

سنجش محتوای مستقیم و غیرمستقیم دی‌اکسید کربن در صادرات و واردات ایران با استفاده از رویکرد داده-ستانده*

علی اصغر بانویی^۱ و الهام کمال^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۲۱

چکیده

در این پژوهش به منظور بررسی وضعیت انتشار آلاینده‌گی (CO_2) در روابط تجاری ایران، یک شاخص بیوفیزیکی به نام محتوای مستقیم و غیرمستقیم دی‌اکسید کربن معرفی می‌کنیم. این شاخص نشان می‌دهد به منظور تأمین تقاضای نهایی، چند تن CO_2 به صورت مستقیم و غیرمستقیم در اثر تولید محصولات صادراتی و واردات محصولات به کشور منتشر شده است. از آنجا که گزارش سال ۲۰۱۳ آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)، نشان می‌دهد که ایران نهمین کشور انتشاردهنده CO_2 در جهان است، بررسی محتوای انتشار CO_2 در

* این مقاله با اصلاحات جزئی از پایان‌نامه خانم کمال تحت عنوان "سنجش محتوای مستقیم و غیرمستقیم دی‌اکسید کربن در صادرات و واردات ایران با استفاده از رویکرد داده-ستانده" مستخرج شده است.

^۱ عضو هیات علمی دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول)؛ banouei@atu.ac.ir

^۲ دانش‌آموخته کارشناس ارشد اقتصاد محیط زیست، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی؛
e.kamal1988@gmail.com

صادرات و واردات ایران در مبادلات تجاری اهمیت می‌یابد. بنابراین، کانون اصلی این پژوهش، بررسی وضعیت تراز تجاری محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO_2 در سطح بخش‌های اقتصادی و کلان ایران حول دو پرسش اساسی زیر است: نخست اینکه، ایران در سطح کلان واردکننده خالص CO_2 است یا صادرکننده خالص CO_2 ؟ و دوم این که، کدام یک از بخش‌های اقتصادی بیشترین محتوای CO_2 وارداتی و صادراتی را به خود اختصاص می‌دهند. جدول داده-ستانده اصلاح شده سال ۱۳۸۵ و آمارهای جانبی انتشار CO_2 در سطوح بخش‌های مختلف اقتصادی همان سال، مبنای سنجش دو پرسش یادشده قرار می‌گیرد. یافته‌ها نشان می‌دهند که ایران در سطح کلان واردکننده خالص CO_2 به ۱۷۹۲۵۷ هزار تن CO_2 است و از میان ۲۷ بخش اقتصادی، بخش «تولید، توزیع و انتقال برق» با ۲۹۴۸۲ هزار تن بیشترین محتوای CO_2 صادراتی و بخش «زغال کک و فرآورده‌های نفتی» با ۱۱۴۷۸۹ هزار تن CO_2 بیشترین محتوای CO_2 وارداتی (نهایی و واسطه‌ای) را به خود اختصاص داده‌اند. بخش «ماشین آلات و تجهیزات» نیز بزرگترین بخش واردکننده خالص CO_2 به میزان ۹۴۲۶۳ هزار تن محسوب می‌شود. از آنجا که در سال ۱۳۸۵، ۵۱ درصد از کل واردات خالص CO_2 متعلق به بخش صنعت بوده است، می‌توان گفت که واردات محصولات آلاینده نسبتاً ماهیت سرمایه‌بری داشته‌اند. بنابراین، با وجود فرض واردات رقابتی و از نظر ملی و منافع زیست‌محیطی داخلی پیشنهاد می‌شود که حداقل در آینده‌ای نزدیک واردات این محصولات به همان میزان ادامه یابد؛ زیرا اگر تولیدات داخلی به روش فعلی جایگزین واردات صورت گرفته شود، به انتشار بیشتر CO_2 در داخل منجر شده و تخریب بیشتر محیط‌زیست را به همراه خواهد داشت.

واژگان کلیدی: محتوای مستقیم و غیرمستقیم دی‌اکسیدکربن، جدول

داده-ستانده داخلی، واردات رقابتی.

طبقه‌بندی JEL: F_{18} Q_{56}

مقدمه

در دهه‌های اخیر مسائل زیست‌محیطی نسبت به گذشته بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. با آغاز دهه ۱۹۷۰، شواهد علمی و نگرانی‌های فزاینده عمومی نسبت به تبعات گرم شدن زمین در اثر افزایش روند تجارت به تشکیل یک سری از نشست‌های بین‌المللی و منطقه‌ای منجر شد.^۱ از مهم‌ترین جلساتی که در این خصوص برگزار شد، کنفرانس توسعه و محیط‌زیست سازمان ملل در سال ۱۹۹۲ در «ریودوژانیرو» بود.^۲ در سال ۱۹۹۷ کشورهای جهان در یک توافق‌نامه به این نتیجه رسیدند که با تصویب پروتکل کیوتو، کشورهای صنعتی را ملزم نمایند انتشار گازهای گلخانه‌ای مشترک خود را حداقل تا ۵ درصد از انتشار سال ۱۹۹۰ در بین سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۱۲ کاهش دهند (زیسینگ ۲۰۰۱، میرسون ۱۹۹۸، گیلپین ۲۰۰۰).^۳ در نتیجه چنین توافقنامه‌هایی، تجارت بین‌المللی این اجازه را به کشورها می‌دهد تا بسیاری از تولیدات خود را به کشورهای دیگر انتقال دهد. در چنین مواردی کشورها می‌توانند با واردات محصولات آلاینده میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO₂) را در درون کشور پایین نگه دارند. این مسأله شاید در سطح داخلی رفتاری عقلایی به نظر آید، اما در سطح جهانی هزینه‌های گزافی از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب و هوایی را از خود به جای می‌گذارد و پایداری محیط‌زیست را دچار تزلزل می‌کند (پیترز و هرتویچ ۲۰۰۸ و ویکوف و روپ ۱۹۹۴).^۴ افزون بر این، افزایش مصرف، در اثر تجارت در حال گسترش نیز می‌تواند به پایداری محیط‌زیست آسیب وارد کند؛ به این صورت که وقتی هر کشور در راستای تأمین مصرف نهایی، بیش از ظرفیت اکولوژیکی آن فعالیت داشته باشد، به گونه‌ای که از ظرفیت تحمل آن فراتر رود مشکلاتی از قبیل نابودی اکوسیستم‌ها و تخریب محیط‌زیست را به همراه دارد و به پایداری محیط‌زیست آسیب می‌زند (ماچادو و همکاران، ۲۰۰۱).^۵

در دهه‌های اخیر بسیاری از صاحب‌نظران در عرصه اقتصادی و محیط‌زیستی درصدد برآمدند تا با یکپارچه کردن نظرات مختلف در خصوص اتخاذ یک رویکرد بیوفیزیکی به بررسی اصل پایداری و تطبیق نیازهای درونی اقتصاد با ظرفیت تحمل محیط‌زیست

^۱ برقی اسگویی. (۱۳۸۷).

^۲ رحیمی و بختیار. (۱۳۸۵).

^۳ Ziesing, Meyerson, Gilpin.

^۴ Peters & Hertwich, Wyckoff & Roop

^۵ Machado, et. al.

بپردازند. در راستای آن بسیاری از تحلیلگران اقتصاد محیط‌زیست، ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی را معرفی کردند. ردپای بوم‌شناختی، یک معیار پایداری است و مشخص می‌کند که برای تأمین نیازهای داخلی جامعه چه میزان (در واحد فیزیکی) از سرمایه طبیعی (محیط‌زیست) در مقیاس جهانی کاسته شده است. کاهش در ارزش سرمایه طبیعی می‌تواند به صورت محاسبه منابع (زمین و آب) و یا مصرف حامل‌های انرژی و انتشار آلودگی (CO_2) ناشی از آن باشد (ریز ۲۰۱۲).^۱ ظهور شاخص‌هایی مانند ردپای بوم‌شناختی (در قالب ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی از جمله زمین و آب)، ردپای بوم‌شناختی کربن، آب مجازی و امروزه محتوای کربن و کربن مجازی حاکی از آن است که مصرف، می‌تواند یک عامل کلیدی برای هدایت مبادلات بین اقتصاد و محیط‌زیست در سطح جهانی محسوب شود، زیرا پیامدهای حاصل از تولید که برای تأمین مصرف نهایی جامعه صورت می‌گیرد با مقیاس بزرگتری به فراتر از مرزهای سیاسی آن ملت گسترش می‌یابد (مرادیان و همکاران ۲۰۰۲).^۲

محصولاتی که در جهت صادرات در هر کشور تولید می‌شود و آن چه که از طریق واردات به مصرف داخلی می‌رسد و نوع محصولات واسطه‌ای که صرف تولید بخش‌های اقتصادی می‌شود و در نهایت کارایی تکنولوژی‌های صورت گرفته، همه و همه به‌طور قاطع بر میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO_2) در درون کشور و خارج از آن تأثیرگذار خواهد بود (ماچادو و همکاران ۲۰۰۱).^۳ بر این اساس و با توجه به تأثیر تجارت بر محیط‌زیست، بسیاری از پژوهشگران خارجی به بررسی سنجش میزان محتوای CO_2 در اثر روابط تجاری کشورها با یکدیگر در راستای تأمین مصرف نهایی جامعه پرداختند. بررسی محتوای کربن در تجارت بین‌المللی حداقل از سه جنبه حائز اهمیت است: نخست آن که در سطح بخشی و کلان قابل سنجش است. دوم، تصویر واقع‌بینانه‌تری از وضعیت موجود مصرف جامعه با محیط‌زیست را آشکار می‌کند. به بیان دیگر، مشخص می‌کند که در جهت تأمین تقاضای نهایی چه میزان فشار بر محیط‌زیست وارد و به انتشار CO_2 منجر می‌شود و سوم آن که، سنجش محتوای CO_2 دارای دو جنبه بومی و غیربومی است. جنبه بومی، محتوای CO_2 داخلی در جهت تأمین مصرف داخلی و خارجی (صادراتی) را در برمی‌گیرد و جنبه غیربومی شامل

^۱ Rees

^۲ Muradian, et. al.

^۳ Machado, et. al.

