

تخصیص موثر میزان انتشار CO₂ بین اعضای منتخب اوپک: مدل مجموع سود صفر در تحلیل پوششی داده‌ها (ZSG-DEA)^۱

هدیه علیشیری

دانشجوی دکتری اقتصاد نفت و گاز دانشگاه علامه طباطبایی، halishiri91@gmail.com

عاطفه تکلیف*

استادیار اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی، a.taklif@atu.ac.ir

حمید آماده

استادیار اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی، amadeh@gmail.com

حمیدرضا ارباب

استادیار اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی، hamidrezaarbab@gmail.com

عسگر خادم وطنی

استادیار اقتصاد دانشکده نفت تهران دانشگاه نفت، akhademvatani@ptu.ac.ir

سید حسین سجادی فر

استادیار مرکز آموزش علمی - کاربردی قند کرج، h.sajadifar@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۱

چکیده

اهمیت روزافزون کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و ارتباط تنگاتنگ توازن توسعه اقتصادی و انتشار این گازها، نه تنها مستلزم همکاری همه کشورهاست، بلکه منصفانه بودن روش تخصیص مجوزهای انتشار بر عملکرد این سیستم نیز بسیار تاثیرگذار خواهد بود. در این مطالعه، برای تعیین میزان تخصیص بهینه انتشار و ایجاد شرایط همکاری برای دستیابی به حداکثر کارایی در بین کشورهای منتخب عضو اوپک، از مدل غیرخطی مجموع سود صفر در تحلیل پوششی داده‌ها (ZSG-DEA) با فرض میزان ثابت انتشار دی اکسیدکربن (CO₂) استفاده شده است. نتایج بیانگر متفاوت بودن میزان بهینه انتشار در کشورها نسبت به وضعیت فعلی آنهاست. در کشورهای منتخب عضو اوپک و با در نظر گرفتن شاخص‌های مصرف انرژی، تشکیل سرمایه، جمعیت، تولید ناخالص داخلی و انتشار CO₂، با استفاده از مدل ZSG-DEA میزان بهینه انتشار در کشور ما بالاتر از میزان فعلی می‌باشد حال آنکه کشورهای عربستان، عراق، کویت، قطر و امارات باید میزان انتشار CO₂ خود را کاهش دهند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، مدل ZSG-DEA، انتشار CO₂، تخصیص مجوز انتشار.

طبقه‌بندی JEL: Q52، Q53، Q56.

^۱ مقاله حاضر، مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول در دانشگاه علامه طباطبایی است.

* نویسنده مسئول مکاتبات

۱- مقدمه

علی‌رغم تمامی تلاش‌های صورت گرفته در کشورهای توسعه یافته در حوزه ای افزایش سطح آگاهی، استفاده از فناوری‌های دوست‌دار محیط‌زیست و افزایش کارایی انرژی، روند پرشتاب توسعه اقتصادی در این به میزان قابل توجهی سبب افزایش مصرف انرژی شده و مشکلات زیست‌محیطی فراوانی از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح بین‌المللی را ایجاد کرده‌است. همه ساله در راستای مدیریت مخاطرات زیست‌محیطی، تثبیت و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، اجلاس‌هایی در سطح سران کشورهای جهان برگزار می‌شود. بررسی تاریخی نتایج این اجلاس‌ها نشان می‌دهد که بر مبنای اصل «مسئولیت مشترک اما متفاوت کشورها»^۱، کشورهای در حال توسعه از جمله کشورهای عضو اوپک با وجود آن که هیچ‌گونه تعهد کمی را نپذیرفته‌اند، مواضع روشنی در راستای دستیابی به اهداف این کنوانسیون‌ها دارند. زیرا این اجلاس‌ها فرصتی برای کشورها است تا در تعامل با نهادهای بین‌المللی معتبر بتوانند با سیاست‌های جهانی کاهش انتشار CO₂ همگام شوند. براساس آمار ارائه شده در گزارش آژانس بین‌المللی انرژی که به ده کشور، با بیشترین میزان انتشار CO₂ اشاره می‌کند کشورهای در حال توسعه به ویژه کشورهای عضو اوپک سهم زیادی از انتشار را به خود اختصاص داده‌اند (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۶). با توجه به اهمیت روزافزون کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، کشورهایی که در صدر منتشرکنندگان گازهای گلخانه‌ای هستند در مذاکرات بین‌المللی با فشارهای زیادی برای کنترل انتشار مواجه‌اند.

در اجلاس‌های اخیر ایجاد یک رژیم حقوقی الزام‌آور کاهش انتشار برای همه کشورها مصوب شد. به بیان دیگر همه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه باید برای رسیدن به اهداف کاهش انتشار سیاست‌گذاری موثری داشته باشند^۲. در تجزیه و تحلیل سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی با رویکرد اقتصادی ضروری است به این نکته توجه داشت که در این رویکرد، کالاهای زیست‌محیطی در زمره کالاهای عمومی طبقه‌بندی می‌گردند و به دلیل وقوع پدیده شکست بازار^۳، هزینه فعالیت‌های منجر به تخریب این نوع کالاها به تولیدکنندگان آنها انتقال نمی‌یابد. به همین دلیل، در اجلاس سوم اعضا

¹ Common but Differentiated Responsibility

² International Energy Agency (IEA), <https://www.iea.org/>.

³ http://unfccc.int/meetings/doha_nov_2012/meeting/6815.php

⁴ Market failure

(COP₃) و پروتکل کیوتو^۱ مشخص شد که با ایجاد انگیزه و با استفاده از ابزارهای اقتصادی می‌توان هزینه‌های رفع یا کاهش آلودگی‌های زیست محیطی را کاهش داد. در بین ابزارهای اقتصادی، ابزارهای مبتنی بر بازار نظیر تجارت مجوزهای انتشار از جمله مقرون به‌صرفه‌ترین روش‌ها برای کاهش انتشار هستند (رحیمی و همکاران^۲، ۲۰۰۸). مهم‌ترین رکن و موضوع محوری برای کاهش هزینه‌های انتشار، چگونگی تخصیص منصفانه کمک هزینه‌ها و تعهدات کاهش انتشار در بین کشورها است.

با بررسی مطالعات موجود در مورد تخصیص مجوزهای انتشار مشخص می‌شود که قبل از پروتکل کیوتو، گراب^۳ (۱۹۹۰) فرم اصلاح شده تخصیص براساس سرانه انتشار با رویکرد حق انتشار برابر بین کشورها (واحدهای تولیدی) را مطرح کرده‌است. گرابلر و ناکی‌کنوویک^۴ (۱۹۹۴) پیشنهاد کردند که مجوزهای انتشار باید براساس نرخ کاهش یکسان بین کشورهای مختلف، تخصیص یابد. اختصاص مجوزهای انتشار به طور مساوی بین کشورها و ایجاد امکان تجارت بین آن‌ها، رابطه ذاتی بین انتشار، جمعیت و فعالیت‌های انسانی را نادیده می‌گرفت. از این‌رو، مفهوم انتشار تجمعی سرانه (پدرخواندگی)^۵ برای همگرا کردن سرانه انتشار در طول زمان مطرح شد (دینگ و همکاران^۶، ۲۰۱۰). در این شاخص برای غلبه بر مشکلات سیاسی و عملی در دوران قبل از انقلاب صنعتی، مسئولیت تاریخی کشورها در انتشار مورد بررسی قرار می‌گیرد (یو و همکاران^۷، ۲۰۱۱). در مرحله بعدی و برای غلبه بر مشکلات به وجود آمده در اجرای روش پدرخواندگی، روش‌های تخصیص ستانده محور^۸ (OBA) مطرح شدند. متأسفانه عدم توجه به نهاده‌ها در این روش محرک‌های زیادی در این مدل‌ها برای افزایش تولید ستانده‌های خوب و بد ایجاد شد. در نتیجه، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به عنوان ستانده بد در فرآیند تولید به وضعیتی نامطلوب رسید. لذا روش‌هایی برای حل این مشکل مطرح شد که نهاده‌ها و ستانده‌ها را به صورت همزمان در نظر می‌گرفتند. تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)^۹ و محاسبه کارآیی

^۱ Kyoto protocol

^۲ Rahimi et al. (2008)

^۳ Grubb

^۴ Grubler & Nakicenovic,

^۵ Grandfathering

^۶ Ding et al.

