بررسی تجارت مجوزهای انتشار گازهای گلخانه‌ای بین ایران و کشورهای عضو BRICS

اعظم محمدباقری[۱]، محمدطاهر احمدی شادمهری*[۲]، محمود هوشمند[۳]، مهیندخت کاظمی[٤]

۱- دانشجوی دکتری ، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲*- دانشیار گروه اقتصاد ، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه اقتصاد ، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استادیار گروه اقتصاد ، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد

*ایمیل نویسنده مسئول : shadmhri@um.ac.ir

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۱/۲۳ تاریخ پذیرش : ۹۹/۰۲/۲۱

چکیده

ویژگی فرامرزی انتشار دی‌اکسیدکربن سبب شده‌است تا برای تحقق اهداف جهانی کاهش انتشار مشارکت بیشتر کشورها الزامی است. برای افزایش انگیزه کشورها برای مشارکت، طراحی و انتخاب ابزارهای سیاست‌گذاری بسیارحائز اهمیت است. از آن‌جایی که کاهش انتشار هزینه‌بر است،کشورها معمولاً به دنبال راه‌هایی هستند که بیشترین سود خالص را به همراه داشته باشد. تشکیل بازارهای تجارت مجوزهای انتشار از بهترین و کارآمدترین سیاست در این زمینه است. با افزایش سهم انتشار کشورهای بریکس وکشور ایران، مشارکت و سیاست گذاری مناسب در این کشورها اهمیت بیشتری پیدا کرده است. به منظور توسعه ادبیات موجود و بررسی تأثیرگذاری استفاده از این ابزار بر کاهش هزینه‌های ایران، بعد از مشخص کردن سقف مجاز انتشار و برآورد هزینه دستیابی به سقف مجاز، میزان صرفه جویی ناشی از مشارکت در بازار محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در صورتی‌که عدم مشارکت ایران در ائتلاف‌های شکل گرفته باید هزینه‌ای معادل ۱۷۱۲۵۴۲۲/۵ میلیون دلار را پرداخت کند، در حالی‌که با شکل‌گیری ائتلاف بین ایران وکشورهای چین، هند و آفریقای جنوبی این هزینه به ۱۶۶۸۹۶۸۸/۹ میلیون دلار کاهش می‌یابد و میزان صرفه‌جویی حاصل شده۴۳۵۷۳۳/۶ میلیون دلار خواهد بود.

کلمات کلیدی

"انتشار دی‌اکسیدکربن"، "بازار تجارت مجوزهای انتشار"، "هزینه نهایی کاهش انتشار"

Investigation of trading greenhouse gas emissions permits, between Iran and BRICS member countries

Azam Mohamadbagheri[1], Mohmadtaher Ahmadishadmehri[2]*, Mahmoud Houshmand[3], Mahindokht Kazemi[4]

1.P.h.D student, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

2.Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

3.Professor of Economics, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

4.Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

*Email Address: shadmhri@um.ac.ir

Abstract

Due to the transnational nature of carbon dioxide emissions, more countries are required to participate in achieving global emission reduction targets. Designing and selecting policy tools to increase countries' incentives for participation is critical. Because cost reduction is costly, countries are usually looking for ways to maximize net profits. Emission permit trading markets are one of the best and most efficient policies in this field. With the increasing emission share of BRICS and Iran, proper participation and policy-making in these countries have become more important. In order to develop literature and examine the impact of using this tool on Iran's reducing costs, after determining the allowable emission cap and estimating the cost of achieving the allowable cap, the amount of savings resulting from market participation has been calculated. The results show that if Iran does not participate in the formed coalitions, the cost of reducing the emissions will be equal to $ 17125422.5 However, with the formation of the coalition between Iran and the countries of China, India, and South Africa, this cost will be reduced to $ 16689688.9 million, and the amount of savings will be $ 435733.6 million.

Keywords

"Carbon dioxide emissions", "emission permit trading market", "marginal abatement cost".

۱- مقدمه

بر اساس منابع سنتی علم اقتصاد، محیط زیست و کالاهای مربوط به آن در زمره کالاهای عمومی و رایگان با عرضه نامحدود در نظر گرفته شده که سازوکار بازار، امکان عملکرد کارا در مورد آن‌ها را ندارد.افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب و هوایی به عنوان یکی از مصادیق آسیب‌های زیست محیطی و از موارد شکست بازار است. پیمان‌های جهانی که از مهم‌ترین آن می‌توان به پروتکل کیوتو اشاره کرد به دنبال راهکارهایی در جهت کاهش بروز این پدیده و کاهش آثار آن بر همکاری و مشارکت تمامی کشورها تاکید دارند. البته باید به این نکته توجه کرد که بطور کلی هر گونه تلاش برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، موجب تحمیل هزینه های سنگینی بر کشورها خواهد شد. از اینرو کشورها همواره به دنبال استفاده از ابزارها و بکارگیری راه حل هایی هستند که بتواند همزمان با کاهش انتشار هزینه این عمل را به حداقل برسانند. ابزار مناسب باید واجد کلیه معیارهای یک ابزار اقتصادی یعنی درجه کارآیی زیست‌محیطی، کارآیی اقتصادی، کارآیی هزینه اجرایی، اصل عدالت، قابلیت پذیرش و اصل تطابق سازمانی با شد (حسینی، ۱۳۸۳). مجوزهای قابل مبادله یا تجارت نشر در گروه ابزار اقتصادی مبتنی بر بازار دسته‌بندی شده و ایجاد انگیزه اقتصادی، انعطاف پذیری زیاد، عدم اتلاف منابع زیست‌محیطی و قابلیت کنترل آلودگی در محیط زیست از ویژگی‌های منحصربه فرد آن است. هرچند در گذشته کشورهای توسعه یافته مسئولیت انتشار گازهای گلخانه ای را داشتند لیکن در آینده کشورهای در حال توسعه نظیر چین و هند تأثیر به سزایی خواهند داشت و لذا این کشورها نیز باید در کاهش انتشار و مبارزه با تغییر اقلیم نقش داشته باشند. به بیان دیگر مشارکت این کشورها در کاهش تغییرات آب و هوایی الزامی است و سرنوشت کنوانسیون تغییر آب و هوا به اقدام و فعالیت‌های کشورهای درحال توسعه بستگی دارد (لیل آرکاس، ۲۰۱۴)[۱]. از این‌رو در نظام آب و هوایی و رژیم حقوقی الزام‌آور جدید تمامی کشورها برای کاهش انتشار متعهد خواهند شد. بدین ترتیب، بعد از سال ۲۰۲۰ کشورهای درحال توسعه به ویژه کشور ایران و کشورهای عضو بریکس (BRICS) شامل (برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی) باید ازسیاست ها و ابزارهای لازم برای دستیابی به اهداف زیست محیطی را بهره مند شوند. تحقیقات نشان داده است که از بین ابزارهای مرسوم، بکارگیری مکانیسم‌های انعطاف‌پذیر نظیر تجارت انتشار، مزایای بیشتری نسبت به کاهش انتشار به صورت مجزا دارد. بر این اساس، مجوزهای مبادله پذیر قابل اتکا بوده و هزینه های اجرایی آن نیز حداقل است بطوری‌که در صورت رعایت این سقف‌ها، هدف جهانی تعیین شده با کمترین هزینه قابل دسترس خواهد بود (رحیمی و همکاران ، ۱۳۸۳).

