علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هشت، آبان ماه ۹۹

بررسی اثر هزینه ناشی از آلودگی‌های زیست‌محیطی بر روی کارایی

(مطالعه موردی: مناطق اقتصادی کشور چین)

فاطمه مهرگان [۱*]

Fati.matroud@gmail.com

سهیلا سیدبویر [۱]

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۱۶

چکیده

زمینه و هدف: روش‌های تأمین و تولید انرژی، از عوامل تعیین‌کننده در آلوده کردن محیط‌زیست می‌باشند. در روند حرکت جهانی به‌سوی توسعه پایدار، توجه به آسیب‌های زیست‌محیطی امری مهم است. در این راستا، برآورد کارایی زیست‌محیطی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. هدف در این پژوهش، بررسی اثرات زیست‌محیطی روی مقدار کارایی است. صنایع و شرکت‌ها با ایجاد آلودگی زیست‌محیطی هزینه‌هایی را به جامعه تحمیل می‌کنند که در اکثر مواقع این هزینه‌ها در سنجش کارایی در نظر گرفته نمی‌شوند. در این تحقیق سعی بر این است که با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای و با در نظر گرفتن هزینه آلودگی‌های زیست‌محیطی، مدلی مناسب جهت ارزیابی کارایی ارائه شود. بعلاوه به محاسبه و بحث بر روی هزینه ازدست‌رفته ناشی از اعمال محدودیت‌های زیست‌محیطی بر روی خروجی‌های نامطلوب نیز پرداخته شده است.

روش بررسی: روش بررسی تحلیلی -توصیفی است. از تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای برای سنجش کارایی استفاده شده است. ابتدا با توجه به مسئله، محدودیت‌های زیست‌محیطی ایجاد و به مدل اضافه شده‌اند. مدل‌های ریاضی ارائه‌شده با استفاده از نرم‌افزار GAMS حل شده و مقادیر کارایی به دست آمده است.

یافته‌ها: نتایج حاصل حاکی از این هستند که مقادیر کارایی به‌دست‌آمده برای مدل شامل قوانین زیست‌محیطی کمتر از مدل بدون قوانین زیست‌محیطی است؛ این امر نشان می‌دهد که اعمال قوانین زیست‌محیطی بر روی خروجی‌های نامطلوب، منجر به از دست رفتن تعدادی از خروجی‌های مطلوب و درنتیجه بخشی از هزینه می‌شود. این پژوهش ۲۰ منطقه اقتصادی چین را در نظر گرفته است و مقادیر کارایی و هزینه ازدست‌رفته را برای آن‌ها محاسبه کرده است.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهند که در مناطق Guizhou و Guangdong، مقدار کارایی در هر دو حالت (با و بدون قوانین زیست‌محیطی) برابر است که نشان‌دهنده‌ی این است که این مناطق روی مرز کارایی قرار دارند. هزینه ازدست‌رفته در این مناطق صفر است. در صورتیکه در مناطقی نظیر Shaanxi و Liaoning این اختلاف بیشتر است که نشان‌دهنده این است که توسعه اقتصادی این مناطق برای یک دوره طولانی، وابسته به مصرف مداوم منابع بوده است و این امر باعث کاهش کیفیت محیط‌زیست در آن‌ها شده است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای، کارایی زیست‌محیطی، قوانین زیست‌محیطی، هزینه ازدست‌رفته.

۱- استادیار گروه ریاضی، واحد آبادان، دانشگاه آزاد اسلامی، آبادان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.8, October, 2020

Evaluating the Effect of Cost of Environmental Pollution on Efficiency (Case study: China's economic zones)

Fatemeh Mehregan [1*]

Fati.matroud@gmail.com

Soheyla Seyedboyer[1]

Admission Date:August 7, 2019 Date Received: September 7, 2017

Abstract

Background and Objective: The purpose of this study is to evaluate the environmental impacts on the value of efficiency. Industries and companies making environmental pollution, bring costs to the community, which in the most cases are not taken into account for measuring efficiency. This study has attempted to find a proper model for evaluating efficiency using the two-stage data envelopment analysis, considering the costs of environmental pollution. Cost loss resulted from applying environmental constraints on undesirable outputs, are also discussed and calculated.

Method: An analytical-descriptive method is utilized in this study. Two-stage data envelopment analysis has been used here to measure efficiency. At first, environmental constraints have been made up with respect to the problem and then added to the model. The proposed mathematical models are solved using the GAMS software and the values of efficiency are obtained.

Findings: Results show that the model with environmental regulations has a lower efficiency value compared to the model without environmental regulation, indicating that applying environmental regulations on undesirable outputs, leads to losing some of desirable outputs and consequently some cost. The study involves 20 economic zones of China whose efficiency and cost loss are calculated.

Discussion and Conclusion: The results show that in Guizhou and Guangdong regions, the efficiency is the same in both cases, indicating that these areas are on the edge of efficiency. The cost loss in these areas is zero. However, in areas such as Shaanxi and Liaoning, the difference is greater, indicating that for a long period of time, the economic development of these areas has been dependent on constant consumption of resources, which has caused reduced environmental quality.

Keywords: Two-Stage Data Envelopment Analysis, Environmental Efficiency, Cost Loss, Environmental Pollution.

1- Assistant Professor, Departement of Mathemetics, Abadan Branch, Eslamic Azad Univercity, Abadan, Iran.*(Corresponding Author)

مقدمه

امروزه تأمین انرژی از اساسی ترین پیش نیازهای توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها به شمار می رود. این در حالی است که روش های تأمین و تولید انرژی، خود از عوامل تعیین کننده در آلوده کردن محیط‌زیست می‌باشند. در روند حرکت جهانی به سوی توسعه پایدار، توجه به آسیب های زیست محیطی ناشی از بخش های مختلف اقتصادی، امری ضروری محسوب می‌شود. در این راستا توجه به میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای ناشی از بخش‌های مختلف تولیدی، به لحاظ اثرات اقتصادی، منطقه‌ای و جهانی از اهمیت بسزایی برخوردار است. پیرامون این مطلب، برآورد کارایی زیست‌محیطی به یکی از موضوعات داغ تبدیل شده است.

به‌عبارت‌دیگر، در فرایند تولید، باید کارایی زیست‌محیطی نیز موردتوجه قرار گیرد تا بتوان زمینه‌های توسعه و رشد پایدار را ایجاد کرد. در اکثر مواقع به خاطر کمبود اطلاعات وابسته به شاخص های زیست‌محیطی، نمی‌توان کارایی زیست‌محیطی را دقیق محاسبه نمود. به‌عنوان‌مثال، به علت در دسترس نبودن قیمت‌های بازار برای اثرات زیست‌محیطی، محاسبه شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی با مشکل روبرو می‌شود.