^۷ Yu et al.

^۸ Output-Based Allocation

^۹ Data envelopment analysis

فنی، یکی از این روش‌ها است (هوآکینگ^۱، ۲۰۱۳). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که معیارهای معرفی شده برای تخصیص فاقد معنای عملی هستند و روش‌های مبتنی بر محاسبه کارایی فنی می‌تواند عملکرد نسبی واحدهای تصمیم‌گیری مستقل را در کل سیستم نشان دهد و تفکر واقع بینانه‌تری ارائه کند (ژانگ مایو و همکاران^۲، ۲۰۱۵). بنابراین سیستم تخصیص براساس کارایی فنی، روش مکمل خوبی برای روش‌های دیگر تخصیص است. برای تضمین اینکه مجوزهای کاهش انتشار بتوانند به هدف خود به عنوان ابزاری برای تغییر سطح آلودگی تا سطح بهینه اجتماعی برسند، کل سطح انتشار در یک منطقه، محدود شده است تا مجوزها برای کشورهایی که در این طرح مشارکت کرده‌اند قابل ارزیابی شود. این کمیابی، انگیزه تجارت و مبادله مجوزها را ایجاد می‌کند. برای اینکه مجوزها عملکرد کارآمدی داشته باشند باید معیارهای مختلفی از جمله مسئولیت، قابلیت، برابری، اثربخشی و توسعه پایدار در نظر گرفته شود (ژانگ و همکاران^۳، ۲۰۱۴). در این مطالعه در راستای تعیین میزان انتشار بهینه در کشورها به منظور ایجاد یک شرایط برد-برد^۴ از نقطه نظر تاثیرات زیست محیطی و کارایی در منطقه مورد مطالعه، تخصیص کارآمد مجوز انتشار با در نظر گرفتن شرایط اجتماعی، اقتصادی و اجتماعی صورت گرفته است. با ایجاد زمینه مناسب برای تحقق شرایط بهینه پاره‌تو می‌توان این امکان را فراهم آورد که بعد از رسیدن به مرز کارایی مشخص شده در مدل مورد استفاده، همه کشورها در وضعیت مطلوبی به سرخواهند برد. در بخش دوم، مبانی نظری و پیشینه تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد و در بخش سوم، روش‌شناسی تحقیق بررسی شده است. توصیف داده‌ها و بررسی تجربی نتایج مدل، موضوع بخش چهارم است و در بخش پنجم، نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی ارائه شده است.

۲- ادبیات موضوع

باتوجه به تأثیر پروتکل کیوتو بر کشورهای عضو اوپک و لزوم تعهد کاهش انتشار برای این کشورها در دوره بعدی پروتکل، ضروری است کم‌هزینه‌ترین و کارآمدترین سیاست انتخاب شود. لذا برنامه مجوزهای قابل مبادله انتشار به عنوان اولین گام در امکان‌سنجی تعامل کشورهای منتخب عضو اوپک در تجارت مجوزهای انتشار گازهای گلخانه‌ای به

¹ Huaqing

² Zhang Maio et al.

³ Zhang et al.

⁴ Win-win

عنوان مقوله جدیدی وارد مباحث اقتصاد محیط زیست و سیاست‌گذاری کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده‌است. ابتدا سطح کل آلودگی مشخص و سپس چگونگی تخصیص آن به واحدهای آلوده کننده بررسی می‌شود.^۱ نظریه «حقوق مالکیت» و قضیه «کوز» را می‌توان به عنوان مبانی نظری تجارت انتشار دانست (کوز^۲، ۱۹۶۰). اولین بار، مفاهیم تجارت میزان مازاد حق انتشار و مفهوم حق انتشار قابل معامله توسط دالیس فرموله شد (دالیس^۳، ۱۹۶۸). در دهه اخیر نیز محققان زیادی حوزه تخصیص مجوزهای انتشار و حقوق آلودگی هوا را مورد مطالعه و بررسی قرار داده‌اند (مکنزی^۴، ۲۰۰۸ و چاوز^۵، ۲۰۰۹). یکی از مباحث مهم مطرح شده در حوزه تغییرات آب و هوایی، بحث عدالت است که چالش‌های متعددی را ایجاد کرده‌است. ژاوو و وانگ^۶ در راستای دستیابی به میزان مشارکت عادلانه کشورها، برنامه‌های تخصیص مجوز انتشار را به صورت تکاملی مورد مطالعه قرار داده و روش‌های تخصیص را به چهار گروه شاخص، نظریه بازی‌ها، روش ترکیبی و بهینه سازی دسته بندی کرده‌اند. وانگا و همکاران^۷ با به کارگیری رویکرد شاخص انتشار سرانه تجمعی و توانایی به پرداخت در مطالعه خود به این نتیجه رسیده‌اند که با توجه به سهمیه‌های مشخص شده برای کشورها در سال ۲۰۳۰ کشورهای ضمیمه یک (I) باید نقش رهبری را در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته باشند. ژنلیانگ و همکاران^۸ نتایج حاصل از روش‌های مختلف تخصیص اولیه مجوزهای انتشار از جمله روش‌های مبتنی بر محک‌زنی^۹ و انتشار قبلی (پدر خواندگی)^{۱۰} و ارزش شیپلی^{۱۱} را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان دهنده آن است که با وجود شباهت ستانده حاصل از روش محک‌زنی و ارزش شیپلی، روش ارزش شیپلی به عنوان یک روش عادلانه در حوزه تئوری انتخاب شده‌است. به منظور ارائه نتایج واقعی‌تر جیکویان^{۱۲} از رویکرد مسائل مکمل

¹ Cap and Trade

² Coase

³ Dales

⁴ Mackenzie

⁵ Chavez

⁶ Zhou.P & Wang.M

⁷ Wanga et al.

⁸ Zheliang et al.

⁹ Benchmarking

¹⁰ Grand fathering

¹¹ Shapely value

¹² Jaekyun

ترکیبی در شرایط ترکیب عملیات اجرایی، سرمایه گذاری و تصمیمات حوزه تجارت انتشار در بازار تجدید ساختار شده برق استفاده کرده است. چیو و همکارانش^۱ برای بررسی عادلانه بودن تخصیص بین ۲۴ کشور اتحادیه اروپا از مدل بهینه سازی Super SBMZSG-DEA^۲ استفاده کرده اند، نتایج مبین آن است که کشورهایی با رتبه کارایی بالاتر باید میزان انتشارشان را افزایش دهند و برای واقعی تر و سازگارتر شدن تخصیص مجوزها، کشورهای در حال توسعه نیز باید کاهش محسوس تری داشته باشند. ژانگ مایو^۳، ون و همکاران^۴ و شیانگ هو و همکاران^۵ نیز در مطالعه خود به ترتیب برای تخصیص مجوزهای انتشار CO₂ و PM_{2.5}^۶ با استفاده از مدل ZSG-DEA، به این نتیجه رسیده اند که این مدل ها می تواند سبب ایجاد شرایط لازم برای محقق شدن بهینه پاره تو^۷ در بین استان های چین شوند. ون و همکارانش^۸ با ایجاد یک نوآوری در مطالعه خود برای بررسی چهار سناریوی پیشنهادی توسعه اقتصادی و محدودیت های انتشار چین از مدل های ZSG-SBM استفاده کرده اند. نتایج نشان می دهد که طرح تخصیص بر اساس این مدل متناسب با نیازهای توسعه اقتصاد کم کربن چین در بلند مدت است.

