

محتوای مستقیم و غیرمستقیم دی اکسید کربن تراز تجاری ایران مبتنی بر الگوی

داده - ستانده: مقایسه سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰

فرشاد مومنی

دانشیار گروه اقتصاد توسعه و برنامه‌ریزی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی

farshad.momeni@gmail.com

علی فریدزاد

استادیار گروه اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی

ali.farizad@atu.ac.ir

جمال کاکائی

دانش آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول)

jamal.kakaie@gmail.com

زینب داربیدی

دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا

darbidi.71@gmail.com

چکیده

در این مقاله برای سنجش وضعیت انتشار آلاینده‌گی (CO₂) در روابط تجاری ایران، شاخص بیوفیزیکی ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی به طور اجمالی معرفی می‌شود و براساس چارچوب نظری این شاخص، محتوای CO₂ کالاها و خدمات صادراتی و وارداتی ایران در سال ۱۳۹۰ تحت دو سناریو محاسبه می‌شود و با نتایج پژوهش بانوئی و کمال (۱۳۹۳) تحت عنوان محتوای مستقیم و غیر مستقیم CO₂ در صادرات و واردات ایران در سال ۱۳۸۵ مقایسه می‌شود. جهت سنجش محتوای CO₂ در سال ۱۳۹۰ از دو پایه آماری؛ نخست جدول داده - ستانده متقارن فعالیت در فعالیت به هنگام شده برای سال ۱۳۹۰ مرکز پژوهش‌های مجلس و دوم ترازنامه هیدروکربوری سال ۱۳۹۰ استفاده شده است؛ یافته‌های کلی مقاله تحت عنوان دو سناریو، ارائه شده است. در سناریوی نخست فرض می‌شود که تکنولوژی تولید میان ایران و شرکای تجاری آن یکسان است، و در سناریوی دوم تکنولوژی تولید متفاوت باشد. نتایج حاصل در هر دو سناریو نشان می‌دهد در سطح کلان، اقتصاد ایران دارای مازاد تجاری محتوای CO₂ در سال ۱۳۹۰ است. در حالی که براساس یافته مقاله بانوئی و کمال (۱۳۹۳) تحت هر دو سناریو ایران وارد کننده خالص CO₂ در سال ۱۳۸۵ است. یافته‌های مقاله حاکی از آن است که در سال ۱۳۹۰ بخش‌های صنعتی کشور عمدتاً وارد کننده خالص محتوای CO₂ بوده‌اند و بخش‌هایی که مرتبط با نفت و فرآورده‌های آن هستند باعث مثبت شدن تراز تجاری محتوای CO₂ در سال ۱۳۹۰ شده‌اند. بررسی انتشار CO₂ در سطح بخش‌های اقتصادی در هر دو سال حاکی از آن است که بخش‌های برق، حمل و نقل و نفت خام و گاز طبیعی قریب به ۷۰ درصد CO₂ کشور را به خود اختصاص داده‌اند. از این رو، بازآرایی ساختار تولیدی بخش‌های اقتصادی کشور و زیر ساخت‌های آن از جمله بخش‌های یاد شده از مهم‌ترین اولویت‌ها در راستای کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و توسعه پایدار کشور است.

واژگان کلیدی؛ محتوای مستقیم و غیر مستقیم، ردپای بوم‌شناختی، داده - ستانده، صادرات و واردات

طبقه‌بندی JEL: F18، Q54، Q52، Q56

Embodied carbon dioxide of Iran's trade balance based on input-output model: comparing the years 1385 & 1390

F. Momeni

Professor of Development Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University
farshad.momeni@gmail.com

A. Faridzad

Assistant Professor of Energy Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University
(ali.farizad@atu.ac.ir)

J. Kakaie

M. A. of Energy Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University
(.jamal.kakaie@gmail.com)

Z. darbidi

M. A. Student of Economics, Faculty of Social & Economics AI _ Zahra University
(.darbidi.71@gmail.com)

Abstract:

In this paper, biophysical ecological footprint of natural resources index are briefly introduced for the assessment of emissions (CO₂) in Iran's trade relations. the embodied CO₂ in exported and imported goods and services of Iran in 1390 are calculated under two different scenarios based on the theoretical framework of this index. Moreover, we compare results of our calculations with Bamoie and kamal (1393) "Direct and Indirect CO₂ content in exports and imports goods and services of Iran in 1385" findings. We used two statistical source to measure the CO₂ content in 1390: First, Symmetric input-output activity & activity updated table for 1390 Prepared by Research Center of majles and the second Satmel hydrocarbon s balance sheet(1390). The overall findings are presented under two scenarios: The first scenario assumes that the production technology is the same between Iran and its trading partners, and the second scenario based on different production technology assumption. The results in both scenarios reveal Iran's economy has a trade surplus of CO₂ content in 1390. While Banoie and kamal(1393) state under both scenarios Iran is a net importer of CO₂ in 1385. Our results indicate that in 1390 the country's industrial sector mainly been a net importer of CO₂ content and those that are associated with petroleum products caused positive trade balance CO₂ content in 1390. Evaluation of CO₂ emissions at the level of economic sectors in both years indicate that electricity, transport, crude oil and natural gas sectors accounted almost 70% of CO₂ in the country. Thus, rearrangement of Production structure of economic sectors and their infrastructures, especially the above-mentioned sectors, is a priority in order to reduce environmental pollution and sustainable development.

Keywords: Embodied, ecological Footstep, Input-Output, Export and Import

مقدمه

در اواخر دهه ۱۹۶۰ نظریه پردازان زیست محیطی در واکنش به مسابقه جنون آمیز رشد پس از جنگ جهانی دوم با بهره برداری افراطی از منابع کره زمین و ائتلاف منابع که ابعاد بی سابقه‌ای پیدا کرده بود به منصف ظهور رسیدند. به روایت جیم مک نل^۱ در حالی که از سال ۱۹۰۰ میلادی تعداد ساکنین زمین سه برابر شده است، به ویژه از سال ۱۹۴۵ تا سال ۱۹۸۹، اقتصاد جهانی بیست برابر، مصرف سوخت‌های فسیلی سی برابر و تولیدات صنعتی جهان پنجاه برابر بزرگ‌تر شده‌اند. (ستاری، فر، ۱۳۷۴).

هم‌زمان با این تحولات مسئله باران‌های اسیدی، مرگ دسته جمعی آبزیان در دریاها و از همه مهم‌تر، خطر از بین رفتن حیات در سطح کره زمین مطرح شده است. هم‌چنین، در دهه ۱۹۷۰ میلادی مسئله آستانه تحمل و ظرفیت طبیعت (زیستی) ناشی از رشد اقتصادی کانون توجه پژوهشگران قرار گرفت و برای اولین بار ۲۲ آوریل سال ۱۹۷۰ میلادی در ایالات متحده آمریکا به‌عنوان روز زمین نام‌گذاری شد و سال ۱۹۷۲ در استکهلم، کنفرانس سازمان ملل درباره محیط زیست و انسان برگزار شد که نتیجه آن ایجاد نهاد (برنامه محیط زیست ملل متحد)^۲ UNEP بود. استمرار این توجهات منجر به ارائه تعریف جدیدی از توسعه با عنوان «توسعه پایدار» در سال ۱۹۸۷ شد. توسعه پایدار در مقام تعریف، به مسئله تأمین نیازهای نسل کنونی، بدون به مخاطره انداختن ظرفیت نسل‌های آتی در برآورد نیازهایشان می‌پردازد (برانت‌لند، ۱۹۸۷).^۳ هم‌چنین می‌توان به کنفرانس توسعه و محیط زیست سازمان ملل که در سال ۱۹۹۲ در «ریودوژانیرو» برگزار شد اشاره نمود.

براساس توافق نامه‌هایی که در خصوص کاهش CO₂ در سطح بین الملل منعقد شده است، تجارت بین المللی این اجازه را به کشورها می‌دهد تا بسیاری از تولیدات خود را به کشورهای دیگر انتقال دهد که بتوانند میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را (CO₂) در درون کشور خود پایین نگه دارند. این مسئله شاید در سطح داخلی رفتار عقلایی به نظر آید اما در سطح جهانی موجب تغییرات آب و هوایی می‌شود و پایداری محیط زیست را دچار تزلزل می‌کند. (پیترز و هرتویچ، ۲۰۰۸).