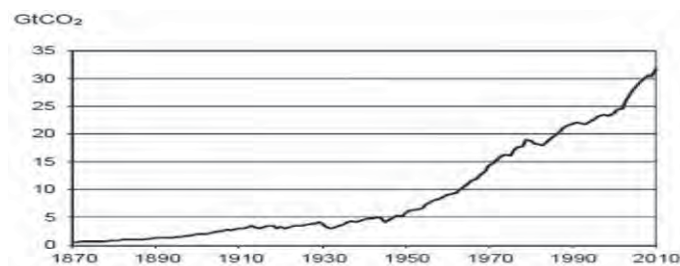
محتوای CO₂ منتشرشده ناشی از واردات محصولات است که در خارج تولیدشده و در کشور مورد نظر مصرف می‌شود. چنانچه فرض شود که واردات صورت‌گرفته در داخل کشور تولید شود، می‌توان محتوای CO₂ وارداتی را با فرض تکنولوژی یکسان تولید بین کشورها، محاسبه نمود و در نهایت تراز تجاری خالص محتوای CO₂ را به‌دست آورد. از آنجا که در فضای پژوهشی ایران، اثر مبادلات تجاری در میزان آلاینده‌گی بخش‌های اقتصادی مورد غفلت قرار گرفته است، در این مقاله تلاش می‌کنیم، این خلأ پژوهشی را با سنجش محتوای CO₂ در صادرات و واردات ایران و در نهایت بررسی وضعیت تراز تجاری CO₂ پر نماییم. به بیان دیگر، کانون اصلی این پژوهش سنجش محتوای CO₂ در صادرات و واردات ایران در سطح بخش‌های اقتصادی با استفاده از رویکرد داده-ستانده است. توجه به این مسأله، حداقل دو نوآوری دارد: نخست، مشخص می‌کند که به‌کارگیری جدول داده-ستانده متعارف در این حوزه نامناسب است و نیاز به اصلاح دارد و دوم، محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO₂ در مبادلات تجاری ایران می‌تواند فصل جدیدی از کاربرد الگوی داده-ستانده را در ادبیات داده-ستانده ایران باز کند.

بررسی این ابعاد، محورهای اساسی این پژوهش را تشکیل می‌دهند، برای این منظور مطالب این مقاله را در پنج بخش مشخص سازماندهی می‌کنیم. وضعیت انتشار دی‌اکسیدکربن در جهان و ایران را در بخش نخست ارائه می‌کنیم. مرور اجمالی بر فضای پژوهشی خارجی و داخلی در خصوص سنجش محتوای مستقیم و غیرمستقیم انتشار CO₂ در روابط تجاری را در بخش دوم آورده‌ایم. بخش سوم به چارچوب نظری سنجش محتوای انتشار CO₂ اشاره دارد. نتایج حاصله و تحلیل محتوای CO₂ ناشی از صادرات و واردات و تراز تجاری محتوای انتشار CO₂ به تفکیک بخش‌های اقتصادی مطالب بخش چهارم را تشکیل می‌دهد. در نهایت نیز به جمع‌بندی و ارائه پیشنهادات اختصاص داده‌ایم.

۱. وضعیت انتشار دی‌اکسیدکربن در جهان و ایران

طبق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) ۲۰۱۳، انتشار CO₂ به‌طور مستقیم به استفاده از انرژی مرتبط است و همبستگی شدیدی بین استفاده از انرژی‌های فسیلی، انتشار CO₂ و فعالیت‌های اقتصادی وجود دارد؛ به گونه‌ای که طبق آمار مرکز تجزیه و

تحلیل اطلاعات دی‌اکسید کربن (CDIAC^۱) از سال ۱۸۷۰ تا ۲۰۱۰ میزان انتشار CO₂ ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی به صورت نمایی در جهان افزایش یافته است (نمودار ۱).



نمودار ۱. روند انتشار CO₂ در اثر احتراق سوخت‌های فسیلی در سال‌های ۱۸۷۰-۲۰۱۰ در جهان
مأخذ: CDIAC, (2013).

در سال ۲۰۱۱ میزان انتشار CO₂ در جهان ۳۱ هزار میلیون تن بوده است. سهم کشورهای در حال توسعه از کل انتشار، ۵۴ درصد گزارش شده است؛ به بیان دیگر، در سال ۲۰۱۱ کشورهای در حال توسعه تقریباً ۱۷ هزار میلیون تن CO₂ را در مقیاس جهانی منتشر کرده‌اند.^۲ ایران نیز به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه از این امر مستثنی نبوده است. از آنجا که احتراق سوخت‌های فسیلی سهم عمده‌ای از بخش انرژی در ایران را شامل می‌شود، مصرف آنها با انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا همراه شده است. در سال ۱۳۸۵ از احتراق سوخت در تمام بخش‌ها بیش از ۴۱۳ میلیون تن دی‌اکسید کربن منتشر شده است^۳ و بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن، جمعیت کشور در سال ۱۳۸۵ (۷۰۴۹۵۷۸۲ نفر)^۴ میزان دی‌اکسیدکربن منتشرشده به ازای هر نفر، حدود «۵/۸۶» تن برآورد شده است؛ در حالی که طبق گزارش شاخص توسعه انسانی (۲۰۱۳)، میزان متوسط سرانه انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در جهان ۴,۵ تن است؛ به بیان دیگر، سهم هر ایرانی نسبت به متوسط انتشار CO₂ در جهان ۱/۳۶

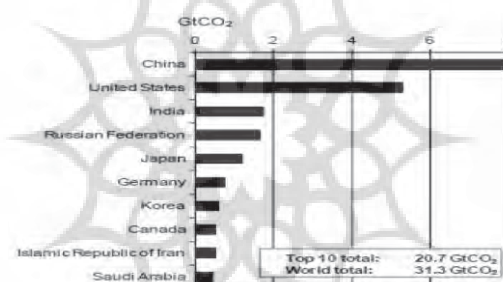
^۱ Carbon Dioxide Information Analysis Center

^۲ IEA, (2013).

^۳ وزارت نیرو، ترازنامه هیدروکربوری کشور، (۱۳۸۵).

^۴ مرکز آمار ایران، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، سال ۱۳۸۵.

تن بیشتر است. علت اصلی این تفاوت می‌تواند تداوم رشد مصرف غیربهبوده انرژی، تغییر الگوی مصرف خانوار و حرکت به سمت استفاده بیشتر از وسایل انرژی‌بر باشد. بررسی جایگاه ایران در جهان از منظر انتشار CO₂ نیز نشان می‌دهد که به‌رغم تلاش‌هایی که در زمینه کنترل انتشار گاز CO₂ صورت گرفته، هنوز کشور در این زمینه در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. طبق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) در سال ۲۰۱۳، ده کشور چین، آمریکا، هند، روسیه، ژاپن، آلمان، کره، کانادا، ایران و عربستان بیش از ۲۰ هزار میلیون تن CO₂ را در سال ۲۰۱۱ منتشر کرده‌اند که دو-سوم از کل انتشار CO₂ در جهان را در بر می‌گیرد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ایران در این رتبه‌بندی در بین ۱۴۳ کشور پس از کانادا و پیش از عربستان در رتبه نهم در جهان قرار گرفته است (نمودار ۲).



نمودار ۲. ده کشور نخست از منظر انتشار CO₂ در سال ۲۰۱۱

مأخذ: IEA. (2013).

بر اساس پژوهش مشترکی که همه ساله توسط دانشگاه «ییل»^۱ و دانشگاه «کلمبیا» انجام می‌گیرد و مرکز تحقیقات مشترک کمیسیون اروپا نیز در آن همکاری دارد، شاخص‌های کارایی محیط‌زیست «EPI»^۲ و پایداری محیط‌زیست «ESI»^۳ برای سال‌های مختلف گزارش می‌شود. بر اساس شاخص کارایی زیست‌محیطی در سال ۲۰۱۴ که برای ۱۷۸ کشور انجام گرفت، ایران با ۵۱/۰۸ امتیاز از ۱۰۰ امتیاز، پس از بحرین در رتبه ۸۳ جهان و بر اساس شاخص پایداری زیست‌محیطی، ایران با احتساب

¹ Yale

² Environmental Performance Index

³ Environmental Sustainable Index



۳۹/۸ امتیاز از ۱۰۰ امتیاز، پس از پاکستان، در رتبه ۱۳۲ و در رتبه‌بندی بین کشورهای غیر OECD در جایگاه ۱۰۳، قرار دارد. این مطالب نشان می‌دهد که ایران به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه، دیر یا زود به مرحله‌ای خواهد رسید که صرف‌نظر از اقدامات پیشگیرانه‌ای که باید در قبال مردم خویش به انجام برساند، در سطح جهانی نیز با الزامات بین‌المللی برای کنترل یا کاهش میزان آلاینده‌های هوایی از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO₂) روبه‌رو خواهد شد.

۲. بررسی محتوای انتشار CO₂ در تجارت بین‌المللی

انباشتگی شدن دی‌اکسید کربن که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم از طریق تولید کالا و خدمات در راستای تأمین مصرف نهایی در سطح ملی و جهانی رخ می‌دهد، با عنوان «منسجم یافته»^۱ معرفی می‌شود که در سطح جهانی از واژه‌های مترادف آن از جمله «محتوا»^۲ و یا «پنهان»^۳ نیز استفاده می‌شود، به‌طوری که از منظر سیاست‌های آب و هوایی جهانی "محتوای انتشار حاصل از تجارت" بین کشورهای، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.^۴ با توجه به تأثیر تجارت بین‌الملل بر محیط‌زیست، بسیاری از کشورها با برقراری روابط تجاری منتفع و بسیاری دیگر متحمل ضرر و زیان می‌شوند.^۵

سانچز و دوارت^۶ (۲۰۰۴)، با استفاده از جدول داده-ستانده سال ۱۹۹۵ و آمارهای جانبی مقدار CO₂ در سطوح ۱۸ بخش اقتصاد، تأثیر روابط تجاری بر وضعیت محیط‌زیست کشور اسپانیا و محتوای مستقیم و غیرمستقیم دی‌اکسید کربن ناشی از تولید داخلی، صادرات و واردات این کشور را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که بخش‌های «حمل و نقل مواد» و «سایر خدمات» بیشترین محتوای CO₂ وارداتی را به خود اختصاص داده و بخش‌های «حمل و نقل» و «فلزات» بیشترین CO₂ را در اثر تولید کالا و خدمات صادراتی منتشر کرده است. این پژوهش، اسپانیا را در سال ۱۹۹۵ به عنوان صادرکننده خالص CO₂ به میزان ۴،۲۳۵ میلیون تن معرفی می‌کند.

¹ Embodied

² Contents

³ Hidden

⁴ Peters, Hertwich

⁵ Kondo, et.al. , Machado, et. al.

⁶ Sanchez and Duart.



