دوفصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی
سال اول، شماره ۱، پاییز و زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۹۴-۶۵

بررسی وضعیت توسعه پایدار در ایران با استفاده از شاخص ردپای کربن

فرشاد مومنی[۱]، الهام کمال[۲]، رقیه محمدخان پوراردبیل[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۴/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۰۵

چکیده

در این مقاله به منظور بررسی وجه محیط زیستی وضعیت توسعه پایدار در ایران، یک شاخص بیوفیزیکی به نام ردپای کربن معرفی می‌شود. با استفاده از این شاخص، نه تنها مشخص می‌شود که بخش‌های اقتصادی در اثر تولید داخلی و واردات (با فرض تولید در کشور) چند تن CO_2 در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی منتشر کرده‌اند، بلکه سهم جمعیت کشور در میزان کربن منتشر شده در قالب سرانه ردپای کربن نیز آشکار می‌شود. بر اساس گزارش بانک جهانی(۲۰۱۵)، ایران هشتمین کشور انتشاردهنده CO_2 در بین ۲۰۰ کشور جهان است، از این رو بررسی میزان کربن انتشار یافته توسط بخش‌های اقتصادی و در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. هدف مقاله حاضر، بررسی کل ردپای کربن منتشر شده در سطح کلان و بخشی و در چارچوب جدول داده-ستانده داخلی حول دو سوال اساسی است:یکی آنکه آیا سرانه ردپای کربن در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵ کمتر شده است؟ دوم،آیا ردپای کربن منتشرشده (به تفکیک تولید داخلی و وارداتی) در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵ کاهش یافته است؟ به منظور تحقق پاسخ به این دو سوال، از دو نوع داده استفاده شده است: یکی، جدول داده- ستانده اصلاح شده سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ و دومی، آمار فیزیکی انتشار CO_2 در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی در سال‌های مورد بررسی.نتایج نشان می‌دهند که ۱- سرانه ردپای کربن در ایران در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵ کاهش یافته و این کاهش، ناشی از کاهش CO_2 منتشر شده حاصل از واردات بوده است نه کاهش CO_2 منتشر شده در داخل کشور، ۲- افزایش انتشار CO_2 ناشی از تولیدات داخلی دو بخش«تولید، توزیع و انتقال برق» و «حمل و نقل» برای تامین نیاز داخلی در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵ و ۳-کاهش شدید انتشار CO_2 ناشی از واردات بخش‌های «ماشین آلات» و «کک و فرآورده‌های نفتی» و افزایش انتشار CO_2 ناشی از تولید داخلی آنها در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵. در مجموع یافته‌ها بیان می‌کند که در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵، CO_2 منتشر شده ناشی از واردات محصولات، کاهش و CO_2 انتشار یافته در اثر تولید داخلی افزایش یافته است.

طبقه‌بندی *F18,Q56:JEL*

واژه‌های کلیدی: ردپای کربن، تقاضای داخلی، توسعه پایدار، جدول داده-ستانده داخلی

۱- عضو هیات علمی دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی

Email: farshad.momeni@gmail.com

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد محیط‌زیست، دانشگاه علامه طباطبائی- نویسنده مسئول

Email: ekamal.95@yahoo.com

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد محیط‌زیست، دانشگاه علامه طباطبائی

Email:rmohammadkhnpour@yahoo.com

۱- مقدمه

اقتصاددرابعادمختلفتولیدومصرفبامنابعطبیعیومحیطزیستدرارتباطاست. همه جوامع کم و بیش برای دستیابی به رشد و توسعه اقتصادی، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی محیط زیست خود را دگرگون ساخته و فشار بسیاری را بر محیط زیست تحمیل کرده‌اند(عاقلی و همکاران، ۱۳۸۹). از این رو، تخریب محیط زیست و بهره‌برداری نامعقول از منابع طبیعی، موجب شده تا قابلیت باز تولید منابع و ظرفیت جذب محیط زیست کاهش یابد و جهان را با بحران‌های گسترده زیست محیطی مواجه کند. نگرانی‌های جوامع بین المللی در خصوص بحران‌های زیست محیطی موجب شد تا در دهه ۱۹۷۰ مساله پایداری در سطح ملی و بین‌المللی مورد توجه همگان قرار گیرد و اهمیت حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی در مباحث توسعه آشکار شود و مفهوم توسعه پایدار گسترش یابد.

در راستای توجیه دستیابی به پایداری دو نظریه مطرح شده است؛ اولین نظریه، نظریه اخلاقی است که بیان می‌کند نسل کنونی نسبت به نسل‌های آینده دارای یک تعهد اخلاقی است. تعهد اخلاقی به این معناست که نباید به گونه‌ای رفتار کنیم که نسل‌های آینده از داشتن فرصت‌های یکسان که نسل کنونی از آن استفاده می‌کند، محروم شوند. دسته دوم، نظریه‌های بوم شناختی یا اکولوژیکی هستند. در این نظریه گفته می‌شود که فعالیت‌های اقتصادی باید به نحوی تنظیم شود که تنوع پایدار اکولوژیکی را تضمین کند. در اینجا پایداری به معنای دستیابی به سطحی از رضایت از زندگی بدون کاهش ظرفیت محیط زیست است. به عبارت دیگر، نباید میزان تقاضا از ظرفیت تحمل محیط زیست فراتر رود (پرمن و همکاران[1]،۱۳۸۲).

به منظور بررسی وضعیت توسعه پایدار، صاحبنظران عرصه اقتصاد محیط زیست درصدد برآمدند تا با یافتن واحد سنجش معنادار و با اتخاذ یک رویکرد بیوفیزیکی به بررسی اصل پایداری و تطبیق نیازهای درونی اقتصاد با ظرفیت تحمل محیط زیست بپردازند. از این رو شاخص‌های متعددی پیشنهاد شد تا جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی از توسعه پایدار را به تصویر بکشند. یکی از شاخص‌های ارزیابی توسعه

1-Permen, *et al.*

پایدار که با کمی کردن فشار محیط زیستی حاصل شده در راستای تـامین تقاضـای داخلـی می‌تواند تا حدودی یک ابزار مناسب در زمینه سیاستگذاری کشورها باشد، شاخص «ردپـا» است(مفات[1]، ۲۰۰۰ و ارب[2]، ۲۰۰۴).منظور از ردپا، این است که برای تامین نیازهای درونـی جامعه چه میـزان(در واحـد فیزیکـی) از سـرمایه طبیعـی(محیط زیسـت) در مقیـاس جهـانی کاسته شده است(واکرناگل[3]، ۱۹۹۹).

با توجه به نگرانی‌های همه جانبه‌ای که نسبت بـه وضـعیت سـه منبـع مهـم وحیـاتی(آب شیرین، تولید بیولوژیکی زمین و منابع انرژی) در تمام مراحل زندگی بشـر بـه وجـود آمـده است، گالی و همکاران[4](۲۰۱۲)، برای ارزیـابی میـزان فشـار وارد شـده بـر محـیط زیسـت، «خانواده ردپا»[5] را معرفی کردند. این خانواده شامل ردپای آب(*WF*)[6]، ردپـای زمـین(*LF*)[7] و ردپای کربن(*CF*)[8] می‌شود. این سه مـورد اگرچـه در اسـاس بـا هـم متفـاوت هسـتند امـا همواره به هم متصل و به طور متقابل از هم تاثیر می‌پذیرند. ردپـای آب و زمـین بـه ترتیـب نیاز مستقیم و غیرمستقیم آب و زمین بکار رفتـه در تولیـد کـالا وخـدمات در جهـت تـامین تقاضای داخلی و ردپای کربن، میزان کربن مستقیم و غیرمستقیم انتشار یافته در اثر مصـرف انرژی بخش‌های اقتصادی و در راستای تامین نیاز داخلی افراد را محاسبه می‌کند.

ظهور شاخص‌هایی چون محتوای انتشـار کـربن[9] حاصـل از روابـط تجـاری و ردپـا (در قالب ردپای زمین، ردپای آب و ردپای کربن) حاکی از آن اسـت کـه مصـرف، مـی‌توانـد یک عامل کلیدی بـرای هـدایت مبـادلات بـین اقتصـاد و محـیط زیسـت در سـطح جهـانی محسوب شود، زیرا پیامدهای حاصل از تولید که برای تامین تقاضای نهایی جامعـه صـورت مـی‌گیـرد بـا مقیـاس بـزرگ‌تـری بـه فراتـر از مرزهـای سیاسـی آن ملـت گسـترش می‌یابد(مورادیان و همکاران[10]، ۲۰۰۲).

1- Moffat
2- Erb
3- Wakernagel
4- Gali *et al.*
5- Footprint Family
6- Water Footprint
7- Land Footprint
8- Carbon Footprint
9- CO_2 Contents
10- Muradian *et al.*

در مدل ساده اقتصادی، انسان‌ها برای تامین نیاز خود ناگزیر از تقاضا برای کالا و خدمات تولیدی (چه از طریق تولید داخلی و چه از طریق واردات) هستند، همین تقاضای آنها می‌تواند محرک فرآیند تولیدی باشد که منابع طبیعی (منابع انرژی) را مصرف می‌کند و انتشار آلایندگی از جمله CO_2 را به همراه دارد(دراکمن و جکسون[1]، ۲۰۰۹ و هرتوییچ و پیترز[2]،۲۰۰۹). بنابراین میزان CO_2منتشر شده در جهت تامین نیاز داخلی افراد که در قالب ردپای کربن بیان می‌شود، می‌تواند ابزاری باشد برای سنجش کل فشار وارد شده بر محیط زیست از طریق انتشار گازهای گلخانه‌ای(CO_2) که در جهت تامین تقاضا صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، با استفاده از این شاخص نه تنها مشخص می‌شود که فعالیت‌های اقتصادی(در اثر تولید داخلی و واردات) در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی چند تن CO_2به صورت مستقیم و غیرمستقیم منتشر کرده‌اند، بلکه تاثیر جمعیت کشور بر میزان کربن منتشر شده در قالب سرانه ردپای کربن نیز آشکار می‌شود.

کشور ایران از یک طرف به عنوان یک کشور در حال توسعه و از طرف دیگر به دلیل برخورداری از منابع انرژی غنی و گسترده و وجود مخازن بزرگ نفتی و گازی و پتانسیل بالقوه تولید و مصرف انرژی یکی از مصادیق الگوی رشد مبتنی بر منابع طبیعی محسوب می‌شود، اما با توجه به آنکه سهم عمده‌ای از بخش انرژی را احتراق سوخت‌های فسیلی در برگرفته است، مصرف آنها با انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا همراه شده است.

با توجه به گزارش سال ۲۰۱۵ بانک جهانی(WDI) مبنی بر اینکه ایران در بین ۲۰۰ کشور، هشتمین کشور انتشاردهنده CO_2در جهان بوده است، بررسی میزان کربن منتشر شده در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی کشور اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. از این رو استفاده کارا از منابع باید در اولویت هرگونه سیاستگذاری قرار گیرد، زیرا بی‌توجهی به محیط زیست به معنای تهدید مستقیم برای کیفیت زندگی مردم بوده و برای توسعه اقتصادی یک چالش جدی محسوب می‌شود. با توجه به اینکه افزایش تولید کشور منوط به افزایش مصرف انرژی و احتراق بیشتر انرژی‌های فسیلی است و همبستگی شدیدی بین مصرف انرژی، توسعه اقتصادی و انتشار آلایندگی وجود دارد، بنابراین انجام تحقیقی که بتواند تولید داخلی را به سمت محیط زیستی پاک هدایت کند، ضروری به نظر می‌رسد.