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

رویکردهای مختلفی جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در مجامع بین‌المللی معرفی شده‌اند. به نظر می‌رسد رویکردهای مبتنی بر ارائه انگیزه‌های مالی برای کاهش انتشار CO_2 نسبت به رویکردهای دستوری و نظارتی که در آن دولت درمورد میزان انتشار یا تکنولوژی‌های مورد استفاده تصمیم می‌گیرد، از کارآیی بیشتری برخوردار می‌باشند. در سال ۱۹۲۰ پیگو مسئله مالیات های زیست محیطی را مطرح کرد و معتقد بود که در شرایط وجود پیامد خارجی منفی که عمدتاً شامل آلودگی‌های محیط‌زیست است، از طریق برقراری مالیات به میزان هزینه نهایی آلودگی می توان این هزینه‌های خارجی را داخلی کرد (پرمن، مک‌گیل‌ری، ترجمه ارباب، ۱۳۸۷). اگر چه سیستم مالیات ساده و اقتصادی است اما تعیین نرخ بهینه مالیات همواره مسأله‌ساز بوده است. کوز (۱۹۶۰) به منظور کنترل آلودگی روش حق مالکیت را ارائه کرد و معتقد بود چنانچه بازاری برای آلودگی ایجاد شود و هزینه مبادله صفر باشد می‌توان بدون حضور مستقیم دولت آلودگی را کنترل نمود. با وجود انتقاداتی که بر قاعده کوز مطرح است ولی بسیاری از اقتصاددانان معتقدند این قاعده نقش مهمی در گسترش تئوری‌های جدید محیط زیست داشته است. مجوزهای قابل مبادله و بطور کلی تجارت انتشار، روش تلفیقی از روش کوز با مقررات دولتی جهت کنترل آلودگی است. (امین‌رشتی و صیامی عراقی، ۱۳۹۱). بر اساس ادبیات موجود سه عامل تأثیرگذار بر ایجاد انگیزه‌های کاهش انتشار تحت برنامه تجارت انتشار وجود دارد. اولین عامل تعداد کشورهایی است که در توافق قرار می‌گیرند. دومین مسئله به حق انتشار اولیه مربوط است و سومین عامل مرتبط با ائتلاف‌هایی است که کشورها تشکیل می‌دهند. در این ارتباط دو موضوع بسیار مهم تعداد کشورهایی است که به توافق پیوسته‌اند و تعداد کشورهایی است که در بازار تجارت انتشار وارد شده‌اند. (وو و همکاران، ۲۰۱۴)[۲]. مکانیسم عمل برنامه مجوزهای قابل مبادله یا تجارت انتشار به این صورت است که ابتدا سطح کل آلودگی مشخص می‌شود و سپس با استفاده از روشهای متعددی آن را به کل واحدهای آلوده‌کننده تخصیص می‌دهند. کشورها در صورتی وارد تجارت انتشار خواهند شد که هزینه کاهش انتشار آن‌ها با یکدیگر متفاوت باشد. در این صورت هر کشوری که می‌تواند تعهدات کاهش انتشار را با هزینه پایین‌تر انجام داده و لذا مجوز کاهش انتشار بیشتری دارد، می‌تواند مازاد آن را در بازار بفروشد و از سوی دیگر هر کشوری که هزینه کاهش انتشار بالاتری دارد، انگیزه خرید مجوزهای کاهش انتشار را خواهد داشت. از این‌رو نیاز است که هزینه کاهش انتشار در کشورها محاسبه گردد. در زمینه محاسبه هزینه کاهش انتشار نیز روش‌های متعددی وجود داشته و مطالعات بسیاری انجام گرفته است. در مرحله آخر میزان صرفه جویی ناشی از مشارکت در بازار در قالب مدل های تئوری بازی‌ها مورد محاسبه قرار می‌گیرد. بوهرینگر و لانگه (۲۰۰۵)[۳] طرح‌های بهینه برای تخصیص رایگان مجوزهای انتشار را در یک بستر پویا مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که برنامه پدرخواندگی که مجوزهای انتشار را براساس نسبت انتشار در گذشته اختصاص می‌دهند، بهترین گزینه هستند. دیمایلی و کویریون (۲۰۰۶)[۴] در مطالعه خود نحوه تأثیرگذاری روش‌های مختلف تخصیص اولیه مجوزهای انتشار از جمله روش پدرخواندگی و روش مبتنی بر ستانده را بر نحوه تولید و میزان سودآوری صنعت سیمان در اروپا را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که انتخاب روش تخصیص تاثیرات بسیار زیادی بر میزان رقابت‌پذیری و انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنعت سیمان اروپا دارد. در راستای توجه به اصل عدالت و برابری در