پیترز و هرتویچ (۲۰۰۸)، با استفاده از جدول داده-ستانده منطقه‌ای به بررسی محتوای انتشار CO₂ در تجارت بین‌المللی و کاربردهای آن در جهت سیاست‌گذاری‌های آب و هوایی جهانی بین ۸۷ کشور جهان در سال ۲۰۰۱، که بیش از ۷۰ درصد از انتشار کل گازهای گلخانه‌ای در جهان را تشکیل می‌دهند، پرداختند. آنها مشاهده کردند که کشورهای صنعتی واردکننده خالص CO₂ هستند و کشورهای در حال توسعه برعکس. در بین کشورهای صنعتی، آمریکا و در بین کشورهای در حال توسعه، چین بیشترین محتوای CO₂ به ترتیب وارداتی و صادراتی را به خود اختصاص داده‌اند. افزون بر این، یافته‌های آنها نشان می‌دهد که در میان کشورهای مورد بررسی، چین ۸۰۳ میلیون تن مازاد تجاری CO₂ دارد، یعنی میزان CO₂ ای که در اثر تولید محصولات صادراتی در داخل کشور منتشر می‌کند، ۸۰۳ میلیون تن بیشتر از CO₂ منتشرشده در اثر واردات است. این مسأله می‌تواند ناشی از افزایش چشمگیر ارزش صادراتی این کشور، نبود مقررات زیست‌محیطی و مصرف بالای انرژی، تلقی شود.

در مطالعه‌های رن و همکاران^۱ (۲۰۱۴) به محاسبه محتوای انتشار CO₂ در تجارت بین‌المللی چین با استفاده از "تجزیه و تحلیل داده-ستانده تک منطقه‌ای"^۲ در ۱۸ بخش اقتصادی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۵ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که محتوای انتشار CO₂ صادراتی در سال ۲۰۰۵ برای چین برابر با ۲ میلیارد و ۴۹۹ میلیون تن محاسبه شده و در سال ۲۰۱۰ این رقم به ۳ میلیارد و ۳۱۱ میلیون تن CO₂ رسیده است. محتوای انتشار CO₂ وارداتی در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ به ترتیب ۳۶۸،۵۲ میلیون تن و ۴۹۰،۳۶ میلیون تن برآورد شده که نشان می‌دهد در سال‌های مورد بررسی چین مازاد تجاری CO₂ (صادرکننده خالص CO₂) را تجربه کرده است. تراز تجاری محتوای انتشار CO₂ در سال ۲۰۰۵ برابر با ۲ میلیارد و ۱۲۶ میلیون تن CO₂ بوده است. در تجزیه و تحلیل محتوای انتشار CO₂ در ۱۸ بخش اقتصادی در سال یادشده، نشان داده شد که تمامی بخش‌ها بجز بخش معدن مازاد تجاری CO₂ را در سال ۲۰۰۵ تجربه کرده است. بخش صنعت بزرگترین بخش صادرکننده خالص CO₂ محسوب شده و سهم ۹۲،۴ درصدی را به خود اختصاص داده است.

بررسی اجمالی مطالعات خارجی حاکی از اهمیت تأثیر مبادلات تجاری در میزان انتشار آلاینده‌گی و کیفیت محیط‌زیست در تعادل عمومی است که تاکنون مورد توجه

^۱ Ren, et.al.

^۲ Single Regional Input-Output

پژوهشگران در ایران قرار نگرفته است. حال، با بررسی برخی از مطالعات انجام‌گرفته در داخل کشور این خلأ پژوهشی بیش از پیش نمایان می‌شود.

وصفی اسفستانی (۱۳۸۵)، با استفاده از الگوی داده-ستانده تعمیم‌یافته میزان مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌گی CO₂ را در بخش‌های اقتصادی ایران مورد بررسی قرار می‌دهد. یافته‌های وی نشان می‌دهد که بخش‌های حمل و نقل جاده‌ای، تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی، سایر خدمات و تولید محصولات غذایی و آشامیدنی بیشترین میزان ضرایب مستقیم و غیرمستقیم CO₂ را به خود اختصاص داده است و در مجموع بیش از ۳۶ درصد از کل CO₂ منتشرشده توسط بخش‌های تولیدی را تشکیل می‌دهند. این امر نشان می‌دهد که نقطه عزیمت فعالیت‌های مبارزه با انتشار آلاینده‌گی در ایران بخش حمل و نقل است.

ترابی و وارثی (۱۳۸۸) با استفاده از جدول داده-ستانده ۱۳۸۰ به بررسی آلاینده‌گی زیست‌محیطی صنایع کشور با تأکید بر اینکه کدام یک از رشته فعالیت‌های اقتصادی در سال ۱۳۸۰ به‌طور مستقیم و غیرمستقیم انرژی فسیلی بیشتری مصرف کرده و در انتشار دی‌اکسید کربن در کشور نیز نقش بیشتری داشته‌اند، پرداخته‌اند. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که قسمت اصلی انتشار توسط اکثر رشته فعالیت‌ها، به صورت غیرمستقیم است و نه آنچه که آنها به صورت مستقیم منتشر می‌کنند. رشته فعالیت‌های «ساخت محصولات کانی غیرفلزی»، «پالایش و توزیع گاز طبیعی» و «جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب» به ترتیب رتبه‌های یکم تا سوم شدت دی‌اکسیدکربن را به خود اختصاص می‌دهند. این درحالی است که رتبه آنها به‌لحاظ میزان کل انتشار CO₂ (انتشار مستقیم و غیرمستقیم) به ترتیب ۲، ۱۲ و ۵ است. رشته فعالیت‌های «ساخت محصولات از توتون و تنباکو»، «ساخت شیشه و محصولات شیشه»، «ساخت فراورده‌های نفتی تصفیه شده»، «محصولات اساسی آهن و فولاد» در مکان‌های بعدی قرار می‌گیرند. این بخش‌ها غالباً فعالیت‌هایی هستند که تقاضای نهایی زیادی برای آنها وجود دارد، به‌ویژه «ساخت محصولات از توتون و تنباکو» که به‌لحاظ شاخص کل تولید CO₂ رتبه نخست را دارد و حدود ۲۶ درصد از کل CO₂ بخش صنعت را به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به خود اختصاص می‌دهد.

بدین‌روی، در این پژوهش تلاش می‌کنیم، تا با استفاده از جدول داده-ستانده داخلی تأثیر مبادلات تجاری در میزان انتشار CO₂ را مورد بررسی قرار داده و بدین

ترتیب فصل جدیدی از کاربرد جدول داده-ستانده را در سنجش محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO₂ صادراتی و وارداتی در سطح بخش‌های مختلف و به دنبال در کل اقتصاد ایران باز کنیم.

۳. چارچوب نظری سنجش محتوای CO₂

بررسی کمی سنجش محتوای انتشار CO₂، منوط به شناخت کافی از یک جدول داده-ستانده متعارف است. بر اساس جایگاه واردات در جدول داده-ستانده، به‌طور کلی سه نوع جدول وجود دارد: نوع اول، جدول داده-ستانده متعارف که واردات به صورت سطری و با علامت مثبت نشان داده می‌شود. نوع دوم، جدول داده-ستانده متعارف، هنگامی که واردات به صورت ستونی و با علامت منفی نشان داده می‌شود. نوع سوم، جدول داده-ستانده داخلی که واردات با علامت مثبت و در ناحیه ارزش افزوده منظور می‌شود. در جداول داده-ستانده متعارف (نوع اول و دوم)، واردات واسطه‌ای و واردات نهایی در ارقام متناظر داخلی ادغام‌شده و بدین ترتیب محاسبه و تفکیک محتوای مستقیم و غیرمستقیم انتشار CO₂ حاصل از تولیدات داخلی از میزان CO₂ منتشرشده در واردات واسطه‌ای و مصرفی در تأمین تقاضای نهایی جامعه، به آسانی امکان‌پذیر نبوده و نیاز به اصلاح دارد. جدول نوع سوم که در آن واردات به شکل واردات واسطه‌ای و واردات نهایی تفکیک‌شده در سنجش رد پای بوم‌شناختی زمین، آب، انرژی و از جمله محتوای CO₂ مناسب است.^۱

حال، با استفاده از جدول داده-ستانده داخلی فرآیند محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم انتشار CO₂ را به تفکیک صادرات و واردات محصولات (واسطه‌ای و نهایی) در قالب یک اقتصاد فرضی سه بخشی به صورت زیر بیان می‌کنیم.

رابطه ۱، ماتریس ضرایب فنی تولید داخلی را نشان می‌دهد:

$$Ad_{ij} = \begin{bmatrix} \frac{D_{11}}{X_1} & \dots & \frac{D_{13}}{X_3} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{D_{31}}{X_1} & \dots & \frac{D_{33}}{X_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ad_{11} & \dots & Ad_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Ad_{31} & \dots & Ad_{33} \end{bmatrix} \quad (1)$$

^۱ بانویی. (۱۳۹۱).

که در آن، D_{ij} ماتریس مبادلات واسطه‌ای بین بخشی داخلی را نشان می‌دهد که بر اساس روش تفکیک واردات به دست آمده است. ماتریس به دست آمده از رابطه ۱، مبنای محاسبه ماتریس ضرایب فزاینده تولید داخلی و یا ماتریس معکوس لئونتیف $(I - Ad_{ij})^{-1}$ قرار می‌گیرد (رابطه ۲).

$$(I - Ad_{ij})^{-1} = [\alpha_{ij}] = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Ad_{11} & \cdots & Ad_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Ad_{31} & \cdots & Ad_{33} \end{bmatrix} \right\}^{-1} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \cdots & \alpha_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{31} & \cdots & \alpha_{33} \end{bmatrix}$$

این ماتریس، ضرایب فزاینده تولید داخلی را نشان می‌دهد. جمع ستونی ماتریس آن بیان می‌کند که به ازای افزایش یک واحد به ارزش یک میلیارد ریال تقاضای نهایی داخلی به طور مستقیم و غیرمستقیم چه میزان به افزایش تولیدی آن بخش در کل اقتصاد منجر می‌شود.

