

تخصیص بهینه سهمیه‌های انتشار CO₂ بین ایران و اقتصادهای نوظهور

اعظم محمدباقری

دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد،

amohamadbagheri@gmail.com

محمود هوشمند^۱

استاد دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد،

m-hoshmand@ferdowsi.um.ac.ir

محمدطاهر احمدی شادمهری

دانشیار دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، shadmhri@um.ac.ir

مهیندخت کاظمی

استادیار دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، md-kazemi@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۱۵

چکیده

افزایش سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای در اقتصادهای نوظهور و ایران، ضرورت مشارکت این کشورها در کاهش انتشار این گازها را بیشتر می‌کند. تخصیص مناسب سهمیه انتشار CO₂ می‌تواند پایه محکمی برای تجارت انتشار بین کشورها در آینده ایجاد نماید. روش‌های بسیاری برای تخصیص سهمیه انتشار وجود دارد. این مقاله مدل غیرخطی مجموع سود صفر در تحلیل پوششی داده‌ها (ZSG-DEA) را به منظور تخصیص کارای سهمیه انتشار میان کشورهای عضو بریکس و ایران به کار می‌گیرد. در این مدل، برخلاف مدل‌های قبلی، متغیر CO₂ به‌عنوان خروجی نامطلوب است و با فرض میزان ثابت انتشار CO₂ در مرز مشخص شده، شرایط بهینه پارتو ایجاد می‌شود. نتایج حاکی از آن است که بعد از تخصیص سهمیه‌های انتشار بر مبنای مدل ZSG-DEA، مقادیر انتشار CO₂ در تمامی کشورها در یک مرز مشترک بهینه قرار می‌گیرد. با توجه به شاخص‌های مورد بررسی، کشور چین با بیشترین فشار در کاهش انتشار مواجه است و روسیه مسئولیت کمتری در کاهش انتشار دارد. بنابراین، سیاست‌گذاری‌ها باید بر مبنای مجموعه‌ای از شاخص‌های توسعه اقتصادی یک کشور قرار گیرد.

طبقه‌بندی JEL: Q52، Q53، Q56

کلید واژه‌ها: انتشار دی‌اکسیدکربن، تخصیص سهمیه انتشار، تحلیل پوششی داده‌ها، مدل مجموع سود صفر در تحلیل پوششی داده‌ها (ZSG-DEA)

۱- مقدمه

پدیده تغییر اقلیم نه تنها مورد توجه کشورهای توسعه یافته بلکه از مهم‌ترین موضوعات در کشورهای در حال توسعه است. تمامی کشورهای جهان در تلاش هستند تا بتوانند اهدافی را برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خود در راستای کمک به کاهش تغییر اقلیم، تعیین نموده و در جهت دستیابی به این اهداف گام بردارند. با این حال به دلیل تفاوت سطوح اقتصادی و اجتماعی کشورها و بسیاری ویژگی‌های دیگر، تخصیص مناسب اهداف کاهش انتشار که بر مبنای آن سهمیه‌های کاهش انتشار مشخص می‌شود، نیازمند تبعیت از اصل «مسئولیت‌های مشترک اما متفاوت» است که از مهم‌ترین اصول کنوانسیون تغییر آب و هوا می‌باشد. یکی از مهم‌ترین مباحث در تخصیص سهمیه انتشار، موضوع انصاف و عدالت در راستای همین اصل است که بر مبنای آن باید مسئولیت‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در میان کشورها توزیع شود.

از آنجا که تحقق اهداف کاهش انتشار کشورها، هزینه‌های سنگینی را بر کشورها تحمیل می‌کند، کشورها به دنبال روش‌هایی برای کاهش این هزینه‌ها و همزمان ایجاد انگیزه‌های اقتصادی جهت نیل به این اهداف هستند. یکی از روش‌های کاهش انتشار، تجارت سهمیه (حقوق یا مجوز) انتشار است که بر اساس آن، کشورها می‌توانند همزمان با کنترل مقادیر انتشار خود، حقوق انتشار را تخصیص داده و مازاد آن را در بازار تجارت کنند (وو و همکاران^۱، ۲۰۱۵). نحوه تخصیص این سهمیه‌ها در بین کشورها، موضوع مهمی است و روش‌های مختلفی برای آن وجود دارد که انتخاب هر روش با توجه به هدف سیاست‌گذاران صورت می‌گیرد که این مسئله موضوع اصلی مقاله حاضر است.

کشورهای عضو بریکس^۲ که به اقتصادهای نوظهور در جهان شهرت دارند، با ساختار اقتصادی نسبتاً مشابه جزو وسیع‌ترین و پرجمعیت‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌شوند. این کشورها با به‌کارگیری تمامی ظرفیت‌های سیاسی، مدیریتی و اقتصادی توانسته‌اند از سایر کشورها فاصله گرفته و با تجربه کردن نرخ‌های رشد اقتصادی بالا

1. Wu et al.

۲. کشورهای عضو بریکس شامل: برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی کشورهای در حال توسعه‌ای هستند که توانسته‌اند به توسعه‌یافتگی نزدیک شده و به‌عنوان اقتصادهای نوظهور در جهان مطرح شوند.

توانسته‌اند به توسعه‌یافتگی نزدیک و به‌عنوان اقتصادهای نوظهور مطرح شوند. این کشورها اکنون موفق به ارائه یک مدل همکاری اقتصادی مشترک در جهان شده‌اند و می‌توان گفت تعامل کشورهای در حال توسعه با این قدرت سیاسی-اقتصادی می‌تواند در رشد و پیشرفت آن‌ها تأثیرگذار باشد. حرکت سریع در مسیر رشد و توسعه اقتصادی موجب شده که این کشورها مقادیر انتشار بالایی نیز داشته باشند. موفقیت سیاست‌های کاهش انتشار در جهان، بستگی بسیار زیادی به مشارکت کشورهای در حال ظهور بریکس دارد. با پایان اولین دوره تعهد پروتکل کیوتو، کشورهای بریکس علاوه بر تأکید بر ادامه تعهدات الزام‌آور کشورهای توسعه یافته در دوره دوم تعهدات، تأکید کردند و بدون تعهدات الزام‌آور، اهداف کاهش انتشار داوطلبانه‌ای را بر مبنای توافق پاریس بر عهده گرفتند. از آنجا که ایران به‌عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه با انتشار گازهای گلخانه‌ای بالا، بعد از سال ۲۰۲۰ الزاماتی را برای کاهش انتشار خواهد داشت و در برنامه مدنظر مشارکت ملی^۱ (INDC) اهداف ۱۲ درصدی^۲ کاهش انتشار را برای خود در نظر گرفته است، با ایجاد بسترهای مناسب همکاری با این کشورها می‌تواند هزینه‌های کاهش انتشار خود را کاهش دهد.