اهمیت انرژی در دهه‌های اخیر به‌عنوان یکی از منابع طبیعی به ویژه پس از شوک‌های نفتی در دهه ۱۹۷۰ میلادی، سبب شده است که این منبع، به‌عنوان یکی از عوامل تولید در کنار نیروی کار و سرمایه مورد مطالعه قرار گیرد. بنابراین مصرف انرژی به‌عنوان یکی از ارکان مهم رشد و توسعه، محسوب می‌شود و از سوی دیگر، استفاده نامناسب و غیر کارا از آن منجر به پیامدهای نامطلوب زیست محیطی و حتی غیر اقتصادی می‌شود (جهانگرد، ۱۳۹۰). افزایش مصرف انرژی‌های فسیلی امروزه علاوه بر پایان‌پذیر بودن آن، به مراتب نگرانی گسترده‌تری که ناشی از انتشار آلاینده‌های گازی است ایجاد کرده است. زیرا بالاترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، مربوط به انرژی‌های فسیلی بوده و هم‌چنین، بیش از ۸۰ درصد گازهای گلخانه‌ای را دی‌اکسید کربن، تشکیل می‌دهد.

براساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۱۳)، ایران در بین ۱۴۳ کشور رتبه نهم انتشار دی‌اکسید کربن را به خود اختصاص داده است. ایران نیز همانند کشورهای جهان، شاهد افزایش روز افزون جمعیت و به تبع آن افزایش مصرف منابع طبیعی است. امروزه با این واقعیت انکار ناپذیر روبرو هستیم که الگویی مشخص و واحد برای مصرف انرژی در کشور وجود ندارد و بیشتر به الگوهای قدیمی بسنده می‌شود که در این برهه از زمان کارآمدی خود را ازدست داده است و همین مسئله سبب شده تا شدت مصرف انرژی از متوسط جهانی و کشورهای صنعتی بالاتر باشد. براساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۱۱، تولید ناخالص داخلی ایران به ازای هر واحد مصرف انرژی، ۶۶٪ ژاپن، ۸۱٪ امارات متحده عربی، ۷۸٪ هند و ۵۴٪ درصد کشور ترکیه

۱. MacNell

۲. United Nations Environment Programme

۳. Brundtland 1987

بوده است (بانک جهانی، ۲۰۱۵).^۱ به بیان دیگر، در ایران به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی، تقریباً دو برابر ترکیه انرژی مصرف شده است. امروزه مدیریت منابع انرژی در طراحی سیاست‌های انرژی، به‌عنوان یک محدودیت بسیار مهم در رسیدن به توسعه پایدار مطرح است زیرا لازمه قابل اعتماد بودن شاخص‌های توسعه پایدار، وجود اطلاعات مناسب و جامع در خصوص مصرف منابع انرژی و اثرات زیست محیطی آن است.

در دهه های اخیر بسیاری از صاحب نظران در عرصه اقتصادی و محیط زیستی بر آن شدند تا با یکپارچه کردن نظرات مختلف در خصوص اتخاذ یک رویکرد بیوفیزیکی به بررسی اصل پایداری و تطبیق نیازهای درونی اقتصاد با آستانه تحمل کره زمین بپردازند. از این رو بسیاری از تحلیلگران اقتصاد محیط زیست، شاخص بیوفیزیکی ردپای بوم شناختی منابع طبیعی را معرفی کردند (کمال، ۱۳۹۳). شاخص ردپای بوم‌شناختی یک چارچوب قابل اعتنا برای تجزیه و تحلیل اثرات تقاضای جامعه انسانی بر کره زمین را فراهم می‌کند (کاکائی، ۱۳۹۵). در ادبیات موجود ردپای انرژی، آب، کربن و زمین مهم‌ترین شاخص‌های ردپا شناخته می‌شوند زیرا شاخص‌های مذکور ارتباط نزدیکی با نگرانی‌های اصلی در سراسر جهان هستند که جامعه جهانی مانند امنیت انرژی، امنیت آب و هوایی، امنیت آب و مانند آن را تهدید می‌کند (کای فنگ و همکاران، ۲۰۱۴). نظر به اینکه، ردپای بوم‌شناختی امکان سنجش محتوای دی‌اکسید کربن منتشر شده ناشی انرژی مصرف شده در کالا و خدمات را به دست می‌دهد به‌عنوان یک شاخص قابل اعتنا، در سنجش پایداری از آن یاد می‌شود. ردپای بوم‌شناختی، یک معیار پایداری است که مشخص می‌کند برای تأمین نیازهای داخلی جامعه چه میزان (واحد فیزیکی) از سرمایه طبیعی در مقیاس جهانی کاسته می‌شود. کاهش در سرمایه طبیعی می‌تواند به‌صورت محاسبه منابع (زمین و آب) و یا مصرف حامل‌های انرژی باشد (ریس، ۲۰۱۲).^۲

شاخص ردپای بوم شناختی علاوه بر نمایش نتیجه و آثار فعالیت‌های انسان بر محیط زیست (میزان انتشار CO₂ ناشی از مصرف انرژی)، نشان می‌دهد که اقتصاد یک جامعه نمی‌تواند بی‌پروا رشد کنند. تعریف فوق از سه منظر قابل تأمل است: نخست، آنکه در بین مناطق مختلف در قالب شاخص‌های کلان و بخشی قابل مقایسه است. دوم، چگونگی تعامل انسان با سرمایه‌های طبیعی را نمایان می‌سازد و سوم، از جنبه‌ی بومی و غیر بومی نیز قابل بررسی است. جنبه‌ی بومی، محتوای منابع طبیعی در جهت تأمین مصرف داخلی و خارجی (صادراتی) را در بر می‌گیرد و جنبه‌ی غیر بومی شامل، محتوای منابع طبیعی مصرف شده در واردات محصولاتی است که در خارج تولید شده و در کشور مورد نظر مصرف شده است. چنانچه فرض شود واردات صورت گرفته در داخل کشور، رقابتی هستند، می‌توان تراز تجاری خالص محتوای منابع طبیعی را به دست آورد (کاکائی، ۱۳۹۵).

از این‌رو مبادلات تجاری نقش بسزایی را در ردپای بوم‌شناختی ایفا می‌کند بر همین اساس، تبیین واژه بوم‌شناختی بدون توجه به نظریه‌های تجارت بین‌الملل مانند نظریه هکشر - اهلین در عمل امکان‌پذیر نیست. در چارچوب نظریه‌ی مذکور، که متکی بر سنجش مزیت نسبی است، هر کشور و یا منطقه، می‌بایستی متناسب با وفور منابع موجود خود صادر کند و واردات نیز بر مبنای کمبود منابع باشد (بانوئی و همکاران، ۱۳۹۳). به بیان دیگر، کشورها باید کالاها و خدماتی را صادر کنند که اثرات زیست محیطی (میزان انتشار CO₂ ناشی از مصرف انرژی) ناشی از تولید آن حداقل باشد. ادبیات نظری و مطالعات تجربی موجود نشان می‌دهد که پژوهشگران با دو رویکرد ردپای بوم‌شناختی را مورد سنجش قرار می‌دهند. نخست، رویکرد اول، ماهیت

1 . World Bank

^۲ مفهوم ردپای بوم شناختی و سنجش آن در سطوح کلان اقتصادی، نخستین بار توسط واکرناگل و ریس در دهه ۱۹۹۰ میلادی در دانشکده جامعه و برنامه ریزی منطقه‌ای دانشگاه بریتیش کلمبیا معرفی گردید. پس از آن در جهان بسط یافت.

3 . Rees

کلان^۱ دارد و در سطح بخشی پاسخگو نیست. برای پاسخگویی به این مسئله، طیف وسیعی از پژوهشگران اقتصاد محیط زیست، رویکرد دوم را معرفی می کنند که، براساس آن نظام حسابداری بخشی به شکل جدول داده - ستانده مبنای محاسبه این شاخص قرار گرفته است (بانویی و همکاران، ۱۳۹۲).^۲

این مقاله درصدد است ، با استفاده از رویکرد داده - ستانده و براساس چارچوب نظری ردپای بوم‌شناختی، تراز تجاری محتوای CO₂ کالاها و خدمات صادراتی و وارداتی در سطح کلان و بخش های اقتصادی در سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ را مقایسه کند. بررسی این ابعاد مبتنی بر این فرضیه است که، در هر دو سال تراز محتوای تراز تجاری CO₂ در سطح کلان مثبت است. از این رو، مقاله حاضر براساس چارچوب نظری شاخص ردپای بوم شناختی، تحت دو سناریو؛ نخست، با فرض یکسان بودن تکنولوژی تولید میان ایران و شرکای تجاری آن که اقتباس شده از نظریه تجارت بین الملل هکشر - اوهلین است و سناریو دوم، با لحاظ نمودن تفاوت تکنولوژی تولید میان ایران و شرکای تجاری آن است به سنجش محتوای تجاری CO₂ در سطح کلان و بخش های اقتصادی در سال های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ می پردازد.