بعضی از این مشکلات را می توان با به کارگیری روش تحلیل پوششی داده ها در محاسبه کارایی زیست محیطی رفع کرد. کارایی شاخصی است که در استفاده بهینه از ورودی ها در جهت تولید خروجی‌ها، توانایی مدیریت یک واحد تصمیم‌گیرنده را می‌سنجد (۱). هر چه یک واحد بتواند با مصرف ورودی کمتر، خروجی بیشتری را تولید کند، یعنی کارایی بیشتری دارد. هنگامی که سیاست‌های زیست‌محیطی مطرح باشد، بحث کارایی زیست‌محیطی پیش می‌آید. در سنجش کارایی زیست‌محیطی، محصولات بد در کنار محصولات خوب، باهم در نظر گرفته می‌شوند. قرار دادن محصولات بد در کنار محصولات خوب برای محاسبه کارایی، منجر به برآورد مقادیر نزدیک به واقعیت می شود. به‌عبارت‌دیگر، لحاظ کردن محصولات بد در کنار محصولات خوب، دید واقع بینانه‌تری از کارایی بنگاه‌های اقتصادی به دست می‌دهد. بنابراین روش‌هایی نظیر تحلیل پوششی داده ها که در بررسی کارایی، توانایی بررسی هم زمان خروجی های بد و خوب را دارد، از اهمیت خاصی برخوردار است. علاوه بر آن چون در بررسی خروجی‌های بد با مسائل واقعی سروکار داریم، استفاده از تحلیل پوششی دومرحله‌ای مناسب تر است، زیرا می‌تواند اجزای داخلی شرکت‌ها و مؤسسات تولیدی را به‌صورت بهتری در نظر بگیرد و تقریب واقع‌بینانه‌تری از کارایی داشته باشد.

در این تحقیق با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای، مدلی جهت محاسبه کارایی زیست‌محیطی ارائه شده است که اثرات ناشی از عوامل زیست محیطی را در محاسبه کارایی در نظر می‌گیرد. جهت داشتن بررسی دقیق‌تر از اثرات عوامل زیست‌محیطی روی مقدار کارایی، این مدل در دو حالت وجود و عدم وجود قوانین زیست محیطی بر روی خروجی‌های نامطلوب، ارائه شده است. از روی مقدار بهینه این دو مدل می توان هزینه ازدست رفته ناشی از اعمال قوانین زیست‌محیطی را محاسبه کرد.

پیشینه تحقیق

تحلیل پوششی داده‌ها توسط چارنز، کوپر و رودز (۱) ارائه شده و توسط بنکر، چارنز و کوپر (۲) توسعه یافته است. این روش به‌تازگی سهم قابل‌توجهی در تجزیه و تحلیل خروجی‌های نامطلوب پیدا کرده است. مدل سازی عوامل نامطلوب نه تنها برای اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری، بلکه جهت بررسی هزینه ناشی از این عوامل نیز استفاده شده است (۳-۶). اخیراً استفاده از سیستم های چندمرحله‌ای DEA در بررسی و تخمین کارایی سیستم‌ها در حضور عوامل نامطلوب نیز رو به گسترش نهاده است (۷-۱۱). در مسائل واقعی، مواردی هستند که باید زیرسیستم‌ها با همدیگر جمع شوند تاکارایی کل سیستم شکل بگیرد. به‌عنوان‌مثال، بازاریابی و اجزای تولید با همدیگر کار می‌کنند تا سود شرکت را بیشینه کنند. لذا برای موارد واقعی، استفاده از سیستم دومرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند کارآمد باشد. در این پژوهش ترجیح داده شده است که از DEA دومرحله‌ای استفاده شود.

در کارایی زیست‌محیطی، تولید کالا و ارائه خدمات با به‌کارگیری انرژی و مواد اولیه کمتر که متعاقباً ضایعات، آلودگی و هزینه کمتر را نیز به دنبال داشته باشد، مورد بررسی قرار می‌گیرد (۱۲). با توجه به افزایش فعالیت‌های شرکت‌ها و در پی آن افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی و درنتیجه بالا رفتن هزینه‌های تحمیل‌شده به شرکت‌ها و همچنین اثرات نامطلوب آلودگی‌ها بر کیفیت محیط‌زیست، اصلاح مدل‌های ارزیابی کارایی باوجود ستاده‌های مطلوب و نامطلوب، امری ضروری است. اندازه‌گیری کارایی شرکت‌ها بدون تفکیک ستاده‌های خوب و بد باعث می‌شود که تعداد زیادی از ستاده‌های نامطلوب در نظر گرفته نشوند و درنتیجه بهره‌وری شرکت، مطلوب‌تر و کارایی آن بهتر نشان داده شود. در مطالعات مختلف انجام گرفته، منظور از بهره‌وری انرژی، استفاده از انرژی و بیشینه کردن تولید با تمرکز بر روی بهره‌وری اقتصادی است، درحالی که مشکلات زیست‌محیطی ناشی از استفاده از انرژی نادیده گرفته می‌شود. یعنی در چارچوب مطالعه بهره‌وری انرژی، عوامل محیطی در نظر گرفته نمی‌شوند و همین منجر به مشکلات زیادی می‌شود. در اینجا به لزوم در نظر گرفتن کارایی زیست‌محیطی پرداخته می‌شود. محاسبه کارایی زیست‌محیطی یکی از مباحثی است که از دیرباز موردتوجه بوده است (۱۲-۱۵). شماری از کارهای انجام‌شده در این زمینه در اینجا ذکر می‌شود.

