--Name of Journal---------
Vol(issue), PP.
.atu.ac.ir
DOI:

ATU PRESS

Original Research / Review / ...
Received:
Accepted:
ISSN:
eISSN:

Effects of imposing Carbon Border Adjustments on Carbon emission in Iran's Industries sector after the Paris Agreement

Sheyda Nematollahi Sarvestani — PhD Student, Management and Economic Faculty, Science and Research Branch, Islamci Azad University, Tehran, Iran.

Abbas Memarnejad* — Assistant Professor, Management and Economic Faculty, Science and Research Branch, Islamci Azad University, Tehran, Iran.

Tymour Mohammadi — Associated Professor, Allameh Tabatabaei University, Tehran, Iran.

Abstract:

The implementation of the mechanism of carbon border adjustments or carbon tariffs as a tool to deal with carbon leakage and reducing the competitiveness of production was implemented by the European Union in October ٢٠٢٣ under the transitional phase and it will be implemented under the definitive phase from January ٢٠٢٦. Some countries, including the United States of America and Japan, have also predicted similar policies. This is while developing and developed countries have committed to take measures to combat climate change and reduce carbon emissions based on the Paris Agreement. This shows the concern of countries applying carbon tariffs because of carbon leakage even after the creation of the Paris Agreement. Considering that the European Union has announced that it will first apply carbon tariffs to energy industries, this study uses the GTAP-E model to investigate the change in the amount of carbon dioxide emissions in Iran's industries as a result of the imposing of carbon tariffs by the European Union, the Japan, the United States of America and all regions on Iran's energy intensive industries. The statistics of the research includes ١٤١ regions and ٦٥ sections in the GTAP١٠ data base published in ٢٠١٩. The estimation of the model shows that under all four scenarios, the amount of production and carbon dioxide emissions will decrease in the energy-intensive industries sector and the entire industries of Iran. Considering the effects of carbon tariffs on the industrial sector, it is necessary to take the

* Corresponding Author: memarnejad@srbiau.ac.ir

necessary policies to reduce the amount of carbon emissions in the production stages of industrial products.

JEL Classification: D٥٨،F١٨ ،Q٥٦.

Keywords: Carbon tariff, Energy intensive industries, Iran’s industries, Carbon emission, Paris Agreement.

--پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران---------
دوره ؟، شماره ؟، نام فصل، سال، ص ص
.atu.ac.ir
DOI:

مقاله پژوهشی/مروری/سخن سردبیر
تاریخ دریافت: ۰۰/۰۰/۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۰/۰۰
ISSN:
eISSN:

اثر اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن بر میزان انتشار کربن در بخش صنایع ایران بعد از اجرایی شدن توافقنامه پاریس

شیدا نعمت الهی سروستانی | دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

عباس معمارنژاد * | استادیار دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تیمور محمدی | دانشیار دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده:

اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن یا تعرفه های کربن به عنوان ابزار مقابله با نشت کربن و کاهش رقابت پذیری تولیدات از سوی اتحادیه اروپا در قالب مرحله گذار از اکتبر سال ۲۰۲۳ اجرایی شده و مرحله قطعی آن از سال ۲۰۲۶ اجرایی خواهد شد. برخی کشورها از جمله ایالات متحده آمریکا و ژاپن نیز اعمال سیاست مشابهی را پیش بینی کرده اند. این درحالی است که کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته انجام اقدامات مقابله با تغییرات اقلیمی و کاهش انتشار کربن را بر اساس توافقنامه پاریس متعهد شده اند. این امر نگرانی کشورهای اعمال کننده تعرفه های کربن از نشت کربن حتی بعد از ایجاد توافقنامه پاریس را نشان می دهد. نظر به اینکه اتحادیه اروپا اعلام کرده تعرفه های کربن را ابتدا بر صنایع انرژی بر اعمال خواهد کرد، این مطالعه با استفاده از مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست[۱] به بررسی تغییر در میزان انتشار دی اکسید کربن در صنایع ایران در نتیجه اعمال تعرفه های کربن از سوی اتحادیه اروپا، ژاپن، ایالات متحده آمریکا و تمامی مناطق بر صنایع انرژی بر ایران پرداخته است. جامعه آماری پژوهش شامل ۱۴۱ منطقه و ۶۵ بخش موجود در داده های نسخه ده پروژه تحلیل تجارت جهانی[۲] است که در سال ۲۰۱۹ منتشر شده است. برآورد مدل نشان می دهد تحت هر چهار سناریو میزان تولید و انتشار دی اکسید کربن در بخش صنایع انرژی بر و کل صنایع ایران، کاهش خواهد یافت. بیشترین میزان کاهش تولیدات صنعتی و انتشار دی اکسید کربن در صورت وضع تعرفه های کربن از سوی تمامی مناطق برآورد شده است. نظر به اثرات وضع تعرفه های کربن بر بخش صنعت کشور، در پیش گرفتن سیاست های لازم جهت کاهش میزان انتشار کربن در مراحل تولید محصولات صنعتی ضروری می نماید.

* نویسنده مسئول: memarnejad@srbiau.ac.ir

[۱] GTAP-E
[۲] GTAP۱۰

طبقه بندی JEL: Q۵۶ ،F۱۸،D۵۸.

کلیدواژه‌ها: تعرفه کربن، صنایع انرژی بر، صنایع ایران، انتشار کربن، توافقنامه پاریس.

۱. مقدمه

نهاد بین الدولی تغییر اقلیم[۱] در آخرین گزارش خود که به تازگی منتشر شده، فعالیت های انسانی را عامل اصلی تغییرات اقلیمی معرفی کرده است. (IPCC، ۲۰۲۱) این امر لزوم انجام اقدامات مقابله با تغییر اقلیم از سوی تمامی ذی نفعان را بیش از پیش نمایان ساخته است. در این رابطه دولت ها در سال ۲۰۲۱ میلادی تمامی تلاش خود را در مذاکرات کنفرانس اعضا[۲] به کار گرفتند تا توافقنامه پاریس[۳] را که مذاکرات آن از سال ۲۰۱۳ آغاز شده و در سال ۲۰۱۵ به امضای عمده کشورهای جهان رسیده بود را به صورت کامل اجرایی نمایند. توافقنامه پاریس درحالی در سال ۲۰۲۱ به صورت کامل اجرایی شد که برخلاف پروتکل کیوتو[۴] از حمایت جامعه بین المللی در کاهش انتشار گازهای گلخانه ای با هدف محدود کردن افزایش دما به دو درجه سانتی گراد نسبت به دوره قبل از صنعتی شدن، برخوردار است. توافقنامه پاریس که جزئی از پیکره کنوانسیون چارچوب تغییرات آب و هوا سازمان ملل متحد[۵] است را می توان حاصل تغییر رویکرد جهانی در تعیین میزان دقیق اهداف کمّی کاهش انتشار گازهای گلخانه ای دانست. به بیان دیگر با توجه به عدم استقبال برخی از کشورهای با انتشار بالای گازهای گلخانه ای از تعیین اهداف دقیق کمّی کاهش انتشار آن هم تنها برای کشورهای توسعه یافته، رویکرد نظام بین الملل به سمت مشارکت تمامی کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه ای تغییر یافت. بر اساس این توافقنامه، تمامی کشورهایی که این توافقنامه را تصویب کرده اند، موظف به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای بر اساس برنامه های اعلامی خویش هستند. بر این اساس جامعه بین المللی رسما به سمت ساختار تقسیم شده و مبتنی بر مشارکت تمامی کشورهای عضو جهت مقابله با تغییرات اقلیمی و سازگاری با پیامدهای

---

۱ Inter-Governmental Panel on Climate Change (IPCC)
۲ Conference of Parties
۳ Paris Agreement
۴ Kyoto Protocol
۵ United Nation Conference Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)