1- Druckman and Jackson
2- Hertwich and Peters

از آنجا که در داخل کشور مطالعاتی در زمینه ردپای زمین و آب[۱] انجام شده، اما در ارتباط با ردپای کربن پژوهش‌هایی به اندازه کافی صورت نگرفته است، در این مقاله تلاش می‌شود تا با استفاده از جدول داده-ستانده داخلی و شاخص ردپای کربن، میزان کربن مستقیم و غیرمستقیم منتشر شده در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی و سرانه آن در دو سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ محاسبه و بررسی شوند.

مطالب این مقاله در ادامه به این صورت سازماندهی می‌شوند، ابتدا به منظور بیان اهمیت و ضرورت موضوع، وضعیت مصرف انرژی و انتشار CO_2 در جهان و ایران به طور اجمالی مورد بحث قرار می گیرد. مبانی نظری و مروری بر فضای پژوهشی خارجی و داخلی پیرامون سنجش ردپای کربن در بخش سوم ارائه می‌شود. بخش چهارم به روش‌شناسی ردپای کربن اشاره دارد. پایه‌های آماری و تجزیه و تحلیل نتایج، مطالب بخش پنجم را تشکیل می‌دهد و بخش آخر به جمع بندی و پیشنهادات اختصاص می‌یابد.

۲- وضعیت مصرف انرژی و انتشار CO_2 در جهان و ایران

بر اساس گزارش سال ۲۰۱۳ آژانس بین‌المللی انرژی[۲]، انتشار CO_2 به طور مستقیم با مصرف انرژی مرتبط است و همبستگی شدیدی بین مصرف انرژی‌های فسیلی، انتشار CO_2 و فعالیت های اقتصادی وجود دارد به گونه‌ای که طبق آمار مرکز تجزیه و تحلیل اطلاعات دی اکسیدکربن $(CDIAC)$[۳] از سال ۱۸۷۰ تا ۲۰۱۰ میزان انتشار CO_2 ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی به صورت نمایی در جهان افزایش یافته است.

بر اساس گزارشات منتشر شده در مجلات NCC[۴] و NG[۵] در سال ۲۰۱۴ غلظت دی اکسیدکربن در جهان به رکورد بالایی در اتمسفر رسیده است. بررسی‌ها نشان داده

۱- برای مطالعه بیشتر در زمینه سنجش ردپای آب و زمین در سطح بخش های مختلف اقتصادی به منابع زیر مراجعه شود:
← بانویی، علی اصغر؛ مومنی، فرشاد و عزیز محمدی، سیمین (۱۳۹۲)، «سنجش ردپای بوم شناختی زمین در بخش‌های مختلف اقتصادی با استفاده از رویکرد داده- ستانده»، *سیاستگذاری پیشرفت اقتصادی*، شماره ۱، صص:۶۶-۳۵.

→ Banouei, AA. Banouei, J .Zakeri, Z. and Momeni, M, (2015), "Using Input-output Model To Measure National Water Footprint In Iran",*Business Perspectives*,Vol. 14, No. 2, PP:75-87.

2- IEA

3-Carbon Dioxide Information Analysis Center

4- Nature Climate Change

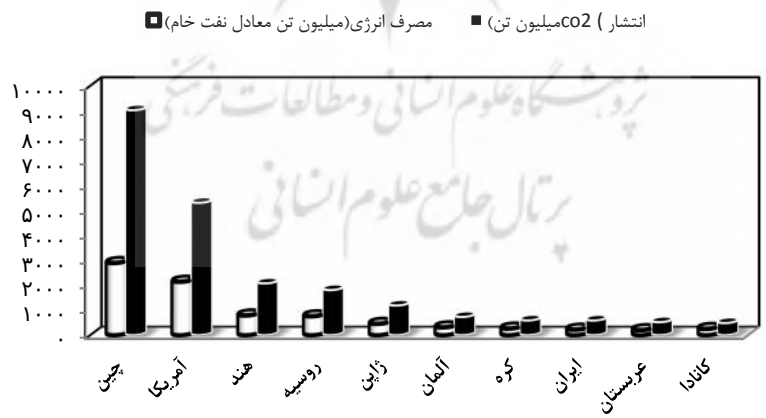
5- Nature Geoscience

انتشار CO_2 در سطح جهان در سال ۲۰۱۴ به ۴۴ هزار میلیون تن افزایش یافته است که نسبت به سطح انتشار CO_2در سال ۲۰۱۳، ۲/۵ درصد بیشتر است. در این گزارش آمده است که جهان تنها ۳۰ سال زمان دارد تا بتواند این روند شوم را قبل از این که گرم شدن کره زمین به بیش از ۳/۶ درجه فارنهایت(۲ درجه سانتیگراد) برسد، برعکس کند.

طبق گزارش مرکز تحقیقات محیط زیست آب و هوا در نروژ، ۷۵ درصد از انتشار CO_2را احتراق سوخت‌های فسیلی دربرگرفته است. در این گزارش آمده است: برای کاهش تغییرات آب و هوایی در سطح جهان باید به طور مداوم، سالانه حدود ۷ درصد سطح انتشار CO_2کاهش یابد.

بر اساس گزارش سال ۲۰۱۵ بانک جهانی[1]، در سال ۲۰۱۲، بیش از ۳۴ هزار میلیون تن CO_2در جهان منتشر و بیش از ۱۲ هزار میلیون تن بشکه معادل نفت خام انرژی در جهان مصرف شده است. ۱۰ کشور چین، آمریکا، هند، روسیه، ژاپن، آلمان، کره، ایران، عربستان و کانادا به ترتیب ۶۵ درصد از کل انتشار CO_2و ۶۴ درصد از کل مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. ایران در این رتبه‌بندی در بین ۱۷۰ کشور از منظر انتشار CO_2با یک رده سقوط نسبت به سال ۲۰۱۱ در رتبه هشتم جهان و در زمینه مصرف انرژی در رده دهم جهان قرار گرفته است(نمودار (۱)).

نمودار (۱)- ۱۰ کشور نخست از منظر انتشار CO_2و مصرف انرژی در سال ۲۰۱۲



1- WDI

ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه از لحاظ مصرف انرژی در روند تولیدی کالاها و خدمات نیز در وضعیت مطلوبی قرار ندارد و جزء کشورهای با شدت انرژی بسیار بالا محسوب می‌شود. بر این اساس، شدت مصرف نهایی انرژی در کشور نه تنها در مقایسه با کشورهای نفتخیز بسیار بالا است،بلکه از برخی مناطق آفریقا و خاورمیانه نیز بیشتر است. در سال ۲۰۱۰، در سطح جهاین به طور متوسط برای تولید یک میلیون دلار ارزش افزوده حدود ۱۱۵/۱۴ تن معادل نفت خام انرژی مصرف شده است در حالی که این رقم در ایران (۱۸۴/۲۲ تن معادل نفت خام)بیش از ۶۰ درصد مقدار متوسط جهانی بوده و از کشورهایی چون حوزه آمریکای شمالی،ژاپن، هند، کره، عربستان و... شدت انرژی بالاتری دارد (وزارت نیرو، ترازنامه انرژی ۱۳۹۰، ۱۳۹۲).

مصرف سرانه انرژی در ایران نیز بیش از ۵ برابر کشورهایی مانند هند و پاکستان و کمی کمتر از ۲ برابر چین است. همچنین کشورهایی همچون کره و ژاپن که تولید ناخالص داخلی آنها چندین برابر ایران است،مصرف سرانه‌ای تنها بین ۱۶ تا ۲۶ درصد بیشتر از ایران دارند.

به گزارش آژانس بین المللی انرژی، میانگین مصرف سرانه انرژی در جهان ۱/۱۵ تن معادل نفت خام است در حالی کهفردایرانی۶۸ درصدبیشازمتوسطجهان، یعنی به میزان۱/۹۳ تن معادل نفت خام انرژیمصرفمی کند(آژانس بین‌المللی انرژی،۲۰۱۲). مصرف بالای سرانه انرژی می‌تواند سرانه انتشار کربن بیشتری را نیز به همراه داشته باشد. بر اساس سرشماری عمومی نفوس ومسکن و جمعیت کشور در سال ۱۳۹۰(۷۵.۱۴۹.۶۶۹ نفر[1]) میزان دی اکسیدکربن منتشر شده به ازای هر نفر، حدود ۶/۸ تن برآورد شده است در حالی که طبق گزارش شاخص توسعه انسانی(۲۰۱۳)، میزان متوسط انتشار سرانه گاز دی‌اکسیدکربن در جهان ۴/۵ تن است. به عبارت دیگر، هر ایرانی ۳۶ درصد بیشتر از متوسط انتشار در جهان، CO_2منتشر می کند.

جدول (۱)، میزان سرانه انتشار دی‌اکسیدکربن در بین ۲۰۹ کشور را در سال ۲۰۰۷ نشان می‌دهد. بر اساس این رتبه‌بندی که توسط $CDIAC$ انجام شده است، قطر با انتشاری به میزان ۵۵ تن CO_2به ازای هر نفر و تانزانیا با انتشاری به میزان ۰/۱ تن به ازای هر نفر به ترتیب بیشترین و کمترین سرانه انتشار را به خود اختصاص داده‌اند. ایران در این رتبه‌بندی

۱- مرکز آمار ایران، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، سال ۱۳۹۰

بعد از بلغارستان و قبل از مالت با ۶/۷ تن انتشار CO_2به ازای هر نفر در رتبه ۶۳ جهان قرار گرفته است[1].

جدول (۱)- سرانه انتشار CO_2در بین ۲۰۹ کشور در سال ۲۰۰۷

رتبه	سرانه انتشار CO_2(تن)	کشور
۱	۵۵	قطر
۲	۳۳	هلند
۳	۳۲	امارات
٦۱	۷	اوکراین
٦۲	٦/۸	بلغارستان
٦۳	٦/۸	ایران
٦٤	٦/۷	مالت
٦۵	٦/۵	آندورا
٦٦	٦/٤	باهاما
٦۷	٦	فرانسه
۲۰۷	۰/۱	سومالی
۲۰۸	۰/۱	اوگاندا
۲۰۹	۰/۱	تانزانیا

Source: Carbon Dioxide Information Analysis Center

این مطالب حاکی از اهمیت و ضرورت توجه بیش از پیش به نحوه مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های ناشی از آن می‌دهد. بررسی جایگاه ایران در جهان از منظر مقدار مصرف انرژی و انتشار CO_2، مقایسه شدت انرژی، سرانه انرژی و سرانه انتشار CO_2در کشور با میانگین جهانی، حاکی از آن است که کشور در مسیر توسعه پایدار قرار ندارد و با ادامه چنین روندی بحران محیط زیستی بیش از پیش خواهد شد.

۱- در کشورهای در حال توسعه، بخشی از انرژی مصرفی (به ویژه انرژی مورد استفاده برای گرمایش) از طریق هیزم، زغال چوب، فضولات حیوانی و... تامین می‌شود حال آنکه به دلیل دشوار بودن جمع‌آوری آمارها، نهادهای بین‌المللی قادر به انتشار آمارهای دقیق مصرف انرژی نیستند.