در این مقاله نحوه تخصیص سهمیه‌های انتشار بین ایران و کشورهای عضو بریکس مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه ابتدا مبانی نظری و پیشینه تحقیق و سپس روش‌شناسی تخصیص سهمیه‌ها در میان این کشورها بررسی می‌شود. توصیف داده‌ها و بررسی تجربی نتایج مدل، موضوع بخش چهارم و نتیجه‌گیری نیز در بخش پنجم آمده است.

1. Intended Nationally Determined Contributions

۲. برنامه ارائه شده شامل مشارکت در کاهش انتشار مشروط و غیر مشروط است. بر مبنای مشارکت غیرمشروط کشور ایران براساس توان ملی و سناریوهای انتشار، تمایل به مشارکت در کاهش انتشار کل گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۳۰ به میزان ۴ درصد نسبت به سناریوی پایه (سال ۲۰۱۰) را دارد. در مشارکت کاهش انتشار مشروط با توجه به امکان رفع تحریم‌های ناعادلانه، حمایت مالی، انتقال فناوری و خرید گواهی‌های کربن و بهره‌گیری از حمایت‌های دو یا چندجانبه، انتقال فناوری‌های پاک و توانمندسازی، ایران پتانسیل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در صورت رفع موانع فوق به میزان ۸ درصد اضافه را دارد.

۲- مبانی نظری

به‌طور کلی دو رویکرد در زمینه کنترل و کاهش انتشار آلاینده‌های هوا به‌عنوان یک کالای عمومی وجود دارد که یکی قوانین مالیاتی (بامول و اوتز^۱، ۱۹۸۸) و دیگری تجارت حقوق انتشار (نوردهاوس^۲، ۲۰۰۵) می‌باشد. بسیاری از محققان اثر وضع مالیات بر انتشار آلاینده‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند (روت و آماتو، ۲۰۰۲؛ مالکوم و ژانگ، ۲۰۰۶؛ فیشر و نیول، ۲۰۰۸؛ ریو، ۲۰۱۰؛ پلین و کسیدو^۳، ۲۰۱۱). اگرچه برقراری سیستم مالیات، ساده و عملی است و مواردی که موجب کاهش تولید ناخالص داخلی شده، نسبتاً کم بوده‌اند، اما تحقق اهداف کاهش انتشار، تنها با تکیه بر این سیاست دشوار است (شی و همکاران^۴، ۲۰۱۳)، از این‌رو سیاست‌های دیگری از جمله مجوزهای قابل مبادله یا همان تجارت سهمیه (حقوق) انتشار پیشنهاد شده است.

ایده مجوزهای قابل مبادله اولین بار توسط دالز^۵ (۱۹۶۸) و کروکر^۶ (۱۹۶۶) معرفی شد و اخیراً محبوبیت خاصی میان اقتصاددانان محیط‌زیست پیدا کرده است. پایه نظری تجارت حق انتشار به نظریه حقوق مالکیت و قضیه کوز باز می‌گردد که اولین بار توسط کوز^۷ در سال ۱۹۶۰ مطرح شده و بعد از آن توسط دالز^۸ در سال ۱۹۶۸ مجدداً مورد بررسی قرار گرفت. بر مبنای این رویکرد، حقوق انتشار نهادهای اقتصادی می‌تواند به شکل مجوزهای انتشار تعیین شده و مازاد آن به فروش برسد. روش تعیین حقوق یا همان سهمیه انتشار به شکل مجوز به‌عنوان تخصیص اولیه حقوق انتشار شناخته می‌شود (برتن و سنجور^۹، ۱۹۶۹ و ۱۹۷۰). بر مبنای تئوری تجارت انتشار دالز، آژانس ملی حفاظت از محیط‌زیست آمریکا قانون کنترل مقادیر انتشار و تجارت آن را در اواخر دهه ۱۹۷۰ تدوین کرد و برنامه باران اسیدی را در اوایل ۱۹۹۵ اجرا نمود. پس از ورود به قرن ۲۱ تعدادی از محققان به تخصیص و تجارت حقوق آلاینده‌های هوا پرداختند.

-
1. Baumol and Oates
 2. Nordhaus
 3. Ruth and Amato, Malcolm and Zhang, Fischer and Newell, Rive, Pelin and kesidou
 4. Shi et al.
 5. Dales
 6. Crocker
 7. Coase
 8. Dales
 9. Burton and Sanjour

(مکنزی و همکاران، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹؛ چاوز و همکاران، ۲۰۰۹؛ پیکل و همکاران^۱، ۲۰۱۰).

در تجارت انتشار، ابتدا سطح کل آلودگی مشخص و سپس به کل واحدهای آلوده‌کننده تخصیص داده می‌شود. برای تخصیص مجوزهای انتشار روش‌های متعددی وجود دارد و مطالعات بسیاری در این زمینه انجام گرفته است. با بررسی مطالعات موجود در این حوزه مشخص می‌شود که در سال ۱۹۹۰ که پیش از پروتکل کیوتو و تعهدات آن بود، گراب^۲ فرم اصلاح شده‌ای را برای تخصیص حقوق انتشار برابر بر مبنای سرانه انتشار بین کشورها (واحدهای تولیدی) مطرح کرده بود. موضوع عدالت و برابری حقوق انتشار بعدها در پروتکل کیوتو به‌عنوان اصل «مسئولیت مشترک اما متفاوت»، پایه تعهدات کاهش انتشار کشورها قرار گرفت. بعد از آن گرابلر و ناکی‌کنوویک^۳ در سال ۱۹۹۴ پیشنهاد کردند که تخصیص مجوزهای انتشار باید براساس نرخ کاهش یکسان بین کشورهای مختلف انجام گیرد. این طرح موضوع انصاف و عدالت و لذا تخصیص مساوی مجوزهای انتشار بین کشورها و ایجاد امکان تجارت آن‌ها، رابطه ذاتی بین انتشار، جمعیت و فعالیت‌های انسانی را نادیده می‌گیرد. در این صورت کشورهای صنعتی باید میزان قابل توجهی از انتشار خود را بکاهند و هم‌چنین پرداخت‌های مالی زیادی به کشورهای در حال توسعه انجام دهند. از این‌رو، مفهوم انتشار تجمعی سرانه برای همگرا کردن سرانه انتشار در طول زمان مطرح شد (دینگ و همکاران^۴، ۲۰۱۰). در این شاخص برای غلبه بر مشکلات سیاسی و عملی در دوران قبل از انقلاب صنعتی و به‌منظور رعایت عدالت و انصاف در تخصیص مجوزهای انتشار، مسئولیت تاریخی کشورها در انتشار مورد توجه قرار می‌گیرد (یو و همکاران^۵، ۲۰۱۱).