آن پیش رفته است. در واقع آنچه که برخی از دولتهای بزرگ انتشار دهنده گازهای گلخانه ای را متقاعد به حمایت از پروتکل کیوتو نکرد، کاهش رقابت پذیری تولیدات آنها و همچنین نشت کربن[۱] به کشورهایی که تعهدی برای کاهش انتشار نداشتند، عنوان شده است. در این رابطه مطالعات متعددی خصوصا بعد از ایجاد پروتکل کیوتو انجام شده که نشان می دهد تفاوت در سطح تعهد کشورها در انجام اقدامات کاهش انتشار گازهای گلخانه ای می تواند به نشت کربن به دسته کشورهای با تعهد پایین تر اقلیمی، منجر شود. از این رو ابزارها و مکانیزم هایی برای مقابله با این روند پیشنهاد شده است. برخی از این مطالعات بعد از ایجاد توافقنامه پاریس صورت گرفته است. به عبارت دیگر ریسک نشت کربن حتی بعد از اجرایی شدن توافقنامه پاریس که مبتنی بر مشارکت تمامی کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته در کاهش انتشار گازهای گلخانه ای است، همچنان وجود خواهد داشت. از این رو برخی کشورها و همکاریهای اقتصادی سیاست ها و ابزارهایی را جهت حفظ رقابت پذیری تولیدات خود و مقابله با نشت کربن طراحی و اجرا کرده اند. اتحادیه اروپا در حال حاضر مکانیزم تنظیمات مرزی کربن[۲] را که در توافق سبز[۳] این اتحادیه آورده شده است را تحت عنوان دوره گذار[۴] اجرایی کرده و مرحله قطعی[۵] آن را از سال ۲۰۲۶ اجرایی خواهد کرد. (اتحادیه اروپا، ۲۰۲۳) با توجه به اثراتی که اجرای مکانیزم مذکور بر متغیرهای اقتصادی شرکای تجاری این اتحادیه خواهد گذاشت، در پیش گرفتن سیاست مشابه از سوی این کشورها قابل پیش بینی است. در این رابطه ایالات متحده آمریکا و ژاپن نیز امکان اعمال مکانیزم مشابه را اعلام کرده اند. این کشورها نیز اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن را در راستای مقابله با تغییرات اقلیمی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در سایر مناطق جهان، همزمان با سیاست های اعمالی خود جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه ای اعلام کرده اند. نظر به اجرایی شدن مکانیزم مذکور در اتحادیه اروپا و اعلام سایر مناطق در اجرای مکانیزم مشابه و اثرات قابل پیش بینی که مکانیزم تنظیمات مرزی کربن خصوصا در رابطه با تجارت تولیدات صنعتی انرژی بر و با انتشار بالای گازهای گلخانه ای خواهد گذاشت، اثرگذاری آن در کاهش انتشار گازهای

---

[۱] Carbon leakage
[۲] Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)
[۳] Green Deal
[۴] Transition phase
[۵] Definitive phase

گلخانه ای در کشورهای هدف مورد سوال است. مطالعات متعددی در خصوص اثر گذاری این مکانیزم بر کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در شرکای تجاری این مناطق انجام شده است. مطالعه حاضر تلاش دارد این اثر را در بخش صنعت ایران مورد ارزیابی قرار دهد. در این رابطه سوال اصلی پژوهش حاضر این است که اعمال مکانیزم مذکور چه تاثیری بر میزان انتشار دی اکسید کربن در صنایع ایران خواهد گذاشت؟

۲. چارچوب نظری و پیشینه پژوهش

وجود پیامدهای خارجی در تولید می تواند منجر به شکست بازار گردد. در این وضعیت شرط بهینه پارتو برقرار نخواهد بود. انباشت کنترل نشده گازهای گلخانه ای را می توان یکی از نمونه های شکست بازار عنوان داشت. درحالیکه انتشار گازهای گلخانه ای حاصل تولیدات اقتصادی در سراسر جهان است، هزینه هایی که این تولیدات از مسیر تغییرات اقلیمی ایجاد می کنند در تصمیم گیری های اقتصادی به صورت کامل محاسبه نمی شوند. (کلمر و دیگران، ۲۰۲۰) در این رابطه اعمال مالیات های کربن و ایجاد بازار تجارت کربن از مهمترین اقدامات در راستای قیمت گذاری کربن است. مالیات بر انتشار آلودگی جهت مقابله با پیامدهای خارجی منفی بنگاهها نخستین بار از سوی پیگو مطرح شد. پیگو معتقد بود که تعیین یک مالیات بهینه می تواند سبب شود که آلوده کنندگان با هزینه اجتماعی اقدامات خود روبرو شوند. (پژویان و نعمتی ۱۳۸۹) بر خلاف پیگو، کوز معتقد بود اگر حقوق، تکالیف و مسئولیت های هر فرد به طور شفاف اختصاص یافته و افراد به میزان حقوق و مسئولیت هایشان در رابطه با دیگران آگاه باشد و با در نظر گرفتن هزینه صفر معامله در بازار، این حقوق جدای از مساله تحقق اولیه آن، تا رسیدن به حداکثر کارایی خود با یگدیگر مبادله خواهد شد. (کوز، ۲۰۱۳) این نظریه کوز مبنای ایجاد سیستم تجارت انتشار کربن بوده است. سیستم تجارت انتشار کربن یک ابزار سیاستی برای رسیدگی به انتشار گازهای گلخانه ای با تعیین محدودیت هایی بر میزان انتشار گازهای گلخانه ای در بخش ها و صنایع مورد نظر است. این سیستم می تواند راهی مقرون به صرفه برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای باشد چراکه به کسب و کارها اجازه می دهد تا مقرون به صرفه ترین راه را برای کاهش انتشار خود بیابند. همچنین این سیستم می تواند بازاری برای کاهش گازهای گلخانه ای ایجاد کند که به توسعه فناوری های پاک تر و کاهش هزینه های بلندمدت مقابله با تغییرات اقلیمی منجر شود. تعیین محدودیت انتشار،

تعیین مجوزهای انتشار و خرید و فروش این مجوزها، سازوکار اصلی این سیستم است. (جونگ و سونگ، ۲۰۲۳)

با وجود تلاش دولت ها در قیمت گذاری کربن جهت مقابله با میزان انتشار کربن، بکارگیری این سیاست همواره با نگرانی هایی همراه بوده است. عمده این نگرانی ها در خصوص امکان نشت کربن و کاهش رقابت پذیری تولیدات در نتیجه تفاوت در میزان جاه طلبی اعضا در تنظیم سیاست های مقابله با تغییرات اقلیمی از جمله قیمت گذاری کربن بوده است. نشت کربن به وضعیتی اطلاق می شود که در نتیجه تدوین سیاست های مقابله با انتشار گازهای گلخانه ای در یک منطقه، تولیدات خارجی که تحت قوانین سهل گیرانه تر اقلیمی تولید شده اند با تولیدات این مناطق که با انتشار کمتر گازهای گلخانه ای و در نتیجه هزینه های بالاتر ناشی از رعایت مقررات محیط زیستی تولید شده اند، جایگزین شوند. این امر به افزایش سرمایه گذاری در خارج از مناطق مذکور و درنتیجه افزایش انتشار گازهای گلخانه ای در کل مناطق منجر خواهد شد. (امبک و دیگران، ۲۰۲۳) این امر از ابتدای شکل گیری همکاری های بین المللی همچون کنوانسیون مقابله با تغییرات آب و هوا مطرح بوده، با ایجاد پروتکل کیوتو در تنظیم تعهدات کمّی برای کشورهای توسعه یافته شدت گرفته و بر اساس برخی مطالعات بعد از ایجاد توافقنامه پاریس نیز همچنان ادامه دارد. (نورداستروم، ۲۰۲۳) در این رابطه راه حل پیشنهادی برخی مناطق از جمله اتحادیه اروپا اعمال تعرفه های کربن در قالب مکانیزم تنظیمات مرزی کربن بر محصولات وارداتی به این مناطق بوده است. نظر به اثرات اقتصادی و محیط زیستی اعمال مکانیزم مذکور بر شرکای تجاری این مناطق، روشهای متعددی جهت ارزیابی این اثرات در مطالعات مختلف بکار گرفته شده است. عمده روش استفاده شده در مطالعات، استفاده از مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی[۱] بوده است. مدل مذکور امکان ارزیابی محدودیت های تجاری اعمالی بر متغیرهای مختلف اقتصادی و محیط زیستی را فراهم کرده است. از این رو در مطالعه حاضر از مدل محیط زیست محور پروژه تحلیل تجارت جهانی جهت ارزیابی اثر اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن بر تغییرات میزان انتشار دی اکسید کربن در صنایع ایران استفاده شده است.