لزوم توجه ویژه به رویکرد بهینه سازی به این سبب است که همه فعالیت های اقتصادی از منابعی چون نیروی کار، سرمایه و منابع طبیعی برای تولید ستانده های خود استفاده می کنند و تنها بخشی از مواد اولیه به ستانده قابل استفاده تبدیل می گردد و مابقی از جمله CO₂ به عنوان پسماند و ستانده نامطلوب وارد محیط زیست می شود. از این رو، توجه به توابع تولید در این حوزه امری ضروری است (کریم زادگان^۹، ۱۳۹۲). در محاسبات مربوط به توابع تولید، در رویکرد اقتصاد نئوکلاسیک به دلیل مشخص نبودن قیمت بازاری برای ستانده های نامطلوب از جمله انتشار (CO₂)، این ستانده ها در نظر گرفته نمی شدند. این نقص سبب شد تا روش های جدیدی مطرح شوند که توانایی بررسی همزمان ستانده های مطلوب و نامطلوب را داشته باشند. یکی از روش های مطرح شده در این حوزه

¹ Chiu et al.

² Super Slacks-Based Measure Zero Sum Gains Data Envelopment Analysis

³ Zhang Maio

⁴ Wen et al.

⁵ Xianhua et al.

^۶ Pm_{2.5} معادل ذرات قابل استنشاق با قطر کوچکتر یا مساوی ۲٫۵ میکرومتر است.

⁷ Pareto optimality

⁸ Wen et al.

⁹ Karimzadegan (2012)

برای حل این مشکل روش DEA می‌باشد. از مزیت‌های استفاده از این روش می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- امکان بررسی همزمان اهداف مربوط به ستانده‌های مطلوب، نامطلوب و نهاده‌ها
 - عدم نیاز به وزن نهاده‌ها و ستانده‌ها برخلاف روش‌های پارامتریک و عددی
 - عدم نیاز به اشکال تعیین شده تابع و با شکل صریح تابع تولید برخلاف روش‌های رگرسیون آماری (جهانشاهلو و همکاران^۱، ۱۳۸۷).
 - ارائه الگویی برای رسیدن به سطح بهینه مصرف نهاده و تولید ستانده برای واحدهای تصمیم‌گیری ناکارا، علاوه بر تعیین کارایی و یا عدم کارایی و رتبه هر واحد تصمیم‌گیرنده، (حسین زاده لطفی و همکاران^۲، ۱۳۸۹).
 - حصول به نتایج دقیق و قابلیت ارائه سیاست‌گذاری (پنگ و همکاران^۳، ۲۰۱۵).
- محققان درصد بهبود مدل‌های سنتی کاربردی برای ایجاد زمینه استفاده از مدل‌های DEA به منظور برآورد کارایی زیست‌محیطی با لحاظ ستانده‌های نامطلوب هستند. در مدل‌های بهبود یافته، با توجه به مشخص بودن هدف کلی انتشار، هر واحد مستقل تصمیم‌گیرنده^۴ (DMU) با یک محدودیت از نظر میزان انتشار روبرو است. به همین جهت، تخصیص مسئولیت کاهش انتشار به تخصیص میزان ستانده نامطلوب وابسته است و امکان بررسی میزان رقابت و همکاری بین DMUs وجود ندارد (هایلو^۵، ۲۰۰۱). لینز و همکاران^۶ مدل ZSG-DEA را با در نظر گرفتن امکان مطالعه رقابت و همکاری بین DMUs را مطرح کردند. این روش، کاربرد بسیار گسترده‌ای در حوزه ارزیابی‌های کارایی تخصیص در میان DMUs برای زمانی را دارد که میزان انتشار محدود است. ایده اولیه مبتنی بر ثبات مقدار کل نهاده (ستانده) است به همین سبب، کاهش در نهاده (ستانده) یک واحد تصمیم‌گیری سبب افزایش در نهاده (ستانده) واحدهای دیگر می‌شود. همین امر، تخصیص منابع را بسیار کارآمد خواهد کرد و DMUs با رکوردهای پایین کارایی نیز می‌توانند به بهترین مرز تولید برسند (ژانگ^۷، ۲۰۱۶).

¹ Jahanshahloo et al. (2005)

² Hosseinzadeh lotfi et al. (2009)

³ Pang et al.

⁴ Decision making unit

⁵ Hailu

⁶ Lins et al.

⁷ Zhuang

آپاریسیو و همکاران^۱ (۲۰۱۲) تحقیقات خود را بر فرض ثابت بودن نهاده‌ها در مسائل مربوط به تخصیص مجوزهای انتشار متمرکز کردند و سه هدف به حداقل رساندن نهاده‌ها، حداکثر سازی ستانده مطلوب و حداقل کردن ستانده نامطلوب را دنبال نمودند. براساس چارچوب پروتکل کیوتو گومز و لینز^۲ (۲۰۰۸) مدل ZSG-DEA را در تخصیص مجدد مجوز انتشار CO₂ در هر کشور به کار بردند. هم‌چنین سرروا^۳ (۲۰۱۰) برای تخصیص مجدد انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت بخش کشاورزی در ۱۵ کشور عضو اتحادیه اروپا از مدل ZSG-DEA استفاده کرده‌است. چانگ^۴ (۲۰۱۲) در مطالعه خود در کشورهای عضو اتحادیه اروپا از مدل ZSG-DEA براساس یک مدل نهاده محور CCR استفاده کرده‌است. هر دو مدل نتایج بهتر و عادلانه‌تری نسبت به سیستم تخصیص مجوز انتشار اتحادیه اروپا EU-ETS^۵ ارائه می‌کنند. با توجه به بررسی مطالعات موجود و به دلیل کاربرد موفقیت‌آمیز، موثر و گسترده روش‌های DEA در تخصیص منابع، در این مطالعه نیز برای مشخص شدن میزان بهینه انتشار (CO₂) به عنوان ستانده نامطلوب از روش ZSG-DEA در مجموعه منتخبی از کشورهای همسایه عضو اوپک به عنوان مجموعه موفق و کارآمد در تعامل کشورهای در حال توسعه استفاده شده‌است. بررسی ادبیات موضوع در حوزه تشکیل بازارهای تجارت مجوز انتشار نشان می‌دهد که در گام‌های اولیه برای حضور در بازارهای جهانی کشورها نیز دست به راه‌اندازی بازارهای درون کشوری و یا منطقه‌ای می‌زنند. به همین سبب برای تشکیل یک بازار منطقه‌ای در این مطالعه، کشورهای عضو اوپک مستقر در منطقه خلیج فارس انتخاب شده‌است. به بیان دیگر، برخلاف مطالعات موجود که یا به بررسی‌های درون کشوری مانند استان‌های کشور چین و یا بین کشوری که تنها کشورهای توسعه یافته عضو اتحادیه اروپا را مورد مطالعه قرار داده‌اند، برای نخستین بار مجموعه منتخبی از کشورهای عضو اوپک به عنوان نماینده‌ای از کشورهای در حال توسعه مورد بررسی قرار گرفته‌است. براساس اصل مسئولیت مشترک اما متفاوت در رابطه با محیط زیست، همواره کشورهای عضو اوپک ضمن همراهی با جامعه جهانی خواستار کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای بوده‌اند. از سوی دیگر این کشورها با استفاده از

¹ Aparicio et al.

² Gomes & Lins

³ Serrao

⁴ Chang

⁵ EU Emissions Trading System (EU ETS)

تمامی ظرفیت‌های موجود در پروتکل کیوتو از جمله امکان تجارت مجوزهای انتشار می‌توانند ضررهای احتمالی اقتصادی ناشی از اجرای این تعهدات را به حداقل برسانند. به همین دلیل، مطالعه حاضر می‌تواند به ایجاد زمینه همکاری بین کشورهای عضو اوپک و سهولت در اجرای مقررات مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای در منطقه در راستای هماهنگ شدن با اهداف بین‌المللی زیست‌محیطی کمک نماید. همچنین تاکید می‌شود که با توجه الزام وجود طرح‌های ملی^۱ (NAP) و منطقه‌ای تخصیص و مبادله مجوزهای انتشار در کشورهای عضو برنامه تجارت انتشار اتحادیه اروپا و همچنین کارآمد بودن تجربه حضور در بازار منطقه‌ای برای ورود و حضور موثر در بازارهای جهانی، مطالعات این چینی می‌تواند راه‌گشا باشد.