۳- مبانی نظری و مروری بر مطالعات گذشته

با وقوع انقلاب صنعتی و پدیدار شدن مظاهر مختلف آن، ارزش اقتصادی منابع طبیعی بیشتر آشکار شد. در این راستا رشد فزاینده جمعیت شهرنشین وگسترش مهاجرت‌های روستا به شهر، بازخوردهای متفاوتی بر طبیعت بر جای گذاشت، زیرا در جهت تامین نیازهای مصرفی به محدوده وسیعی از منابع طبیعی و انسانی نیاز است و استفاده بیش از حد از منابع، سبب بروز اختلالاتی در سامانه یکپارچه زمین می‌شود که می‌تواند پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و سیاسی جبران‌ناپذیری به دنبال داشته باشد. با توجه به رابطه‌ای که بین مردم و فضاهای زیست آنها برای تامین نیازهایشان در سطح سیاره زمین وجود دارد، استفاده انسان از طبیعت در اصطلاح «ردپای بوم‌شناختی» نامگذاری شد (رضوانی و همکاران، ۱۳۸۹).

در اوایل دهه ۱۹۹۰ ویلیام ریس[1]، استاد دانشگاه بریتیش کلمبیا، مفهوم ردپای بوم‌شناختی(*EF*) را مطرح کرد. او و شاگردش ماتیس واکرناگل مقالات علمی فراوانی در این زمینه نوشته‌اند. ریس و واکرناگل تصریح کردند که *EF* اندازه‌گیری میزان فشاری است که انسان بر طبیعت تحمیل می‌کند(بیکنل و همکاران[2]،۱۹۹۸).

ردپای بوم‌شناختی محاسبه قابلیت طبیعت در هر مکان با توجه به نیازهای انسان در واحد فیزیکی است. به عبارت دیگر، این شاخص نحوه استفاده از منابع طبیعی برای تامین نیاز آنها را محاسبه می‌کند. ردپای بوم‌شناختی نشان می‌دهد که چه میزان از طبیعت(زمین، آب، انرژی) را باید استفاده کرد تا بتوان منابع مورد نیاز مصرفی خود را تامین کرد. بنابراین این شاخص در جست‌وجوی برقراری ارتباط میان منابع طبیعی و تقاضای ما از آن برای تامین کالا است. بنابراین ردپای بوم‌شناختی می‌تواند ابزار مناسبی برای اندازه‌گیری پیشرفت جوامع به سوی پایداری باشد. با تجزیه و تحلیل این شاخص می‌توان میزان خسارتی را که انسان در راستای تامین مصرف به محیط زیست وارد می‌کند، برآورد کرد (واکرناگل، ۱۹۹۹).

اصطلاح رد پای کربن که طی چند سال اخیر رایج شده و با افزایش نگرانی‌های عمومی در خصوص تغییرات آب و هوایی و سلامتی افراد، مفهوم آن توسعه یافته است،

1- Rees
2- Bicknell*et al.*

ریشه در واژه رد پای بوم‌شناختی مطرح شده توسط واکرنا گلوریس (۱۹۹۶) دارد. هدف از ارائه این مفهوم، نشان دادن مسئولیت افراد جامعه در تغییرات آب و هوایی جهان است. با استفاده از این شاخص، نه تنها مشخص می‌شود که بخش‌های اتقصادی در اثر تولید داخلی و واردات (با فرض تولید آنها در داخل کشور) در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی چند تن CO_2 به صورت مستقیم و غیرمستقیم منتشر کرده‌اند، بلکه سهم جمعیت کشور د رمیزان کربن منتظر شده در قالب سرانه رد پای کربن نیز آشکار می‌شود. تحلیل رد پای کردن نمی‌تواند به فهم و آگاهی افراد از آثار فعالیت انسان‌ها و سازمان‌ها بر محیط زیست کمک کند و برای کاهش انتشار کربن و تغییرات آب و هوایی کشورها منابع علمی ارائه دهد.

منظور از ردپای کربن، میزان CO_2است که توسط بخش‌های اقتصادی و در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی، در سطح جهان (خواه تولید داخلی باشد، خواه وارداتی) منتشر می‌شود.

در جدیدترین گزارش از شبکه جهانی ردپا[1](۲۰۱۵)، در سال ۲۰۱۲ و در راستای تامین تقاضا بیش از ۳۶ هزار میلیون تن کربن در سطح جهان و به ازای هر نفر ۵/۷ تن کربن منتشر شده است (استین السن و همکاران[2]،۲۰۱۲).

روش‌شناسی ردپای کربن مبتنی بر یکپارچه‌سازی داده‌های بسیار جزیی و مناسب است. دو رویکرد اصلی برای محاسبه ردپای کربن وجود دارد:

الف- روش مولفه‌ای یا تحلیل چرخه حیات(LCA): که یک رویکرد «گهواره تا گور» برای ارزیابی سیستم‌های اقتصادی است؛به این معنی که به تجزیه و تحلیل اثرات محیط زیستی محصولات در همه مراحل چرخه حیات آنها ازاستخراج منابع تا تولید مواد، تولید قطعات و تولید نهایی محصولو استفاده از محصول تا پس از دور انداختن آن شامل بازیافت، استفاده مجدد و دفع نهایی (به عبارت دیگر از گهواره تا گور) می‌پردازد.

انجام LCA کاری بسیار طولانی و دقیقاست، اما هنوزروش قابل اعتمادی برای جمع‌آوری داده‌های مورد استفاده در LCA(تمامی مراحل تولید تا دفع نهایی) و استفاده از آنها برای مقایسه اثرات چرخه زندگی محصولات مختلف، وجود ندارد. با این حال اگر

1- Global Footprint Network (GFN)

2- Steen- Olsen *et al*.

مرحله جمع‌آوری داده بدون عارضه و با کیفیت بالا در دسترس باشد، مشروط بر اینکه مرز مطالعه شده به روشنی تعریف شده باشد، روشی با دقت تمام و قابل اعتماد خواهد بود(استین السن و همکاران،۲۰۱۲).

ب- روش ترکیبی یا تحلیل داده-ستانده($I\text{-}O$): در این روش با استفاده از داده‌های گردآوری شده در سطح بخشی و ملی ردپای کربن محاسبه می‌شود. تحلیل داده-ستانده ابزاری ریاضی است که با مصرف نهایی جامعه مرتبط است و به طور گسترده در تحلیل‌های اقتصادی مربوط به جریان کالا و خدمات بین بخش‌های مختلف بکار گرفته می‌شود. این تحلیل بر این فرض استوار است که هرچیزی که توسط یک بخش تولید می‌شود در نهایت به مصرف نهایی جامعه می‌رسد. جدول داده-ستانده، جریان‌های تولید کالا و خدمات را به صورت مبدا و مقصد در سطح بخش های مختلف اقتصادی به تفصیلی‌ترین شکل ممکن نشان می‌دهد.

علاوه بر تحلیل‌های اقتصادی، رویکرد داده-ستانده اثرات مستقیم و غیرمستقیم محیط زیستی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی را که در جهت تامین تقاضا صورت می‌گیرد نیز بررسی می‌کند و بینش مهمی را در ارتباط با تاثیرات محیط زیستی ناشی از مصرف در اختیار سیاستگذاران قرار می‌دهد. بنابراین، با اضافه کردن میزان انتشار CO_2به جدول داده- ستانده، می‌توان ردپای کربن را با جزییات بیشتر و به صورت بخشی محاسبه کرد.

از آنجا که پژوهش‌هایی از این قبیل به اندازه کافی در داخل کشور صورت نگرفته است در این مقاله تلاش می‌شود تا با استفاده از جدول داده-ستانده داخلی میزان کربن منتشر شده مبتنی بر تقاضای داخلی یا به عبارت دیگر، ردپای کربن انتشار یافته به تفکیک تولید داخلی و وارداتی(با فرض تولید آنها در داخل کشور) و سرانه انتشار کربن در سطح کلان و بخشی محاسبه شود تا از این طریق فصل دیگری ازکاربرد جدول داده-ستانده رادر سنجش ردپای کربن در سطح بخش‌های مختلف و به تبع آن درکل اقتصاد ایران باز کند.

۱-۳- مطالعات پیشین

در دهه‌های اخیر پژوهشگران خارجی مطالعات زیادی را در ارتباط با سنجش ردپای کربن یعنی میزان انتشار CO_2مبتنی بر تقاضا انجام داده‌اند که همگی حاکی از اهمیت این موضوع

است. بر این اساس، در زیر تنها به برخی از مطالعات اشاره و در انتها وجه تشابه و تمایز مطالعات انجام شده در خارج از کشور با مطالعات داخلی و مقاله حاضر بیان می‌شود.

دراکمن و جکسون (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای به بررسی میزان کربن منتشر شده در جهت تامین نیاز خانوارهای انگلیسی طی سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۴ پرداختند. هدف از انجام این تحقیق بررسی ارتباط بین مخارج خانوار و انتشار CO_2و همچنین محاسبه میزان ردپای کربن انتشار یافته ناشی از مصرف انرژی در فرآیند تولید کالا و خدمات که توسط خانوارهای انگلیسی مورد تقاضا قرار گرفته‌اند، است.

از آنجا که ردپای کل کربن از دو مولفه ردپای CO_2داخلی و CO_2منتشر شده در اثر واردات تشکیل می‌شود برای محاسبه میزان انتشار CO_2در اثر تولید کالا و خدماتی که در خارج از کشور(۱۳منطقه) برای حمایت از نیاز داخلی صورت می گیرد(CO_2ناشی از واردات) به یک مدل داده–ستانده منطقه‌ای($MRIO$)[1] نیاز است، اما استفاده از این مدل در گرو بکارگیری داده‌های بسیاری است. دراکمن و جکسون برای رفع این مشکل از مدل داده–ستانده شبه منطقه‌ای ($QMRIO$)[2] مورد استفاده در روش پروپس و همکاران[3](۱۹۹۳) که به داده‌های کمتری نیاز دارد، استفاده کرده‌اند.

در راستای اهداف مطالعه دراکمن و جکسون، یافته‌ها نشان می‌دهد که همبستگی مثبتی بین مخارج خانوار و انتشار CO_2در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۴ وجود دارد. در این سال‌ها، مخارج خانوار و انتشار CO_2به ترتیب با افزایش ۴۹ و ۴۲ درصدی مواجه بوده‌اند. به عبارت دیگر، میزان انتشار CO_2از سال ۱۹۹۰ تاکنون سالانه ۳ درصد در حال افزایش بوده که چنین چیزی با قوانین محیط زیستی مصوبه انگلیس مبنی بر اینکه این کشور باید تا سال ۲۰۵۰ از ۸۰ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای خود بکاهد، مغایرت دارد. از میان کل ردپای کربن منتشر شده ناشی از تولید کالا و خدمات در جهت تامین مصرف خانوارهای انگلیسی، ۴۰ درصد آن ناشی از تولید داخلی و ۶۰ درصد آن ناشی از واردات کالا و خدمات به انگلیس بوده است که این رقم در سال ۲۰۰۴ نسبت به سال ۱۹۹۰، ۱۰ درصد افزایش یافته و این در حالی است که ارزش واردات این کشور در سال‌های مورد مطالعه

1-Multi-Regional Input-Output Model
2-Quasi- Multi-Regional Input-Output Model
3- Proops *et al.*

تنها افزایش۲ درصدی را تجربه کرده است. مشاهدات این مطالعه نشان می‌دهد که انگلیس به عنوان یک کشور توسعه یافته برای تامین نیاز داخلی آلایندگی بیشتری را در کشور مبدا و از طریق واردات منتشر کرده است.