در خصوص پیشینه پژوهش، عمده مطالعات داخلی به بررسی اعمال مالیات های سبز و آثار ناشی از آن اختصاص یافته است. حسنلو و همکارانش در مطالعه خود به برآورد میزان بهینه

[۱] GTAP

مالیات سبز بر انتشار دی اکسید کربن در صنعت سیمان ایران پرداخته اند. در این مطالعه که از روش برآورد تابع هزینه ترانسلوگ برای صنعت سیمان بهره گرفته نشان می دهد نرخ مالیات سبز بهینه بر انتشار دی اکسید کربن در صنعت سیمان به ازای هر تن تولید برابر با ۱۵ درصد می باشد. (حسنلو و همکاران، ۱۳۹۴) کرمجوان و عباس زاده با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی محاسبه پذیر به ارزیابی اثرات سیاست مالیات کربن بر میزان انتشار دی اکسید کربن و همچنین تولید ناخالص داخلی پرداخته اند. نتایج ارزیابی ها نشان می دهد وضع مالیات بر کربن به کاهش انتشار دی اکسید کربن و همچنین کاهش تولید ناخالص داخلی منجر خواهد شد. (کرمجوان و عباس زاده، ۱۳۹۹) پژویان و جلالیان با استفاده از مدل داده های تابلویی اثر اعمال مالیات سبز بر محیط زیست کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی[۱] را مورد ارزیابی قرار داده اند که نتایج ارزیابی نشان داده است عمده این کشورهای با اعمال مالیات های سبز طی یک دهه نقش موثری در کاهش تولید و انتشار دی کسید کربن داشته اند. (پژویان و جلالیان، ۱۳۸۸) پژویان و امین رشتی در مطالعه ای با عنوان "اثر مالیات های سبز با تاکید بر مصرف بنزین"، به بررسی اثر اعمال این دسته از مالیات ها بر میزان مصرف بنزین، درآمدهای دولت و همچنین کاهش آلودگی پرداخته اند. ایشان در مطالعه خود که با استفاده از یک مدل روتردام انجام شده است نشان داده اند که اعمال مالیات سبز می تواند از میزان تقاضا برای کالاهای آلوده کننده بکاهد. (پژویان و امین رشتی، ۱۳۸۶)

در عین حال مطالعات خارجی متعددی به اثر اعمال مکانیزم های تنظیمات مرزی کربن بر میزان انتشار گازهای گلخانه ای پرداخته است. مورسدورف با استفاده از مدل تعادل عمومی محاسبه پذیر پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست نشان داده است اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن از سوی اتحادیه اروپا، میزان نشت کربن را در این اتحادیه به میزان دو سوم کاهش خواهد داد. (مورسدورف، ۲۰۲۱) مونجان و کویرو با استفاده از مدل تعادل عمومی جزئی ایستا نشان داده اند که اعمال تنظیمات مرزی کربن از سوی اتحادیه اروپا به کاهش نشت کربن و همچنین کاهش میزان تولیدات با انتشار بالای گازهای گلخانه ای در این اتحادیه منجر خواهد شد. (مونجان و کویرو، ۲۰۱۹) چن و گو با استفاده از مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی نشان داده اند که اعمال تعرفه های کربن از سوی اتحادیه اروپا، آمریکا و ژاپن به کاهش قابل توجه انتشار کربن در صنایع با انتشار بالا

[۱] OECD

در چین منجر خواهد شد (چن و گو، ۲۰۱۷) نوالاینن در مطالعه خود با استفاده از مدل تعادل عمومی محاسبه پذیر نشان داده است که اعمال تنظیمات مرزی کربن بر اساس توافق سبز اتحادیه اروپا نشت کربن را کاهش خواهد داد. (نوالاینن، ۲۰۲۱) فیجو و کوئیک با استفاده از مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست نشان داده اند اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن خصوصا زمانی که فرایندهای تولید صنایع مورد توجه قرار گیرند، ابزاری موثر در کاهش نشت کربن خواهد بود. (فیجو و کوئیک، ۲۰۱۸) کمیته توسعه و تجارت سازمان ملل متحد با استفاده از مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست نشان داده است در صورت اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن تحت دو سناریو اعمال ۴۴ دلار و ۸۸ دلار تعرفه کربن به ازای هر تن انتشار از سوی اتحادیه اروپا، میزان نشت کربن کاهش یافته است. (آنکتاد، ۲۰۲۱) سی و همکارانش در مطالعه خود با استفاده از مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی نشان داده اند که اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن از سوی اتحادیه اروپا، ایالات متحده آمریکا و روسیه به کاهش انتشار کربن در چین منجر شده است.(سی و دیگران، ۲۰۲۳)

بلورا[۱] و فونتاگنه[۲] نیز با استفاده از مدل تعادل عمومی نشان داده اند که اجرایی شدن مکانیزم تنظیمات مرزی کربن از سوی اتحادیه اروپا به کاهش نشت کربن منجر خواهد شد. (بلورا و فونتاگنه، ۲۰۲۳) از این رو مطالعات مختلفی در رابطه با اثرات اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن بر میزان انتشار گازهای گلخانه ای و نشت کربن انجام شده است. نوآوری مطالعه حاضر در ارزیابی اثر اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن بر میزان انتشار کربن در صنایع ایران بر اساس آمار روزآمد نسخه ده پروژه تحلیل تجارت جهانی است.

۳. روش پژوهش

اخیرا رشد تقاضا برای ارزیابی سیاست های اقلیمی موجب بکارگیری مدل تعادل عمومی محاسبه پذیر پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست در مطالعات مختلف شده است. بورنیاکس و ترونگ (۲۰۰۲) مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست را به عنوان بسط زیست محیطی از مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی در سال ۲۰۰۲

---

[۱] Bellora
[۲] Fontagne

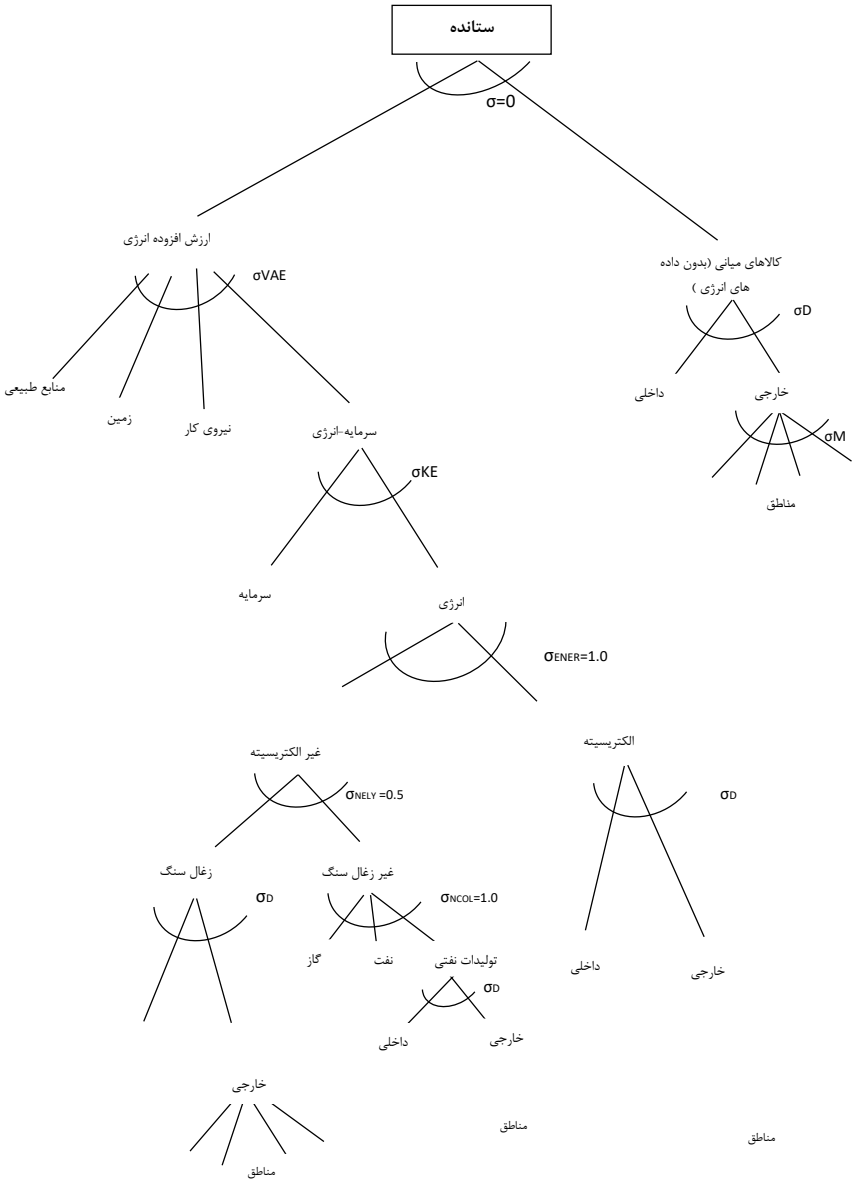
ارائه کردند. بر اساس مدل ارائه شده از سوی ایشان، انرژی وارد لانه ارزش افزوده در درخت فناوری شده است و امکان جایگزینی میان منابع انرژی و عوامل تولیدی در فعالیت های بنگاه ها و همچنین رفتارهای مصرفی خانوار خصوصی و بخش دولتی را فراهم می کند. علاوه بر نتایج استاندارد، مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست اثرات تغییر در سیاست های انرژی و زیست محیطی را بر اساس شاخص های اقتصادی و زیست محیطی، تبیین می کند. در مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست که نسخه انرژی محور مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی به حساب می آید، فعالیت های رفتاری و مبادلات بین بخشی و بین منطقه ای آن متشکل از روابط حسابداری و معادلات رفتاری است. در مدل مذکور که مدلی ایستا است الگویی ریاضی شامل مجموعه ای از معادلات غیر خطی است که از تئوری حداکثرسازی اقتصاد خرد توسط روش دوگان همراه با روابط حسابداری استخراج یافته است. هر منطقه شامل عوامل اقتصادی: خانوار منطقه ای نمونه، خانوار خصوصی ، دولت و بنگاه هاست. (جلائی و همکاران، ۱۳۹۳)