۱. Leal Arcas, 2014
۲ .Wu & *et al*, 2014
3 .Bohringer & Lange, 2005
4. Demailly & Quirion, 2006

تخصیص انتشار، گیگناک و متیوس[5] (۲۰۱۵) روش تخصیص بودجه جهانی کربن که سازگار با سطوح معین گرمای جهانی است را با توجه به تفاوت‌های اساسی میان کشورها و با در نظر گرفتن انتشار تاریخی و بالقوه آن‌ها در آینده مورد توجه قرار می‌دهند.جینگ ژائو (۲۰۱۷)[6] در تخصیص مجوزهای انتشار ترکیبی از روش‌های توزیع برابر و تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کرده‌است. با وجود تفاوت در میزان جمعیت، مرحله توسعه، سطح اقتصادی، ساختار مصرف انرژی و ساختار صنعتی در میان استان‌های مختلف چین بر مبنای مدل کارایی SBM-DEA تخصیص مجوزهای می‌تواند به صورت عادلانه انجام گیرد. در گام محاسبه هزینه نهایی کاهش انتشار چوی و همکاران (۲۰۱۲)[7] با استفاده از معیار کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی (SBM)، هزینه‌های نهایی کاهش انتشار CO_2 مرتبط با انرژی در چین را مورد بررسی قرار داده اند. نتایج ثابت کرد که به لحاظ اقتصادی منطقه توسعه‌یافته شرقی کارایی انتشار بالاتری نسبت به سایر مناطق دارند. هروه للو (۲۰۱۳)[8] بحث نظری و روش شناختی مدل سازی ستانده‌های مطلوب و نامطلوب در ادبیات ناپارامتریک بر مبنای کارایی و تکنولوژی تولید را مورد بررسی قرار داده است. بوسمارت و همکاران (۲۰۱۷)[9] بر برآورد قیمت‌های سایه‌ای کربن در سطوح منطقه‌ای و بخشی تمرکز داشته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که با وجود افزایش فزآینده قیمت سایه جهانی کربن یک فرآیند همگرایی بین کشورها ایجاد شده است. حضور در بازار تجارت انتشار و بهره‌مندی از فرصت‌های آن می‌تواند کشورها را در رسیدن به هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، یاری کند. در دهه ۱۹۹۰ نخستین بار روش استاندارد نظریه بازی‌ها جهت مدل سازی مسیر تشکیل معاهدات زیست‌محیطی بین‌المللی (IEA) توسط گروهی از محققان در اقتصاد محیط‌زیست معرفی شد. در سال‌های بعد تمرکز بیشتر این تحقیقات بر عملکرد مدل‌های همکارانه و غیرهمکارانه کلاسیک بود. وود (۲۰۱۱) مدل نظری را برای تعمیم مدل‌های مختلف آب و هوایی بکار گرفته و نتیجه می‌گیرد که منافع کل کشورها در نتیجه بازی افزایش می‌یابد. وو و همکاران (۲۰۱۴)[10] میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن را برای انعکاس بازی‌های همکارانه بالقوه تجارت انتشار در میان سازمان‌های مختلف را شبیه سازی می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که پیوستن به بازار یک استراتژی به شدت غالب برای هر سازمان است. در مطالعات داخلی تنها مطالعه جامع، رساله توکلی (۱۳۹۳) است که مدل بهینه انتشار گازهای گلخانه‌ای بین مناطق مختلف ایران با استفاده از نظریه بازی‌ها و از منظر توسعه پایدار به تفکیک استانی مورد مطالعه قرار داده است. مطالعات مربوط به برآورد هزینه نهایی کاهش انتشار بیشتر بر حوزه بخشی تمرکز داشته اند مانند برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌های هوا در نیروگاه‌های کشور در مطالعه اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از تابع مسافت نهاده ، برآورد هزینه اقتصادی انتشار گازهای آلاینده از بخش انرژی بر تولید ناخالص داخلی در مطالعه رنجبر فلاح و باهوش در سال (۱۳۹۲) با کمک الگوی تولید کاب داگلاسی و روش حداقل مربعات معمولی، برآورد منحنی هزینه برای کنترل انتشار گاز دی اکسید گوگرد (SO_2) از مجتمع مس سرچشمه با استفاده از مدل های اقتصاد مهندسی در مطالعه امیر تیموری و همکاران (۱۳۹۳)، برآورد هزینه نهایی کاهش CO_2 کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر در ایران با استفاده از توابع مسافت نهاده و ستانده محور که توسط سالاری و همکارانش (۱۳۹۶) انجام شده است. در مورد تجارت مجوزهای انتشار نیزبیشتر مطالعات بر حوزه مدیریت منابع آبی متمرکز شده است. دارایی نژاد و همکاران (۱۳۹۴) مدیریت کیفیت آب رودخانه از طریق تجارت مجوز تخلیه بار آلودگی با لحاظ نمودن سرشاخه‌ها را انجام داده اند نتایج نشان می‌دهد در مقایسه با شرایط عدم وجود تجارت مجوز تخلیه آلودگی این سیاست منجر به کاهش هزینه‌های تصفیه و همچنین کاهش ریسک فازی تخطی از استاندار خواهد شد. صفایی و ملک محمدی (۱۳۹۳) با استفاده از بازی غیرهمکارانه تعاملات ذینفعان منابع آبی حوزه آبریز دریاچهٔ ارومیه را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که محققان زیادی در خارج از کشور در حوزه کنترل مقدار مجاز مجوزهای انتشار، برآورد هزینه نهایی کاهش انتشار و تجارت مجوزها مطالعه کرده اند. این در حالی است که در داخل کشور با وجود آنکه تشکیل بازار کربن جزو برنامه‌های مختلف سازمان‌ها قرار گرفته و در سند اقتصاد کم‌کربنی نیز به عنوان یکی از راهکارهای کاهش انتشار معرفی شده است، اما هنوز زیرساخت‌های لازم برای آن در داخل کشور فراهم نشده و مطالعات محدودی صورت گرفته است.

۳- روش تحقیق

در این مطالعه با توجه به آن‌که انتشار دی اکسیدکربن یک کالای غیر بازاری است، برای بررسی بازار تجارت مجوز انتشار از مدل‌های ترکیبی قیمت سایه و تابع مسافت استفاده شده است. البته به عنوان اولین گام مهم، تخصیص اولیه مجوزهای انتشار بر اساس اصل پرداخت آلوده کننده (PPP) به عنوان یک معیار عدالت محور با رویکرد بررسی خسارات زیست محیطی ناشی از انتشار تجمعی کشورها انجام شد و بعد از مشخص شدن سقف مجاز انتشار برای هر کشور هزینه دستیابی به آن مورد بررسی قرار گرفت و در گام نهایی برای بررسی صرفه جویی ناشی از تئوری همکاری از بازهای همکارانه استفاده شده است. برای انجام مراحل فوق داده های انتشار دی اکسیدکربن (ستانده نامطلوب)، تولید ناخالص داخلی (ستانده مطلوب) و مصرف انرژی، موجودی سرمایه و جمعیت (داده) کشورهای ایران، برزیل، روسیه، چین، هند و آفریقای جنوبی از گزارش شاخص‌های توسعه جهان (WDI) در سال ۲۰۱۷ استفاده شده است.