۳- داده‌ها و روش شناسی تحقیق

۳-۱- تعریف داده‌ها و متغیرهای مورد استفاده

در این مطالعه با فرض امکان کاهش متناسب دی‌اکسیدکربن (CO_2) و افزایش تولید ناخالص داخلی (GDP) برای تخصیص انتشار در گروه کشورهای اوپک بین اعضای منطقه خلیج فارس و برقراری شرایط بهینه پاره‌تو بین آن‌ها مدل ZSG-DEA در سال ۲۰۱۴ برآورد شده است. مانند مطالعات قبلی ژائو و همکاران^۲ (۲۰۰۸) و ژائو و آنگ^۳ (۲۰۱۰) موجودی سرمایه (K)، مصرف انرژی (E) و جمعیت (P) به عنوان نهاده و تولید ناخالص داخلی (GDP) به عنوان ستانده مطلوب و انتشار CO_2 به عنوان ستانده نامطلوب در نظر گرفته شده‌اند. داده‌های انتشار CO_2 کشورها برحسب تن، مصرف انرژی بر حسب کیلوگرم معادل نفت خام، جمعیت برحسب نفر و تولید ناخالص داخلی (به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵) همه کشورها از گزارش شاخص توسعه جهانی^۴ (WDI) سال ۲۰۱۵ بانک جهانی استخراج شده است. داده مربوط به تشکیل سرمایه را نمی‌توان از هیچ پایگاه آماری به طور مستقیم به دست آورد از این رو، می‌توان برای محاسبه میزان دقیق آن از روش هو و کائو^۵ (۲۰۰۷) و ژانگ و همکاران^۶ (۲۰۱۲) استفاده کرد.

¹ National Allocation Plan

² Zhou et al.

³ Zhou & Ang

⁴ World Development Indicators

⁵ Hu & kao

⁶ Zhang et al.

$$K_t = K_{t-1}(1 - \delta_t) + I_t \quad (1)$$

$$I_t = K_t - K_{t-1}(1 - \delta_t) \quad (2)$$

در معادله (۲) که برگرفته از معادله (۱) است I_t را معادل تشکیل سرمایه ناخالص به قیمت ثابت ۲۰۰۵، K_t موجودی ناخالص سرمایه در سال جاری، K_{t-1} موجودی ناخالص سرمایه در سال قبل و δ_t نشان دهنده استهلاک سرمایه در نظر گرفته می‌شود. اطلاعات مربوط به موجودی ناخالص سرمایه در سال‌های مختلف از گزارش شاخص توسعه جهانی (WDI) سال ۲۰۱۵ بانک جهانی استخراج شده و طبق پیشنهاد بسیاری از مطالعات مربوط مانند وو^۱ و ژانگ و همکاران^۲ استهلاک سرمایه معادل ۶ درصد در نظر گرفته شده‌است و تشکیل سرمایه ناخالص محاسبه شده‌است.

جدول (۱): ویژگی آماری متغیرها

متغیر	نهاد/ستانده	مینیمم	ماکزیمم	میانگین
تشکیل سرمایه	نهاد	۲۲۲۵/۴۱۸	۳۵۲۹۰۱۱	۹۷۷۴۱۵,۴
مصرف انرژی	نهاد	۳۶۲۳۳۳/۵	۲۲۹۶۸۵۶	۱۰۹۹۷۸۰
جمعیت	نهاد	۲۱/۷۲۰۶۵	۷۸۱/۴۳۶۴	۲۶۴/۷۵۶۴
تولید ناخالص داخلی	ستانده مطلوب	۸۴۸۹۲۰	۵۲۳۳۵۱۳	۲۲۸۱۹۶۰
انتشار دی‌اکسید کربن	ستانده نامطلوب	۹۱۵/۸۱۸۸	۶۳۳۹/۸۳۶	۲۹۵۲/۲۱۹

منبع: محاسبات محققین

در جدول (۱) ویژگی آماری متغیرهای مورد استفاده به صورت خلاصه ارائه شده‌است. آمارهای موجود از تشکیل سرمایه به عنوان یکی از نهاده‌های در نظر گرفته در مدل را می‌توان اینگونه تفسیر کرد که کشور عراق در بین گروه کشور مورد بررسی دارای بیشترین سطح تشکیل سرمایه می‌باشد و در رتبه نخست و کشور کویت با کمترین میزان در رتبه ششم قرار دارد. کشور کویت کمترین میزان مصرف انرژی و کمترین میزان انتشار در بین گروه کشور مورد بررسی را دارد. کشور ایران حائز بالاترین رتبه از نظر میزان مصرف انرژی، انتشار CO₂ و جمعیت است. کشور عربستان بیشترین و کشور عراق کمترین میزان تولید ناخالص داخلی را دارد.

۳-۲- تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

¹ Wu

² Zhang et al.

تحلیل پوششی داده‌های (DEA) یک روش برنامه ریزی ریاضی غیر پارامتریک برای اندازه‌گیری کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده مشابه (DMUs) است (محللاتی راینی^۱، ۲۰۱۳). کارایی فنی هر واحد عبارت است از نسبت ستانده‌های موزون به نهاده‌های موزون و روش DEA به هر واحد اجازه می‌دهد تا وزنی از نهاده‌ها و ستانده‌ها را به منظور حداکثر کردن میزان کارایی انتخاب کند. یک واحد تولیدی کارآمد از لحاظ فنی قادر به پیدا کردن این وزن‌های نهفته در مرز امکانات تولید است. برای نمونه در مدل‌های نهاده‌محور، این مرز نشان دهنده حداکثر مقدار ستانده است که توسط میزان مشخص نهاده امکان تولید دارد و یا حداقل میزان نهاده برای دستیابی به سطح مشخصی از ستانده را نشان می‌دهد (گومز و لینز^۲، ۲۰۰۸). در رویکرد DEA، برای اندازه‌گیری کارایی نسبی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، چارنس و همکاران^۳ (۱۹۷۸) اولین مدل پایه‌ای را با نام CCR^۴ مطرح کرده‌اند. سپس بانکر و همکارانش^۵ (۱۹۸۴) با معرفی مدل‌های BCC^۶ فرض بازده ثابت^۷ در مدل‌های CCR را به بازده متغیر به مقیاس^۸ تغییر داده و سبب توسعه این مدل‌ها شدند. در سال‌های اخیر، تقسیم‌بندی‌های جدیدی از مدل‌های نهاده‌محور و ستانده‌محور برای مدل‌های BCC ارائه شده‌است. در مدل‌های اصلی مانند مدل‌های BCC و CCR فرض اساسی که وجود دارد آن است که نهاده‌ها یا ستانده‌های هر DMU بر نهاده یا ستانده سایرین تأثیر نمی‌گذارد. البته شواهد نشان می‌دهد که در برخی موارد این استقلال وجود ندارد. برای نمونه می‌توان به بنگاه‌های تولیدی اشاره کرد که برای مقدار مشخص و ثابتی از تقاضا، سهم بازار را بین خودشان تقسیم کرده‌اند و اگر یکی از این بنگاه‌ها از حالت ناکارایی خارج شود و توانایی تولیدی بیشتری پیدا کند به واسطه مقدار ثابت تقاضا سایرین باید تولید خود را کاهش دهند (لینز و گومز^۹، ۲۰۰۳). از این رو، زمینه برای طراحی مدل‌های جدید با قابلیت بررسی امکان رقابت فراهم شد.

^۱ Mahalati Rayeni

^۲ Gomes & Lins

^۳ Charnes et al.

^۴ Charnes, Cooper and Rhodes (CCR)

^۵ Banker et al.