وانگ و همکارانش در یک پژوهش با استفاده از مدل DEA دومرحله‌ای، اثرات مخرب زیست‌محیطی بر روی کارایی شرکت‌ها را بررسی کردند. در آن پژوهش گاز CO_2 به‌عنوان یک عامل نامطلوب در نظر گرفته شده بود. آن‌ها نشان دادند که نتایج مربوط به کارایی شرکت‌ها در هر منطقه متفاوت است و همچنین مقدار کارایی زیست‌محیطی استفاده از انرژی در چین بسیار کم است (۱۶). فایر و همکارانش به‌منظور بررسی تأثیر مرحله اول مقررات برنامه باران‌های اسیدی، کارایی زیست‌محیطی نیروگاه‌های برق آمریکا را بر اساس روش تحلیل مرز تصادفی و با به‌کارگیری تابع تراتسلوگ محاسبه نمودند و به این نتیجه رسیدند که مرحله اول باران‌های اسیدی در کاهش SO_2 مؤثر بوده است (۱۷). مارتی و همکارانش (۲۰۰۶) کارایی فنی و زیست‌محیطی نیروگاه‌های حرارتی کشور هند را با استفاده از تابع فاصله ستاده برای دوره زمانی ۱۹۹۷-۲۰۰۴ اندازه‌گیری نمودند. ستاده‌ها شامل میزان برق تولیدی به‌عنوان ستاده مطلوب و سه نوع آلاینده به‌عنوان ستاده نامطلوب بودند. نتایج نشان داد که ۱۰٪ از نیروگاه‌ها در بحث زیست‌محیطی و فنی ناکارا می‌باشند (۱۸). فایر و همکارانش (۲۰۰۷) تابع تولید زیست محیطی را با تابع فاصله مستقیم زیست محیطی مقایسه نمودند. تفاوت این دو تابع زمانی مشخص می‌شود که از تکنولوژی یا تولید ستاده مکمل یعنی ستاده مطلوب و نامطلوب به صورت هم‌زمان استفاده شود، چراکه تابع تولید تنها قادر به توضیح تولید ستاده مطلوب است. در این مقاله از ۹۲ نیروگاه تولید برق آمریکا در سال ۱۹۹۵ استفاده شد. نتایج مشخص کرد که توابع تولید در مقایسه با توابع فاصله مستقیم، عدم کارایی بیشتری را نشان می‌دهند (۱۹). نصراللهی و همکارانش (۱۳۹۱) تحقیقی را با عنوان اندازه گیری کارایی صنایع تولیدی ایران با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و با تأکید بر ستاده‌های نامطلوب (آلاینده‌های زیست‌محیطی) انجام دادند. در این پژوهش اندازه‌گیری کارایی نسبی صنایع تولیدی ایران طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۵ انجام شد. ورودی های این مدل را نیروی کار، انرژی و مواد اولیه تشکیل می‌دادند و خروجی مطلوب آن ارزش‌افزوده صنعت و خروجی‌های نامطلوب نیز شامل میزان SO_2، CO_2 و SPM بود. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که در تمامی سال‌های موردبررسی، تنها صنعت ۳۲ (تولید رادیو و تلویزیون و دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی) کارا بوده است. همچنین در تمام سال‌های پیشروی صنایع با برنامه، از میان ۲۱ صنعت موردبررسی همواره بیش از هفده صنعت ناکارا بوده است. به‌عبارت‌دیگر در این سال‌ها تنها بیست درصد از واحدها کارا بوده و از منابع خود به درستی استفاده نموده‌اند (۲۰). امامی میبدی و جایدری به اندازه گیری کارایی زیست محیطی پالایشگاه‌های نفت ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که، پالایشگاه بندرعباس کاراترین پالایشگاه نفت طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۸۸ بوده است و نرخ رشد کارایی زیست محیطی پالایشگاه‌ها در این مدت

مثبت بوده است. نتایج رگرسیون توبیت نیز نشان می‌دهد، سوخت‌های نفت‌کوره و نفت‌گاز اثر منفی بر زیست‌کارآیی دارند، اما گاز طبیعی و گازهای پالایشگاهی و گاز مایع اثر مثبت بر کارایی زیست‌محیطی دارند. از سوی دیگر، هر چه پالایشگاه بیشتر از ظرفیت اسمی خود، نفت خام پالایش کند، کارایی زیست‌محیطی پالایشگاه بیشتر کاهش می‌یابد (۲۱). سیفی و همکارانش کارایی زیست‌محیطی نیروگاه‌های حرارتی تولید برق را با استفاده از تحلیل مرز تصادفی بررسی نمودند. آن‌ها نشان دادند اثرات مخرب زیست‌محیطی بسیاری توسط نیروگاه‌ها بر کشور تحمیل می‌گردد (۲۲). مولایی و ثانی با استفاده از روش DEA در دو حالت وجود ستاده های مطلوب و نامطلوب، به برآورد کارایی زیست محیطی بخش کشاورزی پرداختند و دریافتند که مقادیر کارایی با در نظر گرفتن محصولات بد نسبت به حالت بدون در نظر گرفتن آن ها، کمتر است. این موضوع نشان می‌دهد که یقیناً شرایط زیست‌محیطی بر کارایی مؤثر است (۲۳).

بیان مسئله، ضرورت، اهداف و فرضیات پژوهش

هم‌زمان با تولید انرژی، عوامل نامطلوب نیز تولید می‌شوند. عوامل نامطلوب با توجه به نوع بنگاه تولیدی شامل انواع گازهای گلخانه‌ای، ضایعات کارخانه‌ها، دود و ... می‌باشند. مسئله‌ای که اخیراً موجب افزایش نگرانی‌ها در مورد مسائل زیست‌محیطی شده است، عدم توجه به آسیب‌های زیست‌محیطی در اندازه‌گیری کارایی بنگاه‌های تولیدی است. لذا در فرایند تولید علاوه بر اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری، کارایی زیست‌محیطی نیز باید موردتوجه قرار گیرد تا بتوان زمینه‌های توسعه و رشد پایدار را ایجاد کرد. شایان‌ذکر است که اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی در صورت وجود آلودگی‌های زیست‌محیطی معنا پیدا می‌کند. در اکثر مواقع به دلیل کمبود اطلاعات وابسته به شاخص‌های زیست‌محیطی، نمی‌توان کارایی زیست‌محیطی را به‌درستی محاسبه نمود. برخی از این مشکلات را می‌توان با به‌کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها در محاسبه کارایی زیست‌محیطی رفع نمود.

تحلیل پوششی داده ها یک روش ارزیابی کارایی است که در سال های اخیر مورداستفاده محققین محیط زیست نیز قرار گرفته است. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های DEA، داشتن یک رویکرد سیستمی به مجموعه DMUهای تحت ارزیابی است. سیستم مجموعه‌ای از افراد، منابع، مفاهیم و رویه‌هایی است که به گونه‌ای در تعامل با یکدیگر قرارگرفته‌اند که در راستای رسیدن به هدفی مشخص، وظایفی را انجام می‌دهند. یک سیستم از سه بخش اصلی داده، فرایند و ستاده تشکیل شده است. در هر سیستم، داده ها شامل عناصری است که وارد سیستم می‌شوند. فرایند شامل عناصری است که جهت تبدیل داده ها به ستاده‌ها ضروری هستند. ستاده‌ها نیز شامل محصولات ساخته شده یا نتایج فرایند سیستم می باشند. در بعضی از مواقع سیستم های موردبررسی، دارای ساختار دومرحله‌ای می‌باشند. به این معنی که در مرحله اول، داده‌ها تبدیل به ستاده می‌شوند و سپس در ادامه فرایند، ستاده‌های مرحله اول به عنوان داده های مرحله دوم در نظر گرفته می‌شوند. در این روش، این سیستم‌ها به‌صورت تحلیل پوششی دومرحله‌ای ارزیابی می‌شوند. در مدل تحلیل پوششی دومرحله‌ای، کارایی واحدهای تصمیم‌گیری در دو مرحله به دست می‌آیند. به‌منظور شناسایی دلایل ناکارایی در کل فرایند و نیز برای هر مرحله به صورت مستقل، کارایی با استفاده از روش متداول DEA اندازه‌گیری می‌شود. مدل تحلیل پوششی داده‌ها با لحاظ کردن دو زیرفرایند، کارایی را ارزیابی می‌کند. یعنی چارچوب کارایی فرایند کل می‌تواند به کارایی های دو زیرفرایند تجزیه شود.