بدین ترتیب، باید گفت کارایی تخصیص حقوق انتشار عامل مهمی در اندازه‌گیری میزان عدالت و معقول بودن تخصیص حق انتشار است. برخی محققان نظیر چن و همکاران^۶ (۱۹۹۸) و ما و همکاران^۷ (۱۹۹۹ و ۲۰۰۶) روش برنامه‌ریزی خطی بر مبنای

1. Mackenzie et al., Chavez et al., Pickl et al.,

2. Grubb

3. Grubler, Nakicenovic

4. Ding & et al

5. Yu et al

6. Chen et al.

7. Ma et al.

مدل تحلیل پوششی داده‌ها^۱ (DEA) را برای تخصیص، پیشنهاد داده‌اند. از آنجا که انتشار آلاینده‌ها مربوط به خروجی نامطلوب است، بالا بودن میزان این خروجی به معنی بهره‌وری پایین تخصیص و پایین بودن آن به معنی بهره‌وری بالاتر تخصیص است. همچنین در این مدل‌ها علاوه بر تعیین کارایی و یا عدم کارایی و رتبه هر واحد تصمیم‌گیرنده، برای واحدهای تصمیم‌گیری ناکارا الگویی ارائه می‌شود که بر اساس آن مصرف نهاده و تولید به سطح کارایی خواهند رسید (حسین‌زاده لطفی و همکاران ۱۳۸۹).

مدل‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، خروجی را به صورت مطلوب و نامطلوب ارائه نمی‌کند و بیانگر آن است که ستانده بیشتر به معنی کارایی بالاتر تخصیص و بالعکس است. با توجه به این محدودیت برخی محققان نظیر فاره و همکاران^۲ (۱۹۸۹)، هایلو و ویمن^۳ (۲۰۰۱)، سیفورد و ژو^۴ (۲۰۰۲) و تون^۵ (۲۰۰۴) به دنبال بهبود این مدل‌ها بوده‌اند. در مدل‌های بهبودیافته نیز واحدهای تصمیم‌گیرنده^۶ (DMUs) به عنوان واحدهای مستقل تصمیم‌گیر در تخصیص مسئولیت کاهش انتشار بر مبنای مقادیر هدف کمی انتشار با محدودیت مواجهند و لذا امکان بررسی همکاری و رقابت در میان DMU ها وجود ندارد (وو و همکاران، ۲۰۱۵).

با توجه به محدودیت مدل‌های DEA، لینز و همکاران در سال ۲۰۰۳^۷ مدل مجموع سود صفر در تحلیل پوششی داده‌ها^۸ (ZSG- DEA) را پیشنهاد دادند که قابلیت رقابت، همکاری و تخصیص ستانده نامطلوب را در مرز کارایی DEA برای هر DMU به همراه داشته و می‌تواند به بهبود کارایی DEA بیانجامد. در چارچوب پروتکل کیوتو، گومز و لینز^{۱۰} (۲۰۰۸) از این مدل در تخصیص مجدد حقوق انتشار CO2 برای هر کشور استفاده کردند. این روش کاربرد زیادی در ارزیابی کارایی تخصیص در میان واحدهای

1. Data Envelopment Analysis
2. Fare et al.
3. Hailu and Veeman
4. Seiford and Zhu
5. Tone
6. Decision Making Units
7. Wu et al.
8. Lins et al.
9. Zero-sum Gains-Data Envelopment Analysis
10. Gomes & Lins

چندگانه تصمیم گیر دارد. بر این اساس، از آنجا که جمع تولید (یعنی مجوزهای انتشار) ثابت است، می‌توان نتیجه گرفت که واحدهای کارآمد توانایی ستانده‌های با کارایی بالاتر را دارند و بالعکس. در این صورت، داشتن واحدهای کارا تر برای تخصیص مجوزهای انتشار بیشتر مطلوب خواهد بود؛ بنابراین استفاده از مدل‌های مجموع سود صفر (ZSG-DEA) محققان را قادر به تمایز میان واحدهای کارآمد و ناکارآمد خواهد نمود و لذا مقدار مجوزهای انتشار به هر واحد می‌تواند ارزیابی شود. در واقع ایده اولیه این مدل‌ها بر مبنای آن است که با توجه به مقادیر مشخص هدف انتشار، کاهش در ورودی یک واحد، افزایش در ورودی واحدهای دیگر را موجب می‌شود، از این‌رو تخصیص منابع بسیار کارآمد شده و واحدهای (DMUs) با کارایی پایین‌تر قادر خواهند بود به بهترین مرز تولید برسند (ژانگ^۱، ۲۰۱۶). این مدل برای تخصیص مجوزهای انتشار، عادلانه‌تر و منطقی‌تر به نظر می‌رسد.

