصادی برای کشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای در حال توسعه است. همچنین وجود رابطه علیت دو طرفه بین کارآیی زیست‌محیطی و اقتصادی، تأیید شد.

خداپرست و همکاران (۱۳۹۶)، عملکرد کارآیی زیست‌محیطی کشورهای منتخب بر اساس روش تحلیل پوششی داده‌ها و تئوری بازی‌ها در محیط رقابتی را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد، کارآیی زیست‌محیطی کشورهای منتخب به‌طور متوسط ۷۱/۹۲ درصد است. همچنین کشورهای بحرین و لهستان، بهترین عملکرد را دارند و کارآیی زیست‌محیطی کشورهای آرژانتین، بحرین، برزیل، چین، اندونزی، کویت، نیجریه، لهستان، قطر و عربستان، با ارتباط متقارن ستانده‌های مطلوب و نامطلوب در شرایط بازی چانه‌زنی، از کارآیی بهتری نسبت به سایر کشورها برخوردار هستند.

فتحی و همکاران (۱۳۹۶)، به مقایسه کارآیی انرژی، زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه با رویکرد ستانده مطلوب و نامطلوب در محیط رقابتی پرداختند. نتایج، نشان داد که از طریق مدل ارزیابی ترکیبی در همه سال‌های مورد بررسی، کشور چین و لهستان، شرایط حداکثر کارآیی انرژی را دارند. کشورهای دیگر با داشتن شرایط چانه‌زنی، از پیامد مطلوبی همانند دو کشور چین و لهستان برخوردار نمی‌باشند.

مادالنو و همکاران[1] (۲۰۱۶)، به ارزیابی زیست‌محیطی و اقتصادی کشورهای اتحادیه اروپا با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. نتایج، حاکی از آن است که با تغییر مدل ستاده محور یا نهاده محور، ارزیابی کارآیی اقتصادی و زیست‌محیطی برای کشورهای مورد مطالعه تغییر می‌کند.

---

1. Madaleno *et al.*

گـو و همکـاران[1] (۲۰۱۷)، مـدل تحلیـل پوششـی داده‌هـای پویـا را بـرای ارزیـابی انـرژی کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[2] و کشور چین به‌کار گرفتنـد. نتـایج، نشـان داد که میانگین نمرات کارآیی برای سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۰ برابر با ۰/۷۸ اسـت و نـرخ تعـدیل سهام انرژی، نشان داد که اکثر کشورها بهبود بهره‌وری دارند. با توجه به اینکه نسبت ناکارآمدی میانگین انتقال، مثبت بوده است، لذا ۲۷ کشور باید تعداد سهام انرژی را در جهت بهبود کارآیی افزایش دهند.

لاکو و حاج دووا[3] (۲۰۱۸)، کـارآیی زیسـت‌محیطـی کشـورهای عضـو اتحادیـه اروپـا را بـا به‌کارگیری روش تحلیـل پوششـی داده‌هـای دو مرحلـه‌ای کـه روشـی مناسـب بـرای بررسـی معناداری آماری متغیرهای تحت مطالعه می‌باشد، برآورد کردند. نتـایج نشـان داد کـه مـدل بـا محرک‌های تغییرات آب و هوایی و متغیرهای مرتبط با عوامل اقتصادی- اجتماعی، مناسب‌ترین و معنادارترین مدل است.

سانگ و همکاران[4] (۲۰۱۸)، مدل مبنی بـر متغیرهـای کمکـی شـعاعی (RSBM)[5]را بـرای ارزیابی کارآیی زیست‌محیطی مناطق چین برای دوره زمانی ۲۰۱۲-۲۰۰۴ پیشنهاد کردنـد. بـا توجه به اینکه در این مطالعه، ضایعات صنعتی به عنوان ستاده نـامطلوب در نظـر گرفتـه شـده، نتایج مدل، حاکی از آن است که بالاترین سطح کارآیی زیست‌محیطی، متعلق بـه شـرق چـین است؛ در حالی که مناطق مرکزی، پایین‌ترین سطح کارآیی زیست‌محیطی را دارند.

ایفتیخار و همکاران[6] (۲۰۱۸)، کارآیی انرژی و انتشار گاز دی اکسید کربن را در اقتصادهای بزرگ با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای برآورد کردند. نتایج، نشان داد که ۸۵ مصرف انرژی و ۸۹ درصد انتشار گاز دی اکسید کربن فقط به‌دلیل ناکارآمدی اقتصادی و توزیعی است.

گری گوریودیس و پتردیس[7] (۲۰۱۸)، کارآیی زیست‌محیطـی ملـی را تحـت شـرایط عـدم اطمینان با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها ارزیـابی کردنـد. طبـق نتـایج ایـن تحقیـق، کارآیی زیست‌محیطی استرالیا بسیار بیشتر از سایر کشورها است و در صورت وجود اخـتلال در داده‌های نامطلوب، رتبه‌بندی کشورها تغییر می‌کند.

شیه و همکـاران[8] (۲۰۱۹)، ارزیـابی زیسـت‌محیطـی کشـورهای عضـو اتحادیـه اروپـا را بـا به‌کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها در محیطی پویا اندازه‌گیری کردنـد. نتـایج، حکایـت از مناسب بودن مدل جهت برآورد کارآیی زیست‌محیطی دارد که می‌توانـد بهینـه‌سـازی را بـرای

1. Guo *et al.*
2. OECD
3. Lacko & Hajduova
4. Song *et al.*
5. Ray Slack-Based Model
6. Iftikhar *et al.*
7. Grigoroudis & Petridis
8. Hsieh *et al.*

کشورهای ناکارا بهبود بخشد. همچنین این مطالعه نشان داد که متغیرهای خروجی، تأثیر قابل توجهی برکارآیی زیست‌محیطی دارند.

هک[1] (۲۰۱۹)، کارآیی اقتصادی و انرژی کشورهای عضو شورای همکاری خلیج فارس را با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها اندازه‌گیری کرد. در این مطالعه، مشخص شد که کشور عربستان، از بالاترین سطح کارآیی اقتصادی و زیست‌محیطی برخوردار است و بین نمرات کارآیی اقتصادی و زیست‌محیطی، عربستان با امارات متحده عربی اختلاف زیادی وجود دارد.

با مرور مطالعات انجام شده، مشخص می‌گردد که اکثریت این مطالعات، صرفاً کارآیی زیست‌محیطی کشورهای مختلف را برآورد کرده و رتبه‌بندی کاملی از کشورها ارائه نکرده‌اند. علاوه بر این، تاکنون تحقیقی به منظور برآورد کارآیی زیست‌محیطی کشورهای در حال توسعه نفتی انجام نشده است. لذا تحقیق حاضر، پس از برآورد نمرات کارآیی زیست‌محیطی با استفاده از تئوری بازی همکارانه ارزش شاپلی، درصدد رتبه‌بندی کامل و عادلانه‌ای از کشورهای تحت بررسی است.

۳. روش‌شناسی تحقیق

روش‌های اندازه‌گیری کارآیی برحسب ویژگی‌هایی که دارند، به دو روش پارامتریک و ناپارامتریک طبقه‌بندی می‌شوند. روش پارامتریک، مستلزم مشخص بودن شکل تابع مرزی و فروض خاص در خصوص نحوه توزیع عدم کارآیی در مدل می‌باشد. در واقع این روش، متکی بر تکنیک‌های اقتصادسنجی و تخمین یک‌سری پارامترها و استنتاجات آماری است. بارزترین مدلی که در چارچوب روش مذکور مطرح‌شده، مدل مرز تصادفی (SFA)[2] است (حکیمی‌پور و کیانی، ۱۳۸۷).