مرور مطالعات (بین المللی و داخلی) حاکی از آن است که، رویکرد داده - ستانده نقش قابل توجهی، را در مطالعات اثرات زیست محیطی آن ایفا کرده است و مهم تر از آن، بررسی و سنجش CO₂ در سطح کلان و بخشی، همواره مورد توجه پژوهشگران اقتصاد محیط زیست بوده است. در سطح بین الملل می توان به مطالعه پیترز و هرتویچ (۲۰۰۸)^۳ اشاره نمود که با استفاده از جدول داده - ستانده منطقه ای به بررسی محتوای انتشار CO₂ در تجارت بین المللی و کاربردهای آن در جهت سیاست گذاری آب و هوایی جهانی بین ۸۷ کشور در سال ۲۰۰۱ که در انتشار بیش از ۷۰ درصد گازهای گلخانه جهان سهم هستند پرداختند و نشان دادند کشورهای صنعتی وارد کننده CO₂، کشورهای در حال توسعه صادر کننده CO₂ هستند. رن و همکاران (۲۰۱۴) با از تکنیک داده - ستانده، در مطالعه ای به سنجش محتوای تجاری CO₂ چین در سال های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ پرداختند و نشان دادند که طی سال های مورد بررسی، چین صادر کننده خالص CO₂ بوده است. همچنین، می توان به پژوهش مانفرد لنزن^۴ (۱۹۹۸) که براساس رویکرد داده - ستانده، رابطه مصرف نهایی انرژی های اولیه و گازهای گلخانه ای برای کشور استرالیا را مورد بررسی قرار داد نمود.

مرور مطالعات داخلی نیز نشان می دهد که در دو دهه گذشته مسائل و چالش های اقتصاد محیط زیست همواره نظر طیف وسیعی از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. بانویی و کمال (۱۳۹۳) تحت پژوهشی تراز تجاری محتوای CO₂ را سطح بخش های اقتصادی برای سال ۱۳۸۵ سنجش کردند و نشان دادند که ایران وارد کننده خالص CO₂ در سطح کلان است. یکی دیگر از مطالعات مهم این حوزه می توان به وصفی اسفستانی (۱۳۸۵) اشاره نمود که با استفاده از الگوی داده - ستانده تعمیم یافته میزان مصرف انرژی و انتشار آلاینده های CO₂ را در بخش های اقتصادی ایران سنجش کردند و نشان دادند که حمل و نقل جاده ای بالاترین ضریب انتشار آلاینده های CO₂ را در اختیار دارد. همچنین جعفرزاده و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه ای به بررسی ملاحظات محیط زیستی صادرات گاز منطقه خزر (ایران، ترکمنستان و آذربایجان) به اروپا پرداختند و در چارچوب نظریه بازی

^۱ برای اطلاعات بیشتر درباره جنبه های مختلف سنجش ردپای بوم شناختی در سطح کلان به پژوهش های Wackernagel، Wackernagel، 1994 & Rees، 1996 مراجعه کنید.

^۲ برای اطلاعات بیشتر درباره سنجش ردپای بوم شناختی با استفاده از جدول داده - ستانده به (Lenzen، Freng، 2001؛ Bicknell، et. al، 1998)؛ (Patterson & McDonald، 2004؛ Hubacek، & Sun، 2001؛ Hubacek & Giljum، 2003؛ & Murray، 2001 & 2002؛ Wiedman، et. al، 2006 و بانویی و همکاران ۱۳۹۲، ۱۳۹۳، کاکالی ۱۳۹۵) مراجعه کنید.

^۳ Peters، G.P. & Hertwich، E.G

^۴ Manfred Lenzen

نشان دادند که صادرات مستقیم برای هر سه کشور گزینه مناسبی نیست اما در صورت صادرات گاز از طریق نابوکو، در مقایسه با ترانس خزر منافع بیشتری (اثرات زیست محیطی کمتری) را به دنبال خواهد داشت.

از دیگر مطالعات مهم می توان به ترابی (۱۳۸۸) که با استفاده از جدول داده - ستانده سال ۱۳۸۰ به بررسی آلاینده‌های زیست محیطی صنایع کشور پرداخت و کاکائی (۱۳۹۵) که با استفاده از تکنیک داده - ستانده ردپای بوم شناختی انرژی (فسیلی) را در سطح بخش‌های اقتصادی سنجش کرد اشاره نمود. از این‌رو، مقاله‌ی حاضر درصدد است با استفاده از رویکرد داده - ستانده، تراز تجاری محتوای CO₂ در سطح بخش‌های اقتصادی در سال ۱۳۹۰ سنجش کنند و به مقایسه آن با یافته‌های پژوهش بانوئی و کمال (۱۳۹۳) که محتوای CO₂ صادرات و واردات ایران در سال ۱۳۸۵ محاسبه کردند بپردازد. هدف از مقایسه محتوای مستقیم و غیرمستقیم دی‌اکسیدکربن تراز تجاری در سال‌های مورد بحث این است که جهت‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌های بخش‌های اقتصادی را نشان دهد - به عنوان نمونه، هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹ - همچنین، کارآمدی سیاست‌های اعمال شده را نشان می‌دهد. در راستای مطالب فوق مطالب این مقاله به صورت زیر سازماندهی می‌شود: در بخش نخست وضعیت انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران آمده است. در بخش دوم چارچوب نظری سنجش محتوای CO₂ در سطح بخش‌های اقتصادی براساس رهیافت داده - ستانده ارائه می‌شود. مطالب بخش سوم را پایه‌های آماری را شامل می‌شود و بخش‌های چهارم و پنجم نیز به تجزیه و تحلیل نتایج و بحث و نتیجه‌گیری اختصاص دارد.

وضعیت انتشار دی‌اکسید کربن در ایران

گاز دی‌اکسید کربن یکی از مهم‌ترین گازهایی است که منجر به تغییرات آب و هوایی و گرمایش زمین شده و فعالیت بشر نقش اساسی را در تشدید این روند داشته‌اند. از آنجایی که افزایش CO₂ یک مسئله جهانی است در سطح بین الملل نیز تلاش‌های جهت کنترل رشد گازهای گلخانه‌ای انجام شده است که از مهمترین آنها پروتکل کیوتو و پاریس یا کوب ۲۱ اشاره کرد (ذاکری، ۱۳۹۳، صادقی و همکاران ۱۳۹۵، کاکائی ۱۳۹۵).

افزایش مصرف انرژی‌های فسیلی امروزه علاوه بر پایان‌پذیر بودن آن، به‌مراتب نگرانی گسترده‌تری که ناشی از انتشار آلاینده‌های گازی است ایجاد کرده است. زیرا بالاترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، مربوط به انرژی‌های فسیلی بوده و همچنین، بیش از ۸۰ درصد گازهای گلخانه‌ای را دی‌اکسید کربن، تشکیل می‌دهد(همان).

بررسی انتشار CO₂ در سطح بخش‌های مصرف نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ به ترتیب بخش خانگی و تجاری و نیروگاه بالاترین سهم را در انتشار CO₂ به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، بخش‌های نیروگاه، صنعت، حمل و نقل به ترتیب بالاترین نرخ رشد را طی سال‌های ۱۳۸۵ - ۱۳۹۰ تجربه کرده‌اند. اطلاعات جدول (۱) علاوه بر میزان انتشار CO₂ و نرخ رشد بخش‌ها طی دوره یاد شده، حاکی از آن است که اجرای برنامه هدفمند یارانه‌ها که یکی از مهم‌ترین اهداف آن اصلاح ساختار مصرف انرژی بود، بدون اصلاحات ساختاری و الزامات نهادی و ساختاری بوده است^۱ که حتی در کوتاه‌مدت (برنامه مذکور از آذر ماه سال ۱۳۸۹ اجرایی شد) نتایج ثمر بخشی به دنبال نداشته است.

^۱. استدال مدعا مطرح شده این است که در صورتی که الزامات اجرای برنامه مذکور در نظر گرفته می‌شد حداقل نمودی از آن در مصرف انرژی و به تبع آن انتشار CO₂ قابل مشاهده بود.