به اعتقاد چنگ^۲ (۲۰۱۲) مدل ZSG-DEA بر پایه مدل‌های نهاده محور CCR برای کشورهای اتحادیه اروپا، عادلانه‌تر از مدلی است که در برنامه تجارت انتشار اتحادیه اروپا (EU ETS) بکار گرفته شده است. همچنین چیو و همکاران^۳ (۲۰۱۳) از مدل SBM ZSG-DEA برای اندازه‌گیری کارایی مجوزهای انتشار CO2 اتحادیه اروپا با همان نتایج استفاده کرده‌اند. این مدل برای کل کشورهای جهان نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در همین راستا ژاوانگ میائو و همکارانش^۴ (۲۰۱۵) از مدل مجموع سود صفر برای نشان دادن مرز بهینگی پارتو در مکانیسم تخصیص مجوزهای انتشار در استان‌های مختلف چین استفاده کرده‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها در ۱۲ استان نشان می‌دهد که بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ به دلیل مصرف زیاد انرژی مقدار بهینه تجمعی انتشار گاز دی‌اکسیدکربن بالاتر از مقدار واقعی برآورد شده است. یونگ هو چیو و همکارانش^۵ (۲۰۱۳) برای بررسی عادلانه بودن تخصیص بین ۲۴ کشور اتحادیه اروپا از مدل Super SBMZSG-DEA استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که برای واقعی‌تر و

-
1. Zhuang
 2. CHANG
 3. Chiu et al.
 4. Miao, Zhuang et al
 5. Chiu, Y. et al.

سازگارتر شدن تخصیص مجوزها، برای کشورهای با کارایی بیشتر باید مجوزهای انتشار افزایش یافته و برای کشورهای کمتر توسعه یافته مجوزهای انتشار کاهش یابد. ون و ژانگ^۱ (۲۰۱۶) و ون و هونگ جون^۲ (۲۰۱۷) در مطالعه خود به ترتیب برای تخصیص مجوزهای انتشار CO₂ و PM_{2.5} از مدل ZSG-DEA استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که این مدل‌ها می‌تواند سبب ایجاد شرایط لازم برای تحقق بهینه پارتو در بین استان‌های چین شود. ون و همکاران در سال ۲۰۱۷ با ایجاد یک نوآوری در مطالعه خود از مدل‌های ZSG-SBM برای بررسی چهار سناریو پیشنهادی برای توسعه اقتصادی چین و محدودیت‌های مشخص شده برای کاهش انتشار استفاده نموده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که طرح تخصیص براساس این مدل متناسب با نیازهای توسعه اقتصاد کم کربن در بلندمدت است. همچنین شیهانگ زنگ و همکاران^۳ در سال ۲۰۱۶ کارایی تخصیص کاهش انتشار کربن و مصرف انرژی‌های غیرفسیلی را در سطح استان‌های چین با استفاده از مدل ZSG-DEA برای سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی کردند. پانگ و همکاران^۴ نیز در سال ۲۰۱۵ به تخصیص مجوزهای کربن بر مبنای مدل ZSG-DEA پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که اغلب کشورهای توسعه یافته باید سهمیه انتشار خود را افزایش دهند و اغلب کشورهای کمتر توسعه یافته نظیر هند و چین باید آن را کم کنند. با توجه به کاربرد مؤثر مدل مجموع سود صفر (ZSG-DEA) در مطالعات فوق و هدف مقاله حاضر که تخصیص بهینه مجوزهای کاهش انتشار در بین کشورهای عضو بریکس است، در این مقاله نیز از این مدل برای تخصیص استفاده خواهد شد. در این صورت امکان کاهش متناسب خروجی نامطلوب (دی‌اکسید کربن) و افزایش خروجی مطلوب (تولید ناخالص داخلی) در تخصیص مجوزهای انتشار بین کشورهای بریکس با برقراری شرایط بهینه پارتو فراهم خواهد شد.

-
1. Wen and Zhang
 2. Wen and Hongjun
 3. Shihong Zeng et al.
 4. Pang et al.

۳- روش‌شناسی تحقیق

داده‌های تحقیق

در این مقاله با توجه به مطالعات ژائو و همکاران^۱ (۲۰۰۸) و ژائو و آنگ^۲ (۲۰۱۰)، داده‌ها شامل موجودی سرمایه (K)، مصرف انرژی (E) برحسب کیلوگرم معادل نفت خام و جمعیت (P) برحسب نفر به عنوان نهاده و تولید ناخالص داخلی (GDP) (به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵) به عنوان ستانده مطلوب و انتشار دی‌اکسیدکربن (CO₂) برحسب تن به عنوان ستانده نامطلوب که از گزارش شاخص توسعه جهانی (WDI) سال ۲۰۱۵ بانک جهانی استخراج شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که برای محاسبه داده‌های موجودی سرمایه نیز از روش هو و کائو^۳ (۲۰۰۷) و ژانگ و همکاران^۴ (۲۰۱۲) استفاده شده است.

معرفی مدل ZSG-DEA

با توجه به محدودیت مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در ارائه خروجی مطلوب و نامطلوب، مدل‌های مجموع سود صفر در تحلیل پوششی داده‌ها (ZSG-DEA) توسط لینز و همکاران در سال ۲۰۰۳، ارائه شده است. این مدل‌ها شباهت زیادی به بازی‌های با جمع صفر^۵ در حوزه تئوری بازی‌ها دارند که برای صفر شدن میزان پرداختی، میزان عایدی بازیگر برنده دقیقاً معادل با میزان ضرر بازیگر بازنده است (اوزبرن و رابینشتاین^۶، ۱۹۹۹). برخلاف آن‌چه در مدل‌های اصلی بیان شده که بنگاه‌ها مستقل از هم به مرز کارایی می‌رسند، در این مدل‌ها بر اساس استراتژی «کاهش متناسب» لینز^۷، 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. همین فرض نشان دهنده کارایی بالای