در روش ناپارامتریک که بارزترین آن روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[3] است، تکنیک مورد استفاده، برنامه‌ریزی خطی است. کارآیی با انجام دادن یک‌سری بهینه‌سازی به صورت مجزا برای هر بنگاه محاسبه می‌شود. در این روش، اندازه‌گیری عوامل تولید و محصولات، می‌تواند با واحدهای متفاوتی انجام گیرد. علاوه براین، در این روش، می‌توان مدل‌هایی با چند عامل تولید و چند محصول را بررسی کرد (فارل، ۱۹۵۷).

روش تحلیل پوششی داده‌های ستانده محور با ستانده نامطلوب

در این نوع از کارآیی در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، ستاده نامطلوب نیز وارد می‌شود. با توجه به ادبیات نظری موجود در زمینه الگوسازی برای ستانده نامطلوب، روش‌های مختلف و رایجی وجود دارد. یک روش، آن است که ستانده نامطلوب به عنوان نهاده درنظر گرفته

1. Haque
2. Stochastic Frontier Analysis
3. Data Envelopment Analysis

می‌شود. اگر چه در این الگو، به هدف مورد نظر یعنی کاهش هر چـه بیشـتر سـتانده نـامطلوب دست می‌یابیم، اما این الگو مطابق با فرایند واقعی تولید نیست (ژو و همکاران[1]، ۲۰۱۳).

سیفورد و ژو[2] (۲۰۰۲)، بیان می‌کنند که اگر ستانده نامطلوب به عنوان نهاده در نظر گرفته شود، نتایج حاصل از روش تحلیل پوششی داده‌ها، فرایند واقعی تولید را منعکس نمی‌کنند؛ زیرا کاهش ستانده نامطلوب و افزایش ستانده مطلوب یعنی برخورد نامتقارن با این دو سـتانده، کـه در روش‌های معمولی تحلیل پوششی داده‌ها، این مساله مورد توجه قرار نمی‌گیرد.

فاره و گراسکوپف[3] (۲۰۰۴)، معتقدند که امکان جانشینی نهاده مطلوب و نامطلوب به لحاظ فنی امکان پذیر نیست. روش ارائه شده توسط سیفورد و ژو برای حل مشکل، بدین صورت است که در ابتدا ستانده نامطلوب در منفی ضرب می‌شود و سپس یک بردار تبدیل حاصـل مـی‌شـود که جمع آن با داده‌های منفی، یک بردار مثبت از داده‌ها را ایجاد می‌نماید.

اگر y_{rj}^{g} نشان دهنده خروجی مطلوب (خوب) و y_{rj}^{b} خروجی نامطلوب (بد) باشـد، افـزایش y_{rj}^{g} و کاهش y_{rj}^{b} برای بهبود عملکرد مدنظر است. با این وجود، در مدل‌های تحلیـل پوششـی خروجی محور با بازده به مقیاس متغیر، هر دو خروجـی y_{rj}^{g} و y_{rj}^{b} بـه منظـور بهبـود عملکـرد افزایش داده می‌شوند. در اینجا، به منظور افزایش خروجی مطلوب و کاهش خروجـی نـامطلوب، ابتدا خروجی‌های مطلوب را در (۱-) ضرب کرده و مقدار t_r را به تمامی خروجی‌های نـامطلوب منفی، اضافه می‌کنیم تا مقدار آنها مثبت شود؛ به طوری که:

$$y_{rj}^{-b} = -y_{rj}^{b} + t_r > 0 \qquad (۲)$$

مقدار t_r را می‌توان از رابطه $t_r = Max\{y_{rj}^{b}\} + 1$ بـه‌دسـت آورد؛ امـا ایـن روش فقـط در حالت بازدهی ثابت به مقیاس استفاده مـی‌شـود (شـیل[4]، ۲۰۰۱). روش دیگـر، ایـن اسـت کـه معکوس ستانده نامطلوب را به عنوان یک ستانده مطلوب در نظر بگیرند (لـویس و سکسـتون[5]، ۲۰۰۴). در این حالت، خروجی بد به عنوان یک ستانده در نظر گرفتـه مـی‌شـود؛ یعنـی مقـدار بیشتری از کالاهای خوب، مطلوب است، اما مقدار بیشتر کالاهای بد، نـامطلوب اسـت. امـا اگـر کالای بد (b) را معکوس کنیم، کالای بد در این حالـت، بـه عنـوان کـالای خـوب و بـه‌صـورت $y_{j}^{-b} = {}^{1}/_{b}$ (نام‌گذاری آن به عنوان j امین خروجی) در نظر گرفته می‌شود. از ایـن رو، کـارآیی مبتنی بر کارآیی خروجی محور، اندازه‌گیری می‌شود که به وسیله معکوس کردن خروجـی‌هـای بد، تعریف می‌شود (کوپ و تول[6]، ۲۰۰۸). مدل با خروجی نامطلوب را می‌تـوان بـه‌صـورت زیـر فرمول بندی کرد (امامی میبدی و جایدری، ۱۳۹۳):

---

1. Zhou *et al.*
2. Seiford & Zhu
3. Fare & Grosskopf
4. Scheel
5. Lewis & Sexton
6. Koop & Tole

$$Max \quad Z = h \qquad (۳)$$

s.t:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_{rj}^{g} \geq h y_{r0}^{g}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_{rj}^{-b} \geq h y_{r0}^{-b}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_{ij} \leq X_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 \qquad j = 1,2, \dots \dots, n$$

در این مطالعه، با استفاده از روش تحلیل پوششی ستانده محور و با در نظر گرفتن مقادیر خروجی نامطلوب به‌صورت معکوس، اثر منفی آنها بر روی زیست‌کارآیی محاسبه می‌شود. در قسمت دوم این تحقیق، برای پیوند دو مدل تحلیل پوششی داده‌ها و بازی همکارانه (جهت رتبه‌بندی)، از مدل کارآیی متقاطع استفاده شد.

اندازه‌گیری کارآیی متقاطع، اولین بار توسط یانگ و همکاران[1] (۲۰۱۲) جهت پیشنهاد یک استراتژی جایگزین در انتخاب یک استراتژی تهاجمی مطرح شد. پس از اینکه مدل (۳) نوشته شد، مجموعه وزن‌های ستانده و نهاده برای واحد k ام به صورت ($u_{1k}, u_{2k}, \dots, u_{sk}$) و ($v_{1k}, v_{2k}, \dots, v_{mk}$) به‌دست می‌آید. پس از به‌دست آوردن اوزان و ضرب در مقدارشان، مدل کارآیی متقاطع حاصل می‌شود. مزیت مدل کارآیی متقاطع، این است که کارآیی واحدها را به صورت جفتی محاسبه کرده و از آنها ماتریسی تحت عنوان ماتریس کارآیی متقاطع حاصل می‌شود. فرمول کارآیی متقاطع برای هر DMU_j ($j=1,\dots,n$) به صورت زیر است (سکستون[2]، ۱۹۸۶):

$$E_{kj} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rk} y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{ik} x_{ij}} \qquad (k, j = 1,2,\dots,n) \qquad (۴)$$

پس از محاسبه تمامی E_{kj} ها، یک ماتریس n*n حاصل می‌گردد که این ماتریس همان ماتریس کارآیی متقاطع است که به صورت زیر می‌باشد:

1. Yang *et al.*
2. Sexton

جدول ۱. ماتریس کارآیی متقاطع

DMUS	DMUS				
	1	2	3	….	N
1	E_{11}	E_{12}	E_{13}	….	E_{1n}
2	E_{21}	E_{22}	E_{23}	….	E_{2n}
3	E_{31}	E_{32}	E_{32}	….	E_{3n}
…	….	….	….	….	….
N	E_{n1}	E_{n2}	E_{n3}	…	E_{nn}
Mean	$\overline{E_1}$	$\overline{E_2}$	$\overline{E_3}$	…	$\overline{E_n}$

مأخذ: شفاعت، ۱۳۹۵

بنابراین برای اینکه بتوان از این ماتریس در بازی همکارانه استفاده کرد بایستی ماتریس بالا بصورت سطری نرمال گردد (شفاعت، ۱۳۹۵).