عوامل اولیه مورد استفاده در مراحل تولید بنگاهها، در مالکیت خانوار منطقه ای است. خانوار منطقه ای درآمد منتج از مجموع ارزش فروش عوامل تولید، مالیات ها و انواع تعرفه است. اختصاص این درآمدها به پس انداز خانوار خصوصی و دولت بر اساس تابع کاب داگلاس صورت می پذیرد. در این مدل دولت و خانوار خصوصی از خانوار منطقه ای درآمد دریافت کرده و بدین وسیله خدمات و کالاهای مصرفی مورد نیاز را از بازارهای خارجی و داخلی تامین خواهند کرد. هیونگ برای نخستین بار تقاضای مصرفی خانوار خصوصی را بر اساس فرم تابعی با کشش جایگزینی با تفاضل ثابت ارائه کرد. بر این اساس تقاضای خانوار خصوصی شکل غیر هموتتیک خواهد داشت. به عبارت دیگر سهم هزینه کالاهای مختلف در بودجه خانوار با تغییرات درآمد، ثابت نیست. با استفاده از تابع مطلوبیت کاب داگلاس، توابع تقاضای مصرفی دولت نیز استخراج شده که در آن هزینه کالاهای مختلف ثابت است. بنگاهها در مراحل تولید، نهاده های اولیه شامل سرمایه، زمین، منابع طبیعی، نیروی کار ماهر و غیر ماهر و کالاهای واسطه را برای تولید بکار میگیرند. درحالیکه تمامی عوامل تولید به غیر از زمین و منابع طبیعی تحرک کامل دارند اما قابل تجارت نیستند. در مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی تولید در بخش ها و تمامی قیمت ها در قالب مدل تعیین شده و درونزا خواهد بود. بخش حمل و نقل و بانک جهانی نیز تکمیل

کننده تعادل منطقه ای و روابط حسابداری خواهد بود. در این مدل اگر تمامی بازارها در تعادل باشند، سود صفر برای تمامی بنگاهها برقرار شده و تعادل خانوار روی قید بودجه آنها برقرار خواهد شد. شمارشگر در مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی شاخص قیمت جهانی است که متوسط وزنی از قیمت عوامل تولید در کل مناطق و برونزا اس.(حری و همکاران، ۱۳۹۴)

تغییر اصلی در مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست در مقایسه با مدل سنتی پروژه تحلیل تجارت جهانی، امکان جایگزینی داده های انرژی در مراحل تولید و مصرف و ارائه جزئیات بیشتر در خصوص امکان جایگزینی منابع مختلف انرژی است. جایگزینی انرژی در مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست در هر دو ساختار تولید و مصرف لحاظ شده است. اهمیت موضوع جایگزینی انرژی و سرمایه در مقابل نقش تکمیلی این دو نیز مورد توجه قرار گرفته است. در مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی داده انرژی به عنوان داده میانی در نظر گرفته شده و خارج از لانه ارزش افزوده لحاظ شده است؛ این درحالی است که در مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست داده های انرژی به صورت مستقیم در لانه ارزش افزوده لحاظ می شود. به عبارت دیگر داده انرژی با سایر داده های اولیه، در لانه ارزش افزوده انرژی ترکیب می شود. پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست بکارگیری انرژی در لانه ارزش افزوده را در دو مرحله متفاوت اجرا می کند. نخست داده های انرژی به دو گروه جداگانه الکتریسیته و غیر الکتریسیته، با کشش جانشینی σENER، تقسیم می شود. لانه های بعدی، گروه غیر الکتریسیته را به زغال سنگ و غیر زغال سنگ با کشش جانشینی ویژه σNELY و گروه غیر زغال سنگ را به تولیدات نفتی و غیر نفتی با کشش جانشینی ویژه σNCOL تقسیم می کند. مسیر دوم ترکیب انرژی با سرمایه برای تولید ترکیب انرژی- سرمایه در لانه ارزش افزوده است.

نمودار ۱- ساختار تولید در مدل GTAP-E



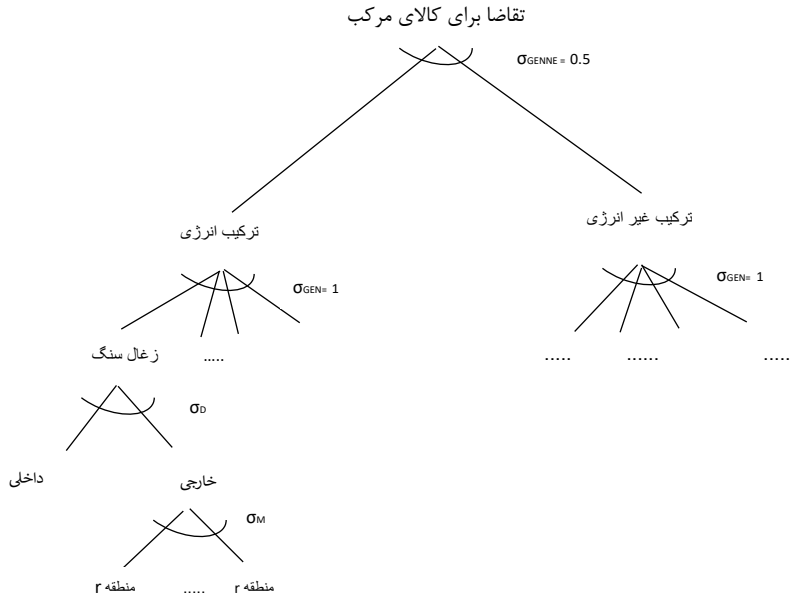
بر اساس این دیدگاه، داده های انرژی بخشی از عواملی است که توسط تولیدکننده به کار گرفته می شود. استفاده از سرمایه و انرژی به پارامترهای مدل (مقادیر کشش ها) و سیاست های شبیه سازی شده بستگی خواهد داشت. (بورنیاکس و ترونگ، ۲۰۰۲)

ساختار مصرف دولت در مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست ، ساختار کاپ داگلاس (با کشش جانشینی یک) خواهد داشت که کالاهای انرژی از کالاهای غیر انرژی جدا خواهد بود. مصرف خانوار بخش خصوصی، مدل استاندارد پروژه تحلیل تجارت جهانی را دنبال خواهد کرد اما در لانه بعد از آن، مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست با استفاده از فرم کاربردی CES ترکیب انرژی را مشخص تر می کند. تغییر عمده در ساختار مصرف، امکان اضافه کردن مالیات کربن بر مخارج بخش خصوصی و همچنین بر مخارج دولتی برای کالاهایی است که در زمان مصرف، تولید انتشار می کند.

بر اساس این دیدگاه، داده های انرژی بخشی از عواملی است که توسط تولیدکننده به کار گرفته می شود. استفاده از سرمایه و انرژی به پارامترهای مدل (مقادیر کشش ها) و سیاست های شبیه سازی شده بستگی خواهد داشت. (بورنیاکس و ترونگ، ۲۰۰۲)

ساختار مصرف دولت در مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست ، ساختار کاپ داگلاس (با کشش جانشینی یک) خواهد داشت که کالاهای انرژی از کالاهای غیر انرژی جدا خواهد بود. مصرف خانوار بخش خصوصی، مدل استاندارد پروژه تحلیل تجارت جهانی را دنبال خواهد کرد اما در لانه بعد از آن، مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست با استفاده از فرم کاربردی CES ترکیب انرژی را مشخص تر می کند. تغییر عمده در ساختار مصرف، امکان اضافه کردن مالیات کربن بر مخارج بخش خصوصی و همچنین بر مخارج دولتی برای کالاهایی است که در زمان مصرف، تولید انتشار می کند.