استین السن و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از مدل داده-ستانده منطقه‌ای محیط زیستی کل ردپای کربن، سرانه ردپای کربن و میزان جابه‌جایی فشار محیط زیستی از طریق روابط تجاری (محتوای انتشار کربن حاصل از روابط تجاری) ۲۷ کشور عضو اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۴ را مورد بررسی قرار داده‌اند. منظور از جابه‌جایی بار محیط زیستی میزان انتشاری است که از یک کشور به کشور دیگر در راستای تامین مصرف کشور نخست، انتقال می‌یابد. در این تجزیه و تحلیل که مبتنی بر مدل*MRIO* جهانی است از داده‌های *GTAP* مورد استفاده در روش پیترز و همکاران[1] (۲۰۱۱) استفاده شده است. نتایج نشان داده است که در سال ۲۰۰۴ کل ردپای کربن منتشر شده در کشورهای عضو اتحادیه اروپا ۶/۵ هزار میلیون تن بوده که ۱۸ درصد از کل ردپا در سطح جهانی را شامل می‌شود. ۵۷ درصد از کل ردپای کربن در کشورهای یادشده در اثر تولید داخلی و ۴۳ درصد آن ناشی از واردات بوده است. همچنین کشورهای عضو اتحادیه اروپا تنها ۷ درصد جمعیت جهان را شامل می‌شوند رد حالی که کربن انتشار یافته از این جمعیت به طور میانگین ۱۳/۳ تن به ازای هر فرد محاسبه شده که تقریبا دو برابر میانگین سرانه رد پای کربن جهانی (۵/۷ تن) است.

در بررسی‌های انجام شده در سطح کشورهای عضو، مشخص شده است که همه کشورهای عضو اتحادیه اروپا بجز رومانی ردپای سرانه ای بالاتر از میانگین جهانی دارند. کشور لوکزامبورگ با ۴۱/۶ تن کربن بیشترین و کشور رومانی با ۵/۶ تن کربن کمترین سرانه ردپا را به خود اختصاص داده‌اند. محاسبات در خصوص محتوای انتشار کربن نشان داده است که اکثر کشورهای عضو اتحادیه بجز ۵ کشور(جمهوری چک، لهستان، استونی، بلغارستان و رومانی) واردکننده خالص CO_2هستند. در بین کشورهای واردکننده خالص CO_2، انگلیس بزرگ‌ترین واردکننده و لهستان بزرگ‌ترین صادرکننده خالص محصولات آلاینده بشمار می‌روند.

1- Peters *et al*.

استین السن و همکاران علاوه بر محاسبه ردپای کربن برای سنجش جابه‌جایی فشار محیط زیستی ایجاد شده، محتوای کربن انتشار یافته در روابط تجاری را نیز مورد بررسی قرار دادند.

در داخل کشور پژوهش‌هاییمبتنیبر سنجش ردپای کربن به اندازه کافی انجام نشده است، اما می‌توان در این خصوص به مطالعه بانویی و کمال(۱۳۹۳) اشاره کرد که آنها نیز به بررسی محتوای انتشار کربن در صادرات و واردات ایران با استفاده از جدول داده-ستانده داخلی در سال ۱۳۸۵ پرداخته‌اند. در این مقاله با استفاده از روش پیشنهادی بیکنل و همکاران(۱۹۹۸) میزان CO_2ناشی از صادرات و واردات ایران محاسبه و هدف از انجام آن بررسی وضعیت تراز تجاری کربن در کشور بیان شده است. به عبارت دیگر، در این مطالعه با ارائه شاخص محتوای کربن مشخص می‌شود که ایران در سطح کلان و بخشی واردکننده خالص CO_2است یا صادرکننده خالص CO_2.

نتایج حاصل از محاسبات نشان داده که کشور در سطح کلان واردکننده خالص CO_2(واردات محصولات آلاینده بیشتر از صادرات آن) معادل ۱۷۹ میلیون تن بوده است و در بین بخش‌های اقتصادی بخش «ماشین‌آلات و تجهیزات» که یکی از مهم‌ترین زیربخش‌های صنعتی بشمار می‌رود، بزرگ‌ترین بخش واردکننده خالص کربن به میزان ۹۴ میلیون تن معرفی شده است. با توجه به این نتایج، اگر اقدام به تولید مشابه واردات با روش فعلی در داخل کشور شود میزان CO_2بیشتری در داخل منتشر شده و تخریب بیشتر محیط زیست را به همراه خواهد داشت.

با بررسی مطالعات فوق، مشخص می‌شود که:

۱- دراکمن و جکسون به محاسبه میزان انتشار CO_2ناشی از تولید کالا و خدماتی که تنها به مصرف خانوار می‌رسد، پرداخته‌اند.

۲- در مطالعات خارجی یادشده توجه کافی به ردپای کربن منتشر شده در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی نشده است.

۳- در هر دو مطالعه خارجی برای سنجش دقیق‌تر ردپای کربن از مدل داده-ستانده منطقه‌ای و گاه منطقه‌ای- محیط زیستی استفاده شده است.

۴- پژوهش‌های کافی در ارتباط با ردپای کربن انتشار یافته در سطح بخشی و کلان در داخل کشور صورت نگرفته است.

در مجموع مطالعات انجام شده در خارج از کشور حاکی از اهمیت سنجش میزان کربن منتشر شده در جهت تامین تقاضای داخلی در مقیاس جهانی است. تا کنون در داخل کشور جدول داده-ستانده منطقه‌ای و یا کاملا فیزیکی طراحی نشده است و این مساله می‌تواند انجام چنین تحقیقاتی را با محدودیت مواجه کند[۱]، اما جایگاه ایران به عنوان کشوری در حال توسعه و هشتمین انتشاردهنده CO_2 در جهان، ضرورت انجام این تحقیق را توجیه می‌کند، چراکه بی‌توجهی به این مهم، کشور را درگیر بحران‌های محیط‌زیستی جبران‌ناپذیری خواهد کرد. بنابراین در مقاله حاضر تلاش می‌شود تا با اصلاح جدول داده-ستانده متعارف، کربن مستقیم و غیرمستقیم منتشر شده به تفکیک تولید داخلی و واردات در جهت تامین کل تقاضای نهایی داخلی کشور و سرانه انتشار کربن در سطح بخشی و کلان محاسبه و مورد بررسی قرار گیرد.

٤- روش پژوهش

با توجه به مباحث بخش‌های پیشین، در این مقاله از نظام حسابداری بخشی به شکل جدول داده-ستانده استفاده شده است.

بر اساس جایگاه واردات در جدول داده-ستانده، به طور کلی سه نوع جدول وجود دارد: در جداول داده-ستانده متعارف (نوع اول و دوم)، واردات واسطه‌ای و واردات نهایی در ارقام متناظر داخلی ادغام شده و به این ترتیب محاسبه و تفکیک CO_2 مستقیم و غیرمستقیم منتشر شده حاصل از تولیدات داخلی از میزان CO_2 منتشر شده در واردات در تامین تقاضای نهایی جامعه به آسانی امکانپذیر نیست و نیاز به اصلاح دارد. جدول نوع

۱- به منظور محاسبه دقیق تر ردپای کربن انتشار یافته در اثر واردات (در کشور مبدا)، بهتر است از مدل داده- ستانده منطقه‌ای(MRIO) استفاده شود، اما به دلیل عدم طراحی چنین جدولی در کشور، سعی شده است تا با اصلاح جدول داده- ستانده متعارف (به روش تفکیک واردات) این جدول را به داخلی تبدیل کرده و با اضافه کردن واردات به صورت ماتریس واردات واسطه‌ای بین بخشی و ماتریس سایر واردات (نهایی) به صورت سطری درناحیه ارزش افزوده و با در نظر گرفتن فرض تکنولوژی ثابت امکان محاسبه میزان CO_2 ناشی از واردات فراهم شود. البته با توجه به فرض مطرح شده و پایین بودن بهره‌وری انرژی در کشور، ممکن است ردپای کربن منتشر شده ناشی از واردات رقمی بیش از حد واقعی را نشان دهد.

سوم(جدول داده–ستانده داخلی) که در آن واردات به شکل واردات واسطه‌ای و واردات نهایی تفکیک شده و تمام مبادلات اعم از واسطه‌ای و نهایی بومی شده و منشا داخلی دارد در سنجش ردپای زمین، آب، انرژی و کربن مناسب است (بانویی، ۱۳۹۱). حال برای تحلیل ردپای کربن در بین بخش‌های مختلف اقتصادی، جدول داده- ستانده متعارف اصلاح شده و از جدول داده–ستانده داخلی استفاده می‌شود.

با استفاده از جدول داده–ستانده داخلی، فرآیند محاسبه ردپای کربن در سطح ملی به تفکیک تولید داخلی و واردات[1] و سرانه آن به شرح زیر بیان می‌شود (بیکنل و همکاران، ۱۹۹۸؛ فرنگ[2]،۲۰۰۱ و سو هوانگ و ژو[3]، ۲۰۱۰).

برای به دست آوردن ردپای کربن ابتدا باید مراحل محاسبه ماتریس ضرایب فزاینده (مستقیم و غیرمستقیم) CO_2داخلی تشریح شود.

معادله (۱)، ماتریس ضرایب فنی مستقیم داخلی را نشان می‌دهد(Ad_{ij}). این ماتریس بیان می کند به ازای افزایش یک واحد تولید هر بخش، چه میزان از نهاده‌های سایر بخش‌ها به صورت واسطه‌ای استفاده شده است. D_{ij} نیز نشانگر ماتریسمبادلاتواسطه‌ایبین بخشیداخلیاستکهبراساسروشتفکیکوارداتبه دستآمدهاست.

$$Ad_{ij} = D_{ij}\left[\widehat{X}_j\right]^{-1} \qquad (۱)$$

از ماتریس معادله (۱) برای محاسبه ماتریس معکوس لئونتیف(ضرایب فزاینده تولید) استفاده می‌شود(معادله (۲)).

$$\sim_{ij} = \left(I - Ad\right)^{-1} \qquad (۲)$$

جمع ستونی معادله (۲) نشان می‌دهد که به ازای افزایش یک واحد تقاضای نهایی داخلی هر بخش، چه میزان تولید توسط آن بخش به صورت مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد افزایش می‌یابد.

گام بعدی برقراری پیوند میان ستانده در واحد ارزشی و انتشار CO_2در واحد فیزیکی است. به این منظور باید ضرایب مستقیم CO_2یعنیDCC محاسبه شود (معادله (۳)).

۱- منظور از CO_2 منتشر شده در اثر واردات این است که اگر تولید داخلی جایگزین واردات شود، همان میزان (چه بسا بیشتر) CO_2 در داخل کشور منتشر می‌شود.