عناصر ماتریس نرمال شده را E'_{kj} می‌نامیم. به طوری که:

$$\sum_{j=1}^{n} E'_{kj} = 1 \qquad (۵)$$

در مرحله بعد، از ترکیب تئوری بازی‌ها و تحلیل پوششی داده‌ها که برای اولین بار توسط ناکابایاشی و تون در سال ۲۰۰۶ به‌کار گرفته شد، استفاده می‌شود (ناکابایاشی و تون[1]، ۲۰۰۶). در بازی همکارانه، بازیکنان برای رسیدن به عایدی بیشتر با یکدیگر تشکیل ائتلاف می‌دهند. برای محاسبه نتیجه حاصل از هر ائتلاف، از فرمول (۶) استفاده می‌شود که در آن، S زیرمجموعه مجموعه بزرگ N است که شامل تمامی بازیکنان است.

$$E'_k(S) = \sum_{j \in S} E'_{kj} \qquad k = 1,\ldots,n \qquad (۶)$$

پس از محاسبه تمامی $E'_K(S)$ ها، با توجه به اینکه هر بازیکن با همکاری سایر بازیکنان، می‌خواهد عایدی خود را حداکثر کند، لذا با استفاده از مدل (۷)، می‌توان نتایج حاصل از هر ائتلاف را به‌دست آورد.

$$C(S) = \max \sum_{k=1}^{n} w_k E'_k(S) \qquad (۷)$$

$$s.t: \sum_{k=1}^{n} w_k = 1$$

$$w_k \geq 0 \qquad k = 1,\ldots,n$$

که در آن، C(S) عایدی ائتلاف S است؛ به طوری که N=1,…., n و $S \subset N$ است و N تعداد کل بازیکنانی است که S زیرمجموعه‌های مجموعه بزرگ N، و C(ϕ)=0 است. w وزنی که به هر یک از عایدی‌ها تعلق می‌گیرد و به عنوان یک متغیر در نظر گرفته می‌شود. در بازی (N,C) که در آن N تعداد بازیکنان و C تابع مشخصه عملکرد می‌باشد، به دلیل اینکه مدل خاصیت فراتر از

1. Nakabayashi & Tone

جمع‌پذیری ندارد، از دوگان آن یعنی بازی (N,D) استفاده می‌شود که، هم جواب بهینه و هم، خاصیت فراتر از جمع‌پذیری دارد (ناکابایاشی و تون، ۲۰۰۶):

$$D(S)=\min\sum_{k=1}^{n} w_k \overset{'}{E}_k(S) \qquad (۸)$$
$$s.t:\ \sum_{k=1}^{n} w_k = 1$$
$$w_k \geq 0 \quad k=1,\ldots,n$$

تعداد ائتلافات ناشی از بازیکنان 2^{n-1} می‌باشد که برابر با تعداد زیرمجموعه‌های یک مجموعه، به غیر از تهی است. پس از این مرحله، گام بعدی، استفاده از فرمول ارزش شاپلی برای رتبه‌بندی واحدها می‌باشد و فرمول ارزش شاپلی به‌صورت زیر است (شفاعت، ۱۳۹۵):

$$x_i=\sum_{i\in S}\frac{(|S|-1)!(|N|-|S|)!}{|N|!}[D(S)-D(S\setminus\{i\})] \qquad (۹)$$

به‌طوری‌که x_i میزان سود تخصیص داده شده به بازیکن i، |S| تعداد اعضای ائتلاف S، |N| تعداد کل اعضا، D(S) ارزش ائتلاف S، D(S\{i}) ارزش ائتلاف S بدون حضور بازیکن i و -[D(S)-D(S\{i})] همان مطلوبیتی است که با اضافه شدن بازیکن i به ائتلاف، عایدی حاصل از آن را افزایش می‌دهد. بنابراین، واحدها بر اساس سود تخصیص یافته به آنها (ارزش شاپلی) رتبه‌بندی می‌شوند.

در مطالعه حاضر، ایران و مهم‌ترین کشورهای در حال توسعه نفتی شامل ونزوئلا، نیجریه، قزاقستان، الجزایر، برزیل، مکزیک، اندونزی و ترکیه به دلیل دارا بودن میادین سرشار نفتی و گازی، بخش عظیمی از انرژی اولیه در این کشورها توسط نفت و گاز طبیعی تأمین می‌گردد. بنابراین، با نظر به تشابه کشورهای نامبرده در میزان توسعه یافتگی، وابستگی به انرژی و نوسانات جدی در فهرست شاخص عملکرد زیست‌محیطی، جهت مطالعه انتخاب شدند. اطلاعات مورد نیاز جهت انجام تحقیق، از آخرین گزارش سالانه بانک جهانی برای سال ۲۰۱۴ جمع‌آوری گردید.

با توجه به مبانی نظری و مطالعه تحقیقات انجام شده در زمینه زیست‌کارآیی کشورها، متغیرهای پژوهش حاضر انتخاب شدند. متغیرهای ورودی و خروجی (نهاده و ستاده) مورد نظر در جدول (۲) گزارش شده است. انتشار گاز دی اکسید کربن به عنوان یک خروجی نامطلوب و تولید ناخالص داخلی به عنوان یک خروجی مطلوب وارد مدل می‌شوند و مصرف انرژی‌های تجدید پذیر، مصرف سوخت‌های فسیلی (شامل زغال سنگ، نفت خام و محصولات گازی طبیعی)، میزان سرمایه و نیروی کار تحت نهاده‌های مصرفی، مد نظر قرار می‌گیرند.

جدول ۲. متغیرهای ورودی و خروجی مورد مطالعه

ردیف	نوع متغیر	متغیر	شرح
۱	خروجی	انتشار گاز دی اکسید کربن	این ستاده به عنوان یک خروجی نامطلوب مد نظر قرار گرفته و بر حسب کیلوتن است و به صورت معکوس وارد مدل گردید.
۲	خروجی	تولید ناخالص داخلی	این ستاده به عنوان یک خروجی مطلوب مد نظر قرار گرفته و برحسب دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰ است.
۳	ورودی	مصرف انرژی‌های تجدید پذیر	این ورودی بر حسب کیلوگرم معادل نفت خام است.
۴	ورودی	مصرف سوخت‌های فسیلی	این ورودی بر حسب کیلوگرم معادل نفت خام است.
۵	ورودی	موجودی سرمایه[۱]	این ورودی بر حسب دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰ است.
۶	ورودی	نیروی کار	این ورودی بر حسب نفر است.