در این مقاله با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده های دومرحله‌ای با احتساب هزینه آلودگی‌های زیست‌محیطی، مدلی مناسب جهت ارزیابی کارایی زیست‌محیطی DMUها ارائه شده و همچنین هزینه ازدست‌رفته ناشی از وجود خروجی‌های نامطلوب محاسبه شده است.

یکی از عوامل مهم در ایجاد آلودگی های زیست‌محیطی در سطح کشور، شرکت‌های تولیدی و صنایعی هستند که با ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی اعم از آلودگی آب، خاک و هوا،

هزینه‌هایی را ایجاد می‌کنند. این هزینه‌ها، اگرچه تأثیر بسیاری بر محیط و جامعه دارند، اما در سنجش کارایی شرکت‌ها لحاظ نمی‌گردند. در صنایع نساجی، پتروشیمی، نفت و گاز، بیشترین سطح آلودگی آب و هوا ایجاد می‌شود، اما کارایی این صنایع بدون در نظر گرفتن هزینه‌هایی که از طریق این آلودگی‌ها بر محیط زیست وارد می‌شود، محاسبه می‌گردد. در این شرایط، کارایی محاسبه‌شده مطلوب‌تر به نظر می‌آید و عامل ایجاد ناکارایی (هزینه‌های زیست‌محیطی) در نظر گرفته نمی‌شود. در محاسبه کارایی به روش DEA، کارایی شرکت‌ها باوجود ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب محاسبه می‌گردد و ورودی‌های نامطلوب وارد مدل DEA نمی‌شوند. در این مقاله با استفاده از DEA دومرحله‌ای، خروجی‌های نامطلوب وارد مدل می‌شوند و درنتیجه به صورت بهتر و دقیق‌تر می‌توان کارایی شرکت‌ها را سنجید و هزینه‌هایی را که این خروجی‌های نامطلوب بر شرکت وارد می‌کنند، لحاظ کرد. با توجه به نقش مضری که عوامل آلودگی زیست‌محیطی بر توسعه پایدار و جامعه دارند، شناسایی عوامل کلیدی و روش مناسب ارزیابی بنگاه‌های تولیدی می‌تواند بسیار مفید باشد. از طرفی استفاده از DEA دومرحله‌ای که جزییات بنگاه‌های تولیدی را به‌دقت مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد، بسیار مفید است. این مسئله ضرورت مقاله را بیان می‌کند.

بنابراین، ارائه مدلی جدید بر مبنای DEA دومرحله ای برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در حضور خروجی‌های نامطلوب و همچنین محاسبه هزینه ازدست رفته ناشی از خروجی‌های نامطلوب، از اهداف مقاله می‌باشند.

فرضیات پژوهش به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است:

۱. مقدار کارایی با در نظر گرفتن محدودیت‌های زیست محیطی، کمتر از حالتی است که این محدودیت‌ها اعمال نشده باشند.
۲. اعمال قوانین زیست‌محیطی منجر به کاهش خروجی‌های مطلوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

در این مقاله با استفاده از روش DEA دومرحله‌ای به بررسی کارایی زیست محیطی پرداخته شده است. همچنین از تابع جهتی به‌عنوان تابع فاصله استفاده شده است.

۱. تحلیل پوششی دومرحله‌ای:

در تحلیل پوششی دومرحله ای فرض می شود که در ساختار DMUها، علاوه بر ورودی و خروجی‌ها، متغیرهای میانی نیز حضور دارند. به‌طوری‌که هر DMU از دو بخش تشکیل شده است. در بخش اول ورودی ها $x=(x_1,...,x_m)$ مصرف و متغیرهای میانی $v=(v_1,...,v_f)$ تولید می‌شوند. در بخش دوم متغیرهای میانی مصرف و خروجی ها تولید می شوند. در این تحقیق فرض می‌شود علاوه بر خروجی‌های مطلوب $y^g=(y_1^g,...,y_s^g)$، خروجی‌های نامطلوب $y^b=(y_1^b,...,y_p^b)$ نیز تولید شوند. شکل ۱ این سیستم را نشان می‌دهد(۱۰).

نمودار ۱- سیستم دومرحله‌ای
Diagram 1. Two- Stage system

۲.تابع فاصله جهتی:

تابع فاصله جهتی که توسط چمبرز و همکارانش معرفی شده است، به‌صورت هم‌زمان هردوی خروجی‌های مطلوب و نامطلوب را لحاظ می‌کند (۱). شکل کلی این تابع به‌صورت زیر است:

$$D_o(x,y^g,y^b;g_x,g_{y^g},g_{y^b})=\sup\{\beta:(y^g+\beta g_{y^g},y^b-\beta g_{y^b})\in P(x-\beta g^x)\} \quad (۱)$$

انتخاب بردار (g_x,g_{y^g},g_{y^b}) به نظر محقق و کاربرد بستگی دارد و معمولاً به‌صورت (x,y^g,y^b) انتخاب می‌شود

۳.کارایی زیست‌محیطی

کارایی شاخصی است که در استفاده بهینه از ورودی ها در جهت تولید خروجی‌ها، توانایی مدیریت یک واحد تصمیم گیرنده را می سنجد. هر چه یک واحد بتواند با مصرف ورودی کمتر، خروجی بیشتری تولید کند، کاراتر است. کارایی زیست‌محیطی مفهومی است که هر جا سیاست‌های زیست‌محیطی مطرح باشد، استفاده می‌شود. کارایی زیست‌محیطی به معنای تولید کالا با استفاده از ورودی‌های کمتر است که متعاقباً انرژی، ضایعات، آلودگی و هزینه پایین‌تری به دنبال داشته باشد.