نمودار ۲- ساختار تقاضای مصرفی دولت در مدل GTAP-E



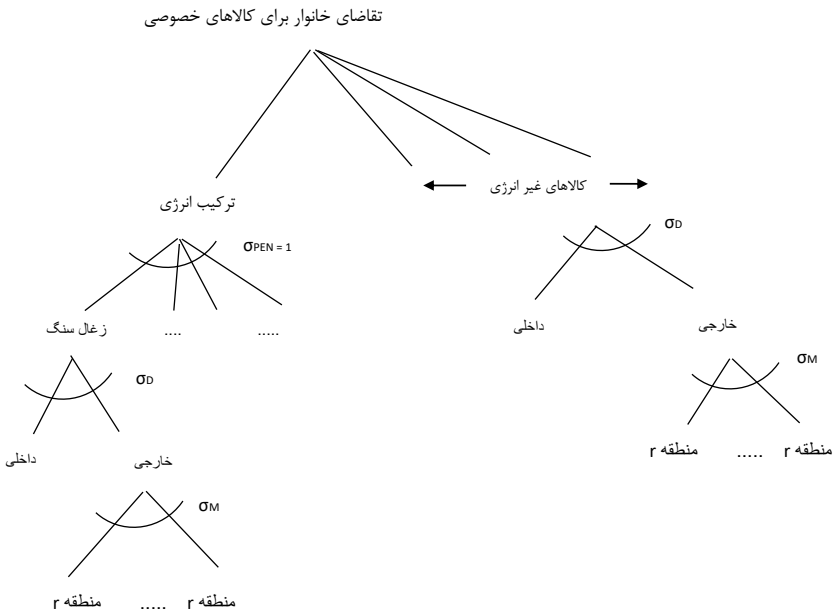
بر اساس این دیدگاه، داده های انرژی بخشی از عواملی است که توسط تولیدکننده به کار گرفته می شود. استفاده از سرمایه و انرژی به پارامترهای مدل (مقادیر کشش ها) و سیاست های شبیه سازی شده بستگی خواهد داشت. (بورنیاکس و ترونگ، ۲۰۰۲)

مصرف دولت ساختار کاپ داگلاس (با کشش جانشینی یک) خواهد داشت که کالاهای انرژی از کالاهای غیر انرژی جدا خواهد بود. مصرف خانوار بخش خصوصی، مدل استاندارد پروژه تحلیل تجارت جهانی را دنبال خواهد کرد اما در لانه بعد از آن، مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست با استفاده از فرم کاربردی با کشش جانشینی ثابت[۱] ترکیب انرژی را مشخص تر می کند. تغییر عمده در ساختار مصرف،

[۱] CES

امکان اضافه کردن مالیات کربن بر مخارج بخش خصوصی و همچنین بر مخارج دولتی برای کالاهایی است که در زمان مصرف، تولید انتشار می کند.

نمودار۳- ساختار تقاضای مصرفی خانوار در مدل GTAP-E



همچنین مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست مدل استاندارد پروژه تحلیل تجارت جهانی را به گونه ای اصلاح کرده است که انتشار دی اکسید کربن منتشر شده ناشی از احتراق سوخت های فسیلی در مرحله مصرف این دسته از سوخت ها در منطقه و برای کالای مشخص را در نظر گیرد. داده های انرژی شامل زغال سنگ، نفت خام، گاز طبیعی، تولیدات نفتی، الکتریسیته و فرآورده های گازی و توزیع آن را شامل می

شود. میزان انتشار دی اکسید کربن برای بخش الکتریسیته و همچنین سایر کالاهای[۱] غیر انرژی برابر صفر است. (پالما و همکاران، ۲۰۱۳)

در راستای پاسخ به سوال پژوهش حاضر، ازداده های نسخه ده پروژه تحلیل تجارت جهانی[۲] که در سال ۲۰۱۹ منتشر شده، استفاده شده است. در آخرین نسخه منتشر شده، داده های مربوط به ۶۵ بخش برای ۱۴۱ منطقه آورده شده است. در این رابطه جهت سهولت ارزیابی هدف پژوهش حاضر، ۶۵ بخش در قالب ۹ بخش کشاورزی و خوراکی، نفت، گاز، تولیدات نفتی، زغال سنگ، صنایع انرژی بر، سایر صنایع، الکتریسیته و خدمات تقسیم بندی شده است. علت این شیوه از طبقه بندی، قرار دادن صنایع انرژی بر در طبقه ای جداگانه جهت ارزیابی اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن بر این بخش و همچنین قرار دادن منابع انرژی در طبقه بندی های جداگانه به دلیل انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از مصرف آن بر اساس مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست[۳] بوده است. ۱۴۱ منطقه نیز در پنج گروه اتحادیه اروپا، ژاپن، آمریکا، ایران و سایر مناطق جهان طبقه بندی شده اند. علت این امر اعلام اتحادیه اروپا در اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن از سال ۲۰۲۳ و اعلام ایالات متحده آمریکا و ژاپن در احتمال تنظیم سیاستی مشابه در آینده نزدیک بوده است. جهت ارزیابی اعمال سیاست تنظیمات مرزی کربن بر میزان انتشار در صنایع ایران، کشور ایران در طبقه بندی جداگانه ای آورده شده است. با توجه به مطالعه صورت گرفته از سوی آنکتاد میزان ۴۴ دلار به ازای هر تن انتشار دی اکسید کربن به عنوان مبنایی برای اعمال نرخ تعرفه کربن مورد توجه قرار گرفته و از این نرخ جهت شبیه سازی اثر اعمال تعرفه کربن از سوی اتحادیه اروپا، ژاپن، ایالات متحده آمریکا و تمامی مناطق بر میزان انتشار دی اکسید کربن در صنایع ایران از مسیر برآورد مدل پروژه تحلیل تجارت جهانی مبتنی بر محیط زیست استفاده شده است.

---

[۱] **commodities**
[۲] GTAP۱۰
[۳] GTAP-E

جدول ۱: طبقه بندی مناطق بر اساس GTAP۱۰

ناحیه	شرح
(EU)	کشور های عضو اتحادیه اروپا
(JPN)	ژاپن
(IRI)	ایران
باقی جهان (ROW)	باقی جهان

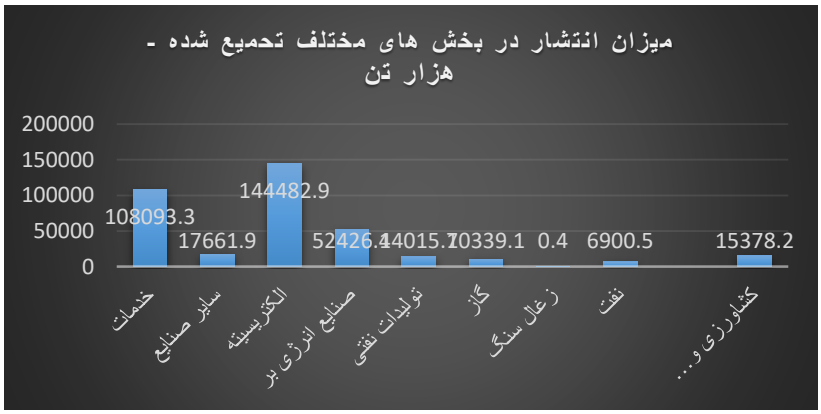
جدول ۲: طبقه بندی بخش ها بر اساس GTAP۱۰

بخش ها	**شرح**
بخش کشاورزی	برنج ، گندم، حبوبات، سبزیجات، میوه، آجیل، دانه های روغنی، نیشکر، چغندر قند، الیاف گیاهی، تولیدات حیوانی، شیر خام، پشم، پیله کرم ابریشم، محصولات جنگلی، ماهیگیری، شکر، تولیدات نوشیدنی و تنباکو، تولیدات لبنی، برنج پرسس شده، روغن سبزیجات ، تولیدات غذایی و تولیدات گوشتی
بخش صنعتی شامل:	
صنایع استخراجی	استخراج و صنایع استخراجی
صنایع سبک	صنایع سبک
صنایع سنگین	صنایع سنگین
برق	تولید و زیرساخت ها
خدمات	حمل و نقل و ارتباطات

٤. یافته‌های پژوهش:

همانگونه که در نمودار زیر دیده می شود، میزان انتشار دی اکسید کربن در مراحل تولید صنایع انرژی بر ایران، بعد از بخش های الکتریسیته و خدمات بیشترین میزان است.

نمودار٤– میزان انتشار در بخش های مختلف تجمیع شده (هزار تن)



منبع: یافته های پژوهش

بر اساس نسخه ۱۰ بانک داده های پروژه تحلیل تجارت جهانی، میزان انتشار کل دی اکسید کربن در مرحله تولید صنایع انرژی بر کشورمان به میزان ۵۲,۴۶۶۴ میلیون تن بوده است. نظر به اینکه نزدیک به ۲۴/۵ درصد از صنایع انرژی بر به خارج از کشور صادر می شود، میزان کل دی اکسید کربن صادر شده به سایر کشورها میزان ۱۲/۸۲۶ میلیون تن محاسبه می شود. در این رابطه قبل از اعمال تعرفه کربن، از کل صادرات کربن از محل صنایع انرژی بر، نزدیک به ۵ درصد به اتحادیه اروپا صادر شده است. همچنین ۰/۰۵ درصد به مقصد ژاپن، ۰/۱۴۵ درصد به مقصد آمریکا و ۹۴/۷ درصد نیز به سایر مناطق صادر شده است.