۳-۱ تخصیص اولیه مجوزها

در بیشتر معاهدات بین المللی با رویکرد بررسی جنبه های زیست محیطی سیاست های بین المللی اقتصادی، مذاکره کنندگان براین موضوع تاکید دارند که آلوده‌کنندگان باید آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌هایشان را شناسایی کنند و هزینه کنترل و پیشگیری مرتبط با آن را بپردازند. به بیان دیگر باید هزینه‌های زیست محیطی فعالیت های اقتصادی باید درونی سازی شود تا قیمت و مکانیزم های بازار سیگنال‌های درستی را به مصرف کنندگان منتقل کند و بازار شکست نخورد. از طرفی این هزینه ها باید به گونه ای باشد که آلوده کنندگان را به سمت کاهش آلودگی سوق دهد. به بیان دیگر رابطه هزینه کاهش انتشار آلودگی در هر کشور با قیمت دستیابی به هر واحد مجوز انتشار است که نقش کشور را

5 .Gignac and Matthews, 2015
6 .Jing Zhao, 2017
7 .Choi et al, 2015
8 .Hervé Leleu, 2013
9 .Boussemart et al, 2017
10. Wu et al, 2014

در بازار خرید و فروش مجوزها مشخص می‌کند. با توجه به آن‌که این کاهش میزان انتشار برای کشورها هزینه بر است باید حداقل مقادیر قابل حذف انتشار در کشورها مشخص شود تا براساس اصول حاکم برکنترل مقدار مجاز مجوزهای انتشار AE_K مقدار مجاز انتشار برای کشور K را با توجه به میزان مشخص شده یا سقف تعیین شده برای انتشار جهانTAE و انتشار تجمعی جهان و کشور K در دوره زمانی مورد بررسی نشان دهد. در شرایطی که هزینه کاهش انتشار در کشورها و در دوره زمانی مورد بررسی با توجه به مکان، تجهیزات، سوخت مصرفی و .... متفاوت است، انگیزه لازم برای مشاکت در بازار فراهم می شود. (خوش‌خو وگلوانی، ۱۳۹۴) رویکرد اصل پرداخت آلوده کننده مبنی برآن است که کشورهایی که مقدار انتشار تجمعی بالاتری دارند باید مقدار مجوز اولیه کمتری داشته باشند و بالعکس.

$$AE_K = TAE \times \frac{1 - [Cumulative\ Emission\ of\ Country\ K / World\ Total\ Cumulative\ Emissions]}{\sum_{K=1}^{K} 1 - [Cumulative\ Emission\ of\ Country\ K / World\ Total\ Cumulative\ Emissions]} \quad (1)$$

۳-۲ برآورد هزینه دستیابی به سقف مجاز انتشار تعیین شده برای هر کشور

نهاده‌ها $x=(x_1,\ldots\ldots,x_N) \in R^+$ (مصرف انرژی، جمعیت و موجودی سرمایه) در فرآیند تولید تبدیل به ستانده می‌شوند و در خلال این روند در کنار ستانده مطلوب $y = (y_1,\ldots\ldots, y_M) \in R^+_M$ (تولید ناخالص داخلی) ستانده‌های نامطلوب $b=(b_1,\ldots\ldots,b_J) \in R^+_J$ (انتشار دی اکسیدکربن) تولید می‌شوند. از آن جایی که تولید ستانده مطلوب و نامطلوب به صورت پیوسته است و ستانده نامطلوب محصول جانبی ستانده مطلوب است، برای کاهش هر ستانده نامطلوب هزینه‌ای معادل کاهش ستانده مطلوب به سیستم تحمیل می‌شود. تولید ستانده نامطلوب نشان ناکارایی سیستم و کالایی غیر بازاری است، از اینرو با استفاده از ترکیب توابع مسافت و قیمت سایه می‌توان هزینه هایی کاهش ستانده نامطلوب (انتشار دی اکسیدکربن) را اندازه گیری کرد.

$$\begin{aligned} &P(x) = \{(y,b): x\ can\ produced\ (y,b)\} \\ &\overrightarrow{D_0}(x,y,b;g_y,g_b) \\ &= \max\{\beta: (y + \beta g_y, b - \beta g_b) \\ &\in P(x)\} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\mathrm{MAC} = \frac{q}{p} = \frac{\partial \overrightarrow{D_0}(x,y,b;g)/\partial b}{\partial \overrightarrow{D_0}(x,y,b;g)/\partial y} = \frac{\partial y}{\partial b} = MRTT_{y,b}$$

$$\frac{q}{p} = \frac{\partial \overrightarrow{D_0}/\partial CO2}{\partial \overrightarrow{D_0}/\partial gdp} \quad (3)$$

در رابطه (۲) بردار $g = (g_y, -g_b)$ نشان‌دهنده جهت حرکت برای رسیدن به مرز کارایی است و همواره مثبت است $(g > 0)$. به همین سبب در توابع مسافت برای رسیدن به مرز کارایی همزمان ستانده مطلوب به اندازه $+\beta g_y$) افزایش و ستانده نامطلوب به میزان($-\beta g_b$) کاهش می یابد. در رابطه (۳) q قیمت سایه دی‌اکسیدکربن، برابر با نرخ نهایی جایگزینی تولید ناخالص داخلی و دی‌اکسیدکربن یا میزان تولید ناخالص داخلی کاهش یافته برای دستیابی به کاهش یک واحد دی اکسیدکربن است. برای برآورد تابع مسافت می توان از تابع کوآدراتیک پیشنهادی چمبر (۱۹۹۸) که با توجه به داده های مورد استفاده در این مطالعه بازنویسی شده است استفاده کرد.

$$\begin{aligned} \vec{D}^K = a &+ (a_1 \times E^{kt} + a_2 \times L^{kt} + a_3 \times K^{kt}) + \beta_1 \\ &\times GDP^{kt} + \gamma_1 CO2^{kt} \\ &+ \frac{1}{2}(a_{11}E^{kt} \times E^{kt} + a_{12}E^{kt} \times L^{kt} \\ &+ a_{13}E^{kt} \times K^{kt} + a_{22}L^{kt} \times L^{kt} \\ &+ a_{23}L^{kt} \times K^{kt} + a_{33}K^{kt} \times K^{kt}) \\ &+ \frac{1}{2}\beta_2(GDP^{kt})^2 + \frac{1}{2}\gamma_2(CO2^{kt})^2 \\ &+ (\vartheta_1 E^{kt} \times CO2^{kt} + \vartheta_2 L^{kt} \\ &\times CO2^{kt} + \vartheta_3 K^{kt} \times CO2^{kt}) \\ &+ \mu GDP^{kt} \times CO2^{kt} \\ &+ (\delta_1 E^{kt} \times GDP^{kt} + \delta_2 L^{kt} \\ &\times GDP^{kt} + \delta_3 K^{kt} \\ &\times GDP^{kt}) \end{aligned} \quad (4)$$

در معادله (۴) K تعیین کننده کشور و t تعیین کننده سال (۲۰۱۵) که در مجموع Y^{kt} بیانگر تولید ناخالص داخلی و خروجی مطلوب برای کشور k در سال t است. b^{kt} خروجی نامطلوب یا انتشار دی اکسید کربن برای کشور k در زمان t است. $x^{kt}{}_n$ و n مساوی ۱و۲و۳ است نشان دهنده ورودی مصرف انرژی ، شکل گیری سرمایه واقعی و نیروی کار در کشور k برای سال ۱و۲و ۳ است. با توجه به آن که تعداد زیادی پارامتر باید برآورد شوند و تعداد مشاهدات اندک است بهترین روش برای برآورد تابع درجه دو مطرح شده و مقادیر تابع مسافت جهت دار در مرحله اول روش برنامه ریزی خطی است.