یافته‌ها

در این پژوهش با استفاده از تابع فاصله جهتی، دو مدل برای سیستم‌های دومرحله‌ای، در حضور و عدم حضور قوانین زیست محیطی، پیشنهاد می گردد. این مدل‌ها هر دو مرحله سیستم، متغیرهای ورودی و همچنین خروجی‌های مطلوب و نامطلوب را لحاظ می‌کنند. روش ارائه مدل‌ها بدین‌صورت است که در هر دو مدل، خروجی های مطلوب و نامطلوب موجود می‌باشند و تفاوت آن ها در دسترسی آزاد و یا محدود خروجی‌های نامطلوب است.

۱. ارائه مدل بدون قوانین زیست‌محیطی

بدون در نظر گرفتن قوانین زیست محیطی، خروجی های مطلوب و نامطلوب دارای دسترسی آزاد هستند. آنچه که مد نظر است، بیشینه کردن خروجی‌ها است و خروجی‌های نامطلوب آزاد گذاشته می شوند تا منابع اقتصادی را مصرف نکنند. در این صورت به تولید خروجی های نامطلوب توجهی نمی شود و محدودیتی نیز در راستای کاهش تولید این نوع خروجی قرار داده نمی‌شود.

با توجه به مطالب بیان شده در جهت تعریف مدل در این قسمت، PPS زیر ارائه می گردد:

$$PPS=\{(x,y^g,y^b)\Big|\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2y_j^g\geq y_o^g,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2y_j^b\leq y_o^b,\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1x_j\leq x_o,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2z_j\geq z_o,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2z\leq z_o \quad (۲)$$
$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1=1,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2=1,\lambda_j^1\geq 0,\lambda_j^2\geq 0,\ j=1,...,n,\}$$

بر پایه‌ی PPS تعریف‌شده، جهت محاسبه ناکارایی DMU_o بدون قوانین زیست‌محیطی، مدل زیر پیشنهاد می‌شود:

$$\begin{aligned}
\max \quad & \beta \qquad (۳)\\
s.t. \quad & \sum_{j=1}^{n} x_j \lambda_j^1 \le x_o - \beta g^x,\\
& \sum_{j=1}^{n} y_j^g \lambda_j \ge y_o^g + \beta g^{yg},\\
& \sum_{j=1}^{n} y_j^b \lambda_j \le y_o^b - \beta g^{yb},\\
& \sum_{j=1}^{n} v_j \lambda_j^1 - \sum_{j=1}^{n} v_j \lambda_j^2 \ge 0,\\
& \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 = 1,\\
& \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 = 1\\
& \lambda_j^1 \ge 0, \lambda_j^2 \ge 0,\ j = 1,\dots,n,\\
& \beta : free
\end{aligned}$$

اولین، دومین و سومین محدودیت به ترتیب به کاهش ورودی، افزایش خروجی‌های مطلوب و کاهش امکان‌پذیر خروجی‌های نامطلوب در انتها دلالت دارند. محدودیت چهارم، یک محدودیت تعادلی است که نشان‌دهنده این است که مقدار هر یک از محصولات میانی تولیدشده در سیستم برای برآوردن میزان تولید محصول میانی، کافی است. برای هر محصول میانی، اولین ضابطه در این محدودیت، نشان دهنده مجموع تولید هدف است، به صورتی که محصول میانی در مرحله ۱ تولید می شود و ضابطه دوم مصرف هدف، محصول میانی‌ای است که در مرحله ۲ مصرف می‌شود. درنهایت، دو محدودیت نهایی نشان‌دهنده بازده نسبت به مقیاس متغیر در هر دو مرحله است.

۲. ارائه مدل باوجود قوانین زیست‌محیطی

باوجود قوانین زیست محیطی، خروجی های نامطلوب، دیگر دارای خاصیت دسترسی آزاد نمی باشند. در خروجی های مطلوب و نامطلوب دارای خاصیت دسترسی ضعیف هستند که در این صورت، کاهش خروجی های نامطلوب منجر به کاهش خروجی های مطلوب نیز می شود. در این حالت تولید خروجی‌های نامطلوب، هزینه‌های اقتصادی به دنبال دارد.

در ابتدا PPS دومرحله‌ای زیر تعریف می‌گردد:

$$PPS = \{(x, y^g, y^b) \Big| \sum_{j=1}^{n} \theta\lambda_j^2 y_j^g \ge y_o^g, \sum_{j=1}^{n} \theta\lambda_j^2 y_j^b = y_o^b, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 x_j \le x_o, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 z_j \ge z_o, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 \le z_o \qquad (۴)$$
$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 = 1, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 = 1, \lambda_j^1 \ge 0, \lambda_j^2 \ge 0,\ j = 1,\dots,n,\ \ 0 \le \theta \le 1\}$$

تفاوت PPS تعریف شده با PPS قبلی، ناشی از به‌کارگیری فرض دسترسی ضعیف خروجی های نامطلوب است. تفاوت بیان شده به‌صورت محدودیت‌های تساوی برای خروجی‌های نامطلوب در PPS است. واضح است که این مجموعه غیرخطی است. می‌توان با استفاده از یک روش مؤثر، محدودیت غیرخطی $\theta\lambda_j^2 = \lambda_j$ را به خطی تبدیل کرد. بدین جهت متغیر λ_j را به‌صورت $\theta\lambda_j^2 = \lambda_j$ تعریف می‌کنیم و در ادامه رابطه $(1-\theta)\lambda_j^2 = \mu_j$ و سپس $\lambda_j^2 = \mu_j + \lambda_j$ به دست

می آید. درنهایت، مجموعه امکـان تولیـد بـه شـکل خطـی و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$PPS=\{(x,y^g,y^b)\Big|\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_j^g\geq y_o^g,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_j^b=y_o^b,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 x_j\leq x_o,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 z_j\geq z_o,\sum_{j=1}^{n}(\mu_j+\lambda_j)\leq z_o \quad (۵)$$

$$\sum\lambda_j^1=1,\sum_{j=1}^{n}(\lambda_j+\mu_j)=1,\lambda_j\geq 0,\mu_j\geq 0,\ j=1,...,n,\ \ 0\leq\theta\leq 1\}$$

بر پایه PPS تعریف‌شده و جهت تعریف ناکارایی DMU، مدل کلی زیر که هر دو مرحله را در نظر می‌گیرد، ارائه می‌شود:

$$\begin{aligned}
\max\quad & \beta \qquad (۶)\\
s.t.\quad & \sum_{j=1}^{n}x_j\lambda_j^1\leq x_o-\beta g^x,\\
& \sum_{j=1}^{n}y_j^g\lambda_j\geq y_o^g+\beta g^{yg},\\
& \sum_{j=1}^{n}y_j^b\lambda_j=y_o^b-\beta g^{yb},\\
& \sum_{j=1}^{n}v_j\lambda_j^1-\sum_{j=1}^{n}v_j(\mu_j+\lambda_j)\geq 0,\\
& \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1=1,\\
& \sum_{j=1}^{n}(\mu_j+\lambda_j)=1,\\
& \lambda_j^1\geq 0,\lambda_j\geq 0,\mu_j\geq 0,\ j=1,...,n,\\
& \beta:\ free
\end{aligned}$$