نمودار۵- صادرات کربن به مناطق مورد مطالعه از محل تولید صنایع انرژی بر (هزار تن)

منبع: یافته های پژوهش

جدول ۳: میزان تعرفه بر واردات صنایع ازایران بعد از اعمال تعرفه کربن

منطقه	میزان تعرفه بر واردات صنایع انرژی بر از ایران قبل از اعمال تعرفه کربن (٪)	میزان تعرفه بر واردات صنایع انرژی بر از ایران بعد از اعمال تعرفه کربن (٪)
اتحادیه اروپا	۱/۸۱	۸/۶
ژاپن	۰/۰۰٦	۴/۹۹
آمریکا	۰	۴/۹۹
از سوی مجموع مناطق	٤/٤١٤٥	۹/۴

منبع: یافته های پژوهش

با توجه به این امر در چهار سناریو مورد بررسی که اعمال تعرفه کربن از سوی ۱-اتحادیه اروپا، ۲- ژاپن،۳- ایالات متحده آمریکا و ۴-تمامی مناطق است، ابتدا میزان اعمال تعرفه از سوی این مناطق قبل از اعمال تعرفه کربن با استفاده از داده های نسخه ده پروژه تحلیل تجارت جهانی استخراج شده و در ادامه میزان تعرفه شبیه سازی شده منتج از اعمال تعرفه کربن به آن اضافه شده است. در ادامه با استفاده از نرم افزار ران جیتپ[۱] اثرات منتج از اعمال تعرفه بر میزان تولیدات صنعتی و میزان انتشار دی اکسید کربن در صنایع ایران برآورد شده است. نتایج حاصل از برآورد مدل طی چهار سناریو به شرح زیر است:

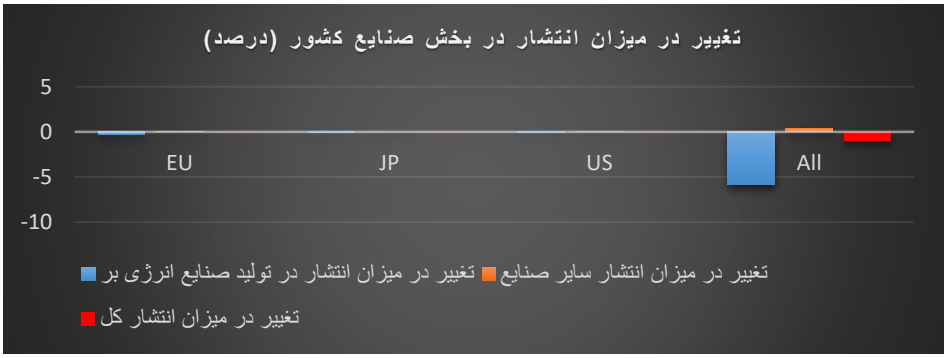
[۱] RunGtap

- سناریو نخست، اعمال تعرفه کربن از سوی اتحادیه اروپا: اعمال تعرفه های کربن به میزان ۴۴ دلار به ازای هر تن انتشار کربن در بخش صنایع انرژی بر ایران، از سوی اتحادیه اروپا موجب کاهش تولید به میزان ۰/۳۶ درصد در صنایع انرژی بر شده است. میزان انتشار دی اکسید کربن در این صنایع نیز به میزان ۰/۳۳درصد کاهش را نشان می دهد. نتایج برآورد همچنین افزایش میزان ۰/۰۰۱ درصد در میزان تولید سایر صنایع و افزایش انتشار دی اکسید کربن به میزان ۰/۰۱۸ درصد در این صنایع را نشان می دهد. در مجموع نیز میزان کل تولیدات صنعتی و همچنین کل انتشار دی اکسید کربن در صنایع ایران کاهش یافته است.
- سناریو دوم، اعمال تعرفه کربن از سوی ژاپن: برآورد مدل تحت این سناریو نشان می دهد که اعمال تعرفه های کربن از سوی ژاپن چندان تاثیری در میزان انتشار دی اکسید کربن در صنایع ایران نخواهد گذاشت. میزان تغییر در سطح تولید صنایع انرژی بر و سایر صنایع نیز نزدیک به صفر بوده است. در نتیجه درحالیکه میزان کل تولید و مجموع انتشار در کل صنایع ایران کاهش یافته اما این میزان از تغییرات نزدیک به صفر بوده است.
- سناریو سوم، اعمال تعرفه کربن از سوی ایالات متحده آمریکا: نتایج برآورد تحت این سناریو حاکی از کاهش ۰,۰۱ درصدی تولید در صنایع انرژی بر و تغییر نزدیک به صفر در سایر صنایع دارد. میزان کاهش انتشار دی اکسید کربن در صنایع انرژی بر ایران میزان ۰/۰۱ درصد برآورده شده در حالیکه میزان افزایش در انتشار دی اکسید کربن در سایر صنایع میزان ۰/۰۰۱ درصد بوده است. در نتیجه کل میزان انتشار دی اکسید کربن در صنایع ایران تحت این سناریو نیز کاهش یافته است.

- سناریو چهارم، اعمال تعرفه کربن از سوی تمامی مناطق: تحت این سناریو اعمال تعرفه های کربن از سوی همه مناطق برآورد شده است. نتایج برآورد نشان می دهد در صورت اعمال تعرفه کربن از سوی تمامی مناطق، میزان تولید در صنایع انرژی بر به میزان ۷ درصد کاهش خواهد یافت. در عین حال میزان تولیدات در سایر صنایع به میزان ۰/۰۲ درصد افزایش یافته است. نتایج برآورد همچنین نشان می دهد انتشار دی اکسید کربن در صنایع انرژی بر ایران به میزان ۵،۸۶ درصد کاهش خواهد یافت. میزان افزایش دی اکسید کربن در سایر صنایع، بر اثر افزایش میزان تولید نیز ۰/۳۳ درصد خواهد بود که در مقابل کاهش میزان انتشار در صنایع انرژی بر ناچیز بوده است. از این رو بر اثر اعمال تعرفه های کربن، میزان انتشار در کل صنایع ایران نیز کاهش خواهد یافت.

همانگونه که نتایج برآورد تحت هر چهار سناریو نشان می دهد، اعمال تنظیمات مرزی کربن از سوی شرکای تجاری ایران بر صنایع انرژی بر، به کاهش میزان انتشار در صنایع انرژی بر و همچنین کل صنایع ایران منجر خواهد شد. این میزان از کاهش انتشار به میزان روابط تجاری ایران و شرکای تجاریش بستگی دارد. در سناریو چهارم که اعمال تنظیمات مرزی کربن از سوی تمامی شرکای تجاری ایران است، میزان کاهش انتشار کربن بیشترین میزان بوده است.

نمودار ٦: تغییر در میزان انتشار در بخش صنایع و کل انتشار کشور تحت چهار سناریو (درصد)



جدول ٤: تغییر در میزان انتشار در بخش صنعت

سناریو	تغییر انتشار در صنایع انرژی بر	تغییر انتشار در سایر صنایع	تغییر انتشار در کل صنایع
۱-اعمال تعرفه از سوی اتحادیه اروپا	-۰/۳۳	۰/۰۱۸	۵۲۰.۰-
۲-اعمال تعرفه از سوی ژاپن	-۰,۰۰۰۳	۰,۰۰۰۰	-۰/۰۰۰۶
اعمال تعرفه از سوی آمریکا	-۰/۰۱	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۱۷
اعمال تعرفه از سوی تمامی مناطق	-۵/۸۷	۰/۳۳	-۱/۱۲

۵. تحلیل حساسیت:

جهت اطمینان از قابل اتکا بودن پیش بینی های انجام شده در نتیجه شبیه سازی انجام شده و همچنین اطمینان از بستار خوب مدل، تحلیل حساسیت شش پارامتر شامل کشش های جانشینی در درخت تولید محاسبه شد. با فرض تغییر افزایش ۵۰ و ۱۰۰ درصدی در هر پارامتر، تحلیل حسایت محاسبه و اثر آن بر میزان تولید هر بخش ارائه شد. انطباق بسیار زیاد مقادیر میانگین حاصل با تغییرات تولید در هر بخش در نتیجه وارد آوردن تغییرات تعریف شده نشان از دقت بالای شبیه سازی، کالیبره بودن مقادیر پارامترها و بستار بسیار خوب مدل دارد. در صورت عدم کالیبره بودن مدل، انحراف زیاد مقادیر شبیه سازی شده

بر اثر تغییرات پارامترها از مقادیر شبیه سازی شده اولیه مورد انتظار بود. لازم به ذکر است عدم نیاز به در نظر گرفتن شکل خاصی از توزیع احتمال برای نتایج مربوط به تحلیل حساسیت، از قضیه چی بی شف استفاده شده است. بر اساس قضیه چی بی شف، حداقل کسری از هر مجموعه مشاهدات ((۱/K^۲)-۱) در فاصله K انحراف معیار از میانگین قرار می گیرد و بر این اساس داریم:

۱- ۷۵ درصد از مشاهدات در فاصله اطمینان $\bar{x}+۲\sigma$ قرار دارند.