۳-۳ تدوین بازی همکارانه تجارت مجوزهای انتشار

بعد از بررسی و محاسبه میزان هزینه کاهش انتشار در کشورهای مختلف باید امکان حضور هر کشور در بازارهای شکل یافته مختلف با هدف بررسی میزان صرفه‌جویی ناشی از مشارکت در بازار بررسی شود. به استناد مدل ارایه شده دیلز (۱۹۶۸) هزینه کل کاهش انتشار در ائتلاف های شکل گرفته برابر خواهد بود با هزینه هر کشور در ائتلاف بعلاوه قیمت تعادلی مجوز در بازار شکل گرفته و اختلاف بین مجوزهای انتشار اولیه ائتلاف (ER) و مجوزهای اولیه تعادلی ائتلاف(ER^*) که در معادله (۵)آمده است. با توجه به اصل برابری میزان مجوزهای اولیه و تعادلی برای، هزینه کل ائتلاف مینیمم می‌شود و اگر این هزینه از هزینه کل ائتلاف در حالت عدم همکاری کم کنیم میزان صرفه جویی حاصله به دست می‌آید و کشورها می‌توانند از این طریق تصمیم بگیرند که با توجه به منافع مادی و سود حاصل از مشارکت در کدام ائتلاف مشارکت کنند. (معادله (۶))

$$TC_i = \sum_{i=1}^{6} C_i(A_i) + P * (ER_i - ER_i^*) \quad (5)$$

$$saving = \sum_1^n TC_1 + \cdots + TC_n - TC_{Coalition} \quad (6)$$

برای بررسی تعامل استراتژیک کشورها و چگونگی تقسیم میزان سود حاصله (صرفه جویی کلی) در ائتلاف بین اعضا از تئوری بازی‌های همکارانه و ارزش شپلی استفاده شده است. زیرا باید سود حاصل شده از همکاری بین اعضا به صورت عادلانه توزیع شود و اعضا به میزان پیامدی دست پیدا کنند که هیچ ائتلاف دیگری برای آن ها سودمند نباشد. (عبدلی،۱۳۹۱)

٤- تجزیه و تحلیل وارائه نتایج

شروع فرایند تخصیص به منظور کنترل مقادیر مجاز انتشار در کشورهای بریکس و ایران مستلزم در نظر گرفتن یک سقف انتشار برای این کشورها است. این در حالی است که هیچ یک از سناریوهای جهانی سقفی را برای کنترل مقادیر انتشار گازهای گلخانه ای برای این کشورها در نظر نگرفته‌اند. از اینرو این سقف مجاز انتشار برای کشورهای بریکس و ایران در سال ۲۰۱۷ بر مبنای سناریوی ۴۵۰ آژانس بین المللی انرژی سهم کشورهای مورد بررسی محاسبه شد و مشخص شد که باید مجموع انتشار در این کشورها ۵۰/۵ درصد کاهش یابد. میزان مجاز انتشار کشورها بر اساس روش اصل جبران پولی آلوده کننده (ppp) در جدول (۱) ارائه شده است. کشورهای برزیل، روسیه، آفریقا و ایران به دلیل انتشار تجمعی کمتر در دوره زمانی (۲۰۱۷-۲۰۰۰) به نسبت سایر کشورها مجاز به افزایش انتشار وکشورهای دو کشور چین و هند ملزم کاهش سهمیه انتشار خود می‌باشند. این نتیجه با توجه به رتبه‌بندی کشورهای مورد بررسی در میزان انتشار قابل تأمل است زیرا در این گروه چین و هند بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند و کاهش سهمیه برای آن‌ها دور از انتظار نیست.

جدول (۱) : میزان مجاز انتشار کشورها براساس شاخص PPP

کشور	انتشار ۲۰۱۷ (میلیون تن)	انتشار مجاز یا میزان تخصیص (میلیون تن)	تغییرات
برزیل	583.138	4522.96	3939.82
روسیه	1736.46	4053.435	2316.98
هند	2613.34	1751.139	-862.20
چین	12840.1	4055.908	-8784.19
آفریقای جنوبی	314	4540.03	4226.03
ایران	725.96	4476.126	3750.17

منبع : محاسبات محقق

به منظور محاسبه هزینه نهایی کاهش انتشار و با توجه به آمارهای در دسترس از رویکرد پارامتریک تابع مسافت جهت‌دار استفاده می شود. زیرا مطلوب آن است که مقادیر انتشار CO_2 به عنوان ستانده بد در صورتی کم شود که مقادیر تولید ناخالص داخلی به عنوان ستانده خوب حداقل ثابت مانده و کاهش نیابد. نتایج محاسبات مربوط به قیمت سایه کاهش انتشار که گویای آن است که در هر کشور به ازای یک واحد کاهش دی‌اکسید کربن، باید چند واحد از تولید (GDP) صرفنظر کرد در جدول (۲) ارائه است. البته باید به این نکته توجه کرد که محاسبه قیمت سایه به طور نسبی و با در نظر گرفتن جمیع شاخص‌ها در گروه کشور و سال مورد بررسی محاسبه می شود. حال با توجه به تنوع هزینه موجود در قیمت‌های سایه، در صورت تشکیل بازار می‌توان گفت این کشورها می توانند از مزایای آن به لحاظ کاهش هزینه ها بهره مند شوند. چرا که برخی کشورها نظیر آفریقای جنوبی هزینه کاهش انتشار پایین و برخی نظیر ایران هزینه بالایی دارند و می توانند با حضور در بازار مجوزهای خود را مبادله نمایند.