1. Zhou et al
2. Zhou & Ang
3. Hu & Kao
4. Zhang et al
5. zero-sum game
6. Osborn & rubinstein
7. Lins & Gomes

تخصیص منابع بین DMUs است (شیانگ‌هو و همکاران^۱، 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 معادله (۱) که نشان دهنده مدل کلاسیک ستانده محور CCR^۲ با فرض استقلال بنگاه‌ها در رسیدن به مرز کارایی می‌رسند، استفاده کرد (چارنز^۳، ۱۹۷۸):

$$\text{Max } h_g \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \sum_{g=1}^G \lambda_g X_{ig} \leq X_{ig}, \quad i = 1, 2, \dots, S$$

$$\sum_{g=1}^G \lambda_g y_{jg} \geq h_g y_{jg}, \quad j = 1, 2, \dots, t$$

$$\lambda_g \geq 0 \quad g = 1, 2, \dots, G$$

در این معادله، h_g معادل با کارایی DMU_g ، G کل تعداد DMUs، y_{jg} میزان j امین ستانده توسط DMU_g ، X_{ig} میزان i امین نهاده مصرف شده توسط DMU_g و λ_g نیز ضریب وزنی می‌باشد. بعد از حل معادله (۱) و دستیابی به رتبه کارایی DMUs می‌توان مدل ستانده محور ZSG-DEA را براساس مدل ارائه شده در کار گومز و لینز (۲۰۰۸)^۴ به صورت زیر نوشت:

$$\text{Max } h_{rg} \quad (2)$$

$$h_{rg} y_{ig} \leq \sum_p \lambda_p y_{ip} \left| 1 - \frac{y_{ip}(h_p - 1)}{\sum_{p \neq k} y_{ip}} \right|$$

$$\sum_p \lambda_p x_{jp} \leq x_{jg}$$

$$\lambda_p \geq 0 \text{ for } \forall p$$

h_p شاخص کارایی توسعه یافته مستخرج از معادله (۱) برای DMU_p ، h_{rg} شاخص کارایی محاسبه شده توسط مدل ZSG-DEA برای DMU_g ، λ_p ضریب وزن

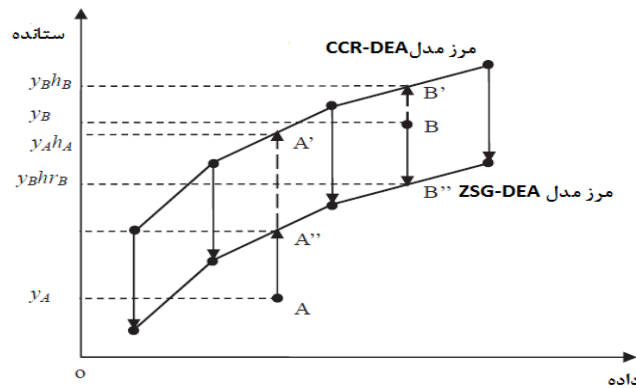
1. Xianhua & et al

۲. اولین مدل پایه‌ای در مدل تحلیل پوششی داده‌ها که برای اندازه‌گیری کارایی نسبی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس توسط چارنز و همکارانش (۱۹۷۸) ارائه شد.

3. Charnes & et al

4. Gomes & Lins

می‌باشد. با توجه به مقدار h_{FG} محاسبه شده و پارامترهای مربوطه در معادله (۲) 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، واحدهای با درجات پایین کارایی نیز می‌توانند به بهترین مرز کارایی برسند (ژانگ^۲، ۲۰۱۶).



شکل ۱. مقایسه تخصیص در مدل‌های CCR-DEA و ZSG-DEA

شکل (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 گرفت که در مدل CCR در صورتی که در یک واحد تصمیم‌گیرنده کارایی فنی پایین باشد (مانند DMU فرضی DMU_A) می‌توان از طریق 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^۳،

1. Zhuang et al

2. Zhuang

3. Zhuang et al

۲۰۱۵). همان طور که قبلاً گفته شد فرض اساسی در مدل های BCC^۱ و CCR عدم تأثیر میزان نهاده‌ها یا ستانده‌ها در هر DMU بر سایر DMUs است، ولی در مدل های 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 (CO₂) و تولید ناخالص داخلی (GDP) در این مطالعه برای تخصیص بهینه انتشار CO₂ بین کشورهای عضو بریکس و ایران، از مدل ZSG-DEA استفاده شده است. همانند مطالعات قبلی ژائو و همکاران^۲ (۲۰۰۸) و ژائو و آنگ^۳ (۲۰۱۰) با در نظر گرفتن فرض بازده ثابت به مقیاس، مدل کلان تولید اقتصادی به صورت زیر نوشته شده است:

$$T = (E, K, POP(P), GDP(Y), CO_2(C)): \quad (3)$$

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

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

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

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

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

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

که در آن موجودی سرمایه (K)، مصرف انرژی (E) و جمعیت (P) به‌عنوان نهاده و تولید ناخالص داخلی (GDP) ستانده مطلوب و انتشار دی‌اکسیدکربن (CO₂) به‌عنوان ستانده نامطلوب است. براساس معادله (۳) امکان محاسبه ضریب انبساط دی‌اکسیدکربن که نشان‌دهنده میزان کارایی فنی DMU_k است، وجود دارد. تکنولوژی تولید

۱. بانکر و همکارانش (۱۹۸۴) با معرفی مدل های BCC، فرض بازده ثابت در مدل های CCR را به بازده متغیر به مقیاس تغییر داده و سبب توسعه این مدل ها شدند.

2. Zhou et al

3. Zhou & Ang

زیست‌محیطی (T) شرایط لازم برای هر دو فرض امکان کاهش متناسب دی‌اکسیدکربن و تولید ناخالص داخلی^۱ و کاهش دی‌اکسیدکربن بدون ایجاد هزینه برای تولید ناخالص داخلی^۲ را برآورده می‌کند.

$$\text{Max } h_g \quad (4)$$

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

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k \text{POP}_k \leq \text{POP}_g$$

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

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k \text{GDP}_k \geq \text{GDP}_g$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k \text{CO2}_k = \text{CO2}_g$$

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

با در نظر گرفتن نتایج پژوهش‌های صورت گرفته توسط گومز و لینز^۳ (۲۰۰۸)

معادله (۵) با توجه به فرض ثابت بودن $\sum_{k=1}^K \lambda_k \text{CO2}_k = \text{CO2}_g$ میزان انتشار برای تمام DMUs^۴ و تکنولوژی DEA زیست‌محیطی مدل ZSG-DEA برای تخصیص انتشار

1. Weak disposability

2. null-Jointness

3. Gomes & Lins

۴. در سناریوهای ارائه شده توسط IPCC در راستای محدود کردن میزان افزایش دمای کره زمین ناشی از تغییرات آب و هوایی برای پیش‌بینی 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.