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۴. نتایج و بحث

آمار توصیفی متغیرهای ورودی و خروجی مورد استفاده در مدل برای کشورهای تحت مطالعه در جدول (۳) گزارش شده است. با توجه به تأثیر مستقیم مصرف انرژی بر انتشار دی اکسید کربن (صادقی و همکاران، ۱۳۹۲) و انتشار گاز دی اکسید کربن به عنوان معیار آلودگی زیست‌محیطی (فتحی و همکاران، ۱۳۹۶)، این دو متغیر در کارآیی زیست‌محیطی نقش مهمی دارند. مطابق اعداد مندرج در جدول (۳)، متوسط میزان انتشار گاز دی اکسید کربن ۳۴۹۴۳۷ کیلوتن، و حداکثر و حداقل انتشار آن، به ترتیب ۶۴۹۴۸۱ کیلوتن و ۹۶۲۸۱ کیلوتن بوده، که حداکثر آن متعلق به کشور ایران و حداقل آن متعلق به کشور نیجریه است. همچنین در مصرف سوخت‌های فسیلی، کشور ایران با مصرفی معادل ۲۳۴۷۵۸ کیلوتن، حداکثر مقدار مصرف را دارد. تولید ناخالص داخلی ایران معادل با ۴۸۳ میلیارد دلار، و کمتر از متوسط کشورهای تحت مطالعه است. پس از جمع آوری داده‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها با رویکرد ستانده محور و با کد نویسی در نرم‌افزار GAMS، کارآیی زیست‌محیطی برای ایران و کشورهای نفتی در حال توسعه محاسبه گردید.

---

۱. با توجه به در دسترس نبودن اطلاعات موجودی سرمایه، مانند بسیاری از مطالعات ازجمله مطالعه ژو و آنگ (۲۰۰۸)، دو و همکاران (۲۰۱۴)، مادالنو و همکاران (۲۰۱۶)، لین و همکاران (۲۰۱۳)، جبالی و همکاران (۲۰۱۷)، و سجادی‌فر و همکاران (۱۳۹۴) از متغیر تشکیل سرمایه ثابت، به عنوان جانشین موجودی سرمایه استفاده شد.

جدول ۳. آمار توصیفی متغیرهای ورودی و خروجی برای ایران و کشورهای نفتی در سال ۲۰۱۴

نوع متغیر	متغیر	حداقل	حداکثر	متوسط	انحراف معیار
خروجی	انتشار گاز دی اکسید کربن (کیلوتن)	۹۶۲۸۱	۶۴۹۴۸۱	۳۴۹۴۳۷	۱۹۲۲۷۸
خروجی	تولید ناخالص داخلی (میلیارد دلار)	۱۸۳	۲۴۲۴	۸۱۱	۷۰۵
ورودی	مصرف انرژی‌های تجدید پذیر (کیلوتن)	۳۵	۱۲۶۸۸۱	۴۱۵۵۰	۵۲۶۲۲
ورودی	مصرف سوخت‌های فسیلی (کیلوتن)	۲۵۴۲۸	۲۳۴۷۵۸	۱۱۷۹۹۱	۶۹۲۹۴
ورودی	تشکیل سرمایه ثابت (میلیارد دلار)	۴۵	۴۹۵	۱۹۱	۱۵۴
ورودی	نیروی کار (هزار نفر)	۹۰۵۰	۱۲۳۰۶۳	۴۶۸۰۰	۴۰۸۷۳

مأخذ: محاسبات تحقیق

نتایج حاصل از روش تحلیل پوششی داده‌ها، در جدول (۴) گزارش شده است. بر اساس نتایج این جدول، بیشترین نمرات کارآیی زیست‌محیطی متعلق به کشورهای ونزوئلا، نیجریه، الجزایر، مکزیک و ترکیه و برابر با یک است. به عبارتی، این کشورها به‌صورت کاملاً کارا عمل می‌کنند. کشور ایران با کسب نمره ۰/۴۲ و برزیل با کسب نمره ۰/۲۳ نسبت به سایر کشورهای تحت مطالعه، از کمترین کارآیی زیست‌محیطی برخوردار بوده و عملکرد ضعیف‌تری دارند که نشان می‌دهد کشورهای برزیل و ایران در مقایسه با سایر کشورها، بیشترین استفاده نابهینه از منابع را دارند و با استفاده بهینه از منابع و نهاده‌ها، امکان ارتقاء کارآیی زیست‌محیطی به میزان ۰/۵۸ برای ایران وجود دارد.

جدول ۴. میانگین نمرات کارآیی زیست‌محیطی کشورهای تحت مطالعه با وزن‌های نهاده‌ها و ستانده‌ها

نام کشور	کارآیی زیست‌محیطی	وزن نهاده‌ها				وزن ستانده‌ها	
		V_4	V_3	V_2	V_1	U_2	U_1
ونزوئلا	۱	۰	۰/۰۴۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۱۷۵
ایران	۰/۴۲	۰	۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱	۰	۰
نیجریه	۱	۰	۰/۰۸۶	۰/۰۰۲	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲	۰/۳۲۱
قزاقستان	۰/۶۷	۰	۰/۲۱۶	۰/۰۱۹	۰	۰/۰۰۴	۰/۲۰۷
الجزایر	۱	۰	۰/۱۳۴	۰/۰۱۱	۰	۰/۰۰۲	۰/۱۲۸
برزیل	۰/۲۳	۰	۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰	۰
مکزیک	۱	۰	۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰	۰
اندونزی	۰/۵۳	۰	۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰	۰
ترکیه	۱	۰/۰۰۰۳	۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰	۰
میانگین	۰/۷۶						
حداقل	۰/۲۳						
حداکثر	۱						

مأخذ: یافته‌های تحقیق

علاوه بر این، علت پایین بودن کارآیی زیست‌محیطی ایران را می‌توان در عوامل توضیح‌دهنده کارآیی زیست‌محیطی جستجو کرد (راسخی و همکاران، ۱۳۹۵). همان‌طور که پیش‌تر شرح داده شد، در ایران، میزان استفاده از انرژی، بیشتر از متوسط کشورهای تحت بررسی بوده، در حالی که تولید ناخالص داخلی آن، پایین‌تر از میانگین کشورهای مورد مطالعه است. همچنین بالاترین میزان انتشارگاز دی اکسید کربن متعلق به کشور ایران است، که این عوامل، می‌توانند تضعیف کننده کارآیی زیست‌محیطی باشند. میانگین کارآیی زیست‌محیطی کشورهای تحت مطالعه ۷۶ درصد برآورد گردید.

دستیابی به مقدار بهینه نهاده‌های مورد مطالعه، کمک شایانی به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران ذی‌نفع می‌نماید. کشورها برای رسیدن به نقطه بهینه، باید میزان استفاده از نهاده‌ها را به اندازه‌ای که دارای مازاد هستند، کاهش دهند؛ که در این صورت، همان سطح محصول ولی با به‌کارگیری مقدار کمتری نهاده به‌دست می‌آید. با حصول نتایجی نظیر مقادیر بهینه نهاده‌ها و همچنین محاسبه درصد تغییرات برای هر نهاده می‌توان واحدهای ناکارا را شناسایی کرده و با راهنمایی واحدهای برتر از نظر کارآیی، وضعیت آنها را بهبود بخشید.