۲- ۸۸,۹ درصد از مشاهدات در فاصله اطمینان $\bar{x}+۳\sigma$ قرار دارند.

۳- ۹۵ درصد از مشاهدات در فاصله اطمینان $\bar{x}+۴,۴۷\sigma$ قرار دارند.

۴- ۹۹ درصد از مشاهدات در فاصله اطمینان $\bar{x}+۱۰\sigma$ قرار دارند.

در وضعیتی که مقادیر میانگین با ایجاد تغییر در متغیر مورد نظر، تقریبا برابر بوده و انحراف معیار بسیار اندک باشد، حد بالا و پایین در فواصل اطمینان با هم برابر خواهد بود. حدود بالا و پایین برای نمونه در خصوص جدول نخست آورده شده است. نتایج تحلیل حساسیت انجام شده در ضمیمه فصل آورده شده است. (اخباری و همکاران، پیشین، ص ۲۱) نتایج حاصل از برآورد تحلیل حساسیت ضمیمه پژوهش حاضر است.

٦. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

اعمال تعرفه های کربن به عنوان ابزاری جهت مقابله با نشت کربن و همچنین حفظ رقابت پذیری تولیدات از سوی کشورهایی که سیاست های جاه طلبانه اقلیمی را در پیش گرفته اند، معرفی شده است. پیش بینی اعمال این ابزار بعد از اجرایی شدن توافقنامه پاریس از سوی اتحادیه اروپا و کشورهایی همچون ایالات متحده آمریکا و ژاپن نشان از آن دارد که این مناطق با وجود همکاری کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته در قالب توافقنامه پاریس، همچنان نسبت به نشت کربن و کاهش رقابت پذیری تولیدات خود نگران هستند.

در این رابطه تغییر در متغیرهای اقتصادی و همچنین میزان انتشار کربن در شرکای تجاری این مناطق پیش بینی می شود. نتایج حاصل از برآورد مدل نشان می دهد اعمال تعرفه های کربن سبب کاهش میزان تولید صنایع انرژی بر ایران و همچنین کاهش انتشار دی اکسید کربن در این بخش که هدف اعمال تعرفه های بوده است، خواهد شد. میزان کل تولیدات صنعتی و انتشار گازهای گلخانه ای در کل صنایع نیز کاهش خواهد یافت.

نتایج برآورد اثر اعمال تعرفه های کربن بر میزان انتشار دی اکسید کربن که در این مطالعه مورد توجه قرار گرفت، نتایج حاصل از مطالعات پیشین را در اثرگذاری اعمال مکانیزم تنظیمات مرزی کربن بر کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در کشور های هدف را تایید می کند. با توجه به یافته های پژوهش و تلاش کشورها جهت مقابله با تغییرات اقلیمی و درنتیجه اعمال سیاست های مقابله با انتشار گازهای گلخانه ای، اتخاذ تدابیر و سیاست های لازم جهت کاهش انتشار در مراحل تولید صنایع انرژی بر توصیه می گردد. در صورت کم توجهی به این امر، اعمال تعرفه های کربن با توجه به اثر مثبت در کاهش انتشار گازهای گلخانه ای از سوی شرکای تجاری کشورمان توجیه پذیر خواهد بود که می تواند بر متغیرهای اقتصادی کشور اثر منفی داشته باشد.

۷. تعارض منافع:

تعارض منافعی وجود ندارد.

۸. سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از سردبیر محترم نشریه پژوهش های اقتصاد انرژی ایران و همچنین از داوران محترم که با نظرات ارزشمند خود موجب ارتقای کیفیت مقاله شدند، صمیمانه سپاسگزارند.

Sheyda Nematollahi Sarvestani http://orcid.org/۰۰۰۹-۰۰۰۳-٦٧٢١-٧٩٥x
Abbas Memarnejad http://orcid.org/۰۰۰۰-۰۰۰۲-٧١٠٥-١٦٤٤
Tympor Mohammadi http://orcid.org/۰۰۰-۰۰۰۳-۰۱۹۱-۲۷۱۷

۹. منابع:

پژویان، جمشید و امین رشتی، نارسیس. (۱۳۸۶). مالیات های سبز، با تاکید بر مصرف بنزین، پژوهشنامه اقتصادی.

پژویان،جمشید و جلالیان، کتایون. (۱۳۸۸). بررسی اثر مالیات سبز و حکمرانی خوب بر محیط زیست کشورهایOECD، فصلنامه علوم اقتصادی، سال دوم، شماره ۷.

پژویان، جمشید، معین نعمتی، حسن. (۱۳۸۹). بررسی اثرات اقتصادی مالیات کربن بر اساس مدل تعادل عمومی (CGE)، فصلنامه اقتصاد کاربردی.

جلائی، عبدالمجید، نجاتی، مهدی و باقری، فرخنده. (۱۳۹۳). بررسی تاثیر تکانه های نرخ ارز بر سرمایه گذاری و اشتغال در ایران با رهیافت مدل های تعادل عمومی قابل محاسبه، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی.

حری، حمیدرضا، جلائی، سید عبدالمجید و حمزه نژاد، نسیم. (۱۳۹۴). بررسی تاثیر فرار مغزها بر تولید و تجارت خارجی ایران با استفاده از یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، فصلنامه نظریه های کاربردی اقتصاد.

حسنلو، سعید، خلیلیان، صادق و امیرنژاد، حمید. (۱۳۹۴). برآورد میزان بهینه مالیات سبز بر انتشار دی اکسید کربن در صنعت سیمان ایران"، فصلنامه پژوهش های محیط زیست.

اخباری، رضا، جلایی اسفندآبادی، سید عبدالمجید، نجاتی، مهدی و جوادی نیا، مینا. (۱۳۹۸). بررسی تاثیر موافقت نامه های بین المللی بر کیفیت محیط زیست از کانال سرمایه گذاری مستقیم خارجی با رهیافت الگوی CGE: مطالعه موردی توافق برجام، تحقیقات اقتصادی، دوره ۵۴.

عباس زاده کمرجوان، سجاد و عباس زاده، نصرت اله. (۱۳۹۹). ارزیابی اقتصادی سیاست مالیات کربن: کاربردی از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، پژوهش های سیاستگذاری و برنامه ریزی انرژی.

References

OECD, (۱۹۹۲). The Polluter-pays Principle, OECD Analyses and Recommendations, Environment Directorate.

Burniax Jean-Marc and Troung, P.Truong. (۲۰۰۲). GTAP-E: An Energy - Environmental Version of the GTAP Model, Gtap Technical Paper, No ۱٦.

Cosbey, Aaron. (۲۰۰۸). Border Carbon Adjustment, International Institute for Sustainable Development.

Aichele, Rahel and J Felbermayer, Gabriel. (۲۰۱۱). Kyoto and Carbon Leakage: An Empirical Analysis of the Carbon Content of Bilateral Trade.

Monjon, Stéphanie and Quirion, Philippe. (۲۰۱۱). Addressing Leakage in the EU ETS: Border Adjustment or Output-based Allocation? Ecological Economics۷۰, no. ۱۱.

Altamirano, Juan Carlos Altamirano and Vielle, Marc Vielle. (۲۰۱۱). Climate Policies and Competitiveness: Options for Border Adjustment Measures, Swiss Climate Research.

Bao,Qin Bao, Tang, Ling , Zhong Xiang Zhang and Wang, Shouyang . (۲۰۱۳). Impacts of border carbon adjustments on Chinas sectoral emissions: Simulations with a dynamic computable general equilibrium model, China Economic Review.

Coase, R.H Coase (۲۰۱۳), The Problem of Social Cost, University of Chicago Press Journals.

Palma, Alessandro Palma, Antimiani, Alessandro, Costantina, Valeria Costantina and Martini, Chiara Martini. (۲۰۱۳). The GTAP-E Model description and improvements, Book.

Chen, Weiguang and Guo, Qing. (۲۰۱۷). Assessing the Effect of Carbon Tariffs on International Trade and Emission Reduction of Chinas Industrial

Products under the Background of Global Climate Governance, Sustainability.

Siriwardana, Mahindo, Meng, Sam Meng, McNill, Jdith and Nelson, Tin. (۲۰۱۷). Border adjustments under unilateral carbon pricing: the case of Australian carbon tax, Springer, Heidelberg.