بین ایران و کشورهای عضو بریکس قابل محاسبه می‌باشد. فرض ثابت و محدود بودن میزان انتشار بین DMUs، این شرایط ایجاد می‌شود که اگر میزان انتشار در یک DMU کاهش یابد، این میزان انتشار کاهش یافته بین سایر DMUs تقسیم می‌شود.

$$\text{Max } h_{rg} \quad (5)$$

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

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k \text{POP}_k \leq \text{POP}_g$$

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

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k \text{GDP}_k \geq \text{GDP}_g$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k \text{CO2}_k \left| 1 - \frac{\text{CO2}_g (h_{rg} - 1)}{\sum_{k \neq g} \text{CO2}_k} \right| = h_{rg} \text{CO2}_g$$

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

مدل ZSG-DEA ذکر شده، نشان دهنده وضعیتی است که تنها یک DMU برای رسیدن به کارایی تلاش می‌کند. در شرایط واقعی این امکان وجود دارد که بیش از یک DMU به‌طور همزمان درصدد حداکثر کردن کارایی خود تلاش باشند که در این صورت زمینه برای رقابت و همکاری بین DMUs ایجاد می‌شود. تأکید این مطالعه بر یافتن 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. به‌طور کلی این مدل‌ها، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی چند هدفه بین DMUs با بهره‌وری متفاوت در ائتلاف هستند. نتایج تحقیقات لینز و گومز^۱ (۲۰۰۳ و ۲۰۰۸) ثابت می‌کند رابطه خطی بین h_g و h_{rg} و تحت شرایط ZSG-DEA به‌صورت ذیل وجود دارد.

$$h_{rg} = h_g \left(1 + \frac{\sum_{k \in w} \text{CO2}_k (\theta_{gk} h_{rg} - 1)}{\sum_{k \notin w} \text{CO2}_k} \right) \quad (6)$$

در معادله بالا، 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 انتشار خود 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 $\left(1 + \frac{\sum_{k \in W} CO2_k (\theta_{gk} h_{rg} - 1)}{\sum_{k \in W} CO2_k}\right)$ در h_g برابر خواهد بود (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۵).

۴- تجزیه و تحلیل نتایج

در ابتدا با استفاده از نرم‌افزار گمز^۲ مقادیر h_g برای ایران و گروه کشورهای عضو بریکس با توجه به معادله (۴) برآورده شده و نتایج آن در جدول (۱) آمده است. بر مبنای محاسبات انجام شده، کشورهای روسیه، آفریقای جنوبی و ایران مقدار h_g واحد دارند که نشان می‌دهد این کشورها با توجه به شاخص‌های در نظر گرفته شده شامل مقدار انتشار دی‌اکسید کربن، مقادیر مصرف انرژی، تعداد جمعیت و موجودی سرمایه، از کارایی نسبی کمتری برخوردارند و از این رو مقدار شاخص انتشار دی‌اکسید کربن این کشورها به نسبت سایر شاخص‌ها بسیار بالاست و برای کاهش میزان انتشار در این کشورها، باید بین سطوح فعلی نهاده‌ها و ستانده‌ها هماهنگی ایجاد شود.

1. Zhuang et al
2. GAMS

جدول ۱. مقدار h_g کشورهای عضو بریکس و ایران در سال ۲۰۱۴

کشور	h_g
برزیل	۱/۸۹۷۹
روسیه	۱
چین	۱/۱۳۷۹
هند	۱/۰۴۴۵
آفریقای جنوبی	۱
ایران	۱

منبع: یافته‌های تحقیق

در این میان، کشورهای چین، هند و برزیل که مقدار h_g بالاتر از واحد دارند، با توجه به شاخص‌های مطرح شده، در رده‌بندی کشورهای با کارایی نسبی بالاتر قرار می‌گیرند و می‌توان گفت این کشورها به نسبت سایر کشورهای مورد بررسی، هماهنگی بیشتری بین میزان مصرف نهاده‌ها و ستانده‌ها دارند. به منظور مشخص شدن میزان بهینه انتشار در کشورهای مختلف، مدل ZSG-DEA و معیار h_{rg} به کار گرفته شده است.

جدول ۲. مقادیر بهینه انتشار براساس مدل ZSG-DEA برای کشورهای عضو بریکس و ایران در سال ۲۰۱۴

کشور	میزان انتشار فعلی	h_{rg}	میزان بهینه انتشار	مجاز به افزایش / کاهش	میزان مجوز (سهیمه)	رتبه‌بندی سهمیه‌های انتشار
برزیل	۵۰۷/۸۲۳۳	۰/۵۹۴	۳۰۱/۶۴۷	کاهش	-۲۰۶/۱۸	۵
روسیه	۱۵۴۷/۶۲۱	۱/۱۸۴۹	۱۸۳۳/۷۷۶	افزایش	۲۸۶/۱۵	۱
چین	۹۱۶۵/۵۲۳	۰/۹۷۳	۸۹۱۸/۰۵۳۸	کاهش	-۲۴۷/۴۷	۶
هند	۲۱۰۶/۰۷۸	۰/۹۸۴	۲۰۷۲/۳۸۱	کاهش	-۳۳/۶۹۷	۴
آفریقای جنوبی	۴۵۰/۵۸۵۹	۱/۱۸۷	۵۳۴/۸۴۵	افزایش	۸۴/۲۶۰	۳
ایران	۶۲۳/۶۹۶۶	۱/۱۸۷	۷۴۰/۳۲۸	افزایش	۱۱۶/۶۳۱	۲
جمع	۱۴۴۰/۱/۳۳		۱۴۴۰/۱/۳۳			