در جدول (۵)، مصرف مطلوب، مصرف واقعی و مازاد مصرف نهاده‌ها گزارش شده است. ملاحظه می‌شود که برای کشورهایی با امتیاز کارآیی یک، میانگین مصرف مطلوب و واقعی تمام نهاده‌ها برابر است و درصد تغییرات نسبت به مقدار واقعی، صفر است. همچنین مطابق گزارشات جدول (۵)، مشاهده می‌شود که میانگین مصرف مطلوب کلیه نهاده‌ها، کمتر از میانگین مصرف واقعی است و برای همه نهاده‌ها، مازاد مصرف وجود دارد. این بدان معنی است که در تمامی نهاده‌ها، پتانسیل زیادی برای افزایش کارآیی و بهره‌وری وجود دارد.

جدول ۵. مقایسه میزان مصرف واقعی و مصرف مطلوب نهاده‌ها

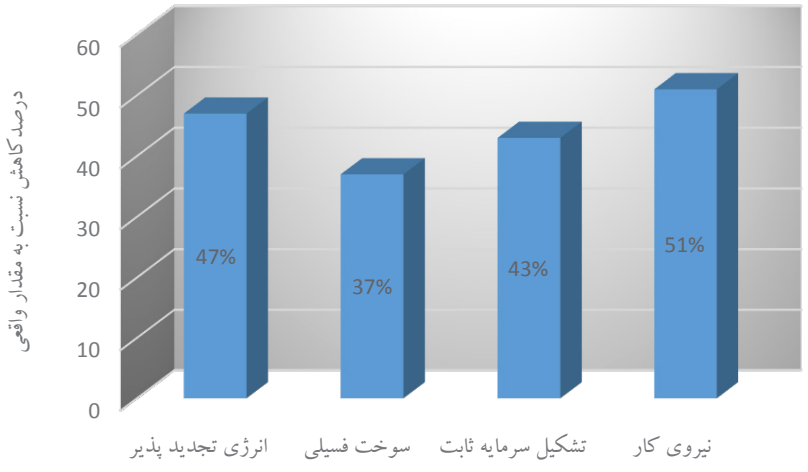
متغیر	آماره	ونزوئلا	ایران	نیجریه	قزاقستان	الجزایر	برزیل	مکزیک	اندونزی	ترکیه	میانگین
مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (کیلوتن)	مصرف واقعی	۹۲۹۰	۲۲۲۶	۱۱۷۵۹۹	۱۰۰۱	۳۵	۱۲۶۸۸۱	۱۸۳۴۳	۸۴۴۶۴	۱۴۱۰۸	۴۱۵۵۰
	مازاد مصرف	-	۱۲۹۰	-	۳۳۲	-	۹۷۶۷۵	-	۷۴۹۴۵	-	۱۹۳۶۱
	مصرف مطلوب	۹۲۹۰	۹۳۶	۱۱۷۵۹۹	۶۶۹	۳۵	۲۹۲۰۶	۱۸۳۴۳	۹۵۱۹	۱۴۱۰۸	۲۲۱۸۹

متغیر	مصرف واقعی	مازاد مصرف	مصرف مطلوب	مصرف واقعی	مازاد مصرف	مصرف مطلوب	مصرف واقعی	مازاد مصرف	مصرف مطلوب
	مصرف سوخت‌های فسیلی (کیلوتن)			تشکیل سرمایه ثابت (میلیارد دلار)			نیروی کار (هزار نفر)		
آماره	۶۷۲۲۱	–	۶۷۲۲۱	۷۱	–	۷۱	۱۴۱۵۵	–	۱۴۱۵۵
ونزوئلا	۹۸۷۶۴	۱۳۵۹۹۴	۲۳۴۷۵۸	۱۱۲	۷۴	۳۸	۲۴۹۶۰	۱۹۵۳۱	۵۴۲۹
ایران	۲۵۴۲۸	–	۲۵۴۲۸	۷۰	–	۷۰	۵۴۲۶۰	–	۵۴۲۶۰
نیجریه	۷۶۰۳۳	۵۰۵۲۲	۲۵۵۱۱	۴۵	۱۵	۳۰	۹۰۵۰	۴۵۸۱	۴۴۶۹
قزاقستان	۵۱۶۶۱	–	۵۱۶۶۱	۷۴	–	۷۴	۱۱۶۴۲	–	۱۱۶۴۲
الجزایر	۱۷۹۲۳۸	۱۳۷۹۸۰	۴۱۲۵۸	۴۹۵	۴۵۲	۴۳	۱۰۰۶۰۳	۹۰۷۵۴	۹۸۴۹
برزیل	۱۶۹۷۰۵	–	۱۶۹۷۰۵	۲۵۷	–	۲۵۷	۵۴۸۳۵	–	۵۴۸۳۵
مکزیک	۱۴۹۰۴۰	۷۰۰۷۰	۷۸۹۷۰	۳۰۵	۲۰۵	۱۰۰	۱۲۳۰۶۳	۱۰۱۵۷۴	۲۱۴۸۹
اندونزی	۱۰۸۸۳۲	–	۱۰۸۸۳۲	۲۹۲	–	۲۹۲	۲۸۶۳۱	–	۲۸۶۳۱
ترکیه	۱۱۷۹۹۱	۴۲۸۴۱	۷۴۱۵۰	۱۹۱	۸۳	۱۰۸	۴۶۸۰۰	۲۴۰۴۹	۲۲۷۵۱
میانگین									

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار (۱)، درصد کاهش میانگین مصرف نهاده‌ها نسبت به میانگین مصرف واقعی را نشـان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که درصد کاهش مصرف نهاده از ۳۷ تا ۵۱ درصد در نوسان است کـه

بیشترین میزان ناکارآیی (اختلاف زیاد بین مصرف مطلوب و مصرف واقعی) به ترتیب، مربوط به نهاده نیروی کار و مصرف انرژی‌های تجدید پذیر است. لذا مدیریت و استفاده درست از این نهاده‌ها، می‌تواند به متولیان امر در تدوین یک برنامه اساسی برای کاراتر شدن مصرف این نهاده‌ها کمک شایانی نماید.



نمودار ۱. درصد کاهش نهاده‌ها نسبت به مقدار واقعی

برای استفاده از نظریه بازی‌ها و محاسبه عایدی ناشی از تشکیل ائتلاف، ماتریس کارآیی متقاطع نرمال‌سازی‌شده، به صورت زیر تشکیل می‌شود. هر کدام از درایه‌های این ماتریس به جای محاسبه کارآیی تک‌تک واحدها به طور جداگانه، به‌صورت جفتی، واحدها را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. جهت استفاده از این ماتریس در بازی همکارانه درایه‌های آن به‌صورت سطری نرمالایز می‌شوند.

در مرحله بعد، کشورها (تحت بازیکن) در محیطی همکارانه با یکدیگر تشکیل ائتلاف می‌دهند تا علاوه بر منافع خود، منافع سایر همکاران خود را نیز در نظر داشته باشند. با توجه به اینکه نه کشور به‌صورت تکی، دو تایی تا نه تایی با یکدیگر تشکیل ائتلاف می‌دهند لذا ۵۱۱ ائتلاف[۱] شکل می‌گیرد که به علت زیاد بودن ائتلافات، از آوردن آنها چشم‌پوشی گردید. سپس با داشتن عایدی حاصل از تشکیل ائتلافات و استفاده از رابطه ۹ ارزش شاپلی یا به عبارتی، رتبه هر بازیکن تعیین می‌شود.