2- Ferng

3-Su, Huaung and Zhou

$$DCC = [\ddot{}_j\ ]\ ,\quad \ddot{}_j = C_j\left[\widehat{X_j}\right]^{-1} \qquad (۳)$$

C_j میزان انتشار CO_2 بخش j ام را نشان می‌دهد. ارقام $\ddot{}_j$ بیان می‌کند به ازای افزایش یک واحد تولید بخش j، چند تن CO_2 به طور مستقیم منتشر می‌شود. با پیش‌ضرب ماتریس قطری ضرایب مستقیم CO_2 در ماتریس ضرایب فزاینده تولید، ماتریس ضرایب فزاینده CO_2، یعنی $DICC$ به دست می‌آید (معادله (۴)).

$$DICC = [B_j], \qquad B_j = \ddot{}_j^{\wedge} \times \sim_{ij} \qquad (۴)$$

در معادله (۴) جمع ستونی ماتریس ضرایب فزاینده CO_2 داخلی، B_j، بیان می‌کند که به ازای افزایش یک واحد تقاضای نهایی داخلی بخش j، چند تن CO_2 به صورت مستقیم و غیرمستقیم توسط بخش j در کل اقتصاد منتشر می‌شود.

در مباحث مربوط به ردپا (از جمله ردپای زمین، ردپای آب، ردپای انرژی و ردپای کربن) روش سنجش ردپای کل کربن برای تامین تقاضای نهایی داخلی به دو بخش تقسیم می‌شود؛ ۱- میزان انتشار کربن داخلی در جهت تامین تقاضای نهایی داخلی(DCF). ۲- میزان کربن منتشر شده در اثر واردات برای تامین تقاضای نهایی داخلی(ICF) که برای به دست آوردن ردپای کربن داخلی باید ماتریس ضرایب فزاینده CO_2 در ماتریس قطری تقاضای نهایی داخلی($\widehat{FD_j}$) پیش ضرب شود (معادله (۵)).

$$DCF = [\text{«}_j\ ]\ ,\qquad \text{«}_j = B_j \times \widehat{FD_j} \qquad (۵)$$

«_j کربن مستقیم و غیرمستقیم منتشر شده ناشی از تولید داخلی در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی بخش j ام را به دست می‌دهد. به عبارت دیگر، «_j بیان می‌کند که بخش j در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی خود چند تن CO_2 در اثر تولید داخلی و دراثر مصرف انرژی به صورت مستقیم و غیرمستقیم منتشر کرده است.

بخش‌های اقتصادی در جهت تامین تقاضای داخلی خود علاوه بر تولید داخلی ناگزیر از واردات محصولات نیز هستند. دو نوع واردات از نظر کالایی وجود دارد: نهایی و واسطه‌ای. اولی، به تقاضای نهایی داخلی می‌رسد و دومی به صورت واسطه‌ای در تولید محصولات، توسط بخش های اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد که این تولید یا در داخل مصرف می‌شود (که در تحلیل ردپا این نوع از واردات واسطه‌ای مدنظر است) یا صادر می‌شود.

واردات کالاها از نظر ماهیت نیز به دو نوع رقابتی و غیر رقابتی تقسیم می‌شود که در تحلیل ردپا، فرض واردات رقابتی و یا تکنولوژی ثابت مبنای سنجش قرار می‌گیرد. دلیل آن 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 دارای تکنولوژی‌های مختلف تولید هستند. وجود این تفاوت‌ها از یک طرف و فقدان آمار و اطلاعات مورد نیاز ازطرف دیگر قابلیت مدل‌سازی را برای یک جدول داده- ستانده کشور واردکننده غیرممکن می‌کند. بنابراین، این فرض، برابری تکنولوژی تولید داخلی کشور را با تکنولوژی تولید کالا و خدمات واردتی فراهم می‌کند(دراکمن و جکسون، ۲۰۰۹؛ دیتزنباچر[1]،۲۰۱۱ و ویدمن و همکاران[2]، ۲۰۰۷). البته با توجه به فرض مطرح شده و پایین بودن بهره‌وری انرژی در کشور، ممکن است ردپای کربن منتشر شده ناشی از واردات رقمی بیش از حد واقعی[3] را نشان دهد.

حال با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده CO_2 در ماتریس قطری واردات نهایی، ردپای کربن منتشر شده ناشی از واردات کالاهای نهایی(با فرض تولید آنها در داخل کشور) به صورت معادله (۶) محاسبه می‌شود.

$$IMF = [IMF_j], \qquad IMF_j = B_j \times \widehat{mf_j} \qquad (۶)$$

IMF_j نشان می‌دهد اگر بخش j تولید داخلی را جایگزین واردات محصولات نهایی کند در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی خود، چند تن CO_2به صورت مستقیم و غیرمستقیم منتشر کرده است. به عبارت دیگر، ردپای کربن منتشر شده در اثر واردات محصولات نهایی چه میزان است.

گام بعدی به دست آوردن میزان کربن منتشر شده ناشی از واردات محصولات واسطه‌ای(با فرض تولید آنها در داخل کشور) است. برای این منظور ابتدا لازم است، آن میزان واردات واسطه‌ای که فقط برای تامین تقاضای نهایی داخل است، محاسبه شود بنابراین با پیش‌ضرب ماتریس واردات واسطه‌ای(M_{ij})، در ماتریس قطری نسبت تقاضای نهایی نهادهای داخلی به کل تقاضای نهایی(V_j) معادله (۷) به دست می‌آید.

1-Dietzenbacher
2- Wiedmann *et al.*
3- Over Estimation

$$MN = [MN_j], \qquad MN_j = M_{ij} \times \widehat{V_j} \tag{۷}$$

از معادله (۷)، آن میزان واردات واسطه‌ای که به تقاضای نهایی داخلی رسیده است، به دست می‌آید. حال اگر ماتریس ضرایب فزاینده CO_2داخلی در ماتریس حاصل از معادله (۷) پیش‌ضرب شود، میزان کربن انتشار یافته در اثر واردات محصولات واسطه‌ای (با فرض تولید آنها در داخل) و در جهت تامین تقاضای نهایی داخلی به دست می‌آید(معادله (۸)).

$$IMN = [IMN_j], \qquad IMN_j = B_j \times MN_j \tag{۸}$$

IMN_j بیان می‌کند که بخش jدر راستای تامین تقاضای داخلی خود به صورت مستقیم و غیرمستقیم چند تن CO_2در اثر واردات واسطه‌ای (با فرض تولید آنها در داخل) منتشر کرده است.

از جمع دو معادله (۶) و (۸)، ردپای کربن منتشر شده در اثر واردات محصولات به دست می‌آید(معادله (۹)).

$$[ICF] = [IMF] + [IMN] \tag{۹}$$

مجموع ردپای کربن منتشر شده ناشی از تولید داخلی و واردات، ردپای کل کربن را در سطح ملی به دست می‌دهد (معادله (۱۰)). به عبارت دیگر، این رابطه بیان می‌کند که در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی، چند تن CO_2به صورت مستقیم و غیرمستقیم در مقیاس جهانی منتشر شده است. با تقسیم هر یک از مقادیر شاخص ردپای کل کربن بر جمعیت کشور در سال موردنظر، مقادیر سرانه ردپای کربن به دست می‌آید.

$$TCF = [DGF] + [ICF] \tag{۱۰}$$

٤- پایه‌های آماری، نتایج حاصله و تحلیل آنها

در این مقاله به منظور سنجش ردپای کربن در بخش‌های مختلف اقتصادی از دونوع داده استفاده شده است؛۱- جدول داده-ستانده ارزشی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ که توسط مرکز پژوهش‌های مجلس بهنگام (مرکز پژوهش‌های مجلس،۱۳۹۱و۱۳۹۴) و به ۲۶ بخش اقتصادی تجمیع شده است. ۲- آمار فیزیکی انتشار CO_2 که به طور مستقیم از گزارش ترازنامه هیدروکربوری و انرژی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ گرفته شده است.

همانطور که در بخش‌های پیشین به آن اشاره شد، ارتباط مستقیمی بین مصرف حامل‌های انرژی بخش‌های اقتصادی با میزان انتشار CO_2وجود دارد، بنابراین در این مقاله

میزان مصرف انرژی، مبنای تعدیل CO_2 قرار گرفته و با استفاده از ضرایب انتشار مورد تایید سازمان حفاظت محیط زیست در دستورالعمل ۲۰۱۱ هیات بین‌الدول تغییر آب و هوا ($IPCC$)[1]، میزان انتشار CO_2 به تفکیک ۲۶ بخش اقتصادی محاسبه شده است.

جداول (۲) و(۳)، میزان کل ردپای کربن منتشر شده به تفکیک تولید داخلی و وارداتی و سرانه ردپای کربن در بین بخش‌های مختلف اقتصادی در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ را نشان می‌دهند. در این دو جدول، ستون (۱) میزان کربن منتشر شده در اثر تولید داخلی در جهت تامین تقاضای نهایی داخلی(DCF) بر مبنای معادله (۵) و ستون(۲) سهم هریک از زیربخش‌ها را از ردپای کربن داخلی به دست می‌دهد. با استفاده از معادله‌های (۶) و (۸)، ستون (۳) و (۴) به ترتیب حاکی از میزان کربن انتشار یافته در واردات محصولات(مجموع ردپای کربن منتشر شده در اثر واردات نهایی و واسطه‌ای) (ICF) و سهم هر یک از بخش‌های اقتصادی از ردپای کربن وارداتی است. ستون (۵) کل کربن منتشر شده(TCF) در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی که از مجموع کربن منتشر شده در اثر تولید داخلی و ردپای کربن منتشر شده در اثر واردات محصولات را که براساس معادله (۱۰) حاصل شده است، بازگو و ستون (۶) سهم هریک از بخش‌ها و ستون (۷) سرانه آن را بیان می‌کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1-Intergovernmental Panel on Climate Change

جدول (۲)- ردپای کربن داخلی، وارداتی، کل و سرانه در بین بخش‌های مختلف اقتصادی در سال ۱۳۸۵