جدول ۱: دی‌اکسید کربن انتشار یافته در سطح بخش‌های مصرف - تن / درصد

| بخش‌های مختلف مصرف | ۱۳۸۵ | ۱۳۹۰ | نرخ رشد |
|--------------------|-------|-------|---------|
| خانگی و تجاری | ۱۱۶/۲ | ۱۲۱/۳ | ۴/۱۸ |
| صنعت | ۷۲/۶ | ۹۴/۸ | ۲۳/۳۸ |
| حمل و نقل | ۹۸/۱ | ۱۰۷/۷ | ۸/۸۷ |
| کشاورزی | ۱۰/۸ | ۱۱/۳ | ۴/۳۶ |
| نیروگاه | ۱۱۱/۵ | ۱۴۹/۲ | ۲۵/۲۹ |
| پالایشگاه | ۱۲/۶ | ۱۱/۸ | (۷/۲) |
| جمع | ۴۲۱/۹ | ۴۹۶/۱ | ۱۴/۹۵ |

مأخذ: ترازنامه هیدروکربوری ۱۳۹۰ و محاسبات پژوهش

میزان انتشار دی‌اکسید کربن (CO₂) در سال ۱۳۸۵ برابر با ۵/۶ - تن به ازای هر نفر بوده است که به ۶/۶ - تن در سال ۱۳۹۰ افزایش پیدا کرده است که حتی از میزان متوسط دی‌اکسید کربن (با منظور نمودن سایر آلاینده‌ها) منتشر شده به ازای هر نفر در کشورهای در حال توسعه^۱ (۳/۳ - تن در سال ۲۰۱۱ به ازای هر نفر) است (ترازنامه هیدروکربوری، ۱۳۹۰). بررسی جایگاه ایران در جهان از منظر انتشار CO₂، براساس گزارش آژانس بین المللی انرژی (IEA) در سال ۲۰۱۳ بین ۱۴۳ کشور، در رتبه نهم قرار گرفته است (بانوئی و کمال، ۱۳۹۳).

چارچوب نظری سنجش محتوای دی‌اکسید کربن در سطح بخش‌های اقتصادی: رهیافت داده-ستانده

الگوی داده - ستانده مانند سایر الگوهای اقتصادی فرض متعددی دارد. مهم‌تر از همه، کاربرد این الگو در تحلیل محتوای تجارت بین‌الملل و نیز سنجش ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی است که برای به‌کارگیری آن مستلزم دو فرض اساسی دیگر نیز می‌باشد که عبارتند از: نخست، تمامی نهاده‌های واسطه‌ای (تولید داخلی و واردات) بر مبنای فرض رقابتی بودن واردات^۲، توسط بخش‌های داخلی (بومی) تولید می‌شود. تحت این وضعیت امکان تفکیک سهم ارزش افزوده و اشتغال بین تولید داخلی و واردات واسطه‌ای وجود ندارد دوم فرض می‌شود، کل واردات یک متغیر برون‌زا است و هیچ نقشی در ارزش افزوده و اشتغال ایفا نمی‌کند (پی و همکاران، ۲۰۱۲).^۳ ذکر این نکته ضروری است که سنجش محتوای CO₂ مستلزم استفاده از جدول داده - ستانده داخلی و تفکیک واردات و لحاظ نمودن آن به صورت سطری در قسمت ارزش افزوده می‌باشد. در ادامه فرایند محاسبه محتوای CO₂ در قالب یک اقتصاد فرضی سه بخشی تشریح خواهد شد.

رابطه (۱) ماتریس ضرایب فنی (مستقیم) تولید داخلی را نشان می‌دهد که در واقع، نسبت به‌کارگیری نهاده‌های واسطه‌ای تولیدی داخل در تولید هر بخش (به‌جز عوامل) اولیه را نشان می‌دهد^۴؛

$$[d_{ij}] = D = \begin{bmatrix} \frac{D_{11}}{X_1} & \dots & \frac{D_{1S}}{X_S} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{D_{S1}}{X_1} & \dots & \frac{D_{SS}}{X_S} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1S} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{S1} & \dots & d_{SS} \end{bmatrix} \quad (1)$$

^۱ در اینجا منظور از کشورهای Non - OECD کشورهای در حال توسعه است.

^۲ واردات رقابتی (Competitive Imports)، کالاهایی هستند که گرچه وارد یک کشور می‌شوند اما همچنین به میزان زیادی در آن کشور تولید می‌شود؛ هرچند امکان دارد که کاملاً هزینه تولید آن‌ها در داخل بیش از هزینه تمام شده ورود آن‌ها به داخل کشور باشد. (شاگری و امیدوار، ۱۳۸۷)

^۳ . Pei, et. Al

^۴ . Miller, R. E. & Blair, P. D. (2009).

5

ماتریس فوق مبنای محاسبه ماتریس ضریب فزاینده تولید داخلی و یا ماتریس معکوس لئونتیف $(I - D)^{-1}$ قرار می‌گیرد. ماتریس معکوس لئونتیف براساس فرض ثابت بودن ضرایب فنی، ثابت است و تغییرات در تقاضای نهایی که منجر به تغییر تولید می‌شود را نشان می‌دهد.

$$(I - D)^{-1} = [a_{ij}] = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} d_{11} & & d_{13} \\ & \ddots & \\ d_{31} & & d_{33} \end{bmatrix} \right\}^{-1} = \begin{bmatrix} a_{11} & & a_{13} \\ & \ddots & \\ a_{31} & & a_{33} \end{bmatrix} \quad (۲)$$

رابطه (۲) ضرایب فزاینده تولید داخلی را نشان می‌دهد. جمع ستونی ماتریس مذکور بیان می‌کند که برای تأمین افزایش یک واحد تقاضای نهایی هر بخش، به‌طور مستقیم و غیر مستقیم، در کل اقتصاد، چه مقدار تولید افزایش می‌یابد.

$$[\Phi_j] = [C_1 \quad \dots \quad C_3] \begin{bmatrix} \frac{1}{X_1} & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \frac{1}{X_3} \end{bmatrix} = [\Phi_1 \quad \dots \quad \Phi_3] \quad (۳)$$

عناصر Φ_j نشان می‌دهد، به ازای هر واحد تولید (میلیون ریال) در یک بخش به‌طور مستقیم چه میزان CO_2 انتشار می‌یابد. سپس با ضرب ماتریس قطری ضرایب مستقیم CO_2 در ماتریس ضرایب فزاینده تولید داخلی، ماتریس ضرایب فزاینده CO_2 داخلی به‌دست می‌آید:

$$[\beta_{ij}] = \begin{bmatrix} \Phi_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \Phi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & & a_{13} \\ & \ddots & \\ a_{31} & & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & & \beta_{13} \\ & \ddots & \\ \beta_{31} & & \beta_{33} \end{bmatrix} \quad (۴)$$

β_{ij} در رابطه (۴)، ماتریس ضریب فزاینده CO_2 هر بخش را نشان می‌دهد، یعنی هر بخش به ازای ارزش یک واحد تقاضای نهایی محصولات داخلی خود چه میزان CO_2 به‌طور مستقیم و غیر مستقیم را منتشر می‌کند.

رابطه (۵)، بیان می‌کند که با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده CO_2 داخلی در بردار صادرات، محتوای CO_2 در کالا و خدمات صادراتی در بخش‌های مختلف اقتصاد به‌دست می‌آید.

$$[e_i] = \begin{bmatrix} \beta_{11} & & \beta_{13} \\ & \ddots & \\ \beta_{31} & & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & E_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_3 \end{bmatrix} \quad (۵)$$

e_i در رابطه (۵) مشخص می‌کند که بخش یک در جهت تأمین تقاضای نهایی خارجی چه مقدار CO_2 را به صورت مستقیم و غیر مستقیم در داخل منتشر کرده‌اند.

سنجش محتوای CO_2 در کالاها و خدمات وارداتی در چارچوب جدول داده - ستانده، در مقایسه با کالاها و خدمات صادراتی، به دلایل زیر پیچیده‌تر است؛ نخست، آنکه ماهیت و جایگاه واردات در نظام حسابداری داده - ستانده بایستی مشخص گردد، فرض رقابتی بودن واردات مبنای اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. دوم، واردات به دو گروه واردات واسطه‌ای و نهایی (مصرفی و سرمایه‌ای) تفکیک شود تحت این شرایط محتوای CO_2 در هر گروه از واردات قابل سنجش است.

سنجش محتوای CO_2 در خصوص واردات بر دو نوع است. نخست، میزان CO_2 که در اثر تولید کالاها و خدمات وارداتی سایر کشورها منتشر می‌شود و به‌عنوان واردات کالای نهایی (سرمایه‌ای و مصرفی) در داخل کشور دیگر توسط جمعیت آن کشور مصرف می‌شود. دوم، واردات واسطه‌ای که در فرایند تولید در سطح بخش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و به منظور پاسخگویی به تقاضای نهایی داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، لازم است فقط بخشی از CO_2 منتشر شده در اثر تأمین تقاضای نهایی داخلی که منشأ واردات واسطه‌ای دارد محاسبه شود.