^۶ Banker, Charnes & Copeer(BCC)

^۷ Constant Return to Scale

^۸ Variable returns to scale

^۹ Lins & Gomes

۳-۳- مدل‌های ZSG-DEA

این مدل‌ها شباهت زیادی به بازی‌های با جمع صفر^۱ در حوزه تئوری بازی‌ها دارد که برای صفر شدن میزان پرداختی، میزان عایدی بازیگر برنده دقیقاً معادل با میزان ضرر بازیگر بازنده است (اوزبرن و رابینشتاین^۲، ۱۹۹۹). برخلاف آن چه در مدل‌های اصلی بیان شده است که بنگاه‌ها مستقل از هم به مرز کارایی می‌رسند در این مدل‌ها بر اساس استراتژی «کاهش متناسب» لینز^۳، در صورتی که بنگاهی برای رسیدن به کارایی مقداری از نهاده خود را از دست بدهد، به منظور ثابت نگه داشتن جمع کل نهاده‌ها، سایر بنگاه‌ها نسبت به مقدار اولیه به همان میزان نهاده بیشتری در دسترس خواهند داشت و همین فرض نشان دهنده کارایی بالای تخصیص منابع بین DMUs است (شیانگ‌هو و همکاران^۴، ۲۰۱۵). فرض کنید که به تعداد G ، DMU وجود داشته باشد که S نهاده را به t ستانده تبدیل می‌کنند. برای محاسبه کارایی فنی این DMU می‌توان از مدل (۱) که نشان دهنده مدل کلاسیک ستانده محور CCR با فرض استقلال بنگاه‌ها در رسیدن به مرز کارایی می‌رسند، استفاده کرد (چارنز^۵، ۱۹۷۸):

$$\begin{aligned} & \text{Max } h_g \\ & \text{s. t. } \sum_{g=1}^G \lambda_g X_{ig} \leq X_{ig}, \quad i = 1, 2, \dots, S \\ & \sum_{g=1}^G \lambda_g y_{jg} \geq h_g y_{jg}, \quad j = 1, 2, \dots, t \\ & \lambda_g \geq 0 \quad g = 1, 2, \dots, G \end{aligned} \quad (3)$$

در معادله (۳) h_g معادل با کارایی DMU_g ، G نیز کل تعداد $DMUs$ ، y_{jg} میزان j امین نهاده مصرف شده توسط DMU_g و λ_g نیز ضریب وزن می‌باشد. بعد از حل مدل (۳) و دستیابی به رتبه کارایی $DMUs$ می‌توان مدل ستانده محور ZSG-DEA را براساس مدل ارائه شده در کار گومز و لینز^۶ (۲۰۰۸) به صورت زیر نوشت:

¹ Zero-Sum Game

² Osborn & rubinstein

³ Lins & Gomes

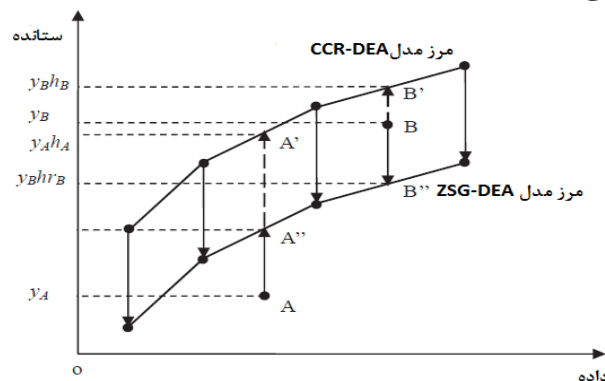
⁴ Xianhua et al.

⁵ Charnes et al.

⁶ Gomes & Lins

$$\begin{aligned} & \text{Max } h_{rg} \\ & h_{rg} y_{ig} \leq \sum_p \lambda_p y_{ip} \left| 1 - \frac{y_{ip}(h_p - 1)}{\sum_{p \neq k} y_{ip}} \right| \\ & \sum_p \lambda_p x_{jp} \leq x_{jg} \\ & \lambda_p \geq 0 \text{ for } \forall p \end{aligned} \quad (4)$$

برای محاسبه h_{rg} شاخص کارایی محاسبه شده توسط مدل ZSG-DEA برای DMU_g در معادله (۴) استفاده از h_p شاخص کارایی توسعه یافته مستخرج از مدل (۳) برای DMU_p و ضریب وزن الزامی است. با توجه به مقدار h_{rg} محاسبه شده و پارامترهای مربوطه در مدل (۴) می‌توان تجدیدنظری در مورد روش تخصیص منابع بین $DMUs$ انجام داد (ژانگ و همکاران^۱، ۲۰۱۵). نتایج نشان می‌دهند که پس از تخصیص مجدد منابع با استفاده از مدل ZSG-DEA واحدها با درجات پایین کارایی نیز می‌توانند به بهترین مرز کارایی برسند (ژانگ^۲، ۲۰۱۶).



نمودار (۱): مقایسه تخصیص در مدل‌های CCR-DEA و ZSG-DEA

منبع: ژانگ و همکاران^۳ (۲۰۱۵)

نمودار (۱) اصل تخصیص بر اساس مدل ZSG-DEA در مقایسه با CCR-DEA با یک نهاده (داده) و یک ستانده را نشان می‌دهد. با مقایسه یک مدل ستانده محور CCR با مدل ZSG-DEA می‌توان به این نتیجه رسید که در مدل CCR در صورتی که در یک واحد تصمیم گیرنده کارایی فنی پایین باشد مانند DMU فرضی A می‌توان از طریق

¹ Zhuang et al.

² Zhuang

³ Zhuang et al.

افزایش ستانده، کارایی را افزایش داد. از سوی دیگر در صورت بالا بودن کارایی نسبت به مرز مشخص شده در مدل CCR در یک DMU فرضی مانند DMU_B با کاهش ستانده می‌توان به مرز کارایی رسید. بعد از تخصیص مجدد ستانده‌ها همه DMUs به مرز یکسان کارایی در مدل ZSG-DEA می‌رسند (ژانگ و همکاران^۱، ۲۰۱۵).

همان‌طور که قبلاً گفته شد فرض اساسی در مدل‌های BCC و CCR عدم تأثیر میزان نهاده‌ها یا ستانده‌ها در هر DMU بر سایر DMUs است، ولی در مدل‌های بهبود یافته مانند ZSG-DEA امکان ایجاد رقابت و همکاری بین DMUs در نظر گرفته می‌شود. از این رو با فرض امکان کاهش متناسب دی‌اکسیدکربن (CO_2) و تولید ناخالص داخلی (GDP) در این مطالعه برای تخصیص بهینه انتشار CO_2 در حالت وجود زمینه همکاری بین کشورهای منتخب عضو اوپک از مدل ZSG-DEA استفاده شده است. همانند مطالعات قبلی ژائو و همکاران^۲ (۲۰۰۸) و ژائو و آنگ^۳ (۲۰۱۰) موجودی سرمایه (K)، مصرف انرژی (E) و جمعیت (P) به عنوان نهاده و تولید ناخالص داخلی (GDP) ستانده مطلوب و انتشار دی‌اکسیدکربن (CO_2) به عنوان ستانده نامطلوب و با در نظر گرفتن فرض بازده ثابت به مقیاس، مدل کلان تولید اقتصادی به صورت زیر نوشته شده است:

$$T = (E, K, POP(P), GDP(Y), CO_2(C)): \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k E_k \leq E$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k K_k \leq K$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k POP_k \leq POP$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k GDP_k \geq GDP$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k CO_{2k} = CO_2$$

$$\lambda_k \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, K$$

¹ Zhuang et al.

² Zhou et al.