مرحله بعدی محاسبه CO_2 منتشر شده در اثر افزایش تقاضای نهایی و یا ضرایب فزاینده CO_2 است. برای این منظور نیاز است که ضرایب مستقیم CO_2 محاسبه شود:

$$[\varphi_j] = [C_1 \quad \dots \quad C_3] \begin{bmatrix} \frac{1}{X_1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{1}{X_3} \end{bmatrix} = [\varphi_1 \quad \dots \quad \varphi_3] \quad (3)$$

در رابطه ۳، بردار سطری C_j ، مقدار انتشار CO_2 بخش j ام را به دست می‌دهد. عناصر ماتریس $[\varphi_j]$ بیان می‌کند که به ازای ارزش یک میلیارد ریال تولید در یک بخش چند تن CO_2 به طور مستقیم منتشر می‌شود. با ضرب ضرایب مستقیم CO_2 در ماتریس ضرایب فزاینده تولید، ماتریس ضرایب فزاینده CO_2 داخلی محاسبه می‌شود:

$$[\beta_{ij}] = \begin{bmatrix} \varphi_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \varphi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \cdots & \alpha_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{31} & \cdots & \alpha_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \cdots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \cdots & \beta_{33} \end{bmatrix} \quad (4)$$

جمع ستونی ماتریس ضرایب فزاینده CO₂ داخلی β_{ij} بیان می‌کند که به ازای افزایش یک میلیارد ریال تقاضای نهایی داخلی یک بخش، چند تن CO₂ به صورت مستقیم و غیرمستقیم توسط آن بخش در کل اقتصاد منتشر می‌شود.

توضیحات بالا، فقط میزان CO₂ ای را که ناشی از افزایش یک واحد تقاضای نهایی داخلی منتشر شده است، نشان می‌دهد که بیان می‌کند، ماهیت محتوای CO₂ منشأ داخلی دارد (فمگ ۲۰۰۱، سانتچز و دورات ۲۰۰۴، بیکنل و همکاران ۱۹۹۸)^۱؛ اما در یک اقتصاد باز، تجارت بین‌الملل به شکل واردات و صادرات کالا و خدمات نقش کلیدی را در میزان انتشار CO₂ ایفا می‌کند. بنابراین، لازم است میزان محتوای مستقیم و غیرمستقیم انتشار CO₂ در اثر تولید کالا و خدمات صادراتی و وارداتی نیز منظور شود (بیک نل و همکاران ۱۹۹۸، سوهانگ و ژو ۲۰۱۰، فمگ ۲۰۰۱)^۲.

با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده CO₂ داخلی در بردار صادرات، محتوای CO₂ صادراتی در بخش‌های مختلف اقتصاد به صورت زیر به دست می‌آید:

$$[e_i] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & E_3 \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

در رابطه ۵، E_i و e_i به ترتیب ارزش صادرات و محتوای CO₂ صادراتی در بخش i ام را نشان می‌دهند. برای نمونه، e_1 بیان می‌کند که بخش یک در جهت تأمین تقاضای نهایی خارجی چند تن CO₂ به صورت مستقیم و غیرمستقیم در داخل منتشر کرده است.

در مقایسه با سنجش محتوای صادرات CO₂ در چارچوب جدول داده-ستانده، سنجش محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO₂ در تولید کالاها و خدمات وارداتی پیچیده‌تر است. علت اصلی، این است که واردات به یک کشور در واقع صادرات از چند کشور و یا مناطق مختلف جهان است. کالا و خدماتی که در این کشورها و یا مناطق مختلف جهان تولید می‌شوند و به کشور مورد نظر صادر می‌شوند، دارای تکنولوژی‌های مختلف تولید هستند؛ وجود این تفاوت‌ها از یک سوی و نبود آمار و اطلاعات مورد نیاز

¹ Ferng, Sanchez & Duarte & Bicknell, *et. al.*

² Bicknell, *et. al.*, SuHuaung, & Zhou, Ferng

از سوی دیگر، قابلیت مدل‌سازی برای یک جدول داده- ستانده کشور واردکننده را غیرممکن می‌سازد (ویدمان و همکاران ۲۰۰۷، بانویی و همکاران ۱۳۹۳، بانویی و همکاران ۱۳۹۲).^۱ برای برون‌رفت از این مسأله مناسب‌ترین راه این است که فرض شود واردات از نوع رقابتی است. این فرض، برابری تکنولوژی تولید داخلی کشور را با تکنولوژی تولید کالا و خدمات واردتی فراهم می‌کند. در چارچوب این فرض، منظور از محتوای ناشی از واردات (واسطه‌ای و نهایی) این است که اگر تولید داخلی جایگزین واردات انجام گرفته شود، چند تن CO₂ به صورت مستقیم و غیرمستقیم در جهت تأمین تقاضای نهایی داخلی منتشر می‌شود.

بنابراین، با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده CO₂ در ماتریس قطری واردات نهایی، محتوای ناشی از واردات نهایی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$[m_i^f] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1^* & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & m_3^* \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1^f \\ \vdots \\ m_3^f \end{bmatrix} \quad (۶)$$

برای نمونه، m_1^f نشان می‌دهد که اگر به جای واردات کالاهای نهایی، بخش یک آنها را در داخل تولید کند، چند تن CO₂ به صورت مستقیم و غیرمستقیم توسط بخش یادشده در داخل کشور منتشر می‌شود.

علاوه بر محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO₂ ناشی از واردات نهایی، بخش‌های اقتصادی در فرآیند تولید خود از واردات واسطه‌ای نیز استفاده می‌کنند. در عمل، واردات واسطه‌ای به دو صورت در فرآیند تولید استفاده می‌شود؛ یک، به عنوان واسطه در فرآیند تولید در جهت صادرات و دو، به عنوان واسطه در فرآیند تولید به منظور پاسخگویی به تقاضای نهایی داخلی. بنابراین، لازم است که فقط میزان CO₂ منتشرشده در اثر تأمین بخشی از تقاضای نهایی داخلی که منشأ واردات واسطه‌ای دارد،

^۱ Wiedmann, et. al.

^۲ این مسأله در مورد عواملی همچون محتوای واردات عوامل تولیدی مانند کار، سرمایه، آب مجازی و زمین مجازی و انرژی مجازی نیز مصداق پیدا میکند. برای اطلاعات بیشتر به بانویی و سایرین (۱۳۹۲، ۱۳۹۳) مراجعه شود. برای نمونه، سنجش وضعیت صادرات و واردات آب مجازی در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران: آیا ایران واردکننده خالص یا صادرکننده خالص آب مجازی است؟، مجموعه مقالات اولین مدیریت یکپارچه منابع و مصارف آب با تأکید بر توسعه پایدار منطقه البرز مرکزی ۲۷ و ۲۸ آبان ماه، دانشگاه تهران.

محاسبه شود. بدین منظور، نسبت تقاضای نهایی داخلی (DF) هر بخش به ارزش تولید آن بخش (X) معیاری برای محتوای CO_2 ناشی از واردات واسطه‌ای در جهت تأمین بخشی از تقاضای نهایی آن بخش قرار گرفته است. بنابراین، با پیش‌ضرب ماتریس واردات واسطه‌ای بین بخشی (m_{ij}) که در روش تفکیک واردات از تفاضل ماتریس مبادلات واسطه‌ای بین بخشی (X_{ij}) و ماتریس مبادلات واسطه‌ای بین بخشی داخلی (D_{ij}) به دست آمده است (رابطه ۷)، در ماتریس قطری نسبت تقاضای نهایی داخلی به تولید، آن میزان واردات واسطه‌ای که فقط برای تأمین تقاضای نهایی داخل است، محاسبه می‌شود (رابطه ۸).

$$\begin{bmatrix} m_{11} & \cdots & m_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{31} & \cdots & m_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{31} & \cdots & X_{33} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} D_{11} & \cdots & D_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{31} & \cdots & D_{33} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$[m_i] = \begin{bmatrix} m_{11} & \cdots & m_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{31} & \cdots & m_{33} \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} \frac{DF_1}{X_1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{DF_3}{X_3} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 \\ \vdots \\ m_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

برای نمونه m_1 در رابطه بالا، میزان واردات واسطه‌ای بخش یک در جهت تأمین تقاضای نهایی داخلی را آشکار می‌کند. حال، اگر مانند رابطه ۶، ماتریس ضرایب فزاینده CO_2 داخلی را در ماتریس قطری حاصل از رابطه ۸ پیش‌ضرب کنیم، محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO_2 ناشی از واردات واسطه‌ای (با فرض تولید آنها در داخل) در جهت تأمین تقاضای نهایی داخلی به دست می‌آید (رابطه ۹).

$$[m_i^w] = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \cdots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \cdots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & m_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1^w \\ \vdots \\ m_3^w \end{bmatrix} \quad (9)$$

برای نمونه، m_1^w در رابطه ۹ بیان می‌کند که اگر به جای واردات محصولات واسطه‌ای بخش یک، تولید داخلی جایگزین آن شود، بخش یادشده به‌طور مستقیم و غیرمستقیم چند تن CO_2 در جهت تأمین تقاضای نهایی داخلی منتشر می‌کند.

اگر میزان محتوای مستقیم و غیرمستقیم انتشار CO₂ صادراتی را از میزان محتوای CO₂ وارداتی (متشکل از واردات نهایی و واسطه‌ای)، کسر نماییم، وضعیت تراز تجاری محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO₂ هر کشور را به دست می‌دهد (رابطه ۱۰)، در صورتی که مقدار محتوای CO₂ وارداتی بیشتر از محتوای CO₂ ناشی از صادرات باشد، کسری تجاری CO₂ وجود دارد و کشور واردکننده خالص CO₂ خواهد بود، یعنی واردات محصولات آلاینده بیشتر از صادرات آن بوده است و برعکس. اگر تراز تجاری محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO₂ مثبت باشد، نشان می‌دهد که میزان CO₂ ای که در اثر تولید محصولات صادراتی به طور مستقیم و غیرمستقیم در داخل کشور منتشر می‌شود، بیشتر از میزان CO₂ ای است که در اثر واردات محصولات انتشار یافته است؛ از این رو بهتر است که در نوع محصولات صادراتی تجدیدنظر شده و با ایجاد تغییرات مناسب در ساختار تولید محصولات صادراتی از انتشار آلاینده‌گی در داخل کشور بکاهد. حال، اگر تراز تجاری CO₂ منفی شود، به عبارتی واردات محصولات آلاینده بیشتر از صادرات آن باشد، با توجه به فرض واردات رقابتی در این مقاله، بهتر است محصولاتی که کسری تجاری CO₂ دارند، حداقل در آینده‌ای نزدیک واردات آنها ادامه یابد تا در این مدت با افزایش بازده و بهبود کارایی فنی و با ایجاد تغییرات مناسب در ساختار تولیدات، میزان آلاینده‌گی این نوع از محصولات کنترل و سپس، تلاش به جایگزینی تولید داخلی نسبت به واردات انجام شود.

$$[\text{DINCC}_i] = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_3 \end{bmatrix} - \left\{ \begin{bmatrix} m^f_1 \\ \vdots \\ m^f_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m^w_1 \\ \vdots \\ m^w_3 \end{bmatrix} \right\} = \begin{bmatrix} \text{DINCC}_1 \\ \vdots \\ \text{DINCC}_3 \end{bmatrix} \quad (10)$$