بخش ها	DCF (هزار تن) (۱)	درصد سهم هر یک از بخش ها از ردپای CO_2 داخلی (۲)	ICF (هزار تن) (۳)	درصد سهم هر یک از بخش ها از ردپای CO_2 وارداتی (٤)	TCF (هزار تن) (٥)	درصد سهم هر یک از بخش ها از کل ردپا(داخلی + وارداتی (٦)	Per Capita CF (تن)(۷)
کشاورزی	۲۸٦۸	۱/۳۳	۱٥۷۳	۰/٥۲	٤٤٤۱	۰/۸٦	۰/۰٦
معدن	۲۳۷۲	۱/۱۰	۲٥۸٤	۰/۸٦	٤۹٥٦	۰/۹٦	۰/۰۷
ساخت محصولات غذایی، آشامیدنی، توتون و تنباکو	۷۳۸۳	۳/٤۱	۱۹۲٤	۰/٦٤	۹۳۰۷	۱/۸۰	۰/۱۳
ساخت منسوجات	٦٤۷	۰/۳۰	۲٤۲	۰/۰۸	۸۸۹	۰/۱۷	۰/۰۱
ساخت پوشاک، عمل آوری و رنگ کردن پوست خزدار	٤۰	۰/۰۲	۲۰	۰/۰۱	٦۱	۰/۰۱	۰
دباغی و پرداخت چرم ، ساخت چمدان ، کیف دستی ، زین و یراق و ساخت انواع پاپوش	۳٦	۰/۰۲	۱۸	۰/۰۱	٥۳	۰/۰۱	۰
ساخت چوب و محصولات چوبی ، و ساخت کالا از نی و خیزران	۱۹۷	۰/۰۹	٥۹	۰/۰۲	۲٥٦	۰/۰٥	۰
کاغذ و چاپ	٤٥۸	۰/۲۱	٤۸۰	۰/۱٦	۹۳۸	۰/۱۸	۰/۰۱
کک، فراورده های نفتی، سوخت هسته ای، مواد و محصولات شیمیایی	۲۳۲۳	۱/۰۷	۱۱٤۷۹۰	۳۸/۳۰	۱۱۷۱۱۳	۲۲/٦۹	۱/٦٦
ساخت محصولات لاستیکی و پلاستیکی	٤۲۲	۰/۲۰	۲٤۷	۰/۰۸	٦٦۹	۰/۱۳	۰/۰۱
کانی های غیرفلزی	۱۸٦۳۸	۸/٦۱	۳۳۳۱	۱/۱۱	۲۱۹٦۹	٤/۲٦	۰/۳۱
فلزات اساسی	۱۰٦۰	۰/٤۹	۲۱۲٤۹	۷/۰۹	۲۲۳۰۹	٤/۳۲	۰/۳۲
ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات	٦۷۰	۰/۳۱	۱۷٥	۰/۰٦	۸٤٤	۰/۱٦	۰/۰۱
ساخت ماشین آلات و تجهیزات	٦٤	۰/۰۳	۹٤۸۹٥	۳۱/٦٦	۹٤۹٦۰	۱۸/٤۰	۱/۳٥
ساخت ماشین آلات دفتری ، حسابداری و محاسباتی	٥	۰/۰۳	۲	۰	۷	۰	۰
ساخت ماشین آلات و دستگاه‌های برقی طبقه بندی نشده در جای دیگر	۱۲۲	۰/۰٦	۱۲٤٤	۰/٤۱	۱۳٦٦	۰/۲٦	۰/۰۲
ساخت رادیو ، تلویزیون و دستگاه ها و وسایل ارتباطی	۱۹	۱/۰۱	۱۰۲	۰/۰۳	۱۲۱	۰/۰۲	۰
ساخت ابزار پزشکی، اپتیکی و ابزار دقیق ،ساعت‌های مچی و انواع دیگر ساعت	٥۷	۳/۰۳	۹	۰	٦٦	۰/۰۱	۰
وسایل نقلیه موتوری،تریلرها و نیم‌تریلرها،بدنه،قطعات و لوازم الحاقی آن	٦٤٥	۰/۳۰	۱۲۱۱	۰/٤۰	۱۸٥٦	۰/۳٦	۰/۰۳
سایر صنایع(مبلمان-مصنوعات گرانبها و بازیافت)	٤۹۷	۰/۲۳	۲۱۷	۰/۰۷	۷۱٤	۰/۱٤	۰/۰۱
تولید ، انتقال و توزیع برق	۷٦۳۲۲	۳٥/۲۷	۲٦٥٥۹	۸/۸٦	۱۰۲۸۸۰	۱۹/۹۳	۱/٤٦
پالایش و توزیع گاز طبیعی	۲۱۸۲	۱/۰۱	٤٥۰	۰/۱٥	۲٦۳۲	۰/٥۱	۰/۰٤
جمع آوری ، تصفیه و توزیع آب	۱۲۸۱	۰/٥۹	۲٤٥	۰/۰۸	۱٥۲٦	۰/۳۰	۰/۰۲
ساختمان	٤۳	۰/۰۲	۰	۰	٤۳	۰/۰۱	۰/۰۲
حمل ونقل	۸۲۷٤۷	۳۸/۲٤	۲٦٤۳۹	۸/۸۲	۱۰۹۱۸٦	۲۱/۱٦	۱/٥٥
سایر خدمات	۱٥۲۸۸	۷/۰٦	۱٦٦۱	۰/٥٥	۱٦۹٤۹	۳/۲۸	۰/۲٤
کل	۲۱٦۳۸٤	۱۰۰	۲۹۹۷۲٦	۱۰۰	٥۱٦۱۱۰	۱۰۰	۷/۳۲

منبع: نتایج تحقیق بر مبنای جدول داده – ستانده ۱۳۸۵ و آمارهای CO_2 و معادله‌های ٥، ٦، ۸ و ۱۰

جدول (۳)- ردپای کربن داخلی، وارداتی، کل و سرانه در بین بخش‌های مختلف اقتصادی در سال ۱۳۹۰

بخش ها	DCF (هزار تن) (۱)	درصد سهم هر یک از بخش ها از ردپای CO_2 داخلی (۲)	ICF (هزار تن) (۳)	درصد سهم هر یک از بخش ها از ردپای CO_2 وارداتی (٤)	TCF (هزار تن) (٥)	درصد سهم هر یک از بخش ها از کل ردپا(داخلی + وارداتی (٦)	Per Capita CF (تن)(۷)
کشاورزی	۱۱۱۰۲	۲/٦۸	۲۳٦٤	۲/۸۷	۱۳٤٦٥	۲/۷۱	۰/۱۸
معدن	۲۲٦	۰/۰٥	۱۰٤۰	۱/۲٦	۱۲٦۷	۰/۲٦	۰/۰۲
ساخت محصولات غذایی، آشامیدنی، توتون و تنباکو	۱۲۷۲۲	۳/۰۸	٤۱۱۹	٥	۱٦۸٤۱	۳/٤۰	۰/۲۲
ساخت منسوجات	٦۳۲	۰/۱٥	٦۲۹	۰/۷٦	۱۲٦۱	۰/۲٥	۰/۰۲
ساخت پوشاک، عمل آوری و رنگ کردن پوست خزدار	۸۱	۰/۰۲	٤٥۱	۰/٥٥	٥۳۲	۰/۱۱	۰/۰۱
دباغی و پرداخت چرم ، ساخت چمدان ، کیف دستی ، زین و یراق و ساخت انواع پاپوش	۸۱	۰/۰۲	۱۱۱	۰/۱٤	۱۹۲	۰/۰٤	۰
ساخت چوب و محصولات چوبی ، و ساخت کالا از نی و خیزران	۱۹٥	۰/۰٥	۱٤۸	۰/۱۸	۳٤۳	۰/۰۷	۰
کاغذ و چاپ	۷٤۷	۰/۱۸	۹۹۱	۱/۲۰	۱۷۳۷	۰/۳٥	۰/۰۲
کک، فراورده های نفتی، سوخت هسته ای، مواد و محصولات شیمیایی	۱۳٥۱۱	۳/۲۷	٦٤۰۲	۷/۷۷	۱۹۹۱۳	٤/۰۱	۰/۲٦
ساخت محصولات لاستیکی و پلاستیکی	٤۸٥	۰/۱۲	۲٦۱	۰/۳۲	۷٤٥	۰/۱٥	۰/۰۱
کانی های غیرفلزی	۲٦۰۸۱	٦/۳۰	٤۲۱۹	٥/۱۲	۳۰۳۰۰	٦/۱۱	۰/٤۰
فلزات اساسی	۱۷۰۳۰	٤/۱۲	۱۰۲۳۰	۱۲/٤۲	۲۷۲٦۱	٥/٥۰	۰/۳٦
ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات	٦٦۳	۰/۱٦	۱۷۸	۰/۲۲	۸٤۲	۰/۱۷	۰/۰۱
ساخت ماشین آلات و تجهیزات	٦۷۳	۰/۱٦	۱۱۸٤	۱/٤٤	۱۸٥۷	۰/۳۷	۰/۰۲
ساخت ماشین آلات دفتری ، حسابداری و محاسباتی	۱۰	۰	٤۹	۰/۰٦	٥۹	۱/۰۱	۰
ساخت ماشین آلات و دستگاه‌های برقی طبقه بندی نشده در جای دیگر	۳۱٤	۰/۰۸	۱۷٦	۰/۲۱	٤۹۰	۰/۱۰	۰/۰۱
ساخت رادیو ، تلویزیون و دستگاه ها و وسایل ارتباطی	۲۱	۰	۱٤٤	۰/۱۸	۱٦٥	۰/۰۳	۰
ساخت ابزار پزشکی، اپتیکی و ابزار دقیق ، ساعت‌های مچی و انواع دیگر ساعت	۸۰	۰/۰۲	۱٦٤	۰/۲۰	۲٤٥	۰/۰٥	۰
وسایل نقلیه موتوری،تریلرها و نیم‌تریلرها،بدنه،قطعات و لوازم الحاقی آن	۹٥۸	۰/۲۳	۳٥٦	۰/٤۳	۱۳۱٥	۰/۳۷	۰/۰۲
سایر صنایع(مبلمان-مصنوعات گرانبها و بازیافت)	۷۱۷	۰/۱۷	۳۳۹	۰/٤۱	۱۰٥٦	۰/۲۱	۰/۰۱
تولید ، انتقال و توزیع برق	۱٤۸٦۱٤	۳٥/۹۲	۲۲٥٥۸	۲۷/۳۹	۱۷۱۱۷۲	۳٤/٥۱	۲/۲۸
پالایش و توزیع گاز طبیعی	٤٦۲۱	۱/۱۲	٥۲۰	۰/٦۳	٥۱٤۱	۱/۰٤	۰/۰۷
جمع آوری ، تصفیه و توزیع آب	٤۷٥	۰/۱۱	٥٤	۰/۰۷	٥۲۹	۰/۱۱	۰/۰۱
ساختمان	۲۳٦	۰/۰٦	۲	۰	۲۳۸	۰/۰٥	۰
حمل ونقل	۱۰۷٤۳۲	۲٥/۹۷	۲۰۳۱۸	۲٤/٦۷	۱۲۷۷٥۰	۲٥/۷٥	۱/۷۰
سایر خدمات	٦٦۰۰٥	۱٥/۹٥	٥۳٤۲	٦/٤۹	۷۱۳٤۷	۱٤/۳۸	۰/۹٥
کل	٤۱۳۷۱۲	۱۰۰	۸۲۳٥۰	۱۰۰	٤۹٦۰٦۲	۱۰۰	٦/٦۰

منبع: نتایج تحقیق بر مبنای جدول داده – ستانده ۱۳۹۰ و آمارهای CO_2 و معادله‌های ٥، ٦، ۸ و ۱۰

با توجه به هدف و پرسش مقاله حاضر مبنی بر محاسبه میزان کل کربن منتشر شده در اثر تامین تقاضای نهایی داخلی، نتایج نشان می‌دهد در سال ۱۳۸۵ در کل ۵۱۶ میلیون تن کربن توسط بخش‌های مختلف اقتصادی در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی (در اثر تولید داخلی و واردات) منتشر شده است(جدول (۲)، ستون۵). ۵۸ درصد از انتشار کربن، ناشی از واردات محصولات(در کشور مبدا) در جهت تامین تقاضای داخلی بوده و ۴۲ درصد آن از طریق تولید داخلی در جهت رفع این نیاز صورت گرفته است.

بر اساس نتایج، کل ردپای کربن با کاهش ۳ درصدی به ۴۹۶ میلیون تن CO_2در سال ۱۳۹۰ رسیده است(جدول (۳)، ستون۵). سهم کربن منتشر شده در داخل کشور در جهت تامین تقاضای داخلی در سال ۱۳۹۰ رشد ۴۲ درصدی را نسبت به سال ۱۳۸۵ تجربه کرده و به ۸۴ درصد رسیده است، این در حالی است که تنها ۱۶ درصد انتشار کربن ناشی از واردات کالا بوده و در کشور مبدا منتشر شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در سال ۱۳۹۰ بسیاری از محصولات آلاینده در جهت پاسخگویی به تقاضای داخلی با روش فعلی در داخل کشور تولید شده است که پیامدی جز افزایش انتشار آلایندگی برای محیط زیست ندارد.