منبع: یافته‌های تحقیق

با بررسی رکوردهای h_{fg} و اولویت‌های مشخص شده کشورها برای کاهش انتشار در جدول (۲)، مشخص می‌شود که برای دستیابی به مرز جدید ZSG-DEA، کشورهایی که h_{fg} بالاتر از یک دارند مجاز به افزایش میزان انتشار دی‌اکسیدکربن خواهند بود و برعکس، کشورهایی که h_{fg} پایین‌تر از یک دارند برای رسیدن به مرز ZSG-DEA باید از میزان انتشار خود را کاهش دهند. به‌طوری که کشورهای روسیه، ایران و آفریقای جنوبی با در نظر گرفتن شاخص‌های مورد بررسی، مجوز انتشار به ترتیب به میزان ۲۸۶/۱۵، ۱۱۶/۶۳ و ۸۴/۲۶ تن بیشتر از انتشار فعلی خود را دارند و کشورهای چین، هند و برزیل به دلیل کوچک‌تر از یک بودن مقدار h_{fg} ، مجوز افزایش نداشته و باید میزان انتشار خود را کاهش دهند؛ مانند مطالعات مشابه در این حوزه، نتایج مبین آن است که از آنجایی که مجموع میزان انتشار در کل کشورها در زمان تخصیص (با توجه به معیار h_{fg})، تغییر محسوسی نکرده، لذا تخصیص جدید انتشار دی‌اکسیدکربن براساس مدل ZSG-DEA کارا شده است. همچنین، رتبه‌بندی سهمیه‌های انتشار (کمترین فشار برای کاهش انتشار تا بیشترین فشار) نیز حاکی از آن است که با توجه به مجموع شاخص‌های مورد بررسی، چین با بیشترین فشار کاهش انتشار مواجه است، درحالی‌که روسیه با توجه به این شاخص‌ها، با ایجاد تعادل بین میزان انتشار و سایر شاخص‌های توسعه اقتصادی خود با کمترین فشار در کاهش انتشار مواجه خواهد بود.

۵- نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

با توجه به الزامات بین‌المللی کاهش انتشار بعد از سال ۲۰۲۰ و تعهد کاهش انتشار تمامی کشورها، ارائه راهکاری که بتوان در کنار افزایش رشد اقتصادی، مقادیر انتشار را کاهش داد از موضوعات مهمی است که مورد بحث کشورها، به‌ویژه اقتصادهای نوظهور و ایران می‌باشد. در میان راهکارهای مختلف، تجارت انتشار گازهای گلخانه‌ای، راهکاری مؤثر در ایجاد انگیزه اقتصادی کشورها در این مسیر است که خود نیازمند تخصیص بهینه مجوزهای انتشار در میان کشورهای حاضر در این تجارت می‌باشد. با در نظر داشتن اهمیت تخصیص عادلانه سهمیه‌های انتشار در همین راستا و با استفاده از اصول مرتبط، در این مقاله با در نظر گرفتن دی‌اکسیدکربن به‌عنوان ستانده نامطلوب و فرض ثابت بودن میزان انتشار، از روش ناپارامتریک مدل مجموع سود صفر تحلیل پوششی

داده‌ها (ZSG-DEA) به منظور اندازه‌گیری میزان بهینه انتشار و کارایی استفاده شده است. در این مدل، انتشار CO₂ به عنوان یک خروجی نامطلوب است، برخلاف مدل‌های قبلی که در آن‌ها متغیر CO₂ به عنوان ورودی در نظر گرفته می‌شد. بدین ترتیب، کارایی فنی از طریق معادله ۴، محاسبه و مکانیسم تخصیص کارا از طریق معادلات ۵ و ۶ محاسبه می‌گردد و بعد از تخصیص، هر DMU که انتشارش بر روی مرز ZSG قرار دارد، بهینه پارتو برایش ایجاد می‌شود. سپس از تجزیه و تحلیل تجربی برای اندازه‌گیری تخصیص کارای انتشار CO₂ بین کشورهای مورد نظر با استفاده از داده‌های WDI, 2015 استفاده خواهد شد.

در این رویکرد برخلاف سایر رویکردها که کارایی تنها براساس یک شاخص مانند انتشار دی‌اکسیدکربن به دست می‌آید و کشورها به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند، کارایی نسبی کشورها براساس گروه کشور مورد بررسی و با توجه به مجموع شاخص‌های مقدار انتشار دی‌اکسیدکربن، مقادیر مصرف انرژی، جمعیت و موجودی سرمایه، محاسبه شده است. نتایج تصمیم‌گیری بر مبنای یک شاخص (به‌طور مثال مصرف انرژی بالاتر موجب انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود) صحیح نبوده و قضاوت بر مبنای مجموعه‌ای از شاخص‌ها صحیح‌تر است. در واقع توجه به این نکته ضروری است که سیاست‌گذاری‌های مربوط به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن نباید تنها به کاهش میزان انتشار و یا یک شاخص دیگر معطوف شوند بلکه باید به هماهنگ‌سازی بین میزان سرمایه‌گذاری، توسعه اقتصادی و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به‌طور همزمان توجه شود، تا شرایط بهینه، قابل دستیابی گردد. به بیان دیگر، یکسان نبودن میزان واقعی انتشار و میزان بهینه مشخص شده در مدل ZSG-DEA بیانگر این موضوع است که کشورهای مورد بررسی، نتوانسته‌اند به تعادلی بین توسعه اقتصادی، صرفه‌جویی انرژی و کاهش انتشار دست یابند. بنابراین تلاش‌ها باید در جهت بهبود شاخص‌های توسعه اقتصادی و ساختار صنعتی، بهینه نمودن ساختار مصرف انرژی و بهبود منابع مالی در کشورها و به‌طور کلی توجه به تمامی شاخص‌ها معطوف گردد. ضمن آنکه استفاده از ابزارهای اقتصادی مانند تجارت انتشار، مالیات بر انتشار و مکانیسم‌های اعمال محدودیت بر سقف انتشار، می‌تواند با ایجاد انگیزه اقتصادی در جهت کاهش انتشار، در این مسیر مؤثر واقع شود.

منابع

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.

Baumol, W.J., Oates, W.E., 1988. *The Theory of Environmental Policy*, second ed. Cambridge University Press, Cambridge.

Burton, E., Sanjour, W., 1970. *Applications of Cost-effectiveness Analysis to Air Pollution Control* (DHEW Contract No. CPA 22-69-17). Ernst and Ernst, Washington, DC.

Chang M. (2012), Carbon Emission Allocation and Efficiency of EU Countries. *Modern Economy*, 3(5), 590-596

Charnes, A.W., Cooper, W.W., & Rhodes, E., (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Oper. Res.*, 2 (78), 429-444.

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.

Chen, W.Y., Fang, D., Xue, D.Z., et al., 1998. Study on fair emission permit allocation approach in urban air pollution control. *J. Tsinghua Univ. Sci. Technol.* 7, 50e53

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.