۴. پایه‌های آماری، نتایج حاصله و تحلیل آنها

در این مقاله، برای سنجش محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO₂ در صادرات و واردات ایران، از دو نوع پایه‌های آماری استفاده کرده‌ایم: نوع اول، جدول داده-ستانده ارزشی به‌هنگام شده سال ۱۳۸۵ توسط مرکز پژوهش‌های مجلس، که حاوی ۴۸ بخش اقتصادی است (مرکز پژوهش‌های مجلس ۱۳۹۱) و متناسب با آمار موجود انتشار CO₂ به ۲۷ بخش تجمیع شده است. نوع دوم، آمارهای فیزیکی انتشار CO₂ بر حسب تن که مستقیماً از گزارش ترازنامه هیدروکربوری وزارت نیرو استخراج شده است (وزارت نیرو

(۱۳۸۵). برای تناسب بین این دو داده، تعدیلاتی صورت پذیرفته است که به‌طور خلاصه بیان می‌کنیم: گزارش ترازنامه هیدروکربوری کشور سال ۱۳۸۵، آمار مربوط به انتشار CO₂ را در ۶ سر فصل کلی (خانگی و تجاری، صنعت، حمل و نقل، کشاورزی، نیروگاه و پالایشگاه) به‌دست می‌دهد. بیان این نکته ضروری است که در این پژوهش فرض می‌کنیم، ارتباط مستقیمی بین مصرف حامل‌های انرژی بخش‌های اقتصادی با میزان انتشار CO₂ وجود دارد؛ بنابراین، میزان مصرف انرژی را مبنای تعدیل CO₂ قرار داده‌ایم. مصرف نهاد «خانوار» و زیربخش‌های مربوط به «خدمات بجز حمل و نقل»، «ساختمان» و «تولید و توزیع آب» به بخش خانگی و تجاری نسبت داده می‌شود. با توجه به آمار موجود در ترازنامه هیدروکربوری ۱۳۸۵، حامل‌های اصلی مصرف انرژی در بخش خانگی و تجاری، به ترتیب گاز طبیعی، نفت سفید، نفت گاز و گاز مایع است. همانطور که در این گزارش آمده است، گاز طبیعی سهم قابل توجهی (۷۸/۴ درصد)، از کل مصرف انرژی در بخش خانگی و تجاری را به خود اختصاص داده است. بنابراین، با توجه به این که مصرف اصلی انرژی بخش خانگی و تجاری، گاز طبیعی با بیش از ۲۵۷ میلیون بشکه نفت خام در سال ۱۳۸۵ بوده است، می‌توان برای اختصاص میزان انتشار CO₂ به این بخش‌ها از وزن میزان تقاضای این بخش‌ها از گاز طبیعی استفاده کرد. در مرحله بعدی، ارقام مربوط به میزان تقاضای زیربخش‌های یادشده از بخش «پالایش و توزیع گاز طبیعی» موجود در جدول داده-ستانده ۱۳۸۵، سهم هر یک از زیربخش‌ها از میزان تقاضای گاز طبیعی و با توجه به معیار وزن تقاضای این زیربخش‌ها از گاز طبیعی، میزان انتشار دی‌اکسید کربن هر یک از زیربخش به‌دست می‌آید. با توجه به اینکه در این مقاله، فرض کرده‌ایم، تنها بخش‌های اقتصادی ایجاد آلاینده می‌کنند و نهادها نقشی در انتشار آلاینده‌ها ندارند، میزان CO₂ خانوار را در این پژوهش منظور نمی‌کنیم.

ترازنامه هیدروکربوری ۱۳۸۵ آمار مربوط به بخش معدن را به‌دست نمی‌دهد. بخش معدن در جدول داده-ستانده سال ۱۳۸۵ دو زیربخش دارد: بخش استخراج نفت خام و گاز طبیعی، بخش سایر معادن. طبق آمار موجود در ترازنامه هیدروکربوری سال ۱۳۸۵، میزان گاز همراه سوزانده شده ۳۸,۹۷ میلیون متر مکعب در روز گزارش شده است. برای تعیین میزان انتشار CO₂ در بخش استخراج نفت خام، باید این مقدار به هزار مترمکعب در سال تبدیل شود تا از طریق آمار موجود در ترازنامه هیدروکربوری

سال ۱۳۸۵ در خصوص تبدیل واحدهای مختلف سوخت‌های فسیلی به میلیون بی‌تی‌یو، میزان گاز طبیعی با واحد میلیون بی‌تی‌یو به دست آید؛ سپس، با استفاده از ضرایب انتشار مورد تأیید سازمان حفاظت محیط زیست در دستورالعمل ۲۰۱۱ هیأت بین‌الدول تغییر آب و هوا IPCC، میزان انتشار CO₂ مربوط به بخش نفت خام و گاز طبیعی به دست می‌آید. میزان انتشار CO₂ در بخش سایر معادن را می‌توان از آمارهای مربوط به مصرف سوخت‌های فسیلی موجود در گزارش «نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری کشور در سال ۱۳۸۵» که توسط معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی مرکز آمار ایران تهیه شده است، به دست آورد. این طرح مقدار سوخت مصرف‌شده، در نیروگاه داخلی معادن در حال بهره‌برداری کشور بر حسب فعالیت را نشان می‌دهد. مانند مراحل پیشین این میزان مصرف سوخت‌های فسیلی به میلیون بی‌تی‌یو تبدیل شده و با استفاده از ضرایب انتشار IPCC، میزان انتشار CO₂ این بخش نیز به دست می‌آید.

میزان انتشار CO₂ بخش‌های حمل و نقل، کشاورزی و نیروگاه (برق) در ترازنامه هیدروکربوری آمده است. در ترازنامه هیدروکربوری میزان انتشار CO₂ مربوط به پالایشگاه به‌طور مستقل نشان داده شده است. در نظام طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی ISIC.rev.3، عنوان مربوط به پالایشگاه به دو بخش «پالایشگاه گازی» و «پالایشگاه نفتی» اختصاص می‌یابد؛ پس می‌توان با نسبت ستانده هر بخش به مجموع ستانده‌های دو بخش، میزان انتشار CO₂ مربوط به پالایشگاه در ترازنامه هیدروکربوری سال ۱۳۸۵ را به این دو بخش اختصاص داد. ترازنامه هیدروکربوری میزان انتشار CO₂ کل بخش صنعت را به دست می‌دهد. برای اختصاص این میزان انتشار CO₂ به زیربخش‌های صنعتی به‌طور خلاصه این مراحل صورت گرفته است: در نخستین مرحله برای دستیابی به آمار مربوط به مصرف سوخت‌های فسیلی، از کارگاه‌های صنعتی سال ۱۳۸۵ (مرکز آمار ایران) استفاده کرده‌ایم، اما با توجه به این که کارگاه‌های صنعتی سال ۱۳۸۵ آمار مربوط به ۱۰ نفر و بیشتر را تحت پوشش قرار می‌دهند، با تکیه بر این فرض که نسبت بین کارگاه‌های صنعتی بیشتر از ده نفر کارکن و تا ۹ نفر کارکن بین سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۵ ثابت مانده است، میزان مصرف سوخت‌های فسیلی ۱ تا ۹ نفر کارکن محاسبه شده است. با جمع مقادیر مربوط، میزان مصرف سوخت‌های فسیلی به تفکیک هر زیربخش صنعتی در سال ۱۳۸۵ به دست می‌آید. سپس، برای تبدیل واحدهای سوخت‌های فسیلی به میلیون بی‌تی‌یو از جدولی که برای تبدیل واحد سوخت‌ها به

میلیون بی‌تی‌یو در ترازنامه هیدروکربوری ۱۳۸۵ وجود دارد، استفاده کرده‌ایم. با پیش‌ضرب هریک از مقادیر یادشده در میزان مصرف سوخت‌های فسیلی، میزان مصرف سوخت‌های فسیلی به میلیون بی‌تی‌یو به دست می‌آید. در گام بعدی برای تخصیص میزان انتشار CO₂ به تفکیک سوخت‌های فسیلی، از ضرایب انتشار مورد تأیید سازمان حفاظت محیط‌زیست در دستورالعمل ۲۰۱۱ هیأت بین‌الدول تغییر آب و هوا (IPCC) استفاده کرده‌ایم. با پیش‌ضرب کل مصرف سوخت‌های فسیلی (با واحد میلیون بی‌تی‌یو) در ضرایب انتشار CO₂، میزان انتشار CO₂ به تفکیک سوخت‌های فسیلی را به دست می‌آوریم، سپس، با جمع میزان انتشار CO₂ مربوط به سوخت‌های فسیلی، میزان انتشار کل CO₂ در هر زیربخش صنعتی به دست می‌آید.^۱

جدول‌های ۱ و ۲ به ترتیب مقدار انتشار CO₂ برای ۶ بخش و ۲۷ بخش اقتصادی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. بخش دی‌اکسید کربن در بخش‌های مختلف انرژی (هزار تن)

عنوان بخش	انتشار دی‌اکسید کربن (هزار تن)
خانگی و تجاری	۱۱۶۲۰۹
صنعت	۶۵۳۵۶
حمل و نقل	۹۸۰۳۸
کشاورزی	۱۰۸۳۹
نیروگاه	۱۱۰۳۰۵
پالایشگاه	۱۲۴۸۴
جمع	۴۱۳۲۳۱

ماخذ: وزارت نیرو، ترازنامه هیدروکربوری کشور سال ۱۳۸۵

^۱ جمع‌آوری پایه‌های آماری و فرآیند محاسبه و نحوه تعدیل آمارهای CO₂ در ۲۷ بخش اقتصادی به تفصیل در پایان نامه کمال (۱۳۹۳) توضیح داده شده است.