³ Zhou & Ang

براساس مدل (۵) امکان محاسبه ضریب انبساط CO₂ که نشان دهنده میزان کارایی فنی DMU_k است، وجود دارد. تکنولوژی تولید زیست‌محیطی T شرایط لازم برای هر دو فرض امکان کاهش متناسب CO₂ تولید ناخالص داخلی^۱ و کاهش CO₂ بدون ایجاد هزینه برای تولید ناخالص داخلی^۲ را برآورده می‌کند.

$$\begin{aligned} & \text{Max } h_g \\ & \sum_{k=1}^K \lambda_k K_k \leq K_g \\ & \sum_{k=1}^K \lambda_k \text{POP}_k \leq \text{POP}_g \\ & \sum_{k=1}^K \lambda_k E_k \leq E_g \\ & \sum_{k=1}^K \lambda_k \text{GDP}_k \geq \text{GDP}_g \\ & \sum_{k=1}^K \lambda_k \text{CO}_2_k = \text{CO}_2_g \\ & \lambda_k \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, K \end{aligned} \quad (6)$$

با در نظر گرفتن نتایج پژوهش‌های صورت گرفته توسط گومز و لینز^۳ مدل (۶) با توجه به فرض $\sum_{k=1}^K \lambda_k \text{CO}_2_k = \text{CO}_2_g$ ثابت بودن میزان انتشار^۴ برای تمام DMUs و تکنولوژی DEA زیست‌محیطی مدل ZSG-DEA برای تخصیص انتشار بین کشورهای منتخب عضو اوپک قابل محاسبه است. همانطور که در مدل (۷) مشخص است فرض ثابت و محدود بودن میزان انتشار بین DMUs این شرایط را ایجاد می‌کند که اگر میزان انتشار

^۱ Weak disposability

^۲ Null-jointness

^۳ Gomes & Lins

^۴ در سناریوهای ارائه شده توسط IPCC^۴ در راستای محدود کردن میزان افزایش دمای کره زمین ناشی از تغییرات آب و هوایی^۴ برای پیش بینی روند انتشار دی‌اکسیدکربن برای هر سال محدودیتی برای میزان انتشار در کل جهان مشخص شده است. برای مثال در سال ۲۰۳۰ در سناریو INDC میزان مجاز برای انتشار جهان معادل با ۳۶ گیگاتن و در سناریو ۴۵۰ معادل ۲۴ گیگاتن بوده است از این رو در این مطالعه سعی شده تا با توجه به این محدودیت‌ها فرض شود که در سال ۲۰۱۴ اگر محدودیتی برای میزان انتشار وجود داشت شرایط ایجاد همکاری بین کشورهای منتخب چگونه بود. این فرض دور از ذهن نیست زیرا طبق گزارش آژانس ارزیابی محیط زیست هلند از سال ۲۰۱۴ از شدت انتشار جهان کاسته شده است.

در یک DMU کاهش یابد این میزان انتشار کاهش یافته بین سایر DMUs تقسیم می‌شود.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } h_{rg} \\
 & \sum_{k=1}^K \lambda_k K_k \leq K_g \\
 & \sum_{k=1}^K \lambda_k \text{POP}_k \leq \text{POP}_g \\
 & \sum_{k=1}^K \lambda_k E_k \leq E_g \quad (V) \\
 & \sum_{k=1}^K \lambda_k \text{GDP}_k \geq \text{GDP}_g \\
 & \sum_{k=1}^K \lambda_k \text{CO2}_k \left| 1 - \frac{\text{CO2}_g (h_{rg} - 1)}{\sum_{k \neq g} \text{CO2}_k} \right| = h_{rg} \text{CO2}_g \\
 & \lambda_k \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, K
 \end{aligned}$$

۳-۴- همکاری بین واحدهای تصمیم گیرنده (DMUs)

مدل ZSG-DEA ذکر شده نشان دهنده وضعیتی است که تنها یک DMU در تلاش برای رسیدن به کارایی است. در شرایط واقعی این امکان وجود دارد که بیش از یک DMU به طور همزمان برای حداکثر کردن کارایی خود تلاش کنند که در این صورت زمینه برای رقابت و همکاری بین DMUs ایجاد می‌شود. تأکید این مطالعه بر پیدا کردن شرایط همکاری بین DMUs است. به گونه‌ای که شرایطی را در نظر می‌گیرد که DMUs ائتلاف‌هایی را برای کسب نهاده از DMUs خارج از ائتلاف تشکیل می‌دهند. به طور کلی این مدل‌ها، یک برنامه‌ریزی غیر خطی چند هدفه بین DMUs با بهره‌وری متفاوت در ائتلاف است. نتایج تحقیقات لینز و گومز^۱ (۲۰۰۳، ۲۰۰۸) ثابت می‌کند رابطه خطی بین h_g و h_{rg} و تحت شرایط ZSG-DEA به صورت ذیل وجود دارد.

$$h_{rg} = h_g \left(1 + \frac{\sum_{k \in w} \text{CO2}_k (\theta_{gk} h_{rg} - 1)}{\sum_{k \notin w} \text{CO2}_k} \right) \quad (A)$$

^۱ Lins & Gomes

در معادله (۶)، W ائتلاف بین DMUS را نشان می‌دهد که h_g (شاخص کارایی مستخرج از مدل‌های CCR کلاسیک) بالاتر از یک دارند و $\theta_{gk} = h_g/h_k$ نسبت شاخص کارایی کشور مورد بررسی g به کشور دیگری که در ائتلاف k حضور دارند، است. بقیه DMUS متعلق به ائتلاف باید میزان انتشارشان را به میزان $\sum_{k \in W} CO2_k (\theta_{gk} h_{rg} - 1)$ کاهش دهند، که این میزان کاهش به سایر DMUS خارج از ائتلاف می‌رسد. بر این اساس ضریب انبساط جدید h_{rg} با ضرب عبارت $\left(1 + \frac{\sum_{k \in W} CO2_k (\theta_{gk} h_{rg} - 1)}{\sum_{k \notin W} CO2_k}\right)$ در h_g برابر خواهد بود (ژانگ و همکاران^۱، ۲۰۱۵).

۳-۵- تجزیه و تحلیل نتایج تجربی مدل تحقیق

در اولین گام با استفاده از نرم افزار گمز^۲ h_g برای گروه کشور منتخب عضو اوپک در سال ۲۰۱۴ با توجه به معادله (۴) برآورده شده و نتایج آن در جدول (۲) آمده است.

جدول (۲): رکورد h_g کشورهای منتخب عضو اوپک در سال ۲۰۱۴

۲۰۱۴	کشور
۱/۱۷۰۰۳۱	عربستان
۱	عراق
۱/۰۴۸۰۶۷	ایران
۱	کویت
۱	قطر
۱	امارات

منبع: محاسبات محققین

براساس آمار ارائه شده در جدول (۲) کشورهای عراق، کویت، قطر و امارات شاخص h_g برابر یک دارند که این نتیجه بیانگر آن است که با در نظر گرفتن مجموع شاخص‌های انتشار CO_2 ، مصرف انرژی، جمعیت و تشکیل سرمایه، در این گروه در مقایسه با سایرین، توسعه کمتری یافته‌اند و میزان انتشار به نسبت سایر شاخص‌ها در این کشورها بسیار بالاست و برای کاهش میزان انتشار باید بین سطوح فعلی نهاده‌ها و ستانده‌ها هماهنگی ایجاد شود. همچنین کشورهای ایران و عربستان که h_g بالاتری دارند در رده‌بندی کشورهایی قرار می‌گیرند که کارایی بالاتری دارند. به بیان دیگر در این کشورها به نسبت

¹ Zhuang et al.

² GAMS

سایر کشورهای مورد بررسی هماهنگی بیشتری بین میزان مصرف نهاده‌ها و ستانده‌ها وجود دارد. در گام بعدی برای مشخص شدن میزان بهینه انتشار در کشورهای مختلف مدل ZSG-DEA و معیار h_{rg} بکار گرفته شده‌است. با بررسی رکوردهای h_{rg} و اولویت‌های مشخص شده کشورهای برای کاهش انتشار در جدول (۳) مشخص می‌شود که، برای دستیابی به مرز جدید ZSG-DEA کشورهایی که h_{rg} بالاتر از یک دارند مجاز به افزایش میزان انتشار CO₂ خواهند بود.