جدول (۲): قیمت سایه کشورها (میلیون دلار)[11]

کشور	قیمت سایه
برزیل	1.281
روسیه	1.271
چین	1.288
هند	1.283
آفریقای جنوبی	1.141
ایران	2.727

منبع: محاسبات محقق

هدف از شکل گیری بازار تجارت انتشار در بین این گروه کشورها، شبیه سازی مقدار صرفه‌جویی حاصل از حضور در بازار تجارت انتشار در شرایطی است که این کشورها هنوز تعهد مشخصی برای کاهش انتشار ندارند. بازار تجارت انتشار بین کشورهای ایران و بریکس بصورت یک بازی ایستا با جمع غیر صفر است که کشورها بصورت همزمان استراتژی خود را انتخاب می کنند اطلاعات کاملی را نسبت به تصمیمات یکدیگر دارند. کشورها با هدف حداقل نمودن هزینه نهایی کاهش انتشار خود و به منظور دستیابی به منافع بیشتر با یکدیگر همکاری کنند و انگیزه حضور در تجارت انتشار را خواهند داشت. در اینجا محاسبه میزان صرفه جویی در نتیجه حضور در بازار است که می‌تواند این هدف را برآورده نماید. با مقایسه هزینه ای که کشورها در صورت اقدام به کاهش انتشار به صورت مجزا و انفرادی برای دستیابی به سقف مجاز تعیین شده در روش PPP پرداخت می کردند، مشخص می شود که هزینه در کل کاهش یافته است که آن را می‌توان معادل با صرفه جویی ناشی از مشارکت در ائتلاف‌ها دانست. میزان صرفه‌جویی (پیامدها) در جدول (۳)[12] آمده است. بیشترین میزان صرفه‌جویی زمانی محقق می شود که چین، آفریقای جنوبی، هند و ایران برای تجارت مجوزهای انتشار یک ائتلاف تشکیل دهند. به بیان دیگر در صورت مشارکت و همکاری بین این چهار کشور و توافق بر سر انتخاب استراتژی همکاری بین آن‌ها، میزان کاهش محقق شده نسبت به حالتی که کشورها به صورت جداگانه اقدام به کاهش انتشار داشته باشند بیشتر است در واقع در این ائتلاف، هزینه‌ها کاهش یافته و میزان صرفه جویی حاصل از ائتلاف شکل گرفته ۴۳۵۷۳۳,۶ میلیون دلار خواهد بود. (هزینه کل انتشار ایران به تنهایی ۱۷۱۲۵۴۲۲,۵ میلیون دلار بوده است که در ائتلاف ۴ کشوری با چین، آفریقای جنوبی و هند به ۱۶۶۸۹۶۸۸,۹ کاهش می یابد). در مرحله بعد باید با محاسبه ارزش شپلی سهم هر کشور از صرفه جویی حاصل شده در ائتلاف مشخص شود. در جدول (۴) میزان ارزش شپلی کشور ایران با کشورهای هند، چین، آفریقای جنوبی در یک ائتلاف نشان داده شده است.

۱۱. نزدیک بودن قیمت‌های سایه به دلیل تعداد کم نمونه می‌باشد.

۱۲. در صفحه بعد

جدول (٤): میزان ارزش شپلی همه کشورها

شرح	میزان ارزش شپلی	سهم در صرفه‌جویی (درصد)
چین	1798473.19	41.27
هند	1070934.34	24.58
آفریقای جنوبی	502234.80	11.53
ایران	985693.42	22.62
مجموع ارزش شپلی کشورها	4357335.745	-----
میزان صرفه‌جویی محقق شده	4357335.745	--------

منبع: محاسبات محقق

میزان ارزش شپلی محاسبه شده برای ایران معادل با ۹۸۵۶۹۳,۴ میلیون دلار است که نشان می‌دهد این کشور در محقق شدن میزان صرفه‌جویی ۴۳۵۷۳۳۵,۷ میلیون دلاری در ائتلاف بین کشـــور های چین، هـند و آفریقای جنوبی مانند سایر کشورها سهم ۲۲,۶ درصدی دارد. با توجه به فرض عقلانیت گروهی باید مجموع ارزش شـپلی همه کشـورها برابر با میزان صرفه‌جویی ائتلاف بزرگ (ائتلافی که بیشترین صرفه‌جویی را به همراه دارد) است.

جدول(۳): میزان صرفه‌جویی ناشی از مشارکت در کاهش انتشار بین ائتلاف‌های مختلف

تعداد اعضا	ردیف	ائتلاف شکل گرفته	میزان صرفه جویی کل ائتلاف (میلیون دلار)
دو عضوی	۱	برزیل، ایران	24494.84
	۲	روسیه، ایران	120133.5
	۳	چین، ایران	14481.07
	۴	هند و ایران	13288.02
	۶	آفریقای جنوبی، ایران	24702.97
سه عضوی	۷	برزیل، روسیه، ایران	1777.423
	۸	برزیل، چین، ایران	107374.7
	۹	برزیل، هند، ایران	4835.71
	۱۰	برزیل، آفریقای جنوبی، ایران	1449.401
	۱۱	روسیه، هند، ایران	58513.1
	۱۲	روسیه، چین، ایران	47685.51
	۱۳	روسیه، هند، ایران	1224.771
	۱۴	روسیه، آفریقای جنوبی، ایران	4355.486
	۱۵	چین، هند، ایران	76481.27
	۱۶	چین، آفریقای جنوبی، ایران	104965.4
	۱۷	هند، آفریقای جنوبی، ایران	1236.43
چهار عضوی	۱۸	برزیل، روسیه، چین، ایران	226856.9
	۱۹	برزیل، روسیه، هند، ایران	7341.36
	۲۰	برزیل، روسیه، آفریقای جنوبی، ایران	4160.513
	۲۱	برزیل، چین، هند، ایران	319384.3
	۲۲	برزیل، چین، آفریقای جنوبی، ایران	350263.6
	۲۳	برزیل، هند، آفریقای جنوبی، ایران	4132.498
	۲۴	روسیه، چین، هند، ایران	288072
	۲۵	روسیه، چین، آفریقای جنوبی، ایران	316557
	۲۶	روسیه، آفریقای جنوبی، هند، ایران	3004.584
	۲۷	چین، آفریقای جنوبی، هند، ایران	435733.6
پنج عضوی	۲۸	برزیل، روسیه، چین، هند، ایران	14.14648
	۲۹	برزیل، چین، هند، آفریقای جنوبی، ایران	14.79861
	۳۰	روسیه، چین، هند، آفریقای جنوبی، ایران	1.437132
	۳۱	برزیل، روسیه، چین، آفریقای جنوبی، ایران	14.65787
	۳۲	برزیل، روسیه، هند، آفریقای جنوبی، ایران	0.022425
شش عضوی	۳۳	برزیل، روسیه، چین، هند، آفریقای جنوبی، ایران	93.27584