با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده CO2 در ماتریس قطری واردات نهایی، محتوای CO2 در کالاها و خدمات واردات نهایی به دست می‌آید. جمع سطری رابطه ۶ نشان می‌دهد که در یک بخش چه میزان CO2 در قالب واردات نهایی به کشور وارد شده است. به بیان دیگر، اگر کالاها و خدمات مذکور وارد نمی‌شد در اثر تولید آنها در کشور چه میزان CO2 انتشار می‌یافت.

$$[M_i^f] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1^* & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & m_3^* \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1^f \\ \vdots \\ m_3^f \end{bmatrix} \quad (6)$$

همانند رابطه (۶)، با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده CO2 در ماتریس قطری واردات واسطه‌ای بین بخشی رابطه

زیر به دست می‌آید:

$$[m_i^d] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{11} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & m_{31} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1^d \\ \vdots \\ m_3^d \end{bmatrix} \quad (7)$$

مقادیر m_i^d در رابطه (۷) منعکس کننده محتوای CO2 واردات واسطه‌ای بخش آم است که در فرایند تولیدی توسط

بخش‌های داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. قسمتی از آن در جهت تأمین تقاضای نهایی داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جهت سنجش محتوای CO2 واردات واسطه‌ای که در تأمین تقاضای نهایی داخلی مصرف می‌شود از رابطه (۸) استفاده

می‌شود؛ رابطه (۸) پیش‌ضرب ماتریس واردات واسطه‌ای در ماتریس تفاضل ماتریس همانی و ماتریس نسبت صادرات به ستانده می‌باشد.

$$[m_i^j] = \left(\begin{bmatrix} m_1^1 & \dots & m_3^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_1^3 & \dots & m_3^3 \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \frac{E_1}{X_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{E_3}{X_3} \end{bmatrix} \right\} \right) \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1^j \\ \vdots \\ m_3^j \end{bmatrix} \quad (8)$$

m_1^j نشان می‌دهد در صورت تولید کردن واردات واسطه‌ای در داخل کشور چه میزان CO2 در سطح هر یک از بخش‌های اقتصادی منتشر می‌شود. مباحث مطرح شده تا به اینجا در هر دو سناریو یکسان هستند.

سناریو اول

در این سناریو همانند نظریه تجارت بین الملل هکشر - اوهلین، فرض بر این است که تکنولوژی تولید میان کشورهای

مختلف یکسان است از این رو با بهره بردن از فرض واردات رقابتی، محتوای CO2 واردات (واسطه‌ای و نهایی) با تکنولوژی داخلی

محاسبه می‌شود و در پایان تراز تجاری محتوای CO2 مبادلات تجاری برآورد می‌شود.

$$[EF_i] = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_3 \end{bmatrix} - \left\{ \begin{bmatrix} m_1^f \\ \vdots \\ m_3^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m_1^j \\ \vdots \\ m_3^j \end{bmatrix} \right\} = \begin{bmatrix} EF_1 \\ \vdots \\ EF_3 \end{bmatrix} \quad (9)$$

EF_i در رابطه (۹) مازاد وضعیت (مازاد یا کسری) تراز تجاری محتوای CO2 بخش آم را نشان می‌دهد. این سناریو به دلیل

یکسان فرض نمودن تکنولوژی میان ایران و شرکای تجاری آن، با بیش برآورد محتوای CO2 کالاها و خدمات وارداتی مواجه

است. از این رو، جهت برون رفت از چالش پیش‌رو، رهیافت سناریو دوم پیشنهاد می‌شود.

سناریو دوم

این سناریو درصدد است با استفاده از شدت انرژی ایران و شدت انرژی جهان به جز ایران تفاوت تکنولوژی تولید میان ایران و شرکای آن^۱ را در سنجش محتوای CO₂ انتشار یافته از تولید کالا و خدمات وارداتی لحاظ نماید. به همین منظور بردار واردات در کسر (متوسط شدت انرژی جهان به جز ایران بر شدت انرژی ایران) ضرب شده است.^۲ در رابطه زیر W متوسط شدت انرژی جهان به جز ایران و I شدت انرژی ایران را نشان می‌دهد.^۳

$$[\bar{E}F_i] = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_3 \end{bmatrix} - \left\{ \begin{bmatrix} m_1^f \\ \vdots \\ m_3^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m_1^j \\ \vdots \\ m_3^j \end{bmatrix} \right\} * \frac{W}{I} = \begin{bmatrix} \bar{E}F_1 \\ \vdots \\ \bar{E}F_3 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$\bar{E}F_1$ در رابطه (۱۱) مازاد وضعیت (مازاد یا کسری) تراز تجاری محتوای CO₂ بخش آم را نشان می‌دهد.

پایه‌های آماری

در این مقاله، برای سنجش محتوای مستقیم و غیر مستقیم CO₂ در صادرات و واردات ایران، از چندین منبع آماری و کار پژوهشی استفاده شده است. نخست، آمارها مربوط به CO₂ و محتوای CO₂ کالاها و خدمات صادراتی و وارداتی از مقاله پژوهشی بانوئی و کمال (۱۳۹۳) تحت عنوان سنجش محتوای مستقیم و غیر مستقیم دی‌اکسید کربن در صادرات و واردات ایران با استفاده از رویکرد داده - ستانده استخراج شده است. دوم، جدول داده - ستانده (فعالیت در فعالیت) به هنگام شده سال ۱۳۹۰ توسط مرکز پژوهش‌های مجلس، سوم، مقدار انرژی مصرفی به تفکیک نوع انرژی در بخش‌های اقتصادی از ترازنامه هیدروکربوری (۱۳۹۰) و پایان نامه کارشناسی ارشد کاکائی (۱۳۹۵)^۴ دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی استخراج شده است و سپس با استفاده از ضرایب انتشار مورد تأیید سازمان حفاظت محیط زیست در دستور العمل ۲۰۱۱ هیأت بین الدول آب و هوا^۵ میزان انتشار CO₂ مربوط به سوخت‌های فسیلی محاسبه شده است.

در جدول (۲) مقدار CO₂ منتشر شده در سطح بخش‌های اقتصادی و نرخ رشد آن طی دوره ۱۳۹۰ - ۱۳۸۵ نشان داده شده است. اطلاعات مربوط به CO₂ منتشر شده در سطح بخش‌های اقتصادی حاکی از آن است که طی دوره مذکور، قریب به ۴۰ درصد CO₂ منتشر شده افزایش یافته است. همچنین، شایان توجه است که بخش‌های برق (۱۲۵۰) و توزیع گاز طبیعی (۴۰۵) درصد بالاترین میزان افزایش CO₂ را به خود اختصاص داده‌اند.

^۱ از آنجایی که آمار و اطلاعات کشورهای شریک تجاری ایران در دسترس نیست و کشورهای همانند امارات نقش ترانسفور ایفا می‌کنند از این‌رو متوسط جهانی به جز ایران به جای شرکای تجاری استفاده شده است.

^۲ برای اطلاعات بیشتر در ارتباط با چگونگی لحاظ تفاوت تکنولوژی (کارایی) به پژوهش Xu Tang. et. al, 2012 مراجعه کنید.

^۳ در سناریو نخست، براساس فرض رقابتی بودن واردات، محتوای CO₂ در کالاها و خدمات وارداتی سنجش شده است. به عبارت دیگر، محتوای CO₂ کالاها و خدمات وارداتی براساس تکنولوژی داخلی برآورد می‌شود که با بیش برآوردی مواجه است زیرا کارایی انرژی در ایران نسبت به متوسط جهانی بالاتر است. از این‌رو در این سناریو تلاش شده است با استفاده از شدت انرژی بیش برآوردی مذکور تعدیل شود. همچنین، به دلیل آنکه CO₂ منتشر شده از سوخت‌های فسیلی مورد بحث است و بیش از ۹۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای، CO₂ و بیش از ۸۰ درصد CO₂ نیز از مصرف سوخت‌های فسیلی منتشر می‌شود از شدت انرژی جهت تعدیل محتوای CO₂ بیش برآوردی استفاده می‌شود.

^۴ جهت آشنایی بیشتر نحوه محاسبه انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی به کاکائی (۱۳۹۵)، صادقی و همکاران (۱۳۹۵)، ذاکری (۱۳۹۳) و بانوئی و کمال (۱۳۹۳) رجوع کنید.

^۵ IPCC.