---

۱. بدون در نظر گرفتن مجموعه تهی $(C(\emptyset)=0)$

جدول ۶. ماتریس کارآیی متقاطع (نرمال شده سطری)

	ونزوئلا	ایران	نیجریه	قزاقستان	الجزایر	برزیل	مکزیک	اندونزی	ترکیه	جمع سطری
ونزوئلا	۰/۱۳۰	۰/۰۲۳	۰/۴۴۸	۰/۱۰۱	۰/۱۴۸	۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۵۱	۱
ایران	۰/۰۵۹	۰/۰۷	۰/۰۵۴	۰/۰۲۶	۰/۰۴۶	۰/۳۲۶	۰/۱۴۸	۰/۱۲۴	۰/۱۴۴	۱
نیجریه	۰/۱۳۰	۰/۰۳۴	۰/۴۴۸	۰/۱۰۱	۰/۱۴۸	۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۴	۱
قزاقستان	۰/۱۷۹	۰/۰۵۱	۰/۱۸۴	۰/۲۲۵	۰/۲۴۱	۰/۰۲۱	۰/۰۳۸	۰/۰۲۴	۰/۰۳۷	۱
الجزایر	۰/۱۷۹	۰/۰۵۱	۰/۱۸۴	۰/۲۲۵	۰/۲۳۱	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۲۷	۰/۰۳۷	۱
برزیل	۰/۰۵۷	۰/۰۵۴	۰/۰۶۳	۰/۰۲۶	۰/۰۴۴	۰/۳۲۹	۰/۱۶۱	۰/۱۲۸	۰/۱۳۸	۱
مکزیک	۰/۱۱۲	۰/۰۵۱	۰/۱۹۹	۰/۰۷۸	۰/۱۲۶	۰/۱۵۵	۰/۰۹۵	۰/۰۸۳	۰/۰۱	۱
اندونزی	۰/۱۴۵	۰/۰۴۱	۰/۲۷۹	۰/۱۰۸	۰/۱۸۵	۰/۰۵۱	۰/۰۵۵	۰/۰۵۷	۰/۰۷۷	۱
ترکیه	۰/۱۳۲	۰/۰۴۵	۰/۲۴۸	۰/۰۹۵	۰/۱۶۲	۰/۰۹۳	۰/۰۷۱	۰/۰۶۶	۰/۰۸۷	۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ارزش شاپلی برای هر بازیکن در جدول (۷) مشخص شده است. بر این اساس، هر کدام از کشورها ارزش‌های متفاوتی را به خود تخصیص دادند و بر خلاف روش تحلیل پوششی داده‌ها که پنج واحد، کاملاً کارا شناخته شد، در این حالت، واحدهای کارا از یکدیگر متمایز گردیدند و از رتبه‌های مختلفی برخوردار شدند. بالاترین رتبه، متعلق به کشور ونزوئلا است و کمترین آن، متعلق به کشور برزیل است. کشور ایران در بین ۹ کشور تحت بررسی رتبه ۸ را دارا است که حاکی از نامطلوب بودن جایگاه ایران از نظر کارآیی زیست‌محیطی در مقایسه با سایر کشورهای نفتی است.

جدول ۷. ارزش شاپلی (رتبه) بازیکنان

ونزوئلا	ایران	نیجریه	قزاقستان	الجزایر	برزیل	مکزیک	اندونزی	ترکیه
۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۸۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۵۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

تجربه کشورهای در حال توسعه، نشان داده که پیگیری هدف توسعه اقتصادی، مشکلات زیست‌محیطی زیادی را به همراه خواهد داشت. لذا در تحقیق حاضر، کارآیی زیست‌محیطی برای کشور ایران و مهم‌ترین کشورهای نفتی در حال توسعه به دلیل تشابه در سطح توسعه یافتگی، وابستگی به انرژی و نوسانات جدی در فهرست شاخص عملکرد زیست‌محیطی اندازه‌گیری شد. سپس با توجه به آنکه مدل کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، توانایی تمایز بین واحدهای کارا را ندارد، از ترکیب مدل کارآیی متقاطع و تئوری بازی همکارانه ارزش شاپلی، جهت رتبه‌بندی واحدها استفاده شد و همه کشورها به‌صورت عادلانه رتبه‌بندی شدند. نتایج مطالعه، نشان داد که کشور ایران پس از کشور برزیل با کسب نمره ۰/۴۲ و تخصیص رتبه ۸ از بین ۹ کشور تحت بررسی، از کمترین میزان کارآیی زیست‌محیطی در مقایسه با سایر کشورهای تحت مطالعه برخوردار است و از جایگاه مطلوبی در مقایسه با سایر کشورها برخوردار نیست. پیشنهادات ذیل در راستای نتایج حاصل از این پژوهش توصیه می‌گردد:

- با توجه به پایین‌تر بودن کارآیی زیست‌محیطی برای ایران در مقایسه با سایر کشورهای نفتی، پیشنهاد می‌شود کشور ایران برای بهبود کارآیی، برنامه‌هایی را پیگیری کند تا ضمن حفظ منابع موجود و بدون آسیب رساندن به محیط‌زیست، توانایی خود را برای توسعه اقتصادی افزایش دهد.
- با توجه به اینکه میانگین کارآیی زیست‌محیطی کشورهای تحت بررسی ۷۶ درصد است، لذا با کاربرد درست و بهینه نهاده‌های تولید، امکان ارتقاء کارآیی و رسیدن آن به ۱۰۰ درصد میسر می‌گردد. همچنین با عمل به این پیشنهاد برای کشور ایران، امکان ارتقاء کارآیی زیست‌محیطی به میزان ۵۸ درصد فراهم می‌شود.
- مطابق نتایج تحقیق، کلیه نهاده‌های مورد مطالعه، اختلاف قابل توجهی با میزان بهینه دارند و درصد تغییر نسبت به مقدار واقعی در آنها بالا است. در این خصوص، توصیه می‌شود بر اساس اهمیت نهاده‌ها، به اصلاح ساختار استفاده از آنها پرداخته شود.
- با توجه به اینکه در مطالعه حاضر، اندازه‌گیری و انتشار گاز دی اکسید کربن به عنوان خروجی نامطلوب اغلب مبهم و غیردقیق است، لذا استفاده از روش تحلیل پوششی با استفاده از داده‌های فازی، جهت اندازه‌گیری کارآیی زیست‌محیطی، پیشنهاد می‌شود.