۳. هزینه اعمال قـوانین زیسـت‌محیطـی بـر سیسـتم دومرحله‌ای

در این مقاله، دو مدل جهت بررسی اثرات زیست‌محیطـی بـر روی مقدار کارایی ارائه شده است. بدون در نظر گرفتن قوانین زیست‌محیطی، خروجی‌های مطلوب و نامطلوب دارای دسترسی آزاد هستند. مدل (۳) خاصیت دسترسی آزاد خروجی هـای نامطلوب را نشان می‌دهد که حتی باوجود تولید خروجی‌های نامطلوب، واحد تولیدکننده هـیچ گونـه مسـئولیتی در قبـال هزینه‌های اقتصادی مربوطه ندارد. اما در مدل (۶) با به‌کارگیری قوانین زیست محیطی، خروجی‌های نامطلوب دارای خاصـیت دسترسی آزاد نمی باشند و تولیـد خروجـی هـای مطلـوب و نامطلوب به هم مرتبط می‌باشند. کاهش خروجی‌های نامطلوب، هزینه های اقتصادی در بردارد که مقداری از منابع را مصرف می‌کند و منجر به کاهش خروجی‌های مطلوب می‌شود.

خروجی‌های نامطلوب نظیر گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌هـای زیست‌محیطی که در فرایندهای تولیدی حاصل می‌شوند، بـر روی سلامت انسان‌ها و محیط‌زیسـت طبیعـی، تـأثیر منفـی می‌گذارند. لذا، واحدهای اقتصادی مجبور به‌صرف مقـداری از منابع جهت کنترل آلودگی با به‌کارگیری قوانین زیست‌محیطی می‌باشند. اگرچه در صورت عدم تبعیت از این قوانین، همـان منابع، صرف تولید خروجی های مطلوب مـی شـوند. بنـابراین قوانین زیست‌محیطـی بـه‌طـور مسـتقیم منجـر بـه کـاهش خروجی های مطلوب نیز می شوند. در ادامـه، مقـدار کـاهش خروجی‌های مطلوب ناشی از به‌کارگیری قوانین زیست‌محیطی،

با استفاده از جواب بهینه برای مدل های (۳) و (۶) به دست می‌آید.

ابتدا مدل (۳) در نظر گرفته می‌شود. مقدار بهینه قابل‌دستیابی برای خروجی مطلوب برحسب مرز تولید برای DMU، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$EF^{S}(y^{o}) = [1+\beta^{*}]y_{o}^{g} \qquad (۷)$$

به‌طوری که β^{*} مقدار بهینه مدل (۳) در محاسبه کارایی DMU است.

اما در صورت وجود قوانین زیست محیطی، مقدار ظرفیت خروجی مطلوب به‌صورت زیر است:

$$EF^{W}(y^{o}) = [1+\beta^{*}]y_{o}^{g} \qquad (۸)$$

که β^{*} مقدار بهینه مدل (۶) در محاسبه کارایی DMUی تحت ارزیابی است.

لازم به ذکر است که تحت قوانین زیست‌محیطی، مقدار کارایی کمتر از حالتی است که این قوانین در نظر گرفته نمی شوند، بنابراین داریم:

$$EF^{S}(y^{o}) \geq EF^{W}(y^{o}).$$

لذا، می توان تفاوت بین دو مقدار کارایی را تحت عنوان هزینه ناشی از قوانین زیست‌محیطی به‌صورت زیر بیان نمود:

$$RC^{o} = EF^{S}(y_{o}^{g}) - EF^{S}(y_{o}^{g}) \qquad (۹)$$

تجزیه‌وتحلیل اطلاعات

به منظور بررسی کارایی زیست‌محیطی و همچنین هزینه ازدست‌رفته، ۳۰ منطقه اقتصادی چین در نظر گرفته شده است. مدل ارائه شده، یک مدل دومرحله‌ای است که یک‌بار با اعمال قوانین زیست‌محیطی و یک‌بار نیز بدون در نظر گرفتن آن‌ها، مدل حل می شود. این مدل‌ها قابلیت در نظر گرفتن ستاده‌های نامطلوب (آلودگی‌های زیست‌محیطی) را داراست. در این مقاله مناطق اقتصادی چین در نظر گرفته شده‌اند، چراکه داده های موردنیاز را دارا هستند و امکان به کارگیری مدل با استفاده از این داده‌ها برای آن‌ها وجود دارد.

در این مثال متغیرهای مستقل مسئله شامل نیروی کار، سرمایه و سوخت می باشند و متغیرهای وابسته نیز ارزش ناخالص تولیدات صنعتی و آلودگی های آبی و گازی را شامل می‌شوند. در مدل‌های ارائه‌شده، متغیرهای نیروی کار، سرمایه و سوخت، ورودی هستند و خروجی‌ها نیز شامل ارزش ناخالص تولیدات صنعتی، آلودگی های آبی و گازی و مواد زائد جامد می‌باشند. ورودی میانی، سرمایه‌گذاری در بهبود خروجی‌های نامطلوب در مرحله اول است و خروجی نهایی، محصولات ساخته‌شده ناشی از سرمایه‌گذاری روی خروجی‌های نامطلوب است. مقادیر ورودی و خروجی‌ها مربوط به سال ۲۰۱۴ از بکارگیری انرژی و آلودگی‌های زیست‌محیطی از استان‌های چین می‌باشد(۱).

در ابتدا مدل (۳) که دارای قوانین زیست‌محیطی نبوده و سپس مدل (۶) را که شامل قوانین زیست محیطی است، در نظر می گیریم و داده‌ها را با این مدل‌ها حل می کنیم. نتایج در جدول ۱ آورده شده‌اند.

جدول ۱- نتایج حاصل از حل مدل‌های (۳) و (۶).

Table1. the results of the solving of (3) and (6) models.