از آنجا که کل ردپای کربن از دو عامل ردپای کربن داخلی و وارداتی به دست می‌آید، میزان کربن منتشر شده داخلی در جهت تامین تقاضای داخلی در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵، تقریبا ۲ برابر شده است به طوری که کربن انتشار یافته در داخل کشور از ۲۱۶ میلیون تن در سال ۱۳۸۵ به ۴۱۴ میلیون تن در سال ۱۳۹۰ رسیده است(ستون ۱). همچنین سهم عمده این تغییرات به دو بخش «تولید برق» و «حمل‌ونقل» مربوط می‌شود. این بخش‌ها در جهت تامین تقاضای داخلی CO_2بیشتری را در داخل کشور منتشر کرده و به ترتیب از ۷۶ و ۸۳ میلیون تن CO_2در سال ۱۳۸۵ به ۱۴۹ و ۱۰۷ میلیون تن در سال ۱۳۹۰ رسیده و در این راستا افزایش ۹۵ درصدی و ۳۰ درصدی از انتشار CO_2را متحمل شده‌اند. از آنجا که ۹۳ درصد از CO_2انتشار یافته در بخش حمل‌و نقل ناشی از فعالیت‌های حمل‌ونقل جاده‌ای بوده است (ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰، ۱۳۹۲) می‌توان با جایگزین کردن حمل‌ونقل ریلی به مقدار قابل ملاحظه‌ای از انتشار آلایندگی این بخش کاست.

ستون(۳) در دو جدول (۲) و (۳) نشان‌دهنده میزان CO_2 مستقیم و غیرمستقیم منتشر شده در اثر واردات محصولات است که در کشور مبدا انتشار یافته است. حال با فرض

واردات رقابتی اگر تولید داخلی با روش فعلی، جایگزین واردات شود چه بسا بیشتر از این مقدار، CO_2 در داخل کشور منتشر خواهد شد.

با توجه به توضیحات ارائه شده، بهتر است تا زمانی که اصلاحاتی در زمینه سیاستگذاری در بخش انرژی، نوع و کیفیت تکنولوژی مورد استفاده در تولید کالا صورت نگرفته، تولید داخلی جایگزین این میزان واردات نشود. یافته‌های به دست آمده در زمینه انتشار CO_2ناشی از واردات، گویای این واقعیت است که نه تنها پیشنهاد فوق عملی نشده بلکه CO_2ناشی از واردات کاهش یافته است به طوری که از ۲۹۹ میلیون تن در سال ۱۳۸۵ به ۸۲ میلیون تن در سال ۱۳۹۰ رسیده و کاهش ۷۲ درصدی را تجربه کرده است. سهم عمده کاهش CO_2وارداتی متعلق به بخش‌های «کک و مواد شیمیایی» و «ماشین‌آلات و تجهیزات» بوده که به ترتیب هر کدام در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵، ۹۴ و ۹۷ درصد CO_2کمتری را در کشور مبدا منتشر کرده‌اند.

بر اساس گزارش جدول داده-ستانده سال های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰، کاهش انتشار CO_2در اثر واردات محصولات را می‌توان در کاهش نسبت ارزش واردات بخش‌های یادشده به تولید داخلی دانست که به دلیل تحریم بسیاری از واردات قطعات و تجهیزات صنعتی، این بخش ناگزیر از تولید آنها در داخل با روش موجود شده است. انتظار بر این است که برای رسیدن به رشدی پایدار و بلندمدت، ابتدا محصولات سرمایه‌بر آلاینده وارد شوند و یا با توجه به چشم‌انداز امیدبخش در زمینه سرمایه‌گذاری‌های خارجی، ابتدا سرمایه‌گذاری‌ها به سمت واردات تکنولوژی‌های دوستدار محیط‌زیست و همچنین به سمت محصولاتی کمتر آلاینده و با ارزش افزوده بالا سوق یابد تا با ایجاد تغییراتی مناسب در ساختار تولید، نوسازی واحدهای صنعتی و بهبود کارایی فن‌آوری‌های مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی را افزایش داده، میزان آلایندگی محصولات فوق را کنترل کرده و سپس اقدام به جایگزینی تولید داخلی به جای واردات شود.

در پاسخ به پرسش مقاله در ارتباط با سرانه ردپای کربن، یافته‌ها نشان می‌دهد، سرانه ردپای کربن در کشور در سال ۱۳۸۵ تقریبا ۷ تن بوده است، یعنی هر فرد در جهت تامین مصرف خویش یا برای رفع نیاز خود چه از طریق تولید داخلی چه از طریق واردات محصولات، ۷ تن CO_2منتشر کرده(علت این میزان انتشار بوده است) در حالی که این رقم

در سال ۱۳۹۰ به ۶/۶ تن رسیده است(ستون ۷). در سطح بخشی نیز -برای نمونه- هر فرد در راستای تامین نیازش از بخش «حمل‌ونقل» در سال ۱۳۸۵، ۱/۵۵ تن کربن منتشر کرده که این رقم در سال ۱۳۹۰ با افزایش ۰/۱۵ تنی به ۱/۷۰ تن کربن رسیده است.

مقایسه ردپای سرانه کل انتشار در کشور با سرانه ردپای جهانی نشان می‌دهد که هر فرد ایرانی تقریبا ۱ تن بیشتر از میانگین سرانه جهانی(۷/ ۵ تن) کربن منتشر می‌کند. کاهش ۰/۷ تنی انتشار سرانه CO_2در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵، اگر ناشی از تولید داخلی بود گام مثبتی بشمار می‌رفت، اما مشاهدات نشان داده که همین کاهش اندک ناشی از کاهش CO_2منتشر شده در اثر واردات بوده است. به بیان دیگر، کاهش سرانه انتشار از طریق محصولات وارداتی با افزایش سرانه انتشار از تولید داخلی جبران شده است و افراد به جای اینکه نیاز مصرفی خود از محصولات آلاینده را از طریق واردات تامین کنند، تقاضا از محصولات آلاینده داخلی را جایگزین آن کرده‌اند.

۵- جمع‌بندی و پیشنهادات

در این مقاله تلاش شد تا با معرفی شاخص ردپای کربن، میزان کل ردپای کربن انتشار یافته در سطح کلان و بخشی و سرانه ردپای کربن در بین بخش‌های مختلف اقتصادی با استفاده از جدول داده- ستانده داخلی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ بررسی و مقایسه شوند.

اهم مشاهدات حاصل از محاسبات را می توان در موارد زیر جست‌وجو کرد:

۱- کاهش انتشار CO_2ناشی از واردات بخش‌های «ماشین‌آلات» و «کک و فرآورده‌های نفتی» و افزایش انتشار CO_2ناشی از تولید داخلی آنها در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵.

۲- افزایش انتشار CO_2ناشی از تولیدات داخلی دو بخش «برق» و « حمل‌ونقل» در جهت تامین نیاز داخلی در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵.

۳- کاهش سرانه ردپای انتشار کربن در ایران در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵. این تغییر به کاهش CO_2منتشر شده ناشی از واردات مربوط می شود، نه کاهش CO_2منتشر شده در داخل کشور.

این یافته‌ها بیان می‌کند که در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵ در راستای تامین تقاضای نهایی داخلی، CO_2 منتشر شده ناشی از واردات محصولات، کاهش و میزان انتشار CO_2در اثر تولید داخلی در داخل کشور افزایش یافته است.

نتایج به دست آمده در مقاله حاضر و جایگاه هشتم ایران در زمینه انتشار CO_2 در جهان، حاکی از آن است که کشور روز به روز از مسیر توسعه پایدار دورتر می‌شود، چراکه ایران از لحاظ منابع آبی در وضعیت اسفناکی قرار دارد و به عنوان یک کشور کم آب ممکن است خیلی زودتر از اینها، زمین‌های حاصلخیز خود را از دست بدهد. با این اوصاف که منابع طبیعی در حال نابودی است، تولید داخلی به هر قیمتی و به ازای تخریب محیط زیست، عدم دخالت دولت و نبود استانداردها و معیارهای الزام‌آور مصرف بهینه انرژی در زمینه تولید، توزیع و انتقال و کاهش انتشار آلایندگی در فرآیندهای تولیدی و همچنین عدم وجود نظارت سازمانی بر نحوه مصرف انرژی صنایعی که آلایندگی بالایی دارند به این نابودی سرعت بیشتری می‌بخشد و کشور را درگیر بحران‌های محیط زیستی جبران‌ناپذیری می‌کند.

انتظار می‌رود اگر اقدامی در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (به ویژه انتشار CO_2) در کشور صورت نگیرد ایران در آینده‌ای نه چندان دور با الزامات بین‌المللی روبه‌رو شود[1]. حال با توجه به نتایج به دست آمده و برای پیشگیری از وضع الزامات بین‌المللی (محیط زیستی) و بهبود روند تولیدی کشور و دستیابی به رشدی پایدار و بلندمدت، پیشنهاداتی ارائه می‌شود:

* ادامه واردات صنایعی که آلایندگی بالایی دارند در بعد زمانی کوتاه مدت: از آنجا که نگرش‌های متعارف اقتصادی اساسا در تعادل‌های لحظه‌ای استوار شده و به تعادل‌های بلندمدت توجهی نکرده است، پیشنهاد می‌شود به منظور دستیابی به رشد اقتصادی پایدار، ابتدا محصولات سرمایه‌بر آلاینده وارد شوند تا در این فرصت با ایجاد تغییرات مناسب در ساختار تولید، نوسازی واحدهای صنعتی و با اتخاذ عزم جدی در خصوص نهادینه کردن مصرف بهینه انرژی در زمینه تولید (در تمامی مراحل تولید) توزیع و انتقال و با بهره‌برداری بیشتر از انرژی های نو روند تولیدی کشور را تغییر داده و سپس اقدام به تولید داخلی شود.

* با توجه به چشم‌انداز امیدبخش در زمینه سرمایه‌گذاری خارجی، پیشنهاد می‌شود که سرمایه‌گذاری‌ها به سمت انتقال تکنولوژی‌های سازگار با محیط‌زیست و همچنین به سمت

۱- اجلاس آب و هوایی پاریس که در سال ۲۰۱۵ برگزار شد، ایران تعهد کرده است (به صورت داوطلبانه) که تا پایان سال ۲۰۳۰، ۱۲ درصد از انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش دهد، در صورت عدم اجرای این تعهد، تحریم‌های بین‌المللی، بیش از گذشته گریبانگیر اقتصاد کشورمان خواهد شد.

محصولاتی کمتر آلاینده و با ارزش افزوده بالا سوق یابد تا تمام تلاش‌های صورت گرفته در زمینه اقتصادی به تحقق توسعه‌ای پایدار کمک کند.

بر اساس گزارش ۱۹۸۷سازمان توسعه صنعتی سازمان ملل(*UNIDO*) و بنابر فرضیه پناهگاه آلودگی[1]در دوره‌های پس از دهه ۱۹۷۰راهبرد محوری کشورهای صنعتی انتقال تولید صنایع آلاینده به کشورهای در حال توسعه است، بنابراین توصیه می‌شود که هوشمندی بالایی در زمینه جذب سرمایه‌گذاری وجود داشته باشد تا کشور به مامنی برای تولید محصولات آلاینده کشورهای توسعه یافته تبدیل نشود.