منابع

- امامی میبدی، علی و جایدری، فرزانه. (۱۳۹۳). اندازه‌گیری زیست‌کارآیی پالایشگاه‌های نفت ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، سال ۱۴، شماره ۴: ۹۶-۷۹.
- امیری، مقصود؛ مظلومی، نادر و حجازی، محسن. (۱۳۹۰). کاربرد کارت امتیازی متوازن و ویکور در رتبه‌بندی شرکت‌های بیمه. *پژوهشنامه بیمه*، سال ۷۶ ، شماره ۷: ۱۴۴-۱۱۵.
- اوحدی، نسرین؛ شهرکی، جواد؛ پهلوانی، مصیب و مردانی نجف آبادی، مصطفی. (۱۳۹۷). محاسبه زیست‌کارآیی انرژی و عوامل مؤثر بر آن در کشورهای نفت خیز. *برنامه‌ریزی و بودجه*، سال ۲۳، شماره ۱: ۹۶-۷۹.
- بهبودی، داود؛ برقی گلعذانی، اسماعیل و ممی‌پور، سیاب. (۱۳۸۹). بررسی تأثیر رشد اقتصادی بر آلودگی محیط‌زیست در کشورهای نفتی. *پژوهشنامه اقتصاد کلان*، سال ۹، شماره ۱۷: ۵۲-۳۷.
- حکیمی پور، نادر و هژبر کیانی، کامبیز. (۱۳۸۷). تحلیل مقایسه‌ای کارآیی بخش صنایع بزرگ در استان‌های ایران: با استفاده از روش تابع مرزی تصادفی. *دانش و توسعه*، (۲۴) ۱۵: ۱۶۷-۱۳۸.
- خداپرست مشهدی، مهدی؛ همایونی‌فر، مسعود؛ فتحی، بهرام و سجادی‌فر، سیدحسین. (۱۳۹۶). ارزیابی عملکرد کارآیی زیست‌محیطی کشورهای منتخب بر اساس تحلیل فراگیر داده‌ها و تئوری بازی‌ها در محیط رقابتی. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، (۵۳)۱۳: ۱۳۳-۱۰۵.
- راسخی، سعید؛ شهرازی، میلاد؛ شیدایی، زهرا؛ جعفری، مریم و دهقان، زهرا. (۱۳۹۵). ارتباط کارآیی اقتصادی و کارآیی زیست‌محیطی: شواهد جدید برای کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته. *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، سال ۲۴، شماره ۷۸: ۵۶-۳۱.
- سجادی‌فر، سیدحسین؛ عسلی، مهدی؛ فتحی، بهرام و محمدباقری، اعظم. (۱۳۹۴). اندازه‌گیری کارآیی انرژی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها با خروجی نامطلوب. *برنامه و بودجه*، سال ۲۰، شماره ۴: ۶۹-۵۵.
- شفاعت، سید خاطره. (۱۳۹۵). ارائه مدلی بر مبنای تحلیل پوششی داده‌ها و تئوری بازی‌ها برای اندازه‌گیری کارآیی انرژی در بخش حمل و نقل. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه صنعتی ارومیه.
- شهیکی تاش، محمدنبی؛ خواجه حسنی، مصطفی و جعفری، سعید. (۱۳۹۴). محاسبه کارآیی زیست‌محیطی در صنایع انرژی‌بر ایران با استفاده از رویکرد تابع فاصله جهت‌دار. *فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، سال ۲، شماره ۱: ۱۲۰-۹۹.
- صادقی، سیدکمال و ابراهیمی، سعید. (۱۳۹۲). تأثیر توسعه مالی، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی بر آلودگی محیط‌زیست در ایران (رهیافت ARDL). *فصلنامه اقتصاد انرژی*، سال ۲، شماره ۷: ۴۳-۷۳.
- صادقی، مهدی؛ گل آور، لیلا و عابدی، زهرا. (۱۳۸۶). بررسی پیامدهای اقتصادی- زیست‌محیطی افزایش بازده‌ی نیروگاه‌های برق فسیلی. *مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره ۹، شماره ۴: ۱۵-۳۰.

- فتحی، بهرام؛ مهدوی عادلی، محمد حسین و فطرس، محمد حسن. (۱۳۹۴). انـدازه‌گیـری کـارآیی زیست‌محیطی انرژی در کشورهای در حال توسعه منتخب با استفاده از مدل‌های ناپارامتریک ایستا و پویا. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال۱۱، شماره ۴۶: ۸۷-۶۱.
- فتحی، بهرام؛ خداپرست مشهدی، مهدی؛ همایونی‌فر، مسعود و سجادی‌فر، سـید حسـین. (۱۳۹۶). مطالعه مقایسه‌ای کارآیی انرژی، زیست‌محیطی در کشورهای در حـال توسـعه بـا رویکـرد سـتانده مطلوب و نامطلوب در محیط رقابتی، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌هـای اقتصـادی*، (۸۱)۲۵: ۱۲۱-۸۵.
- قاسمی، عبدالرسول و پاشازاده، حامد. (۱۳۹۳). پایش کارآیی زیست‌محیطی در کشورهای در حـال توسعه (مطالعه موردی: ایران، هند، ترکیه و مصر). *سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصـادی*، (۴)۲: ۱۱۸-۹۴.
- گزارش شاخص عملکرد زیست‌محیطی. (۲۰۱۶). آدرس لینک:
http://measurewhatmatters.info/news/environmental-performance-index-epi-launches-2016-report-at-wef/#sthash.eO4BofRm.dpuf
- محتشمی، نازیلا؛ صـالح، ایـرج و رفیعـی، حامـد. (۱۳۹۴). تـأثیر رشـد صـادرات نفـت بـر کیفیـت محیط‌زیست در ایران. *اقتصاد کشاورزی*، (۲)۹: ۱۴۲-۱۲۱.
- محمد باقری، اعظم. (۱۳۸۹). بررسی روابط کوتاه مـدت و بلندمـدت بـین تولیـد ناخـالص داخلـی، مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن در ایران. *فصلنامه مطالعـات اقتصـاد انـرژی*، (۲۷)۷: ۱۲۹-۱۰۱.
- Amiri, M., & Mazlomi, N. (2011). Application of balanced scorecard and vikor in insurance companies ranking. *Insurance Research*, 7, 115-144. (In Persian)
- Aumann, R. J. (1989). *Game theory*. In Game Theory, Palgrave Macmillan, UK: 1-53.
- Behboudi, D., Barghi Golazani, E., & Mamipour, S. (2010).The Impact of Economic Growth on Environmental Pollution in Oil Countries. *Journal of Macroeconomics*, 9(17), 37-52. (In Persian)
- Dickmann, D. I. (2006). Silviculture and biology of short-rotation woody crops in temperate regions: Then and now. *Biomass and Bioenergy*, *30*(8-9), 696-705.
- Du, K., Lu, H., & Yu, K. (2014). Sources of the potential CO2 emission reduction in China: a nonparametric metafrontier approach. *Applied energy*, *115*, 491-501.
- Emami Meibodi, A., & Jaydary, F. (2015). Eco-efficiency evaluation of Iran's oil refineries: using data envelopment analysis (DEA). *The economic Research*, 14(4), 79-96. (In Persain)
- Environmental Performance Index Report (2016).link:
- Fare, R., & Grosskopf, S. (2004). *New Directions: Efficiency and Productivity, R. Färe and S. Grosskopf, eds., Kluwer Academic Publishers, Boston*, 65-77.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society,* 120, 253-281.
- Fathai, B., Khodaparast Mashhadi, M., Homayouni far, M., & Sajadifar, S.H. (2017). Comparative study of energy and environmental efficiency in developing countries: desirable and undesirable output approach. *Quarterly Journal of Economic Research and Policies*, 25(81), 85-121. (In Persian)
- Fathi, B., Mahdavi Adeli, M.H., & Fetros, M.H. (2015). Measuring industrial energy efficiency with CO2 emissions in developing countries using static and dynamic nonparametric models. *Quarterly Energy Economics Review*, 11(46), 61-87. (In Persian)