جدول ۲: میزان انتشار CO2 در سطح بخش‌های اقتصادی در سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ - هزار تن - درصد

| بخش‌های اقتصادی | سال ۱۳۸۵ | سال ۱۳۹۰ | نرخ رشد |
|---|----------|----------|---------|
| کشاورزی | ۱۰۸۳۹ | ۱۱۸۶۱ | ۹/۴ |
| نفت خام و گاز طبیعی | ۳۰۸۶۰ | ۷۰۱۴۹ | ۱۲۷/۳ |
| سایر معادن | ۲۲۲۹ | ۲۸۸۶ | ۲۹/۵ |
| ساخت محصولات غذایی، انواع آشامیدنی، توتون و تنباکو | ۸۶۳۴ | ۷۴۷۸ | (۱۳/۴) |
| ساخت منسوجات | ۱۱۲۶ | ۸۳۱ | (۲۶/۲) |
| ساخت پوشاک، عمل آوری و رنگ کردن خز | ۵۷ | ۱۳۱ | ۱۲۹/۸ |
| دباغی و پرداخت چرم و سایر محصولات چرمی | ۱۲۲ | ۹۱ | (۲۵/۴) |
| ساخت چوب و محصولات چوبی | ۲۲۷ | ۲۶۵ | ۱۶/۷ |
| کاغذ و چاپ | ۷۸۲ | ۸۰۲ | ۲/۶ |
| کک، فراورده‌های نفتی و سوخت‌های هسته‌ای و محصولات شیمیایی | ۲۶۵۳۰ | ۴۲۹۳۱ | ۶۵/۶ |
| ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک | ۶۰۴ | ۶۹۵ | ۱۵/۱ |
| ساخت سایر محصولات کانی غیر فلزی | ۲۱۸۶۵ | ۲۹۴۱۵ | ۳۴/۵ |
| ساخت فلزات اساسی | ۱۲۲۳۹ | ۱۳۶۹۱ | ۱۱/۹ |
| ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات | ۷۵۴ | ۸۴۹ | ۱۲/۶ |
| ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر | ۶۹۶ | ۶۶۵ | (۴/۵) |
| ساخت ماشین‌آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی | ۵ | ۱۱ | ۱۲۰ |
| ساخت ماشین‌آلات و دستگاه‌های برقی طبقه | ۲۵۴ | ۲۹۶ | ۱۶/۵ |
| ساخت رادیو و تلویزیون، دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی | ۲۳ | ۱۸ | (۲۱/۷) |
| ساخت ابزار پزشکی، ابزار اپتیکی، ابزار دقیق و انواع ساعت | ۶۰ | ۷۴ | ۲۳/۳ |
| ساخت وسایل نقلیه موتوری، تریلر و سایر تجهیزات حمل و نقل | ۸۱۹ | ۱۲۸۴ | ۵۶/۸ |
| ساخت مبلمان، مصنوعات طبقه بندی نشده در جای دیگر و بازیافت | ۵۶۰ | ۶۸۸ | ۲۲/۹ |
| برق | ۱۱۰۳۰۵ | ۱۴۹۲۴۲۸ | ۱۲۵۳ |
| توزیع گاز طبیعی | ۲۲۴۹ | ۱۱۳۶۸ | ۴۰۵/۵ |
| آب | ۲۴۸۴ | ۱۴۴ | (۹۴/۲) |
| ساختمان | ۴۴ | ۷۲ | ۶۳/۶ |
| حمل و نقل | ۹۸۰۳۸ | ۱۲۲۰۴۷ | ۲۴/۵ |
| سایر خدمات | ۱۶۹۴۴ | ۱۹۲۴۰ | ۱۳/۶ |
| جمع | ۳۴۹۳۴۹ | ۴۸۸۲۲۳ | ۳۹/۸ |

مأخذ: محاسبات پژوهش، و کمال ۱۳۹۳

تجزیه و تحلیل نتایج

اطلاعات مربوط به تراز تجاری محتوای CO2 در سطح بخش‌های اقتصادی در جدول (۳) نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۵ در هر دو سناریو، در سطح کلان ایران وارد کننده خالص CO2 است. در حالی که در سناریو نخست، ۷ بخش اقتصادی و در سناریو دوم، ۱۴ بخش اقتصادی دارای مازاد تجاری محتوای CO2 هستند (بخش توزیع گاز طبیعی نیز تراز صفر دارد). همان‌طور که پیش‌تر آمد سناریو نخست، به دلیل یکسان فرض نمودن تکنولوژی تولید میان ایران و شرکای تجاری آن، با بیش برآوردی محتوای CO2 کالاها و خدمات وارداتی مواجه است. سناریو دوم با به کارگرفتن کارایی انرژی (شدت انرژی) تلاش کرده است بیش برآوردی مذکور را تعدیل کند. همچنین اطلاعات مربوط به تراز تجاری محتوای CO2 در سال ۱۳۹۰ نشان می‌دهد

که در سال مذکور بر خلاف سال ۱۳۸۵ تحت هر دو سناریو در سطح کلان ایران دارای مازاد تجاری محتوای CO₂ است به بیان دیگر، صادر کننده خالص محتوای CO₂ است. نظر به اینکه در سناریو اول تراز تجاری محتوای CO₂ در سطح کلان مثبت است اما ۲۰ بخش اقتصادی با کسری (وارد کننده خالص) مواجه هستند. حال آنکه در سناریو دوم، ۱۷ بخش اقتصادی با کسری مواجه است. در هر دو سناریو، بخش ساختمان دارای تراز تجاری صفر می‌باشد.

جهت مقایسه تراز تجاری محتوای CO₂ در سطح بخش‌های اقتصادی در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰، تلاش شده است در هر سال سناریوهای متناظر با یکدیگر مقایسه شوند به بیان دیگر، سناریو نخست در سال ۱۳۸۵ با سناریو اول سال ۱۳۹۰ که بر مبنای یکسان فرض نمودن تکنولوژی تولید میان ایران و شرکای تجاری آن است مقایسه شده است. بررسی اطلاعات مربوط به تراز تجاری محتوای CO₂ نشان می‌دهد که بخش‌های مانند کشاورزی، ساخت منسوجات، دباغی و پرداخت چرم و سایر محصولات چرمی و آب در سال ۱۳۸۵ تحت سناریو دارای مازاد تجاری محتوای CO₂ هستند در حالی که در سال ۱۳۹۰ با کسری مواجه هستند. همچنین، ساخت سایر محصولات کانی غیر فلزی و توزیع گاز طبیعی در سال ۱۳۸۵ با کسری مواجه بودند در حالی که در سال ۱۳۹۰ دارای تراز مثبت هستند.

از آنجایی که سناریو دوم براساس فرض متفاوت تکنولوژی تولید میان ایران و شرکای تجاری آن استوار است نتایج آن نیز تا حدودی متفاوت تر از سناریو اول می‌باشد. بخش‌های که در سال ۱۳۸۵ دارای تراز تجاری مثبت بوده‌اند و در سال ۱۳۹۰ تراز تجاری آن‌ها منفی شده است یا به عبارت دیگر، با کسری مواجه شده‌اند شامل بخش‌های؛ کشاورزی، ساخت محصولات غذایی، انواع آشامیدنی، توتون و تنباکو، ساخت منسوجات، ساخت پوشاک، عمل آوری و رنگ کردن خز، ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک، ساخت ماشین آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی و سایر خدمات می‌باشد. همچنین، بخش‌های مانند؛ کک، و سوخت‌های هسته‌ای و محصولات شیمیایی و حمل و نقل در سال ۱۳۸۵ با کسری تجاری مواجه بوده‌اند حال آن که در سال ۱۳۹۰ تراز تجاری محتوای CO₂ آن‌ها مثبت شده است. ذکر این نکته ضروری است که سایر بخش‌های اقتصادی طی دو سال مورد بررسی یا با کسری مواجه بوده‌اند و یا این که از مازاد تجاری برخوردار بوده‌اند.

جدول ۳: تراز تجاری محتوای CO₂ در سطح بخش‌های اقتصادی در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰

| ۱۳۹۰ | | سال ۱۳۸۵ | | بخش‌های اقتصادی |
|------------|------------|------------|------------|---|
| سناریو دوم | سناریو اول | سناریو دوم | سناریو اول | |
| (۴۰۸) | (۱۱۷۲) | ۱۱۶۱ | ۵۳۷ | کشاورزی ^(۱) |
| ۷۰۱۷۲ | ۶۹۶۹۸ | ۲۸۲۲۶ | ۲۷۵۶۱ | نفت خام و گاز طبیعی ^(۲) |
| ۵۴۴ | ۲۹۸ | ۷۷۲ | ۴۱۳ | سایر معادن ^(۳) |
| (۱۱۷۸) | (۱۹۲۴) | ۵۷ | (۷۰۷) | ساخت محصولات غذایی، انواع آشامیدنی، توتون و تنباکو ^(۴) |
| (۱۳۳) | (۳۰۶) | ۳۲۳ | ۲۲۷ | ساخت منسوجات ^(۵) |
| (۴۷۵) | (۶۵۴) | ۳ | (۵) | ساخت پوشاک، عمل آوری و رنگ کردن خز ^(۶) |
| ۱۶ | (۳) | ۷۵ | ۶۸ | دباغی و پرداخت چرم و سایر محصولات چرمی ^(۷) |
| (۱۶۱) | (۲۲۷) | (۹) | (۳۲) | ساخت چوب و محصولات چوبی ^(۸) |
| (۶۲۶) | (۸۹۱) | (۴۸) | (۲۳۸) | کاغذ و چاپ ^(۹) |
| ۱۵۱۳۸ | ۱۱۳۸۱ | (۴۵۰۸۴) | (۹۰۶۱۶) | کک، و سوخت‌های هسته‌ای و محصولات شیمیایی ^(۱۰) |
| (۳۱) | (۱۳۲) | ۸ | (۹۰) | ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک ^(۱۱) |

^۱. ذکر این نکته ضروری است که اطلاعات جدول حاضر مربوط به پژوهش بانوئی و کمال (۱۳۹۳) است و نویسنده قضاتی در مورد آن ندارد و هیچگونه دخل و تصرفی در آن نکرده است. فقط اعداد واردات سناریو دوم را در عدد محاسبه شده برای لحاظ تفاوت تکنولوژی ضرب کرده است. در پیوست مقاله اعداد به تفکیک ارائه خواهد شد.