Colmer, Jonathan, Martin, Ralf, Muuls Mirabelle and J.Wanger, Ulrich. (۲۰۲۰). Does Pricing Carbon Mitigate Climate Change? Firm-Level Evidence From the European Union Emissions Trading Scheme, Project B۰۷, University of Mannheim.

Nielsen, Tobias, Baumert, Nicolai, Kander, Astrid, Magnus Jiborn and Kulinis, Viktoras. (۲۰۲۰). The risk of Carbon Leakage in global climate agreements, international Environmental Agreements: Politics, Law and Economics.

Mehling, Michael A. and Ritz, Robert A. (۲۰۲۱). Going beyond default intensities in an EU carbon border adjustment mechanism, Cambridge Working Paper in Economics.

George, Morsdorf. (۲۰۲۱). A simple fix carbon leakage? Assessing the environmental effectiveness of the EU carbon border adjustment, Ifo Institute-Leibniz Institute for Economic Research at the University of Munich.

Nevalainen, Airi. (۲۰۲۱). EU’s Carbon Border Adjustment Mechanism-Its Purpose and Effects on Carbon Leakage”, Aalto University School of Business, Spring.

UNCTAD. (۲۰۲۱). A European Union Carbon Border Adjustment Mechanism: Implication s for developing countries,

Tingley, Dustin and Tomz, Michael. (۲۰۲۲). The Effects of Naming and Shaming on Public Support for Compliance with International Agreements: An Experimental Analysis of the Paris Agreement, Research Note, Harvard University.

Nordstrom, Hakan. (۲۰۲۳). Does the Risk of Carbon Leakage Justify the CBAM?, Robert Schuman Center for Advanced Studies Research Paper.

Ambec, Stefan, Esposito, Federico and Pacelli, Antonia. (۲۰۲۳). The economics of carbon leakage mitigation policies, SSRN.

European Union. (۲۰۲۳). Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), https://taxation-customs.ec.europa.eu/system/files/۲۰۲۳-۱۱/CBAM٪۲۰Frequently٪۲۰Asked٪۲۰Questions_November٪۲۰۲۰۲۳.pdf

Jung, Hail and Song, Chang-Keun. (۲۰۲۳). Effects of emission trading scheme (ETS) on change rate of carbon emission, Scientific reports.

Bellora, Cecilia and Fontagne, Lionel. (۲۰۲۳). EU in search of a Carbon Border Adjustment Mechanism, Energy Economics.

Siy, Andi L, Wang, Anzhou, Zheng Tingting and Hu, Xian. (۲۰۲۳). Research on the Impact of the EUs Carbon Border Adjustment Mechanism: Based on the GTAP Model, Sustainability.

Ar٦ Climate Change ۲۰۲۱: The Physical Science Basis, IPCC, ۲۰۲۱.

References in Persian:

Pajuyan, Jamshid and Amin Rashti, Narcis. (۱۳۸٦). Green taxes, with an emphasis on gasoline consumption, Economic Research Journal.

Pajuyan, Jamshid and Jalalian, Katayoun. (۱۳۸۸). Investigating the effect of green tax and good governance on the environment of OECD countries, Economic Sciences Bulletin, second year, number ۷

Pajuyan, Jamshid, Moin Nemati, Hassan. (۱۳۸۹). Investigating the economic effects of the carbon tax based on the general equilibrium (CGE) model, Applied Economics Quarterly

Jalai, Abdul Majid, Nejati, Mahdi and Bagheri, Farkhunde. (۲۰۱۳). Investigating the impact of exchange rate shocks on investment and employment in Iran with the approach of computable general equilibrium models, Economic Research Quarterly

Horri, Hamidreza, Jalai, Seyyed Abdul Majid and Hamzenejad, Nasim. (۲۰۱٤). Investigating the impact of brain drain on Iran's production and foreign trade using a computable general equilibrium model, Applied Economics Quarterly

Hassanlou, Saeed, Khalilian, Sadegh and Amirnjad, Hamid. (۲۰۱٤). Estimating the optimal amount of green tax on carbon dioxide emissions in Iran's cement industry", Environmental Research Quarterly

Akhbari, Reza, Jalai Esfandabadi, Seyyed Abdul Majid, Nejati, Mehdi and Javadinia, Mina. (۲۰۱۸). Investigating the impact of international agreements on the quality of the environment from the foreign direct investment channel with the CGE model approach: a case study of the JCPOA agreement, Economic Research, Volume ٥٤.

Abbaszadeh Kammerjovan, Sajjad and Abbaszadeh, Nusrat Elah. (۲۰۱۹). Economic evaluation of carbon tax policy: Application of computable general equilibrium model, policy research and energy planning

ضمیمه۱ : جدول حساسیت

تحلیل حساسیت با فرض تغییر افزایش ۵۰ درصدی در پارامتر ELFKEN (کشش جانشینی بین بین نهاده ها در درخت تولید در لایه انرژی-سرمایه)

درصد تغییر تولید (qo)

			سناریو ۱					سناریو ۲					سناریو ۳					سناریو ٤				
بخش اقتصادی		فاصله اطمینان ٪۹۵	نتیجه	میانگین	انحراف از معیار	حد بالا	حد پایین	نتیجه	میانگین	انحراف از معیار	حد بالا	حد پایین	نتیجه	میانگین	انحراف از معیار	حد بالا	حد پایین	نتیجه	میانگین	انحراف از معیار	حد بالا	حد پایین
کشاورزی و خوراکی		٪۹۵	۰,۰۱۳	۰,۰۱۳	۰,۰۰۰	۰,۰۱۳	۰,۰۱۳	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۲۵۵	۰,۲۵۵	۰,۰۰۰۱	۰,۲۶۰	۰,۲۵۰
نفت		٪۹۵	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۵۲۱	۰,۵۲۱	۰,۰۰۰۵	۰,۵۴۳	۰,۴۹۸
ذغال سنگ		٪۹۵	-۰,۰۱۸	-۰,۰۱۸	۰,۰۰۱	۰,۰۲۲۵	-۰,۰۲۲۵	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	-۰,۰۰۱	۰,۰۰۰	-۰,۰۰۱	۰,۰۰۰	-۰,۰۰۱	-۰,۳۴۴	-۰,۳۴۴	۰,۰۱۴	-۰,۲۸۱	۰,۴۰۶
گاز		٪۹۵	۰,۰۱۷	۰,۰۱۷	۰,۰۰۱	۰,۰۸۱۵	۰,۰۷۲۵	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۰	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۰	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۱,۴۶۸	۱,۴۶۸	۰,۰۱۱	۱,۵۱۷	۱,۴۱۹

خدمات	برق	سایر صنایع	صنایع انرژی بر	تولیدات نفتی
۹۵٪	۹۵٪	۹۵٪	۹۵٪	۹۵٪
۰,۰۰۱	-۰,۰۵۸	۰۰۲۷	-۰,۳۳۶	-۰,۰۴۲
۰,۰۰۱	-۰,۰۵۸	۰,۰۲۷	-۰,۳۳۶	-۰,۰۴۲
۰,۰۰۰	۰,۰۰۱	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۱
۰,۰۰۱	-۰,۰۵۳۵	۰,۰۲۷	۰,۳۳۶	۰,۰۴۶۵
۰,۰۰۱	-۰,۰۶۲۴	۰,۰۲۷	۰,۳۳۶	۰,۰۳۷۵
۰,۰۰۰	-۰,۰۰۱	۰,۰۰۰	-۰,۰۰۴	۰,۰۰۰
۰,۰۰۰	-۰,۰۰۱	۰,۰۰۰	-۰,۰۰۴	۰,۰۰۰
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰
۰,۰۰۰	۰,۰۰۱	۰,۰۰۰	۰,۰۰۴	۰,۰۰۰
۰,۰۰۰	۰,۰۰۱	۰,۰۰۰	۰,۰۰۴	۰,۰۰۰
۰,۰۰۱	-۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	-۰,۰۱۱	-۰,۰۱
۰,۰۰۱	-۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	-۰,۰۱۱	-۰,۰۰۱
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰
۰,۰۰۰	-۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	-۰,۰۱۱	-۰,۰۰۱
۰,۰۰۰	-۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	-۰,۰۱۱	-۰,۰۰۱
۰,۰۲۶	-۱,۱۰۵	۰,۵۰۹	-۶,۴۳۳	-۰,۸۰۷
۰,۵۰۹	-۱,۱۰۴	۰,۵۰۹	-۶,۴۳۳	-۰,۸۰۷
۰,۰۰۱	۰,۰۱۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۵	۰,۰۱۴
۰۵۱۳	-۱,۰۴۶	۰۵۲۲	-۶,۴۱۱	-۰,۷۴۴
۰,۵۰۴	-۱,۱۶۲	۰,۴۹۶	-۶,۴۵۵	-۸۶۹