جدول (۳): رکورد h_{rg} و میزان بهینه انتشار براساس مدل ZSG-DEA

برای کشورهای منتخب عضو اوپک در سال ۲۰۱۴

رتبه بندی کشورها	میزان مجوز	مجاز به	میزان بهینه انتشار	h_{rg}	میزان انتشار فعلی	کشور
۶	-۹۱/۸۹۳۲	کاهش	۴۷۴۴/۵۹۱	۰/۹۸۱	۴۸۳۶/۴۸۳۶۹	عربستان
۵	-۳۴/۵۷۹۵	کاهش	۲۲۷۰/۷۲۳	۰/۹۸۵	۲۳۰۵/۳۰۲۲۷	عراق
۱	۱۹۰/۱۹۵۱	افزایش	۶۵۳۰/۰۳۱	۱/۰۳	۶۳۳۹/۸۳۶۱۸	ایران
۲	-۱۳/۷۳۷۳	کاهش	۹۰۲/۰۸۱۵	۰/۹۸۵	۹۱۵/۸۱۸۸۱	کویت
۳	-۱۷/۴۰۱۷	کاهش	۱۱۴۲/۷۱۱	۰/۹۸۵	۱۱۶۰/۱۱۲۳۳	قطر
۴	-۳۲/۳۳۶۴	کاهش	۲۱۲۳/۴۲۵	۰/۹۸۵	۲۱۵۵/۷۶۱۶۲	امارات
	۰/۲۴۶۹۶۹۵۰۱		۱۷۷۱۳/۵۶۱۸۹		۱۷۷۱۳/۳۱۴۹۲	مجموع

منبع: محاسبات محقق

به عنوان مثال، ایران که در رتبه یک مصرف انرژی، جمعیت و انتشار CO₂ و رتبه دو تشکیل سرمایه و تولید ناخالص داخلی در بین کشورهای منتخب عضو اوپک قرار دارد، با در نظر گرفتن جمیع شاخص‌ها و در گروه مورد بررسی مجاز به افزایش انتشار CO₂ به میزان ۱۹۰/۱۹۵۱ تن خواهد بود. کشورهای عربستان، عراق، کویت، قطر و امارات به دلیل کوچکتر از یک بودن رکورد h_{rg} باید میزان انتشارشان را کاهش دهند. نتایج را می‌توان اینگونه تفسیر کرد: از آنجایی که کشورهای عربستان و عراق (با وجود حجم بالای انتشار CO₂) در بین سایر کشورها در گروه مورد بررسی به ترتیب حائز رتبه چهار در تشکیل سرمایه و رتبه شش در تولید ناخالص داخلی هستند با بیشترین فشار برای کاهش میزان انتشار روبرو خواهند بود. به همین دلیل باید این کشورها در مسیر توسعه آتی به بهبود توسعه هماهنگ خود در زمینه‌های اقتصادی، اجتماعی و انرژی توجه کنند. مانند مطالعات مشابه در این حوزه نتایج مبین آن است که از آنجایی که مجموع میزان انتشار تغییر

محسوسی نکرده، لذا تخصیص جدید انتشار CO₂ براساس مدل ZSG-DEA می‌تواند کارآمدتر تلقی شود.

۴- نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

کاهش انتشار CO₂ نیازمند تلاش و مشارکت همه کشورها است. از آن جایی که میزان انتشار مجاز در کشورها رابطه مستقیمی با عواملی همچون سطح توسعه اقتصادی، اجتماعی و نظایر آن در هر منطقه دارد و به دلیل آنکه در دوره زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۴ کشورهای عضو اوپک به عنوان گروهی از کشورهای در حال توسعه به طور متوسط سهمی معادل ۰/۰۶۴ از کل انتشار جهان را به خود اختصاص داده‌است^۱، از این رو مشارکت این گروه از کشورها نیز در تلاش‌های بین‌المللی حائز اهمیت می‌باشد. هدف این مقاله آن است که با وجود گمانه زنی‌ها در مورد الزام تعهد برای همه کشورهای جهان در سال‌های بعد از ۲۰۲۰ و اصل مسئولیت مشترک اما متفاوت بین کشورها بتوان با فرض ایجاد همان محدودیت در سال ۲۰۱۴ میزان بهینه انتشار برای دستیابی به اهداف جهانی در بین منتخبی از کشورهای عضو اوپک مشخص کند. در همین راستا و با استفاده از اصول مرتبط با تخصیص عادلانه و انتشار سرانه CO₂، سعی شده‌است با در نظر گرفتن CO₂ به عنوان ستانده نامطلوب و فرض ثابت بودن میزان انتشار برای اندازه‌گیری میزان بهینه انتشار و کارآیی فنی (ضریب انبساط CO₂) از روش تحلیل پوششی داده‌های غیرخطی ZSG-DEA استفاده شود.

در این رویکرد بر خلاف سایر رویکردها که کارآیی تنها براساس یک شاخص مانند انتشار CO₂ به دست می‌آید و کشورها به صورت منفرد مورد بررسی قرار می‌گیرند، کارآیی نسبی کشورها براساس گروه کشور مورد بررسی و با توجه به جمیع شاخص‌ها محاسبه شده‌است. به بیان دیگر، توجه به این نکته ضروری است که سیاست‌گذاری‌های مربوط به انتشار تنها نباید به کاهش میزان انتشار معطوف شوند بلکه باید به هماهنگ‌سازی بین میزان سرمایه‌گذاری و توسعه اقتصادی و میزان انتشار نیز توجه نمود تا بتوان به شرایط بهینه پاره تو دست یافت. یکسان نبودن میزان واقعی انتشار و میزان بهینه مشخص شده در مدل ZSG-DEA بیانگر این موضوع است که کشورها نتوانسته‌اند به تعادلی بین توسعه اقتصادی و صرفه جویی انرژی و کاهش انتشار برسند. از منظر تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی برخی از

^۱ محاسبه محققین

کشورها با فشار بیشتری برای کاهش انتشار روبرو هستند. با این حال به دلیل آن که کشورهای عضو اوپک از جمله گروه‌های استراتژیک در تأمین انرژی منطقه و خود نیز از مصرف کنندگان بزرگ انرژی به شمار می‌آیند محدود کردن مصرف و یا عرضه انرژی برای دستیابی به یک هدف جهانی شاید با مقاومت‌هایی روبرو شود. از طرفی با افزایش درآمد و سطح استاندارد زندگی در این کشورها مردم نیازمند مصرف انرژی بیشتر خواهند بود به همین دلیل باید بیشتر تلاش‌ها بر روی بهینه سازی مصرف انرژی در کل کشورها متمرکز شود. برای نمونه می‌توان به استفاده از سوخت‌های پاک‌تر از جمله انرژی‌های خورشیدی، گاز طبیعی و زمین گرمایی^۱ برای تأمین انرژی اولیه مورد نیاز داخلی و یا طراحی و اجرای ممیزی‌های زیست‌محیطی در فرآیندهای تولید و سایر صنایع وابسته به انرژی به ویژه نفت و گاز اشاره کرد. امکان مبادله مجوزهای انتشار بین کشورها از دیگر ابزارهای اقتصادی است که در این حوزه کاربرد دارد. به طوری که در کشورهایی که پتانسیل بیشتری برای کاهش انتشار وجود دارد بایستی با ارائه تسهیلات، محرک‌های مناسب برای تلاش بیشتر و کمک‌های مالی برای حمایت از تحقیقات مرتبط صورت گیرد. از طریق یک مکانیسم بازاری شفاف با رعایت حقوق همه ذینفعان، این ابزار اقتصادی قابلیت حصول به نتیجه مطلوب را می‌یابد. ایجاد این بازارها امکان انتقال تکنولوژی از کشورهای توسعه یافته‌تر به کشورهای کمتر توسعه یافته را نیز فراهم می‌آورد. هم چنین پیشنهاد می‌شود که برای دستیابی به اهداف کاهش انتشار در سطح این گروه از کشورها از ابزارهای مختلف اقتصادی مانند بسترسازی لازم برای تجارت مجوزهای انتشار بین کشورها و ظرفیت سازی و انتقال تکنولوژی بهره برد.

¹ Geothermal

فهرست منابع

۱. جهانشاهلو، غلامرضا، حسین زاده لطفی، فرهاد، و نیکو مرام، هاشم (۱۳۸۷). تحلیل پوششی داده‌ها. تهران: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
۲. کریم زادگان، حسن (۱۳۹۲). اقتصاد محیط زیست و روش‌های ارزش گذاری مواهب طبیعی. لاهیجان: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.
۳. حسین زاده لطفی، فرهاد، جهانشاهلو، غلامرضا، واعظ قاسمی، محسن، و مقدس، زهره (۱۳۸۹). آشنایی با Gams و مدل‌های DEA. تهران: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
۴. رحیمی، نسترن، خودی، مریم، و کارگری، نرگس (۱۳۸۸). امکان سنجی اجرای تجارت انتشار در نیروگاه‌های و کاهش انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۱(۳). ۱۵۳-۱۳۷.
۵. محلاتی رایینی، محمد (۱۳۹۳). بررسی اثر تراکم در ستانده نامطلوب با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها مطالعه موردی: ارزیابی عملکرد دانشگاه. مدیریت تولید و عملیات، دوره ششم، ۱(۱۰). ۹۹-۱۱۲.