* توسعه حمل‌ونقل ریلی به جای حمل و نقل جاده ای: بر اساس نتایج این تحقیق بخش «حمل‌ونقل» در راستای تامین تقاضای داخلی بیش از ۳۰ درصد از کل انتشار CO_2ناشی از تولید داخلی کشور را به خود اختصاص داده است.

بنابر گزارش وزارت نیرو(۱۳۹۲)، ۹۳ درصد از CO_2انتشار یافته در بخش حمل‌ونقل ناشی از فعالیت‌های حمل‌ونقل جاده‌ای بوده است، بنابراین می‌توان با اجرایی کردن پیشنهاد مطرح شده به میزان قابل ملاحظه‌ای انتشار آلایندگی این بخش را کاهش داد[2].

٦- منابع

الف) فارسی

بانویی، علی اصغر (۱۳۹۱)،«ارزیابی شقوق مختلف نحوه منظور کردن واردات و روش‌های تفکیک آن با تأکید بر جدول متقارن سال ۱۳۸۰»،*فصلنامه سیاستگذاری اقتصادی*، شماره ۸، صص ۷۴-۳۱.

1- Pollution Haven Hypothesis

۲- هم اکنون برخی از کشورهای OECD به اجرای طرح CCS یعنی(Carbon Capture and Storage) می‌پردازند که می‌تواند گزینه‌ای برای کاهش انتشار کربن باشد. ایناقدامات پیشگیرانه شامل افزایش اساسی کارایی انرژی و حفاظت از آن، اعتماد بیشتر بر انرژی‌های تجدیدپذیر و استفاده از سیستم جذب و انبارش کربن است. CCS فرآیندی است که با جذب گاز دی اکسید کربن از تاسیسات مراکز بزرگ مانند معادن زغال سنگ، پالایشگاه‌های نفت، نیروگاه‌های برقی و گازی و دیگر مراکز صنعتی قبل از ورود به اتمسفر طراحی شده و سپس دی اکسید کربن جذب شده توسط سیستم خطوط لوله یا سایر سیستم‌های حمل‌ونقل به لایه‌های عمیق و ایمن انتقال داده و انبار می‌شود.

بانویی، علی اصغر و کمال، الهام(۱۳۹۳)،«سنجش محتوای مستقیم و غیرمستقیم دی اکسید کربن در صادرات و واردات ایران با استفاده از رویکرد داده-ستانده»، *فصلنامه سیاستگذاری پیشرفت اقتصادی*، سال دوم، شماره ۳، صص ۷۰-۴۱.

بانویی، علی‌اصغر؛ مومنی، فرشاد و عزیزمحمدی، سیمین(۱۳۹۲)،«سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین در بخش‌های مختلف اقتصادی با استفاده از رویکرد داده-ستانده»، *سیاستگذاری پیشرفت اقتصادی*، شماره ۱، صص:۶۶-۳۵.

پرمن، راجر؛ ما، یو و مک گیل ری، جیمز(۱۳۸۲)،*اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی*، مترجم حمیدرضا ارباب، تهران: انتشارات نی.

رضوانی، محمدرضا؛ سلمانی، محمد؛ قنبری نسب، علی و باغیانی، حمیدرضا(۱۳۸۹)، «جاپای بوم‌شناختی؛ رویکردی نو برای سنجش اثرات زیست محیطی(مفهوم، کاربرد و سنجش آن)»، *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، شماره ۲۰، صص ۱۶۶-۱۴۵.

عاقلی، لطفعلی؛ ولائییامچی، میکائیل و جنگ‌آور، حسن(۱۳۸۹)،«مطالعه اثر باز بودن اقتصاد بر تخریب زیست محیطی در ایران»،*فصلنامه راهبرد*، سال نوزدهم، شماره ۵۷، صص ۲۱۶-۱۹۷.

مرکز آمار ایران(۱۳۸۵)، نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر.

مرکز آمار ایران(۱۳۸۱)، نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر.

مرکز آمار ایران(۱۳۸۱)، نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه های صنعتی ۱ تا ۹ نفر کارکن.

مرکز آمار ایران (۱۳۹۰)، نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر.

مرکز آمار ایران (۱۳۸۵)، نتایج کلی سرشماری نفوس و مسکن کل کشور، ۱۳۸۵، ایران، تهران.

مرکز آمار ایران (۱۳۹۰)، نتایج کلی سرشماری نفوس و مسکن کل کشور، ۱۳۹۰، ایران، تهران.

مرکز پژوهش‌های مجلس، دفتر مطالعات اقتصادی(۱۳۹۱)، «بهنگام‌سازی جدول داده- ستانده، ماتریس حسابداری اجتماعی و طراحی الگوی *CGE* و کاربردهای آنها در سیاستگذاری اقتصادی-اجتماعی»، شماره مسلسل ۱۲۴۵۳.

مرکز پژوهش‌های مجلس، دفتر مطالعات اقتصادی(۱۳۹۴)،«بهنگام‌سازی جدول داده-ستانده، ماتریس حسابداری اجتماعی و طراحی الگوی *CGE* و کاربردهای آنها در سیاستگذاری اقتصادی-اجتماعی»، شماره مسلسل ۱۳۹۸۹۷.

وزارت نیرو، موسسه مطالعات بین المللی انرژی(۱۳۸۵)، ترازنامه هیدروکربوری کشور سال ۱۳۸۵،تهران.

وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی(۱۳۹۲)، ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰،تهران.

ب) انگلیسی

Banouei, AA. Banouei, J .Zakeri, Z. and Momeni, M, (2015), "Using Input-output Model to Measure National Water Footprint In Iran", *Business Perspectives*, Vol. 14, No. 2,PP:75-87.

Bicknell, K.B., Ball, R.J., Cullen, R. &Bigsby, H.R (1998),"New Methodology for the Ecological Footprint with an Application to the New Zealand Economy", *Ecological Economics*, No. 27, PP: 149-160.

CDIAC (2013), "lobal Fossil-fule CO_2 Emissions" Carbon Dioxide Information Analysis Center.

Dietzenbacher, E. (2011),"A Correct Method to Determine the Factor Content of Trade", 19th International IO conference, Alexandria, U.S.A, 13-17 June.

Druckman, Angela. Jackson, Tim (2009),"The Carbon Footprint of UK Households 1990–2004: A Socio-Economically Disaggregated, Quasi-Multi-Regional Input–Output Model", *Ecological Economics*, No.68, PP: 2066-2077.

Erb, K. H. (2004),"Actual Land Demand of Austria 1926–2000: A Variation on Ecological Footprint Assessments", *Land Use Policy*, No.21, PP: 247–259.

Ferng, J.J. (2001), "Using Composition of Land Multiplier to Estimate Ecological Footprints Associated with Production Activity", *Ecological Economics*, No. 37, PP: 159–172.

Hertwich, E.G. Peters.G.P, (2009),"Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis", *Environmental Science and Technology*, No.43, PP: 6414-6420.

IEA. (2012), W "CO_2 Emissions from Fuel Combustion Highlights" International Energy Agency.

IPCC. (2013),"Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories", Intergovernmental Panel on Climate Change.

Galli, A.; Wiedmann, T.; Ercin, E.; Knoblauch, D.; Ewing, B.; Giljum, S. (2012),"Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a "Footprint Family" of Indicators: Definition and Role in Tracking Human Pressure on the Planet", *Ecological Indicators*, No. 16, PP: 100−112.

Moffatt, I. (2000),"Ecological Footprints and Sustainable Development", *Ecological Economics*, No. 32, PP: 359–362.

Peters, G. P.; Minx, J. C.; Weber, C. L.; Edenhofer, O, (2011),"Growth in Emission Transfers Via International Trade from 1990 to 2008", *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A*., VO. 108, NO.21, PP: 8903−8908.

Proops, J.L.R., Faber, M., Wagenhals, G., (1993), Reducing CO_2 Emissions. A ComparativeInput–Output Study for Germany and the UK, Springer-Verlag, Berlin, Germany.

Steen-Olsen, Kjartan. Weinzettel, Jan. Cranston, Gemma .Ercin, A. Ertug and Hertwich, Edgar (2012),"Carbon, Land, and Water Footprint Accounts for the European Union: Consumption, Production, and Displacements through International Trade", *Environmental Science and Technology*, No.46, PP: 10883-10891.

Su, B., Huaung, H.C., Ang, B.W.and Zhou (2010), "Input-Output Analysis of Co2 Emissions Embodied in Trade: The Effects of Sector Aggregation", *Energy Economics*, Vo.32, and PP: 166-175.

Wackernagel, M. (1999),"An Evaluation of the Ecological Footprint",*Ecological Economics*, No. 31, PP: 217–318.

Wackernagel, M. & Rees, W. (1996), *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Gabriola Island, BC and Philadelphia, PA.

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,PP: 15-26.

http://hdr.undp.org

http: //wdi.org

http: //IRNA.ir

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Assessment status of Sustainable Development in Iran Using Carbon Footprint Index

Farshad Momeni[1]
Elham Kamal[2]
Roghaye Mohammadkhanpour Ardebil[3]

Received: 04/02/2016
Accepted: 26/10/2016

Abstract

In this paper, in order to evaluate the environmental aspect of the status of sustainable development in Iran, a biophysical index, which is called Carbon Footprint, is introduced. This index takes into account of direct and indirect CO_2emissions of imports and internal production for the requirements of internal final demand. Moreover, shows the share of Iran's population on emissions of CO_2in frame per capita carbon footprint. According to the report of World Bank (2015), Iran ranks the eighth in the world on the emissions. Therefore, analyzing the national carbon footprint published by economic sectors for the requirements of internal final demand becomes an important issue. The main focus of this paper is to investigate the national carbon footprint published at macro and sectorial levels using domestic Input-Output table of Iran, following two basic questions: One, has the per capita carbon footprint in 1390 compared to 1385decreased? Two, has the national carbon footprint (internal production and imports) in 1390 compared to 1385decreased? In order to quantify the above questions we have used two types of data: One is 1385 and 1390 modified input-output tables and the second is CO_2data at different sectors of economy in the same period. The results of the calculations shows, one; per capita carbon footprint in Iran has decreased in 1390 than 1385 which this decreasing is at result of reduction of CO_2emissions of imports not reduction of CO_2emission of internal production. Two, increasing of CO_2emission of internal production "Production, distribution and transmission of electricity" and "transportation" sectors for the requirements of internal final demandin 1390 than 1385.Three, reduction of CO_2emissions of imports of "Coke coal and petroleum" and "machinery and equipment" sectors and increase CO_2emissions of internal production by them. Altogether, these findings indicate that decrease CO_2emissions of imports and increase CO_2emissions of internal production in 1390 than 1385.

Keywords*:Carbon Footprint, Domestic Demand, Sustainable Development, Domestic Input-Output Table*
JEL classification*:Q56, F18*

1- Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University. Corresponding Author
Email: farshad.momeni@gmail.com
2- Postgraduate in Economics, Allameh Tabataba'i University
Email: ekamal.95@yahoo.com
3- Postgraduate in Economics, Allameh Tabataba'i University
Email: rmohammadkhanpour@yahoo.com