منبع : محاسبات محقق

۵- نتیجه گیری

بطور کلی، آنچه موجب می شود ابزارهای بازاری برای اقتصاددانان از جذابیت زیادی برخوردار باشد، دستیابی به هدف‌های مورد نظر با کمترین هزینه است و همین عامل موجبات شکل‌گیری بازار تجارت انتشار در این تحقیق بوده است. با وجود گمانه زنی ها در مورد الزام تعهد برای همه کشورهای جهان در سال های بعد از ۲۰۲۰ و اصل مسئولیت م شترک اما متفاوت بین ک شورها بتوان با فرض ایجاد همان محدودیت در سال ۲۰۱۷ میزان بهینه انتشار برای دستیابی به اهداف جهانی در بین کشورهای بریکس و ایران مشخص کند. بدین منظور سه مرحله در رسیدن به هدف مطالعه در نظر گرفته شده است. در تخصیص به روش PPP صرفنظر از سایر شاخص‌ها تنها به مقادیر انتشار توجه می شود و هر کشور آلوده‌کننده به میزان انتشاری که دارد و با توجه به انتشار مجاز در جهان، مقادیر انتشار خود را کاهش و یا افزایش خواهد داد. بدین ترتیب، بر مبنای این روش دو کشور هند و چین که در رتبه های اول و دوم انتشار گروه مورد بررسی قرار دارند، باید انتشار خود را کاهش دهند و سایر کشورهای مورد بررسی مجوز افزایش انتشار را خواهند داشت. بنابراین از آنجا که تخصیص مقادیر مجوز انتشار در این روش نیازی به شاخص‌های دیگر ندارد روشی ساده‌تر بوده و نتایج آن نیز قابل استفاده در مراحل بعدی خواهد بود. همچنین به منظور محاسبه هزینه نهایی کاهش انتشار در رویکرد تابع مسافت جهت‌دار، از تابع کوآدراتیک با توجه به خواص منا سب آن، در محا سبه قیمت سایه ا ستفاده می شود. قیمت سایه محاسبه شده گویای آن است که به ازای یک واحد کاهش دی‌اکسید کربن، باید چند واحد از تولید نا خالص داخلی(GDP) صرفنظر کرد. این قیمت سایه به طور نسبی و با در نظر گرفتن جمیع شاخص‌ها در گروه کشور و سال مورد بررسی محاسبه می شود. با توجه به تنوع هزینه موجود در قیمت های سایه، در صورت تشکیل بازار می توان گفت این کشورها با توجه به شرایط می توانند فروشنده یا خریدار بوده و از مزایای صرفه جویی در هزینه کاهش انتشار بهره ببرند. با م شخص شدن میزان هزینه نهایی کاهش انتشار، هزینه کل کاهش انتشار کشورها محاسبه شده است و براساس فرمول‌های مشخص و با در نظر گرفتن گروه‌های دو، سه، چهار، پنج و شش ک شوری و ضعیت حضور ایران در بازارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. از مشخص شدن میزان صرفه‌جویی ناشی از مشارکت در ائتلاف و انتخاب ائتلاف کلی، ارزش شپلی و سهم هر کشور در تحقق این حجم از صرفه جویی مشخص شد. با توجه به نتایج اتخاذ شده و میزان صرفه‌جویی نا شی از م شارکت مشخص شد که چهار کشور چین، هند، آفریقای جنوبی و ایران در صورت وجود امکان همکاری و تشکیل ائتلاف علاقه‌مندند تا در یک ائتلاف چهار کشوری حضور داشته باشند و یا بر سر انتخاب ا ستراتژی همکاری توافق کنند. ح ضور در این ائتلاف برای همه کشورهای مذکور مجموعاً صرفه جویی به میزان ۴۳۵۷۳۳٫۶ میلیون دلار به همراه خواهد داشت. در بین این کشورها، کشور چین که رتبه یک انتشار دی اکسیدکربن و مصرف انرژی را در گروه کشور مورد بررسی به خود اختصاص داده است با رقم صرفه‌جویی ۱۷۹۸۴۷٫۳ میلیون دلاری بی شترین سهم را خواهد دا شت، به بیان دیگر به ن سبت سایر کشورها، بیشترین سود عاید این کشور خواهد شد. این واقعیت که برای اکثریت کشورها به جز روسیه و برزیل، هزینه همکاری در دستیابی به سقف مجاز انتشار م شخص شده در روش ppp برای کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن از حالت اقدام به کاهش انتشار به صورت مجزا کمتر خواهد بود، زمینه خوبی را برای مشارکت حداکثری اعضا فراهم کرده است. البته به دلیل فرامرزی بودن مسئله انتشار دی‌اکسیدکربن، این کشورها با توجه به نگرانی های موجود، لازم است تا در آینده‌ای نه چندان دور حداقل بر طبق اصل «مسئولیت مشترک اما متفاوت همه ک شورها» و رعایت ا صل عدالت، بخ شی از م سئولیت کاهش انت شار و دستیابی به اهداف توسعه پایدار را بر عهده بگیرند و به طور مؤثر از فر صت تأثیرگذاری بر م سیر آتی رژیم‌های آب و هوایی ا ستفاده کنند تا قابلیت انطباق بیشتری با تغییرات آب و هوایی داشته باشند. این مکانیزم تنها درصدد کاستن سطح انتشار نیست و به دلیل وجود انگیزه‌های مالی و امکان درآمدزایی با مقاومت کمتری روبرو خواهد شد. رویکردهای بازار محور و بویژه تجارت انتشار، اساس توسعه نظام تغییرات آب و هوایی ه ستند و با توجه به ا صل حداقل سازی هزینه‌ها و افزایش امکان‌پذیری فعالیت‌های کاهش انتشار در بلندمدت بکارگرفته می شوند. این نگرش‌ها همچنین می توانند انگیزه توسعه و گسترش تکنولوژی های انرژی با انتشار کربن پایین و ترویج انتقال تکنولوژی به کشورهای کمتر تو سعه‌یافته را ایجاد نمایند. به بیان دیگر ا ستفاده از مکانی سم‌های بازار محور و بویژه تجارت انتشار در کشورهای مختلف مشوقی برای بهره گیری از سیستم های نوآورانه با رویکرد تو جه به مسائل زیست محیطی و بکارگیری روش های حداقل هزینه در برآورده نمودن اهداف کاهش انتشار است. علاوه برآن نتایج به دست آمده می تواند اولویت بندی کشورها برای مشارکت در ائتلاف های شکل گرفته را م شخص کند. از این رو برای مذاکرات و همکاری های بین سازمانی و دستیابی به اهداف جهانی کاهش انتشار با حضور حداکثری کشورها استفاده خواهد شد.