DMU	ناحیه	کارایی حاصل از مدل(۳)، بدون قوانین‌زیست‌محیطی	کارایی حاصل ازمدل(۶)، با قوانین‌زیست‌محیطی	تفاضل مقادیر کارایی	هزینه ناشی از آثار زیست‌محیطی
۱	Beijing	۱	۰/۹۹	۰/۰۱	۶۵/۲۵
۲	Tianjin	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۰۳	۳۵/۵۴

۳	Hebei	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۰۵	۳۵/۸۸
۴	Shanxi	۰/۸۲	۰/۷۸	۰/۰۵	۳۶/۷۶
۵	Inner Mongolia	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۰۴	۳۲/۲۱
۶	Liaoning	۰/۹۸	۰/۹۱	۰/۰۷	۴۳/۴۹
۷	Jilin	۰/۹۶	۰/۸۹	۰/۰۷	۴۱/۴۴
۸	Heilongjiang	۰/۶۵	۰/۵۹	۰/۰۶	۳۸/۹۹
۹	Shanghai	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۰۵	۳۴/۹۱
۱۰	Jiangsu	۰/۸۹	۰/۸۱	۰/۰۷	۴۰/۸۷
۱۱	Zhejiang	۰/۹۱	۰/۸۱	۰/۰۶	۳۹/۹۹
۱۲	Anhui	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۰۳	۲۹/۸۷
۱۳	Fujian	۰/۵۵	۰/۵۰	۰/۰۴	۳۷/۶۶
۱۴	Jiangxi	۰/۹۸	۰/۹۱	۰/۰۷	۴۱/۵۴
۱۵	Shandong	۰/۹۹	۰/۸۹	۰/۱	۶۸/۹۸
۱۶	Henan	۰/۵۶	۰/۴۷	۰/۰۷	۴۰/۶۵
۱۷	Hubei	۰/۶۷	۰/۶۱	۰/۰۶	۳۸/۷۷
۱۸	Hunan	۰/۹۹	۰/۸۹	۰/۱	۶۷/۷۸
۱۹	Guangdong	۱	۱	۰	۰
۲۰	Guangxi	۰/۸۶	۰/۸۱	۰/۰۵	۳۶/۷۸
۲۱	Hainan	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۰۵	۳۷/۶۵
۲۲	Chongqing	۰/۷۸	۰/۷۱	۰/۰۶	۳۷/۹۸
۲۳	Sichuan	۰/۸۸	۰/۸۰	۰/۰۷	۴۲/۹۸
۲۴	Guizhou	۱	۱	۰	۰
۲۵	Yunnan	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۰۶	۳۹/۶۵
۲۶	Shaanxi	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۰۷	۴۱/۸۸
۲۷	Gansu	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۵۱	۳۶/۸۷
۲۸	Qinghai	۰/۶۶	۰/۵۸	۰/۰۵	۳۶/۴۳
۲۹	Ningxia	۰/۶۸	۰/۶۲	۰/۰۵	۳۶/۴۳
۳۰	Xinjiang	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۰۴	۳۵/۵۵

مقادیر بهینه به‌دست‌آمده برای مدل‌های (۳) و (۶) به ترتیب در ستون‌های سوم و چهارم آورده شده است. مقدار تفاوت حاصل از این دو مقدار نیز که بر اساس فرمول (۹) است، در ستون پنجم آورده شده است و هزینه ناشی از این تفاوت برحسب یوان چین نیز محاسبه و در ستون آخر گنجانده شده است. از روی نتایج حاصل از حل مدل‌های (۳) و (۶) که به ترتیب در ستون‌های سوم و چهارم آمده‌اند، مشخص می‌شود که مقدار

کارایی مناطق مختلف با در نظر گرفتن قوانین زیست‌محیطی کمتر از حالتی است که این قوانین در نظر گرفته نمی‌شوند. همچنین این بدان معنا است که تأثیر قوانین زیست‌محیطی بر روی خروجی‌ها کاملاً مشهود است، زیرا همان‌طور که قبلاً ذکر شد، با اعمال قوانین زیست محیطی، کاهش ستاده نامطلوب منجر به کاهش ستاده مطلوب نیز می شود. در بعضی مناطق نظیر Guizhou و Guangdong، مقدار کارایی در هر دو حالت برابر است که نشان‌دهنده‌ی این است که این مناطق با یا بدون قوانین زیست‌محیطی، روی مرز کارایی قرار دارند. هزینه ازدست‌رفته در این مناطق صفر است. حال آنکه در مناطقی نظیر Shaanxi و Liaoning این اختلاف بیشتر است که نشان‌دهنده این است که مصرف مواد اولیه در این مناطق منجر به خطرات جدی برای محیط‌زیست می‌شود. توسعه اقتصادی این مناطق برای یک دوره طولانی، وابسته به مصرف مداوم منابع بوده است و این امر باعث کاهش شدید کیفیت محیط زیست در آن‌ها شده است. بنابراین باید در آینده برای کاهش انتشار آلودگی‌ها و حفاظت از محیط‌زیست در این مناطق تلاش شود و این امر مستلزم آن است که ادارات مربوطه به‌طور مداوم سیاست و ابزار قانونی در زمینه‌ی حفاظت از محیط‌زیست را بهبود بخشند و به‌تدریج ظرفیت آلودگی محیط را کاهش دهند و برای تغییر حالت توسعه همراه با آلودگی محیط‌زیست تلاش کنند. درنتیجه این اقدامات، توسعه هماهنگ بین رشد اقتصادی و محیط‌زیست می‌تواند تحقق یابد. اعمال قوانین زیست‌محیطی نه‌تنها منجر به کاهش تولید خروجی‌های نامطلوب می‌گردد، بلکه منجر به از دست رفتن مقداری از خروجی‌های مطلوب نیز می‌شود و این باعث از دست رفتن هزینه در مناطقی می‌شود که دارای مشکلات محیط‌زیستی می‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری و پیشنهادات

انرژی، به‌عنوان عامل اساسی در حفظ رشد اقتصادی، به‌عنوان پایه و اساس اقتصاد محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر و با صنعتی شدن جهان، تقاضای انرژی نیز به‌طور چشمگیری افزایش یافته است که موجب افزایش مشکلات زیست‌محیطی ناشی از استفاده زیاد از انرژی شده است. تحقیقات در مورد بهره‌وری محیط‌زیست می‌تواند پایه تصمیم‌گیری برای بخش‌های مربوطه در تنظیم سیاست‌های محیط‌زیست و انرژی باشد.

این مقاله دو مدل را ارائه می‌کند که در آن‌ها با استفاده از تابع فاصله جهتی در تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای، کارایی زیست محیطی در دو حالت وجود و عدم وجود قوانین زیست‌محیطی، محاسبه شده است.