Coase, R.H., (1960). The problem of social cost. *J. Law Econ.*, 3 (1), 1-44.

Dales, J.H., (1968). *Pollution, Property & Prices: an Essay in Policy-making and Economics*. University of Toronto Press, Toronto.

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.

Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C., et al., 1989. Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. *Rev. Econ. Statist.* 71 (1), 90e98.

- Fischer, C., Newell, R.G., 2008. Environmental and technology policies for climate mitigation. *J. Environ. Econ. Manag.* 55 (2), 142e162.
- 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.
- Grubb, M., (1990). The greenhouse effect: negotiating targets. *International Affairs*, 66 (1), 67-89.
- Grubler A., Nakicenovic, N., (1994). International Burden Sharing in Greenhouse Gas Reduction. *International Institute for Applied Systems Analysis, Luxemburg, Austria.*
- 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.
- 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.*
- 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.
- 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.
- Ma, X.M., Li, S.G., Luan, S.J., et al., 1999. Studies on urban total air pollutant emission control planning in China. *Acta Sci. Nat. Univ. Pekin.* (2), 265e270.
- Ma, X.M., Wang, D.H., Yi, Z.B., et al., 2006. Study on the method of calculating and distributing the total amount of urban air pollutants. *J. Peking Univ. Nat. Sci. Ed.* 2, 271e275
- 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.
- Malcolm, A., Zhang, L.B., 2006. Case study on design of regulatory policies for sustainable emission reduction. *Comput. Aided Chem. Eng.* 21, 1119e1124.

- Nordhaus, W.D., 2005. Life after Kyoto: Alternative Approaches to Global Warming. National Bureau of Economic Research.
- Osborne, M.J., Rubinstein, A.A., (1999). A Course in Game Theory. *The MIT Press: Boston*.
- Pang, R.-Z.; Deng, Z.-Q.; Chiu, Y.-H. Pareto improvement through a reallocation of carbon emission quotas. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2015, 50, 419–430
- Pelin, D., Kesidou, E., 2011. Stimulating different types of eco-innovation in the UK: government policies and firm motivations. *Ecol. Econ.* 70 (8), 1546e1557
- 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.
- Rive, N., 2010. Climate policy in Western Europe and avoided costs of air pollution control. *Econ. Model.* 27 (1), 103e115.
- Ruth, M., Amato, A., 2002. Vintage structure dynamics and climate change policies: the case of US iron and steel. *Energy Policy* 30 (7), 541e552
- Seiford, L.M., Zhu, J., 2002. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *Eur. J. Oper. Res.* 142 (1), 16e20.
- Serrao, A., (2010). Reallocating agricultural greenhouse gas emission in EU 15 countries. *the Agricultural & Applied Economics Association 2010*, Denver, Colorado, July 25-27.
- Shi, M.J., Yuan, Y.N., Zhou, S.I., et al., 2013. Carbon tax, cap-and-trade or mixed policy: which is better for carbon mitigation? *J. Manag. Sci. China* 9, 9e19.
- Singh, S.S., Surya, M., (2014). Efficiency improvement strategy under constant sum of inputs. *J. Math. Model. Algor.* 13 (4), 579-596.
- Tone, K., 2004. Dealing with undesirable outputs in DEA: a slacks-based measure (SBM) approach. In: Toronto: Presentation at NAPW III, pp. 44e45.
- Wanga, Lining, Ma, Ding & Chen, W. (2014). Future CO2 Emissions Allowances and Inequality Assessment under Different Allocation Regimes. *Energy Procedia*, 61. 523 – 526,

- 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, 167.
- 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
- Wu, X., Ling, T., Guo, J., Wang, Y., Liu, H., & Zhu, W., (2015), a study of allocative efficiency of PM2.5 emission rights based on a zero sum gains data envelopment model. *Journal of Cleaner Production*. 1-8
- Wu, Y., (2004). Openness, productivity and growth in the APEC economies. *Empir. Econ*, 29, 593-604
- 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.
- 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.
- 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.
- Zhou, P., Ang, B.W., & Han, J.Y., (2010). Total factor carbon emission performance: a Malmquist index analysis. *Energy Econ*, 32, 194-201.
- Zhou, P., Ang, B.W., (2008). Decomposition of aggregate CO2 emissions: a production theoretical approach. *Energy Econ*, 30, 1054-1067.
- 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
- Zhuang, M, (2016). Efficient allocation of CO₂ emissions in China: a zero sum gains data Envelopment model. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4144- 4150.

The Optimal Allocation of CO₂ Emission Quotas between Iran and Emerging Economies

Azam Mohamadbagheri

PhD. Student of Economic Sciences, International Campus of Ferdowsi University of Mashhad

Mahmoud Houshmand¹

Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Business Administration, Ferdowsi University of Mashhad

Mohamadtaher Ahmadi Shadmehri

Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Business Administration, Ferdowsi University of Mashhad
shadmehri@um.ac.ir

Mahindokht Kazemi

Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Business Administration, Ferdowsi University of Mashhad
md-kazemi@um.ac.ir

Received: 2017/10/21 Accepted: 2018/06/05

Abstract

The Increasing share of greenhouse gas emissions in emerging economies and Iran will increase the need for their participation in greenhouse gas emissions reduction programs. The proper allocation of CO₂ emission quotas could provide a solid foundation for future emission trading between countries. There are many approaches in allocating emission quotas. Based on the radial zero sum gains data envelopment (ZSG-DEA) allocation model, this paper uses a non-radial ZSGDEA model to allocate CO₂ emissions between BRICS Countries and Iran. Unlike previous studies treating CO₂ as an input variable, we treat CO₂ as an undesirable output variable, which can be distributed between countries based on Pareto optimality conditions. Our model results indicate that countries with higher efficiency would witness an increase in their emission allowances. The allocation of CO₂ emission quotas according to (ZSG-DEA) allocation model, results in an optimal allocation of CO₂ emissions in all countries. Our model results will increase the pressure on China to reduce emissions, while Russia will have less responsibility for reducing emissions. We can thus conclude that optimal policy making should be based on a set of indicators of a country's economic development.

JEL Classification: Q52 ,Q53, Q56

Keywords: CO₂ Emission- emission quotas allocation- data envelopment analysis- ZSG-DEA model

1. Corresponding Author