1. Aparicio, J., Monge, JF. & Pastor, JT. (2012). New centralized resource allocation DEA models under constant returns to scale. *Boletín de Estadística e Investigación Operativa*, 28,110-130.
2. Banker, R.D., Charnes, A.W., & Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale efficiency in data envelopment analysis. *Manag. Sci.* 30, 1078-1092.
3. Chang M. (2012). Carbon Emission Allocation and Efficiency of EU Countries. *Modern Economy*, 3(5), 590-596
4. Charnes, A.W., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Oper. Res.*, 2 (78), 429-444.
5. Chavez, C.A., Villena, M.G., & Stranlund, J.K. (2009). The choice of policy instruments to control pollution under costly enforcement and incomplete information. *J. Appl. Econ*, 12 (2), 207-227.
6. Chiu, Y., Lin, J., Hsu, C., & Lee, J., (2013). Carbon emission allowances of Efficiency Analysis: Application of Super SBM ZSG-DEA Model. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(3), 653-666.
7. Coase, R.H. (1960). The problem of social cost. *J. Law Econ*, 3 (1), 1-44.
8. Dales, J.H. (1968). Pollution, Property & Prices: an Essay in Policy-making and Economics. *University of Toronto Press, Toronto*.

9. Ding, Z.L., Duan, X.N., Ge, Q.S., Zhang, Z.Q. (2010). On the major proposals for carbon emission reduction and some related issues. *Science China Earth Sciences*, 39 (12), 1659–1671.
10. Gomes, E.G., Lins, M.P.E. (2008). Modeling undesirable outputs with zero sum gains data envelopment analysis models. *J. Oper. Res. Soc*, 59 (5), 616-623.
11. Grubb, M. (1990). The greenhouse effect: negotiating targets. *International Affairs*, 66 (1), 67–89.
12. Grubler A., Nakicenovic, N. (1994). International Burden Sharing in Greenhouse Gas Reduction. International Institute for Applied Systems Analysis, Luxemburg, Austria.
13. Hailu, A., Veeman, T.S. (2001). Non-parametric productivity analysis with undesirable outputs: an application to the Canadian pulp and paper industry. *Am. J. Agric. Econ*, 83 (3), 605-616.
14. Hosseinzadeh Lotfi, Farhad, Jahanshahloo, Gholamreza, Vaez Ghasemi, Mohsen, and Moghadas, Zohreh (2010). An introduction Gams and DEA models. Tehran: Islamic Azad University, Science Research Branch (In Persian).
15. Hu, J.L., Kao, C.H. (2007). Efficient energy-saving targets for APEC economies. *Energy Policy*, 35, 373–382. *International energy agency*. (2016). CO₂ Emission from Fuel Combustion. <https://www.iea.org/>
16. Huaqing, W. (2013). A DEA-based approach for fair reduction and reallocation of emission permits. *Mathematical and Computer Modelling*, 58, 1095–1101.
17. Jaekyun, A. (2014). Assessment of initial emission allowance allocation methods in the Korean electricity market. *Energy Economics*, 43, 244–255.
18. Jahanshahloo, Gholamreza, Hosseinzadeh Lotfi, Farhad, and Niko Maram, Hashem (2008). *Data envelopment analysis*. Tehran: Islamic Azad University, Science Research Branch (In Persian).
19. Karimzadegan, Hassan (2013). *Environmental economics and natural valuation methods*. Lahijan: Islamic Azad University Publication (In Persian).
20. Liao, Z., Xiaolong. Zhu, J., & Shi, J. (2014). Case study on initial allocation of Shanghai carbon emission trading based on Shapley value, *Journal of Cleaner Production*, 103, 1-7.
21. Lins, M.P.E., Gomes, E.G., Soares de mello, C.B., Soares de mello, A.R. (2003). Olympic ranking based on a zero-sum gains DEA model. *Eur. J. Oper. Res*, 148 (2), 312-322.
22. Mackenzie, I.A., Hanley, N., Kornienko, T. (2008). The optimal initial allocation of pollution permits: a relative performance approach. *Environ. Resour. Econ*, 39(3), 265-282.
23. Mahallati Rayeni, M. (2015). Investigating the effect of congestion in undesirable outputs using data envelopment analysis case study:

- Performance assessment of university. *Journal of Production and Operations Management*, 6(1), 99-112 (In Persian).
24. Osborne, M.J., Rubinstein, A.A. (1999). A Course in Game Theory. *The MIT Press: Boston*.
 25. Pang, R., Deng, Z., & Chiu, Y. (2015). Pareto improvement through a reallocation of carbon emission quotas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 419-430
 26. Pickl, S., Kropat, E., & Hahn, H. (2010). The impact of uncertain emission trading markets on interactive resource planning processes and international emission trading experiments. *Clim. Change*, 103 (1-2), 327-338.
 27. Rahimi, Nastaran, Khodi, Maryam, and Kargari, Narges (2009). The feasibility of implementing emissions trading at power plants and reducing emissions of greenhouse gases and pollutants. *Journal of Environmental Science and Technology*, 11 (3). 153-137 (In Persian).
 28. Serrao, A. (2010). Reallocating agricultural greenhouse gas emission in EU 15 countries. *The Agricultural & Applied Economics Association 2010*, Denver, Colorado, July 25-27.
 29. Singh, S.S., Surya, M. (2014). Efficiency improvement strategy under constant sum of inputs. *J. Math. Model. Algor*, 13 (4), 579-596.
 30. Wanga, Lining, Ma, Ding & Chen, W. (2014). Future CO2 Emissions Allowances and Inequality Assessment under Different Allocation Regimes. *Energy Procedia*, 61, 523 – 526.
 31. Wen, L., Er nv, Z. (2016). Regional allocation of carbon emissions in China based on zero sum gains data envelopment analysis model. *Environ. Eng. Res*, 21(1), 91-98.
 32. Wen, G., Tao, S., Hongjun, D. (2017). Efficiency Allocation of Provincial Carbon Reduction Target in China's "13.5" Period: Based on Zero-Sum-Gains SBM Model. *Sustainability*, 9, 1-18.
 33. Wu, X., Ling, T., Guo, J., Wang, Y., Liu, H., & Zhu, W. (2015). A study of allocative efficiency of PM_{2.5} emission rights based on a zero sum gains data envelopment model. *Journal of Cleaner Production*. 1-8.
 34. Wu, Y. (2004). Openness, productivity and growth in the APEC economies. *Empir. Econ*, 29, 593-604.
 35. Yu, S., Gao, X., Ma, C., & Zhai, L. (2011). Study on the concept of per capita cumulative emissions and allocation options. *Advances in Climate Change Research*, 2(2), 79-85.
 36. Zhang, X.P., Tan, Y.K., Tan, Q.L., & Yuan, J.H. (2012). Decomposition of aggregate CO2 emissions within a joint production framework. *Energy Econ*, 34, 1088-1097.
 37. Zhang, Y., Wang, A., & Da, Y. (2014). Regional allocation of carbon emission quotas in China: Evidence from the Shapley value method. *Energy Policy*, 74, 454-464.

38. Zhuang, M. (2016). Efficient allocation of CO₂ emissions in China: a zero sum gains data Envelopment model. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4144- 4150.
39. Zhuang Miao, Z., Geng, Y., & Sheng, J. (2015). Efficient allocation of CO₂ emissions in China: a zero sum gains data envelopment model. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1-7.
40. Zhou, P., Ang, B.W. (2008). Decomposition of aggregate CO₂ emissions: a production theoretical approach. *Energy Econ*, 30, 1054-1067.
41. Zhou, P., Ang, B.W., & Han, J.Y. (2010). Total factor carbon emission performance: a Malmquist index analysis. *Energy Econ*, 32, 194-201.