این مدل‌ها روی داده‌های ۲۰ منطقه اقتصادی چین اجرا شده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که کارایی حاصل از مدل با قوانین زیست‌محیطی کمتر از مدل دیگر یعنی بدون قوانین زیست‌محیطی است که در آن، این قوانین نادیده گرفته شده‌اند. این امر منطقی به نظر می رسد، زیرا با اعمال قوانین زیست‌محیطی نه‌تنها خروجی‌های نامطلوب، بلکه خروجی‌های مطلوب نیز کاهش پیدا می‌کنند. درواقع اعمال محدودیت‌ها روی خروجی نامطلوب، موجب کاهش خروجی‌های مطلوب نیز می شود. کاهش خروجی‌های مطلوب، باعث از دست رفتن مقداری از هزینه می شود. چراکه برای تولید خروجی، منابع مصرف می‌شوند. در این تحقیق مقدار هزینه ازدست‌رفته برای مناطق چین محاسبه شده است.

مقدار بهینه حاصل از این دو مدل برای اکثر مناطق چین متفاوت بوده که نشان‌دهنده عدم کارایی در این مناطق است. می توان کارایی مصرف انرژی را در این مناطق بهبود بخشید. پس از برآورد میزان کاهش بهره‌وری ناشی از تنظیم مقررات محیطی و هزینه‌های تنظیم برای هر منطقه، نشان داده شده است که اکثر استان‌های چین دارای هزینه‌های تنظیم مقررات زیست‌محیطی هستند و توسعه اقتصادی آن‌ها بر اساس ظرفیت زیست محیطی است. بنابراین، تغییر حالت رشد اقتصادی و بهبود کیفیت محیط‌زیست، یک ضرورت فوری است.

به‌عنوان پیشنهاد، باید تأثیر آلودگی‌های زیست‌محیطی را در تولید انرژی کاهش داد تا بتوان به بهبود مقدار کارایی زیست‌محیطی دست پیدا کرد. باید مبادله و همکاری مناطق با مقدار کارایی پایین با مناطق با مقدار کارایی بیشتر را تقویت کرد و با گسترش دانش، فن‌آوری و مدیریت پیشرفته در

زمینه‌ی انرژی و محیط‌زیست، شرایط بهتری برای بهبود کلی بهره‌وری محیط و استفاده از انرژی را فراهم کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی درون دانشگاهی تحت عنوان "بررسی هزینه ناشی از خروجی‌های نامطلوب با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای" است و هزینه آن توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان تأمین گردیده است که بدین‌وسیله از آن قدردانی می‌گردد.

Reference

1. Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., 1978. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, Vol. 2, pp.429-44.
2. Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, Vol.30, pp.1078-1092.
3. Chambers, R.G., Fare, R., Grosskopf, S., 1996. Productivity growth in APEC countries. Pacific Economic Review 1 Vol. 3, pp.181–190.
4. Cook, W.D., Liang, L., Zhu, J., 2010. Measuring performance of two-stage network structures by DEA: A review and future perspective. Omega, Vol. 38, pp. 423-430.
5. Färe, R., Grosskopf, S., 2005. Nonparametric Productivity Analysis with Undesirable Outputs: Comment. American Journal of Agricultural Economics, Vol. 85, pp.1070-1074 .
6. Hailu, A.,2003. Nonparametric Productivity Analysis with Undesirable Outputs: Reply. American Journal of Agricultural Economics, Vol. 85, pp.1075-1077.
7. Kuosmanen, T., 2005. Weak Disposability in Nonparametric Production Analysis with Undesirable Outputs. American Journal of Agricultural Economics, Vol.87, pp.1077-1082.
8. Renshaw, E.F.,1981. Energy efficiency and the slump in labor productivity in the USA. Energy Economics, Vol.1, pp.36–42.
9. Seiford, L.M. Zhu, J. Profitability and Marketability of the Top 55 U.S. Commercial Banks, Management Science, 45 (1999) 1270-1288.
10. Sexton, T., Lewis, H., 2003. Two-Stage DEA: An Application to Major League Baseball. Journal of Productivity Analysis, Vol.19, pp. 227-249.
11. Wang, C., Gopal, R., Zionts, S., 1997. Use of Data Envelopment Analysis in assessing Information Technology impact on firm performance. Ann Oper Res, Vol. 73, pp.191-213.
12. Yang, L., Wang, Ke.L., 2013. Regional differences of environmental efficiency of China's energy utilization and environmental regulation cost based on provincial panel data and DEA method. Mathematical and Computer Modelling, Vol.58, pp.1074–1083.
13. Hailu, A., Veeman, T.S., 2001. Non-parametric Productivity Analysis with Undesirable Outputs: An Application to the Canadian Pulp and Paper Industry. American Journal of Agricultural Economics, Vol. 83, pp.605-616.

14. Jenne, C.A., Cattell, R.K.,1983. Structural change and energy efficiency in industry. Energy Economics, Vol.2, pp. 114–123.
15. Wilson, B., Trieu, L.H., Bowen, B., 1994. Energy efficiency trends in Australia. Energy Policy, Vol.4, pp.287–295.
16. Wang, ke., Huang, W., Jie, W., Ying, L., 2014. Efficiency measures of the Chinese commercial banking system using an additive two-stage DEA. Omega, Vol 44, pp. 5-20.
17. Färe, Z., 2006. A two-stage DEA model to evaluate the overall performance of Canadian life and health insurance companies, Mathematical and Computer Modelling, 43, Issues 7–8, pp. 910-919.
18. Murty M., Kumar, S., and Paul. M., 2006. Environmental Regulation, Productive Efficiency and Cost of Pollution Abatement: A Case Study of the Sugar Industry in India, Environmental Management 1: 1-9.
19. Färe, R., Grosskopf, S., Pasurka, C., 2007. Environmental production functions and environmental directional distance functions, Energy, 32, pp.1055-1066.
20. Nasrallahi, Zahra, Sadeghi Arani, Zahra; Ghafarigolak, Marzieh. Measuring the efficiency of Iran's manufacturing industries with the data envelopment analysis approach and emphasizing unfavorable outcomes (environmental pollutants), economic policies, 2012, Vol. 1. pp. 87-110. (In Persian)
21. Imami Meybodi, Ali; Jaredi, Farzaneh. Measurement of biomass of Iranian oil refineries using data envelopment analysis method. Economic Research, 2014, Vol. 4. P. 89-96 .(In Persian)
22. Seyfi, Ahmad; Salimifar, Mostafa, Fennoudi, Hania. Environmental efficiency using random boundary analysis. Iranian Energy Economics Researches,1392. (In Persian)
23. Molaei, Morteza; Sani, Fatemeh. Estimation of environmental efficiency of agricultural sector using DEA method in two situations despite favorable and unfavorable outcomes. Knowledge of Agriculture and Sustainable Production, 1394. 2, pp. 91-102. (In Persian)