- Ghasemi, A.R., & Pashazade, H. (2014). Analysis of environmental efficiency in developing countries (case study: Iran, India, Turkey and Egypt). *Journal of Economic Development Policy*, 2(4), 94-118. (In Persian)
- Graham, M. (2004). *Environmental efficiency: meaning and measurement and application to Australian dairy farms* (No. 415-2016-26217).
- Greene, W. H. (1990). A gamma-distributed stochastic frontier model. *Journal of econometrics*, *46*(1-2), 141-163.
- Grigoroudis, E., & Petridis, K. (2018). Evaluation of National Environmental Efficiency under Uncertainty Using Data Envelopment Analysis. In *Understanding Risks and Uncertainties in Energy and Climate Policy* (pp. 161-181). Springer, Cham.
- Guo, X., Lu, C. C., Lee, J. H., & Chiu, Y. H. (2017). Applying the dynamic DEA model to evaluate the energy efficiency of OECD countries and China. *Energy*, *134*, 392-399.
- Hakimipour, N. & Hojabrkiani, K. (2008).Comparative analysis of the efficiency of large industries sector in Iranian provinces: using stochastic frontier analysis. *Knowledge and Development*, 15(24),138-167.(In Persian)
- Haque, M. (2019). The economic and energy efficiencies of GCC states: A DEA approach. *Management Science Letters*, *9*(1), 1-12.
- Haynes, K. E., Ratick, S., & Cummings S. J. (1997). Pollution prevention frontiers: a data envelopment simulation. In *environmental program evaluation: a primer* (pp. 1-150). University of Illinois Press Urbana.
- Hiremath, R. B., Shikha, S., & Ravindranath, N. H. (2007). Decentralized energy planning; modeling and application—a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *11*(5), 729-752.
- Hsieh, J. C., Lu, C. C., Li, Y., Chiu, Y. H., & Xu, Y. S. (2019). Environmental assessment of European Union countries. *Energies*, *12*(2), 295.
- http://measurewhatmatters.info/news/environmental-performance-index-epi-launches-2016-report-at-wef/#sthash.eO4BofRm.dpuf
- Iftikhar, Y., Wang, Z., Zhang, B., & Wang, B. (2018). Energy and CO2 emissions efficiency of major economies: A network DEA approach. *Energy*, *147*, 197-207.
- Jebali, E., Essid, H., & Khraief, N. (2017). The analysis of energy efficiency of the Mediterranean countries: A two-stage double bootstrap DEA approach. *Energy*, *134*, 991-1000.
- Khodaparast Mashhadi, M., Homayounifar, M., Fathi, B., & Sajadifar, S.H. (2017). An assessment of Environmental Efficiency of Selected Countries Based on Envelopment Data Analysis and Game Theory under Competitive Conditions. *Quarterly Energy Economics Review*, 13(53), 105-133.(In Persian)
- Koop, G., & Tole, L. (2008). What is the environmental performance of firms overseas? An empirical investigation of the global gold mining industry. *Journal of Productivity Analysis*, *30*(2), 129-143.
- Korhonen, P. J., & Luptacik, M. (2004). Eco-efficiency analysis of power plants: An extension of data envelopment analysis. *European journal of operational research*, *154*(2), 437-446.
- Lacko, R., & Hajduová, Z. (2018). Determinants of environmental efficiency of the EU countries using two-step DEA approach. *Sustainability*, *10*(10), 3525.
- Lewis, H. F., & Sexton, T. R. (2004). Data envelopment analysis with reverse inputs and outputs. *Journal of Productivity Analysis*, *21*(2), 113-132.
- Lin, E. Y. Y., Chen, P. Y., & Chen, C. C. (2013). Measuring the environmental efficiency of countries: a directional distance function metafrontier approach. *Journal of environmental management*, *119*, 134-142.
- Madaleno, M., Moutinho, V., & Robaina, M. (2016). Economic and Environmental assessment: EU cross-country efficiency ranking analysis. *Energy Procedia*, *106*, 134-154.

- Mohamad Bagheri, A. (2010). Investigate the short-run and long-run relationship between GDP, Energy Consumption and emission CO_2. *Quarterly Energy Economics Review*, 7(27), 101-129.(In Persian)
- Mohtashami, N., Iraj, S., & Rafiei, H. (2015). The effect of oil export growth on environmental quality in Iran, *Agricultural Economics*, 9(2), 121-142. (In Persian)
- Nakabayashi, K., & Tone, K. (2006). Egoist's dilemma: a DEA game. *Omega*, *34*(2), 135-148.
- Ohadi, N., Shahraki, J., Pahlavani, M., & Mardani Najafabadi, M. (2019). Energy-environmental efficiency and effective factors in oil-rich countries. *The Journal of Planning and Budgeting*, 23|(1), 79-96.(In Persian)
- Rasekhi, S., Shahrazi, M., Sheidaei, Z., Jafari, M., & Dehghan, Z. (2016). A Nexus between Environmental and Economical Efficiency: New Evidence to Developing and Developed Countries. *Quarterly Journal of Economic Research and Policies*, 24(78), 31-56. (In Persian)
- Reinhard, S., Lovell, C. K., & Thijssen, G. (1999). Econometric estimation of technical and environmental efficiency: an application to Dutch dairy farms. *American Journal of Agricultural Economics*, *81*(1), 44-60.
- Sadeghi, M., Golavar, L., & Abedi, Z. (2017). Investigating the economic-environmental consequences of increasing the efficiency of fossil power plants. *Journal of Environmental Science and Technology*, 9(4), 15-30. (In Persian)
- Sadeghi, S.K., & Ebrahimi, S. (2013). Impact of financial development, gdp and energy consumption on environmental pollution in Iran (ARDL Approach). *Journal of Iranian Energy Economics*, 2(7), 43-73. (In Persian)
- Sajadifar, S.H., Asali, M., Fathi, B., & Mohamadbagheri, A. (2015). Measuring energy consumption efficiency using Data Envelopment Analysis (DEA) with undesirable factors. *The Journal of Planning and Budgeting*, 20(4), 55-69. (In Persian)
- Scheel, H. (2001). Undesirable outputs in efficiency valuations. *European journal of operational research*, *132*(2), 400-410.
- Seiford, L. M., & Zhu, J. (2002). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European journal of operational research*, *142*(1), 16-20.
- Sexton, T. R., Silkman, R. H., & Hogan, A. J. (1986). Data envelopment analysis: Critique and extensions. *New Directions for Program Evaluation*, *1986*(32), 73-105.
- Shafaat, S. KH. (2015). Presenting a model based on data envelopment analysis and game theory for energy efficiency measurement in transportation sector, M.Sc Thesis, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, , Urmia University of Technology. (In Persian)
- Shahiki Tash, M., Khajeh Hasani, M., & Jafari, S. (2015). Assessment of the Environmental Performance in Energy Intensive Industries of Iran by Using Directional Distance Function Approach. *Applied Theories of Economics,* 2(1), 99-120. (In Persian)
- Song, M., Peng, J., Wang, J., & Zhao, J. (2018). Environmental efficiency and economic growth of China: A Ray slack-based model analysis. *European Journal of Operational Research*, *269*(1), 51-63.
- Sorvari, J., Porvari, P., & Koskela, S. (2011). *Survey on the environmental efficiency assessment methods and indicators* (No. D2, pp. 1-1). MMEA research report.
- Yang, F., Ang, S., Xia, Q., & Yang, C. (2012). Ranking DMUs by using interval DEA cross efficiency matrix with acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, *223*(2), 483-488.
- Zhou, P., & Ang, B. W. (2008). Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance. *Energy Policy*, *36*(8), 2911-2916.
- Zhou, Y., Xing, X., Fang, K., Liang, D., & Xu, C. (2013). Environmental efficiency analysis of power industry in China based on an entropy SBM model. *Energy Policy*, *57*, 68-75.