^۲. در ادامه اعداد معرف بخش‌های اقتصادی هستند.

| | | | | |
|--------|--------|---------|----------|---|
| ۲۵۷۱ | ۱۱۵۱ | ۱۰۲۷ | (۲۹۴) | ساخت سایر محصولات کانی غیر فلزی(۱۲) |
| (۴۰۲۵) | (۶۶۰۶) | (۱۶۴۸) | (۱۰۰۷۷) | ساخت فلزات اساسی(۱۳) |
| (۷۸) | (۱۵۰) | (۳۶) | (۱۰۵) | ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات(۱۴) |
| (۸۲۴) | (۱۱۵۸) | (۵۶۶۲۳) | (۹۴۲۶۴) | ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر(۱۵) |
| (۴۳) | (۵۹) | ۱ | (۲) | ساخت ماشین‌آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی(۱۶) |
| (۱۰۰) | (۱۴۹) | (۶۱۹) | (۱۱۱۲) | ساخت ماشین‌آلات و دستگاه‌های برقی دیگر(۱۷) |
| (۸۸) | (۱۲۲) | (۵۸) | (۹۹) | ساخت رادیو و تلویزیون، دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی(۱۸) |
| (۱۲۳) | (۱۷۰) | (۲) | (۶) | ساخت ابزار پزشکی، ابزار اپتیکی، ابزار دقیق و انواع ساعت(۱۹) |
| (۴۲۰) | (۵۸۶) | (۵۵۸) | (۱۰۳۸) | ساخت وسایل نقلیه موتور، تریلر و سایر تجهیزات حمل و نقل(۲۰) |
| (۲۶) | (۹۳) | (۷۲) | (۱۵۸) | ساخت مبلمان، مصنوعات طبقه بندی نشده و بازیافت(۲۱) |
| ۱۸۷۶۶ | ۱۱۳۷۹ | ۱۳۴۵۸ | ۲۹۲۴ | برق (۲۲) |
| ۳۴۶۵ | ۳۱۲۱ | ۰ | (۱۷۸) | توزیع گاز طبیعی(۲۳) |
| ۱ | (۴) | ۵۴۳ | ۴۴۶ | آب(۲۴) |
| ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ساختمان(۲۵) |
| ۴۵۸۵ | (۲۳۸۲) | (۱۶۵۷) | (۱۲۱۴۴) | حمل و نقل(۲۶) |
| (۲۵۵) | (۷۷۱) | ۳۹۳ | (۲۶۶) | سایر خدمات(۲۷) |
| ۱۰۶۲۶۱ | ۷۹۴۸۷ | (۶۰۳۶۶) | (۱۷۹۲۵۴) | جمع |

مأخذ: محاسبات پژوهش، و کمال ۱۳۹۳

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله تلاش شد تا با مرور اجمالی بر مبانی نظری شاخص بیوفیزیکی ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی، محتوای CO₂ (محتوای مستقیم و غیر مستقیم) کالاها و خدمات صادراتی و وارداتی و با استفاده از رویکرد داده - ستانده در سطح بخش‌های اقتصادی براساس چارچوب نظری در سال ۱۳۹۰ تحت دو سناریو محاسبه شد و با نتایج پژوهش بانوئی و کمال(۱۳۹۳) که محتوا CO₂ کالاها و خدمات صادراتی و وارداتی را برای سال ۱۳۸۵ انجام داده بودند مقایسه شد. دگر این نکته ضروری است جهت مقایسه بهتر و جلوگیری از خطا، سناریو دوم مقاله یاد شده توسط نویسندگان محاسبه شد. همانطور که در جدول ۳ آمده است با در نظر گرفتن تفاوت تکنولوژی در میان ایران و شرکای تجاری آن، هم در سطح بخش‌های اقتصادی و هم در سطح کلان نتایج متفاوت حاصل می‌شود که در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌ها بسیار حائز اهمیت هستند به عنوان نمونه، در سناریو دوم بخش‌های همانند محصولات چوبی و کاغذی، لاستیک و پلاستیک، سایر محصولات کانی غیر فلزی دارای تراز تجاری مثبت هستند. براساس نتایج به‌دست آمده عنوان صادر کننده خالص CO₂ برای اقتصاد ایران در سال ۱۳۹۰ که در جایگاه نهم جهان از منظر تولید CO₂ قرار دارد نشان دهنده ضعف کارکردی و کژکارکردی ساختار اقتصادی کشور است. همانطور که قبلاً اشاره شد با وجود مزاد تجاری محتوای CO₂ در سطح کلان، در سناریو اول ۲۰ بخش اقتصادی و در سناریو دوم ۱۷ بخش اقتصادی با کسری مواجه هستند که عمدتاً بخش‌های صنعتی کشور را نیز شامل می‌شود. از مهمترین عواملی که سبب شده است ایران صادرکننده خالص CO₂ باشد بخش‌های هستند که مبتنی بر نفت و فرآورده‌های آن هستند. به‌عنوان مثال بخش‌های، نفت و گاز و طبیعی، کک، و سوخت‌های هسته‌ای و محصولات شیمیایی، توزیع گاز طبیعی و برق از مهم‌ترین بخش‌های هستند که دارای مزاد تجاری محتوای CO₂ هستند. از آنجایی که در یکی دو دهه گذشته بخش‌های پتروشیمی و افزایش صادرات غیر نفتی (محصولات پتروشیمی و محصولات نفتی فرآورده‌های فرآوری شده) همواره به عنوان یکی از پیشران توسعه کشور از آن اسم برده شده است و بدون افزایش صادرات محتوای CO₂ بخش مرتبط با این محصولات دور از انتظار

نیست. آنچه که در میان مغفول مانده است وابستگی بخش صنعتی کشور به واردات است. از آنجایی که در متون توسعه، همواره توسعه صنعتی و صادرات آن به عنوان یکی از مهم‌ترین راهبردهای توسعه از آن یاد می‌شود. حال آنکه که در بخش‌های صنعتی در سال ۱۳۹۰ در مقایسه با سال ۱۳۸۵ گاهاً افزایش وابستگی به واردات مشاهده می‌شود که می‌توانند گویای این واقعیت باشد که بخش‌های تولیدی کشور با تنگناهای جدی مواجه هستند. به‌عنوان مثال، بخش ساخت پوشاک، عمل آوری و رنگ کردن خز یکی از بخش‌های است که واردات محتوای CO2 آن افزایش یافته است.

از سوی دیگر، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های اتمسفر، هدف مهم سیاست‌های انرژی و زیست محیطی را تشکیل می‌دهند و در این خصوص تلاش‌های زیادی نیز صورت گرفته و توافقاتی بین‌المللی نیز منعقد شده است و یکی از نمونه‌های این توافقات، توافق پاریس یا کوپ ۲۱ است که کشورهای حاضر در این کنفرانس در ۲۲ آوریل سال ۲۰۱۶ توافق کردند که مجموعه اقداماتشان به‌گونه‌ای باشد که اجازه ندهند دمای کره زمین تا پایان قرن جاری میلادی از یک‌ونیم درجه سلسیوس بیشتر افزایش پیدا کند که ایران نیز در این میان، این توافق را البته به‌صورت مشروط و در صورت کمک‌های مالی بین‌المللی و رفع تحریم‌ها پذیرفته است. از این‌رو انتظار می‌رود سیاست‌گذاران به بازآرایی ساختار نهادی تولید و تکنولوژی بخش‌های اقتصادی کشور اقدام نموده و با استفاده از فضای ایجاد شده، برداشته شدن تحریم‌های بین‌المللی برای به‌روز نمودن تکنولوژی و فناوری‌های تولید اقدام نمایند. همچنین، توجه به مسائل زیست محیطی به گونه‌ای که در اولویت سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها قرار بگیرد و با شناسایی بخش‌های کلیدی و پیوندهای پیشین و پسین در اقتصاد، و سایر شاخص‌های زیست محیطی، اقتصادی و... در راستای کاهش آلاینده‌های زیست محیطی، تقویت بنیه‌های تولیدی کشور متوازن با توسعه پایدار، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری شود.