جدول ۲. میزان انتشار CO₂ به تفکیک زیربخش‌های اقتصادی (هزار تن) در سال ۱۳۸۵

ردیف	بخش های اقتصادی	میزان انتشار CO ₂ (هزار تن)
۱	کشاورزی	۱۰۸۳۹
۲	استخراج نفت خام و گاز طبیعی	۳۰۸۶۰
۳	سایر معادن	۲۲۲۹
۴	ساخت محصولات غذایی، آشامیدنی، توتون و تنباکو	۸۶۳۴
۵	ساخت منسوجات	۱۱۲۶
۶	ساخت پوشاک، عمل آوری و رنگ کردن پوست خردار	۵۷
۷	دباغی و پرداخت چرم، ساخت چمدان، کیف دستی، زین و برآق و ساخت انواع پاپوش	۱۲۲
۸	ساخت چوب و محصولات چوبی، و ساخت کالا از نی و خیزران	۲۲۷
۹	کاغذ و چاپ	۷۸۲
۱۰	کک، فرآورده های نفتی، سوخت هسته ای، مواد و محصولات شیمیایی	۲۶۵۳۰
۱۱	ساخت محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۶۰۴
۱۲	کانی های غیرفلزی	۳۱۸۶۵
۱۳	فلزات اساسی	۱۲۲۳۹
۱۴	ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات	۷۵۴
۱۵	ساخت ماشین آلات و تجهیزات	۶۹۶
۱۶	ساخت ماشین آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی	۵
۱۷	ساخت ماشین آلات و دستگاه های برقی طبقه بندی نشده در جای دیگر	۲۵۴
۱۸	ساخت رادیو، تلویزیون و دستگاه ها و وسایل ارتباطی	۲۳
۱۹	ساخت ابزار پزشکی، اپتیکی و ابزار دقیق، ساعت های مچی و انواع دیگر ساعت	۶۰
۲۰	وسایل نقلیه موتوری، تریلرها و نیم تریلرها، بدنه، قطعات و لوازم الحاقی آن	۸۱۹
۲۱	سایر صنایع (مبلمان- مصنوعات گرانبها و بازیافت)	۵۶۰
۲۲	تولید، انتقال و توزیع برق	۱۱۰۳۰۵
۲۳	بالایش و توزیع گاز طبیعی	۲۲۴۹
۲۴	جمع آوری، تصفیه و توزیع آب	۲۴۸۴
۲۵	ساختمان	۴۴
۲۶	حمل و نقل	۹۸۰۳۸
۲۷	سایر خدمات	۱۶۹۴۴
	جمع	۳۴۹۳۴۷

ماخذ: کمال، ۱۳۹۳

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، کل میزان انتشار CO₂ مربوط به بخش های اقتصادی برابر با ۳۴۹۳۴۷ هزار تن بوده است که این مقدار با آمار موجود در ترازنامه هیدروکربوری ۱۳۸۵ (جدول ۱) ۴۱۳۲۳۱ هزار تن تفاوت دارد؛ زیرا ترازنامه هیدروکربوری سال ۱۳۸۵، آمار مربوط به میزان انتشار CO₂ بخش های «نفت خام و گاز طبیعی» و «سایر معادن» را به دست نمی‌دهد. بنابراین، برای تطابق بین بخش های اقتصادی موجود در جدول داده- ستانده ۱۳۸۵ و آمار مربوط به انتشار CO₂، میزان انتشار CO₂ مربوط به بخش های یادشده را محاسبه و اضافه کردیم. افزون بر این، بخش

خانگی و تجاری به ۳ زیربخش «ساختمان»، «آب و خدمات مربوط»، «خدمات بجز حمل و نقل» و یک «نهاد خانوار» تفکیک شده است. با در نظر گرفتن میزان انتشار CO₂ مربوط به نهاد خانوار، کل میزان انتشار CO₂ در جدول ۲ برابر ۴۴۶۳۲۰ هزار تن خواهد بود. بنابراین، اختلاف بین انتشار CO₂ محاسبه‌شده و آمار موجود در ترازنامه هیدروکربوری (جدول ۱) (هزار تن ۳۳۰۸۸=۴۱۳۲۳۱-۴۴۶۳۲۰) با میزان انتشار CO₂ بخش معدن (جمع مقادیر مربوط به بخش نفت خام و گاز طبیعی، سایر معادن) برابر است.

در راستای چارچوب نظری بخش پیشین، پایه‌های آماری مربوط به جدول داده-ستانده و همچنین میزان انتشار CO₂ به تفکیک بخش‌های اقتصادی و تعدیلات صورت گرفته در آنها، در این بخش سعی می‌کنیم، در راستای هدف و پرسش‌های پژوهش، محتوای انتشار CO₂ ناشی از صادرات، محتوای مستقیم و غیرمستقیم انتشار CO₂ ناشی از واردات نهایی و واسطه‌ای و تراز تجاری محتوای انتشار CO₂ در سطح بخش‌ها و کل اقتصاد در سال ۱۳۸۵ را محاسبه و تجزیه و تحلیل کنیم.

نتایج را در جدول ۳ سازمان‌دهی کرده‌ایم، این جدول ۷ ستون دارد. ستون ۱، ارقام به‌دست‌آمده از رابطه ۵ را بیان می‌کند که همان محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO₂ صادراتی (DIECC) یا آن میزان CO₂ است که برای تأمین مصرف نهایی خارج از کشور به صورت مستقیم و غیرمستقیم از طریق تولیدات داخلی منتشر شده است. ستون ۲، سهم هر یک از بخش‌ها را در میزان محتوای CO₂ صادراتی بازگو می‌کند. ستون ۳ و ۵ نیز به ترتیب، بر اساس روابط ۶ و ۸ محتوای CO₂ ناشی از تولید واردات مصرفی (DIIfCC) و واسطه‌ای محصولات (DIImCC) را نشان می‌دهد. ستون‌های ۴ و ۶، سهم هر یک از بخش‌ها را در میزان CO₂ منتشرشده در اثر تولید واردات مصرفی و واسطه‌ای بیان می‌کند. ارقام ستون ۷ بر اساس رابطه ۹، تراز تجاری محتوای انتشار CO₂ (DINCC) را آشکار می‌کند.

جدول ۳. محتوای مستقیم و غیر مستقیم CO₂ به تفکیک صادرات، واردات نهایی و واسطه‌ای و تراز تجاری CO₂ به تفکیک بخش‌های اقتصادی در سال ۱۳۸۵

ردیف	بخش‌ها	DIECC (۱) (هزار تن)	درصد (۲)	هزار(تن) DIfCC (۳)	درصد(۴)	هزار(تن) DIImCC (۵)	درصد(۶)	هزار تن(۷) DINCC
۱	کشاورزی	۲۱۱۰	۱.۷۵%	۱۲۳۵	۰.۴۶%	۲۳۸	۱.۰۴%	۵۳۷
۲	استخراج نفت خام و گاز طبیعی	۲۹۲۳۸	۲۴.۲۷%	۱۵۵۳	۰.۵۸%	۱۲۴	۰.۳۸%	۲۷۵۶۰
۳	سایر معادن	۱۳۱۹	۱.۰۹%	۴۰۴	۰.۱۵%	۵۰۲	۱.۵۴%	۴۱۳
۴	ساخت محصولات غذایی، آشامیدنی، توتون و تنباکو	۱۲۱۸	۱.۰۱%	۱۷۵۷	۰.۶۶%	۱۶۸	۰.۵۱%	-۷۰۶
۵	ساخت منسوجات	۴۷۰	۰.۳۹%	۱۸۶	۰.۰۷%	۵۷	۰.۱۷%	۲۲۸
۶	ساخت پوشاک، عمل آوری و رنگ کردن پوست خردار	۱۶	۰.۰۱%	۱۸	۰.۰۱%	۳	۰.۰۱%	-۴
۷	دباغی و پرداخت چرم، ساخت چمدان، کیف دستی،	۸۶	۰.۰۷%	۱۴	۰.۰۱%	۴	۰.۰۱%	۶۸
۸	ساخت چوب و محصولات چوبی، و ساخت کالا از نی و	۲۳	۰.۰۲%	۴۰	۰.۰۳%	۱۸	۰.۰۶%	-۳۵
۹	کاغذ و چاپ	۲۴۲	۰.۲۰%	۳۹۰	۰.۱۵%	۹۰	۰.۲۸%	-۲۳۸
۱۰	کک، فرآورده های نفتی، سوخت هسته ای، مواد و	۲۴۱۷۳	۲۰.۰۷%	۱۰۷۳۴۵	۴۰.۱۸%	۷۴۴۴	۲۲.۸۷%	-۹۰۶۱۷
۱۱	ساخت محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۱۵۷	۰.۱۳%	۱۹۱	۰.۰۷%	۵۶	۰.۱۷%	-۹۰
۱۲	کالی های غیر فلزی	۳۰۳۷	۲.۵۳%	۱۹۷۶	۰.۷۴%	۱۳۵۵	۴.۱۶%	-۲۹۴
۱۳	فلزات اساسی	۱۱۱۷۲	۹.۲۷%	۱۲۷۹۱	۴.۷۹%	۸۴۵۸	۲۵.۹۹%	-۱۰۰۷۷
۱۴	ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و	۷۰	۰.۰۶%	۱۵۲	۰.۰۶%	۲۳	۰.۰۷%	-۱۰۵
۱۵	ساخت ماشین آلات و تجهیزات	۶۳۱	۰.۵۳%	۹۴۷۳۵	۳۵.۴۶%	۱۶۰	۰.۴۹%	-۹۴۲۶۴
۱۶	ساخت ماشین آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی	۰	۰.۰۰%	۱	۰.۰۰%	۱	۰.۰۰%	-۲
۱۷	ساخت ماشین آلات و دستگاه‌های برقی طبقه بندی نشده	۱۳۱	۰.۱۱%	۱۲۰۷	۰.۴۵%	۳۶	۰.۱۱%	-۱۱۱۲
۱۸	ساخت رادیو، تلویزیون و دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی	۴	۰.۰۰%	۹۷	۰.۰۰%	۶	۰.۰۲%	-۹۸
۱۹	ار پرنشکی، اپتیک و ابزار دقیق، ساعت‌های مچی و انواع دیگ	۳	۰.۰۰%	۷	۰.۰۰%	۲	۰.۰۱%	-۶
۲۰	وسایل نقلیه موتوری، تریلرها و نیم‌تریلرها، بدنه، قطعات و	۱۷۳	۰.۱۴%	۱۱۶۷	۰.۴۴%	۴۴	۰.۱۳%	-۱۰۳۸
۲۱	سایر صنایع (میلان-مصنوعات گرانبها و بازیافت)	۵۹	۰.۰۵%	۱۹۴	۰.۰۷%	۲۳	۰.۰۷%	-۱۵۸
۲۲	تولید، انتقال و توزیع برق	۲۹۴۸۲	۲۴.۴۷%	۱۹۷۶۷	۷.۴۰%	۶۷۹۱	۲۰.۸۷%	۲۹۲۴
۲۳	پالایش و توزیع گاز طبیعی	۲۷۱	۰.۲۳%	۳۵۸	۰.۱۳%	۹۱	۰.۲۸%	-۱۷۸
۲۴	جمع آوری، تصفیه و توزیع آب	۶۹۱	۰.۵۷%	۱۷۹	۰.۰۷%	۶۶	۰.۲۰%	۴۴۶
۲۵	ساختمان	۱	۰.۰۰%	۰	۰.۰۰%	۰	۰.۰۰%	۱
۲۶	حمل و نقل	۱۴۲۹۵	۱۱.۸۷%	۱۹۹۹۳	۷.۴۸%	۶۴۴۶	۱۹.۸۱%	-۱۲۱۴۵
۲۷	سایر خدمات	۱۳۹۵	۱.۱۶%	۱۴۲۱	۰.۵۳%	۲۴۰	۰.۷۴%	-۲۶۶
	کل	۱۲۰۴۶۹	۱۰۰.۰۰%	۲۶۷۱۷۸	۱۰۰.۰۰%	۳۲۵۴۸	۱۰۰.۰۰%	-۱۷۹۲۵۸

ماخذ: بر مبنای جدول داده- ستانده ۱۳۸۵، آمارهای انتشار و بر اساس روابط ۵، ۶، ۹ و ۱۰ محاسبه شده‌اند.