منابع

- اسماعیلی، ع. و محسن پور، ر. (۱۳۸۹). تعیین قیمت سایه آلاینده‌های هوا در نیروگاه‌های کشور، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی۱۰(۴): ۸۶-۶۹.
- امیرتیموری، س، خلیلیان، ص، امیرنژاد، ح و محبی، علی.(۱۳۹۲). برآورد منحنی هزینه برای کنترل انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد (SO_2 از مجتمع مس سرچشمه)، محیط شناسی دوره چهلم(۲):۴۳۸-۴۳۱.
- امین رشتی، ن، صیامی، ا. (۱۳۹۱). تأثیرمالیات سبز بربیکاری (مطالعه موردی کشورهای عضو همکاری‌های اقتصادی). فصلنامه اقتصاد کاربردی ۳ (۸): ۳۷-۵۶.

- پرمن، راجر، یو، ما و مک گیل ری، جیمز. (۱۹۹۶). **اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی**. ترجمه حمیدرضا ارباب (۱۳۸۲)، تهران: نشرنی.
- توکلی، آ (۱۳۹۳). **ارائه مدل بهینه انتشار گازهای گلخانه‌ای بین مناطق مختلف ایران با استفاده از نظریه بازی‌ها و از منظر توسعه پایدار**. تهران، دانشگاه تهران دانشکده محیط‌زیست.
- خوش‌خو، ا. و گلوانی، ا. (۱۳۹۴). اقتصاد انرژی و محیط‌زیست شهری؛ سقف انتشار آلودگی و مبادله؛ بازار مجوز انتشار آلاینده‌ها و نقش آن در تأمین مالی شهرداری، اقتصاد شهر (۲۵): ۱۰۳-۹۹
- خوشخو، اعظم (۱۳۹۲). **امکان‌سنجی تشکیل بازار مجوز انتشار آلاینده‌ها در سیستم حمل و نقل شهر تهران** . پایان نامه ارشد، تهران: دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده اقتصاد.
- دارایی نژاد، ن، نیک سخن، م و اردستانی، م. (۱۳۹۴) مدیریت کیفیت آب رودخانه از طریق تجارت مجوز تخلیه بار آلودگی با لحاظ نمودن سرشاخه‌ها. کنفرانس بین المللی علوم، مهندسی و فناوری‌های محیط‌زیست
- رنجبرفلاح، م، باهوش کیوانی، س. (۱۳۹۲). برآورد هزینه اقتصادی انتشار گازهای آلاینده ($Co_۲$,NO_X,SO_2) از بخش انرژی بر تولید ناخالص داخلی ایران، فصلنامه علمی محیط زیست۵۵: ۹۶-۵۷.
- سالاری، ا، صادقی، ز. و شکیبایی، ع (۱۳۹۶). برآورد هزینه نهایی کاهش CO_2 کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کاکن و بیشتر در ایران رویکرد قیمت سایه‌ای. مطالعات اقتصادی کاربردی ایران۶(۲۳)، ۱۵۹-۱۳۷ .
- صفایی، ا. ملک محمدی، ب (۱۳۹۳). رهنمودهای نظریه بازی‌ها برای حکمرانی پایدار منابع آبی مشترک (مطالعه موردی مناقشه آبی دریاچه ارومیه). محیط شناسی، دوره چهلم (۱): ۱۲۱-۱۳۸.
- عبدلی، ق. (۱۳۹۱). **نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن (بازیهای اطلاعات ناقص، تکاملی و همکارانه)**، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی.
- محمدباقری، ا. و خلیلی یادگاری، م. (۱۳۹۵). **بازارکربن و کشورهای درحال‌توسعه**. تهران: موسسه مطالعات بین المللی انرژی.
- Aigner, D.J., & Chu, S.F. (1968).On estimating the industry production function. Am. Econ. 58 (4), 826–839.
- Borghesi, S., & Montini, M. (2015). The allocation of carbon emission permits theoretical aspects and practical problems in the (FESSUD). Working Paper Series, No 75. Financialisation, Economy, Society & Sustainable Development (FESSUD) Project.
- Chambers, R.G., Chung, Y. and Fare, R. (1996). Benefit and Distance Functions. Journal of Economic Theory, 70, 407-419.
- Chambers, R.G., Chung, Y., Färe, R.(1998). Profit, directional distance functions, and Nerlovian efficiency. J. Optim. Theory Appl. 98 (2), 351–364.
- Coase, H. (1960) The Problem of Social Cost" Journal of Law and Economics. Vol. 3. pp. 1-44
- Dales, J.H. (1968). Pollution, Property & Prices an Essay in Policy-making and Economics. University of Toronto Press, Toronto.
- Den Elzen, M., Meinshausen, M.(2006). Meeting the EU 21C climate target global and regional emission implications. Clim. Pol. 6, 545–564.
- Grubb, M. (1990). The greenhouse effect negotiating targets. International Affairs, 66 (1), 67–89.
- Hailu A and TS Veeman. (2000). Environmentally Sensitive Productivity Analysis of the Canadian Pulp and Paper Industry, 1959-1994 an Input Distance Function Approach. J Environmental Economics and Management 40(3) 251-274.
- Hailu, A. (2003). Non-parametric productivity analysis with undesirable outputs reply. American Journal of Agricultural Economics 85 (4), 1075–1077.
- Jing Zhao. (2017). The Carbon Emissions Efficiency and Marginal Abatement Cost in Urban of China Non-Parametric Directional Distance Function Method, , Modern Economy, 8, 386-396. Journal of Operational Research, 215, 750-762.
- Leleu, H., & et al. (2013). Shadow pricing of undesirable outputs in nonparametric analysis. European Journal of Operational Research 231 (2013) 474–480
- 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.
- Miao, Zhuang. Geng, Yong & Sheng, Jichuan. (2015). Efficient allocation of CO_2 emissions in China a zero sum gains data envelopment model. Journal of Cleaner Production1-7
- Pigou. A. (1920).The economics of welfare.The MACMILLAN Company of Canada, limited toronto
- Wu, Y. (2004). Openness, productivity and growth in the APEC economies. Empir. Econ, 29, 593–604.