منابع

- بانویی، علی اصغر (۱۳۹۱). ارزیابی شقوق مختلف نحوه منظور کردن واردات و روش‌های تفکیک آن با تأکید بر جدول مقارن سال ۱۳۸۰. *فصلنامه سیاست‌گذاری اقتصادی*، شماره ۸، صص ۷۴-۳۱.
- بانویی، علی اصغر؛ مؤمنی، فرشاد و عزیزمحمدی، سیمین (۱۳۹۲). سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین در بخش‌های مختلف اقتصادی، با استفاده از رویکرد جدول داده-ستانده. *فصلنامه سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی*، دانشگاه الزهراء، شماره ۱.
- بانویی، علی اصغر؛ ذاکری زهرا؛ مؤمنی، مرضیه و اسفندیاری کلون، مجتبی (۱۳۹۳). سنجش وضعیت صادرات و واردات آب مجازی در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران. همایش مدیریت یکپارچه منابع و مصارف آب با تکیه بر توسعه پایدار منطقه البرز مرکزی- دانشگاه تهران- مؤسسه آب.
- بانویی، علی اصغر و کمال، الهام (۱۳۹۳). سنجش محتوای مستقیم و غیر مستقیم دی‌اکسیدکربن در صادرات و واردات ایران با استفاده از رویکرد داده-ستانده. *فصلنامه سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی*، دانشگاه الزهراء، شماره ۳، صص ۷۰-۴۰.
- ترابی، تقی و وارثی، محسن (۱۳۸۸). بررسی آلاینده‌گی زیست محیطی صنایع کشور با استفاده از رویکرد داده-ستانده (مورد خاص دی‌اکسید کربن). *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، شماره ۴۲، صص ۹۳-۷۷.
- ترازنامه هیدروکربوری کشور (۱۳۹۰)، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی
- جهانگرد، اسفندیار و تجلی، هدیه (۱۳۹۰) تجزیه شدت انرژی‌بری در صنایع کارخانه‌ای ایران، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۳۱، صص ۵۸-۲۵.

- جعفرزاده، امیر؛ شاکری، عباس؛ مومنی، فرشاد و عبدلی، قهرمان (۱۳۹۳). همکاری بین صادرکنندگان گاز منطقه خزر در صادرات گاز به اروپا بر ملاحظات محیط زیستی در چهارچوب نظریه بازی. *فصلنامه مطالعات پژوهشنامه اقتصادی*، سال چهاردهم، شماره ۵۵، صص ۴۰-۱.
- ستاریفر، محمد، درآمدی بر سرمایه و توسعه». انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی، سال ۱۳۷۴.
- شاکری عباس و امیدوار سیروس (۱۳۸۷). آزمون نظریه هکشر- اوهلین در مورد صادرات و واردات چین. *پژوهشنامه اقتصادی*، شماره ۴، صص ۱۰۳-۸۳.
- طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، مرکز آمار ایران (۱۳۸۱ و ۱۳۹۰).
- طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱ تا ۹ نفر کارکن، مرکز آمار ایران (۱۳۸۱).
- کاکائی، جمال (۱۳۹۵). سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران با رویکرد داده - ستانده. پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی.
- مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۳۹۳). ضرورت توجه به محیط‌زیست در قانون هدفمندی یارانه‌ها: بررسی میزان انتشار مستقیم و غیرمستقیم آلاینده‌های CO₂. ذاکری، زهرا و ابوالحسن والی زاده، شماره مسلسل، ۱۳۶۶۳.
- مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۳۹۵). سنجش مصرف انرژی و انتشار CO₂ در بخش‌های اقتصادی»، صادقی، نرگس، ذبیحی، زهرا و مستعلی پارسا مریم، شماره مسلسل، ۱۵۲۴۴.
- وصفی اسفستانی، شهرام (۱۳۸۵). بررسی کمی پیوند بین فعالیت‌های اقتصادی محیط زیست و انرژی در قالب الگوی داده - ستانده بسط یافته با تأکید بر انتشار دی اکسید کربن در ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی.
- نظام طبقه‌بندی ISIC، rev 3.
- Brundtland Report (1987), "Report on the World Commission on Environment and Development. United Nations General Assembly Resolution 42-187. Daily, G. & Ehrlich, P. (1992), "Population, Sustainability and the Earth's Carrying Capacity", *Journal of Bioscience*. Vol. 42 No. 10: 761-771.
- Dietzenbacher, Erik. (2011), "A Correct Method to Determine the Factor Content of Trade. 19th International IO conference, Alexandria, U.S.A, 13-17 June.
- Ferng, J.-J. (2001), "Methods Using Composition of Land Multiplier to Estimate Ecological Footprints Associated with Production Activity". *Journal of Ecological Economics*, Vol 37: 159-172.
- Ferng, J.-J. (2002), "Analysis Toward a scenario analysis framework for energy footprints", *Journal of Ecological Economics*, Vol 40; 53-69.
- Hubacek, K. & Giljum, S. (2003), "Applying Physical Input-Output Analysis to Estimate Land Appropriation (Ecological Footprint) of International Trade Activities". *Journal of Ecological Economics*, Vol. 44: 137-151.
- Monfreda, C, Wackernagel, M. & Deumling, D. (2004), "Establishing National Natural Capital Accounts Based on Detailed Ecological Footprint and Biological Capacity Assessments", *Journal of Land Use Policy*, Vol 21, No 3: 231-246.
- Pei, J. Oosterhaven, J. & Dietzenbacher, E. (2012), "How Much Do Exports Contribute to China's Income Growth". *Journal of Economic Systems research* Vol. 24. No3: 275-284.
- Peters, G.P. & Hertwich, E.G. (2008). Co₂ Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy. *Environmental Science & Technology*, Vol. 42, No. 5, PP. 1401-1407.
- Rees, W.E. (1992), "Ecological Footprints & Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves out" *Journal of Environment & Urbanization*. Vol. 4, No. 2, : 120-130.
- Rees, W. E (1996), "Revisiting Carrying Capacity: Area-based Indicators of Sustainability", *Journal of Population & Environment*. Vol. 17: 195-215.
- Rees W.E. (2012), "Ecological Footprint, Concept of Chapter in Encyclopedia of Biodiversity" (2nd Ed). Published by Academic Press, San Diego.
- Ren, S.h., Yuan, B. Ma, X. and Chen, X. (2014). International Trade, FDI (Foreign Direct Investment) and Embodied Co₂ Emissions: A case Study of China's Industrial Sectors. *China Economic Review*, Vol. 28, No. 1, PP. 123-134.
- Wackernagel, M, Onisto, L., Bello, P., Linares, A. C., Falfan, I. L., Garcia, J. M, Guerrero, A. S. & Guerrero, G. S. (1999), "National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept, *Journal of Ecological Economics*, Vol. 29,: 375-390.



- Wiedmann, T., Minx, J., Barrett J. & Wackernagel, M. (2006), "Allocating Ecological Footprints to Final Consumption Categories with Input-Output Analysis", *Journal of Ecological Economics*, Vol 56: 28- 48.
- WB (2015), World Development Indicators, World Bank.
- Miller, R. E. & Blair, P. D. (2009). "Input-Output Analysis: Foundations and Extensions", Second Edition, Cambridge University Press.
- McDonald, G. W. & Patterson G. (2004), "Ecological Footprints and Interdependencies of New Zealand Regions" *Journal of Ecological Economics* . Vol 50 :49- 67.
- Manfred Lenzen (1998), "Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: an input - output analysis", *Journal of Energy Policy*, Vol. 26, No. 6; 495- 506.
- IEA. (2013). *CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights* International Energy Agency.
- IPCC. (2013). Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories.
- Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kai F, Reinout H, Geert D (2013), "The footprint family: comparison and interaction of the ecological, energy, carbon and water footprints", *Journal of Revue de Métallurgie* 110, 79-88 .
- Kai F, Reinout H, Geert D (2014), "Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: Overview of a footprint family", *Journal of Ecological Indicators* , Vol 36, 508- 518.
- Xu T, Baosheng Z, Lianyong F, Simon S, Mikael H (2012), "Net oil exports embodied in China's international trade: An input-output analysis", *Journal of Energy*, Vol 48; 464-471.