برای پاسخ به این پرسش، که کدام یک از بخش‌های اقتصادی محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO₂ صادراتی بیشتری دارند، نتایج نشان می‌دهد که بخش‌های «تولید، توزیع و انتقال برق» ۲۹۴۸۲ هزار تن، «استخراج نفت و گاز طبیعی» با ۲۹۲۳۸ هزار تن بیشترین میزان CO₂ را به صورت مستقیم و غیرمستقیم در اثر تأمین تقاضای نهایی خارجی، در داخل کشور منتشر کرده‌اند (ستون ۱). سهم بخش‌های یادشده از کل محتوای CO₂ صادراتی در کشور به ترتیب برابر با ۲۴،۴۷ درصد و ۲۴،۲۷ درصد است و در مجموع تقریباً ۵۰ درصد از کل CO₂ ای را که در کشور در جهت تأمین تقاضای نهایی خارجی انتشار یافته، تشکیل می‌دهند (ستون ۲).

نتایج و یافته‌های پیش‌گفته به‌لحاظ سیاست‌گذاری‌های بخشی اهمیت فراوانی دارد؛ زیرا بر مبنای جدول داده-ستانده سال ۱۳۸۵، بخش «تولید، توزیع و انتقال برق» حدود ۰/۱ درصد از صادرات کشور را به خود اختصاص داده است، در حالی که ۲۵ درصد از کل CO₂ ای را که در کشور به بهانه صادرات کالا و خدمات انتشار می‌یابد، در بر می‌گیرد. بنابراین، در زمینه سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی، بهتر است که ابتدا بازرنگری در روش تولید آن صورت گیرد و با جایگزینی فن‌آوری‌های مناسب محیط‌زیست و بهره‌گیری بیشتر از انرژی‌های پاک به‌جای مصرف فرآورده‌های نفتی، آلودگی را کنترل و سپس، به صادرات آن اقدام شود.

پرسش دیگر، در ارتباط با محتوای مستقیم و غیرمستقیم CO₂ در اثر واردات محصولات بوده است و چون محتوای CO₂ وارداتی از دو مؤلفه محتوای CO₂ ناشی از واردات نهایی و واردات واسطه‌ای تشکیل شده است، در جدول ۳ به تفکیک محاسبه کرده‌ایم. بر این اساس، یافته‌ها نشان می‌دهد، بخش‌های «کک، فرآورده‌های نفتی، سوخت هسته‌ای» تقریباً با ۱۰۷۳۴۵ هزار تن و «ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات» با ۹۴۷۳۵ هزار تن به ترتیب بیشترین محتوای CO₂ واردات نهایی را داشته و در مجموع ۷۵ درصد از کل انتشار CO₂ ناشی از واردات نهایی (با فرض تولید آنها در داخل) را به خود اختصاص داده‌اند (ستون ۴). حال، با وجود فرض واردات رقابتی در این پژوهش، اگر این محصولات با روش فعلی در داخل تولید شوند، CO₂ بیشتری در داخل کشور منتشر شده و در مجموع، تقریباً ۷۵ درصد به افزایش انتشار CO₂ ای که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در جهت تأمین تقاضای نهایی داخلی در داخل صورت می‌گیرد، دامن می‌زند. علاوه بر واردات نهایی، واردات واسطه‌ای هم نقش به‌سزایی در انتشار CO₂ در بخش‌های مختلف ایفا می‌کنند. علت این است که واردات واسطه‌ای نه فقط در فرآیند تولید بخش‌های داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بلکه همچنین، بخشی از تولیدات منتج از آن صرف تقاضای نهایی داخلی نیز می‌شود. با توجه به آن چه در ستون ۵ و ۶ جدول ۳، آمده است، مشخص می‌شود که بخش‌های «فلزات اساسی» با ۸۴۵۸۱ هزار تن، «کک، فرآورده‌های نفتی» با ۷۴۴۴ هزار تن، «تولید، انتقال و توزیع برق» با ۶۷۹۱ هزار تن و «حمل و نقل» با ۶۴۴۶ هزار تن، بیشترین CO₂ را به صورت مستقیم و غیرمستقیم در اثر واردات واسطه‌ای کالا و خدمات (با فرض تولید آنها در داخل کشور) برای تأمین تقاضای داخلی منتشر کرده‌اند و سهم عمده‌ای را در محتوای

CO₂ واسطه‌ای ایفا می‌کنند؛ به طوری که در مجموع تقریباً ۹۰ درصد از کل CO₂ منتشرشده در جهت تأمین تقاضای داخلی را در بر می‌گیرند. حال، اگر تولید داخلی جایگزین این میزان واردات (نهایی و واسطه‌ای) شود، CO₂ بیشتری در داخل کشور منتشرشده و فشار زیست‌محیطی بیشتری را در پی خواهد داشت. بنابراین، بهتر است حداقل در آینده‌ای نزدیک، واردات این محصولات به همان میزان ادامه یابد و تولید داخلی با روش فعلی جایگزین این میزان واردات نشود تا در این مدت این گونه فعالیت‌ها که ماهیت انرژی‌بری بالایی دارند و یا به دلیل فرسودگی فن‌آوری، CO₂ بیشتری منتشر می‌کنند، با تغییر ساختار فنی و افزایش بهره‌وری و کارایی انرژی، کیفیت محیط‌زیست را حفظ و سپس، اقدام به جایگزینی تولید داخلی آن به جای واردات شود.

در خصوص وضعیت تراز تجاری CO₂، نتایج نشان می‌دهند که در سطح کلان، ایران در سال ۱۳۸۵ واردکننده خالص CO₂ به میزان ۱۷۹۲۵۸ هزار تن بوده است. این یافته‌ها در چارچوب "فرضیه پناهگاه آلودگی"^۱ نیز قابل توضیح است؛ به طور کلی، اثر روابط تجاری بر محیط‌زیست به تخصص کشورها در نوع کالاهای تولیدی بستگی دارد. این مزیت نسبی می‌تواند در برخورداری از دستمزد پایین نیروی کار، فراوانی منابع طبیعی، دسترسی به سرمایه فیزیکی یا انسانی و شدت مقررات زیست‌محیطی و یا ترکیبی از آنها باشد.^۲ حال، اگر مزیت نسبی کشورها به دلیل تفاوت در شدت سیاست‌های زیست‌محیطی باشد، می‌توانیم از طریق نظریه هکشر-اوهلین (H-O) نیز این مسأله را توضیح دهیم. در شکل بسط یافته نظریه H-O، علاوه بر دو عامل تولید نیروی کار و سرمایه، عامل سوم به نام منابع طبیعی نیز اضافه می‌شود. معمولاً کشورهای در حال توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته فراوانی مجوزهای انتشار دارند و مطابق با نظریه H-O این نوع فراوانی می‌تواند یک مزیت نسبی برای کشورهای در حال توسعه باشد. به بیان دیگر، چون که کشورهای در حال توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته از قوانین زیست‌محیطی ضعیف‌تری برخوردارند، این کشورها محصولات کثیف را صادر و محصولات پاک را وارد می‌کنند که این همان فرضیه پناهگاه آلودگی است که در چارچوب نظریه H-O قابل بررسی است. بر اساس فرضیه پناهگاه آلودگی، کشورهای در حال توسعه صادرکننده محصولات آلاینده و کشورهای توسعه‌یافته

^۱ Pollution Haven Hypothesis

^۲ Mongelli, *et.al.* (2006).

واردکننده محصولات آلاینده خواهند بود.^۱ یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که واردات محصولات آلاینده ایران در سال ۱۳۸۵ بیشتر از صادرات آن بوده است، بنابراین، بر اساس توضیحات بالا، این پژوهش فرضیه پناهگاه آلودگی را رد می‌کند. در بین بخش‌های مختلف اقتصادی، بخش «ماشین‌آلات و تجهیزات» تقریباً با میزان ۹۴۲۶۴ هزار تن CO₂، بزرگترین بخش واردکننده خالص CO₂ محسوب می‌شود. بر اساس مشاهدات صورت‌گرفته، واردات محصولات آلاینده، سهم عمده‌ای از کل انتشار صورت‌گرفته را بر عهده دارند، به طوری که ۴۶ درصد از انتشار کل CO₂ توسط ایران در سال ۱۳۸۵ ناشی از واردات (با فرض تولید آنها در داخل)، ۱۸ درصد به بخش صادرات و مابقی در اثر تولیدات داخلی در جهت تأمین تقاضای نهایی داخل مربوط می‌شود.

۵. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

در این مقاله تلاش کردیم، تا با معرفی شاخص محتوای CO₂، محتوای مستقیم و غیرمستقیم انتشار CO₂ به تفکیک صادرات و واردات را با استفاده از جدول داده-ستانده اصلاح شده ۱۳۸۵ در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی و کلان محاسبه کنیم. بر اساس نتایج، عنوان واردکننده خالص CO₂ برای ایران، می‌تواند وابستگی شدید ساختار اقتصادی ایران به واردات محصولات را بیش از پیش نمایان کند. برای نمونه، بخش «صنعت» به دلیل واردات بیشتر صنایع، طبیعتاً رو به واردات بیشتر محصولات آلاینده آورده است. در بین زیربخش‌های صنعتی، بخش‌های «ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات» و «فلزات اساسی» بیشترین نقش را در انتشار CO₂ در اثر واردات محصولات داشته‌اند، هر یک از این زیربخش‌ها به ترتیب سهم عمده‌ای در محتوای مستقیم و غیرمستقیم واردات نهایی CO₂ (۲۵ درصد) و واردات واسطه‌ای CO₂ (۳۶ درصد) را بر عهده دارند. در سال ۱۳۸۵، ۵۱ درصد از کل واردات خالص CO₂ متعلق به بخش صنعت بوده است؛ بدین ترتیب می‌توان گفت که واردات محصولات آلاینده نسبتاً ماهیت سرمایه‌بری داشته است. با توجه به فرض واردات رقابتی، اگر تولید داخلی به روش فعلی جایگزین صنایع آلاینده شود، CO₂ بیشتری را در داخل منتشر کرده و افزایش آلودگی و تخریب بیشتر محیط‌زیست را در سطح داخلی به همراه خواهد داشت. بنابراین، به لحاظ منافع زیست‌محیطی پیشنهاد می‌شود که حداقل در آینده‌ای نزدیک، این بخش‌ها به

¹ Dietzenbacher & Mukhopadhyay (2007).

همان اندازه که وارد می‌شوند، واردات آنها ادامه یابد تا در این مدت با ایجاد تغییرات مناسب در ساختار تولیدات، ایجاد نوآوری و بهبود کارایی فن‌آوری‌های مصرف انرژی میزان آلاینده‌گی محصولات یادشده، کنترل و سپس، اقدام به جایگزینی تولید داخلی به جای واردات شود.

از آنجا که کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های اتمسفر، هدف مهم سیاست‌های انرژی و زیست‌محیطی جهان را تشکیل می‌دهند، در این راستا پیشنهادهایی ارائه می‌کنیم تا بتوان دیدگاه وسیعی در مورد مقوله محتوای انتشار CO₂ و مفاهیم وابسته به آن کسب نمود و از آن در تصمیم‌گیری‌های کشور بهره برد:

۱. توجه به مسائل محیط‌زیستی به گونه‌ای که در اولویت اول سیاست‌گذاری تجاری واقع شود. برای این منظور ضمن ارزیابی تراز تجاری اقتصادی، تراز تجاری زیست‌محیطی نیز باید مورد توجه سیاستگذاران قرار گیرد.

۲. با توجه به نتایج به دست آمده در این مقاله، بخش «تولید، توزیع و انتقال برق» ۰/۱ درصد از کل صادرات ایران را در سال ۱۳۸۵ تشکیل داده است؛ در حالی که ۲۵ درصد از کل CO₂ ای را که در کشور به بهانه صادرات کالا و خدمات انتشار می‌یابد، در بر می‌گیرد. بنابراین، در زمینه سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی، بهتر است بازنگری در روش تولید آن صورت گیرد و با جایگزینی فن‌آوری‌های مدرن و بهره‌گیری بیشتر از انرژی‌های پاک از انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای بکاهد.

۳. برقراری روابط تجاری بیشتر با کشورهای توسعه‌یافته. بررسی‌ها نشان داده است، میزان محتوای انتشار در کشورهای در حال توسعه بسیار بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته است؛ با توجه به این که ایران در کسری تجاری CO₂ به سر می‌برد، تعامل تجاری با کشورهای صنعتی و واردات تکنولوژی‌های دوستدار محیط‌زیست نه تنها می‌تواند هدف کاهش آلودگی را در داخل کشور تحقق بخشد، بلکه به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب و هوایی در سطح جهانی نیز کمک شایانی خواهد کرد.

منابع

- بانویی، علی‌اصغر. (۱۳۹۱). ارزیابی شقوق مختلف نحوه منظورکردن واردات و روشهای تفکیک آن با تأکید بر جدول مقارن سال ۱۳۸۰. فصلنامه سیاستگذاری اقتصادی، شماره ۸، صص ۷۴-۳۱.
- بانویی، علی‌اصغر؛ ذاکری، زهرا؛ مومنی، مرضیه و اسفندیاری کلوکن، مجتبی. (۱۳۹۳). سنجش وضعیت صادرات و واردات آب مجازی در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران: آیا ایران واردکننده خالص یا صادرکننده خالص آب مجازی است؟، مجموعه مقالات اولین مدیریت یکپارچه منابع و مصارف آب با تأکید بر توسعه پایدار منطقه البرز مرکزی ۲۷ و ۲۸ آبان ماه، دانشگاه تهران.
- بانویی، علی‌اصغر؛ مؤمنی، فرشاد و عزیز محمدی، سیمین. (۱۳۹۲). سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین در بخش‌های مختلف اقتصادی با استفاده از رویکرد داده-ستانده، سیاستگذاری پیشرفت اقتصادی. سال اول، شماره ۱، صص ۶۶-۳۵.
- برقی اسکویی، محمد مهدی. (۱۳۸۷). آثار آزاد سازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی اکسیدکربن) در منحنی زیست‌محیطی کوزنتس. مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۳، صص ۲۱-۱.
- ترابی، تقی و وارثی، محسن. (۱۳۸۸). بررسی آلاینده‌گی زیست‌محیطی صنایع کشور با استفاده از رویکرد داده - ستانده (مورد خاص دی اکسید کربن). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره ۴۲، صص ۹۳-۷۷.
- رحیمی، نسترن و بختیار، محسن. (۱۳۸۵). پروتکل کیوتو، رهیافت‌ها و چالش‌ها. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره ۲۹، صص ۹۳-۷۹.
- کمال، الهام. (۱۳۹۳). سنجش محتوای مستقیم و غیرمستقیم دی‌اکسیدکربن در صادرات و واردات ایران با استفاده از رویکرد داده- ستانده. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد محیط‌زیست، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی.
- مرکز آمار ایران، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی. (۱۳۸۵). نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره برداری کشور ۱۳۸۵.
- مرکز آمار ایران. (۱۳۸۵). نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر.

- مرکز آمار ایران. (۱۳۸۱). نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر.
- مرکز آمار ایران. (۱۳۸۱). نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱ تا ۹ نفر کارکن.
- مرکز آمار ایران. (۱۳۸۵). نتایج کلی سرشماری نفوس و مسکن کل کشور، ۱۳۸۵. ایران، تهران.
- مرکز پژوهش‌های مجلس. دفتر مطالعات اقتصادی. (۱۳۹۱). به‌هنگام سازی جدول داده-ستانده، ماتریس حسابداری اجتماعی و طراحی الگوی CGE و کاربردهای آن‌ها در سیاستگذاری اقتصادی - اجتماعی. شماره مسلسل ۱۲۴۵۳.
- وزارت نفت. مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی. (۱۳۸۵). ترازنامه هیدروکربوری کشور سال ۱۳۸۵. تهران.
- وصفی اسفستانی، شهرام. (۱۳۸۵). بررسی کمی پیوند بین فعالیت‌های اقتصادی، محیط‌زیست و انرژی در قالب الگوی داده-ستانده بسط‌یافته با تأکید بر انتشار دی‌اکسید کربن (CO₂) در ایران. رساله کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده اقتصاد.
- Bicknell, K.B., Ball, R.J., Cullen, R. and Bigsby, H.R. (1998). New Methodology for the Ecological Footprint with an Application to the New Zealand Economy. *Ecological Economics*, Vol. 27, No. 2, PP. 149-160.
- CDIAC. (2013). Global Fossil-fuel CO₂ Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center.
- Dietzenbacher, E. & Mukhopadhyay, K. (2007). An Empirical Examination of the Pollution Haven Hypothesis for India: Towards a Green Leontief Paradox? *Environmental & Resource Economics*, Vol.36, No.4, PP. 427-449.
- EPI. (2014). *Environmental Performance Index (2014)*. Yale Center for Environmental Law and Policy and Center for International Earth Science Information Network and Columbia University.
- ESI. (2005). *Environmental Sustainability Index (2005)*. Yale Center for Environmental Law and Policy and Center for

International Earth Science Information Network and Columbia University.

- Ferng, J.J. (2001). Using Composition of Land Multiplier to Estimate Ecological Footprints Associated with Production Activity. *Ecological Economics*, Vol. 37, No. 2, PP. 159–172.
- Fletcher's. (2005). *Global Climate Change: the Library of Congress*.
- Gilpin, A., (2000). *Environmental Economics: A Critical Overview*. Wiley, New York.
- IEA. (2013). *CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights*. International Energy Agency.
- IPCC. (2013). *Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kondo, Y., Moriguchi, Y. & Shimizu, H. (1998). Co2 Emission in Japan: Influences of Imports and Exports. *Applied Energy*, Vol.59, No.2-3, PP: 163-174.
- Machado, G. & Schaeffer, R. & Worrell, E. (2001). Energy and Carbon Embodied In the International Trade of Brazil: An Input-Output Approach. *Ecological Economics*, Vol. 39, No. 3, PP. 409- 424.
- Mongelli, I. & Tassielli, G. & Notarnicola, B. (2006). Global Warming Agreements. International Trade and Energy/ Carbon Embodied: an Input – Output Approach to the Italian case, *Energy Policy*, Vol. 34, No. 1, PP: 88-100.
- Meyerson, F.A.B., (1998). Population, Carbon Emissions, and Global Warming: the Forgotten Relationship at Kyoto. *Population and Development Review*, Vol. 24, No. 1, PP: 115–130.
- Muradian, R., Oconnor, M. and Martinez-Alier, J. (2002). Embodied Pollution in Trade: Estimating the Environmental Load Displacement of Industrialised Countries. *Ecological Economics*, Vol. 41, No. 1, PP. 51-67.
- 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. (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 Chinas Industrial Sectors. *China Economic Review*, Vol. 28, No. 1, PP. 123-134.
- Sanchez-Choliz, J. & Duarte, R. (2004). CO2 Emissions Embodied in International Trade: Evidence for Spain. *Energy Policy*, Vol. 32, No.18, PP. 1999-2005.
- Su, B., Huang, H.C., Ang, B.W. and Zhou, p. (2010). Input-Output Analysis of Co2 Emissions Embodied in Trade: The Effects of Sector Aggregation. *Energy Economics*, Vol.32, No. 1, PP. 166-175.
- Wiedmann, T., Lenzen, M., Turner. K., Barret, J. (2007). Examining the Global Environmental Impact Consumption Activities-Part; Review of Input-Output Model for the Assessment of Environmental Impacts Embodied to Trade. *Ecological Economics*, Vol.61, No.1, PP. 15-26.
- Wyckoff, A.W. & Roop, J.M. (1994). The Embodied of Carbon in Imports of Manufactured Products. *Energy Policy*, Vol.22, No.3, PP. 187-194.
- Ziesing, H., (2001). CO₂ Emissions: No Change in the Trend in Sight. *Economic Bulletin* Vol. 38, No. 12, PP. 397-408.
- <http://hdr.undp.org> وبسایت گزارش توسعه انسانی سازمان ملل متحد