

سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های اقتصادی ایران با استفاده از رویکرد داده-ستانده

جمال کاکایی*، علی فریدزاد**، فرشاد مومنی*** و علی اصغر بانویی****

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۷

چکیده

یکی از شاخص‌های اساسی برای سنجش وضعیت توسعه پایدار، استفاده از شاخص ردپای بوم‌شناختی است. این مقاله که بر مفهوم ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی تمرکز دارد در پی پاسخ به این دو پرسش است، آیا الگوی صادرات و واردات محتوای انرژی‌های فسیلی کشور، موید مزیت‌نسبی است؟ و اینکه ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی ایران در سال ۱۳۹۰ چه میزان است؟ جهت سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی از دو پایه آماری؛ نخست جدول داده-ستانده متقارن فعالیت در فعالیت بهنگام شده برای سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران و دوم ترازنامه هیدروکربوری سال ۱۳۹۰ استفاده شده است. یافته‌های کلی مقاله تحت عنوان دو سناریو، ارائه شده است. در سناریوی نخست فرض میشود که تکنولوژی تولید میان ایران و شرکای تجاری آن یکسان و در سناریوی دوم متفاوت باشد. نتایج حاصل در هر دو سناریو نشان میدهد در سطح کلان، اقتصاد ایران دارای مازاد تجاری محتوای انرژی است، اما در سطح بخشی تحت سناریوی اول ۲۳ بخش اقتصادی و در سناریوی دوم، ۱۸ بخش اقتصادی کشور با کسری محتوای تجاری انرژی روبه‌رو هستند. ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در سناریوی نخست بیش از ۱۹۱ میلیون هکتار (۲/۵ هکتار-نفر) و کسری ۲/۳ هکتار برای هر نفر و در سناریوی دوم قریب به ۱۸۴ میلیون هکتار (۲/۴ هکتار-نفر) و کسری ۲/۲ هکتاری برای هر نفر است. جمع‌بندی پژوهش آن است که نتایج سناریوی دوم به دلیل پایین بودن بهره‌وری انرژی در ایران واقع‌بینانه‌تر است.

طبقه‌بندی JEL: F18, O13, O16, Q01, Q32

کلیدواژه‌ها: توسعه پایدار، ردپای بوم‌شناختی، محتوای انرژی، تحلیل داده-ستانده

* دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران- نویسنده مسئول، پست الکترونیکی:

jamal.kakaie@gmail.com

** عضو هیات علمی، دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، پست الکترونیکی: ali.faridzad@atu.ac.ir

*** عضو هیات علمی، دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، پست الکترونیکی: farshad.momeni@gmail.com

**** عضو هیات علمی، دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، پست الکترونیکی: banouei7@gmail.com

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد جمال کاکایی در دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی با همین عنوان است.

از زحمات سرکار خانم دکتر پریسا مهاجری عضو هیئت علمی دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی بابت پیشنهادها و

رهنمودهای بسیار راهگشا، تشکر و قدرانی می‌گردد.

۱- مقدمه

توسعه پایدار در مقام تعریف، به مسئله تامین نیازهای نسل کنونی، بدون به مخاطره انداختن ظرفیت نسل های آتی در برآورد نیازهایشان می پردازد (برانت لند، ۱۹۸۷). تفاوت عمده نظریه توسعه پایدار با نظریه های سنتی توسعه اقتصادی، تاکید بر حفظ ذخیره منابع تجدید نشدنی و حفظ منابع پایان پذیر است. «پایداری»^۱ در معنای وسیع کلمه، به توانایی جامعه، اکوسیستم یا هر سیستم جاری برای تداوم کارکرد در آینده نامحدود اطلاق می شود، بدون آنکه در اثر تحلیل رفتن منابعی که سیستم به آن وابسته است یا تحمیل بار بیش از حد روی آن ها، تضعیف گردد (گیلمن، ۱۹۹۶).^۲ در این راستا برای سنجش دقیق تر اصطلاح پایداری، بسیاری از نظریه پردازان اقتصاد محیط زیست، شاخص ردپای بوم شناختی منابع طبیعی^۳ را معرفی نموده اند.

ردپای بوم شناختی^۴ یک معیار پایداری است که مشخص می کند برای تامین نیازهای داخلی جامعه چه میزان (واحد فیزیکی) از سرمایه طبیعی در مقیاس جهانی کاسته می شود. کاهش در سرمایه طبیعی می تواند به صورت محاسبه منابع (زمین و آب) و یا مصرف حامل های انرژی باشد (ریس، ۲۰۱۲).^۵ این شاخص، علاوه بر نمایش نتیجه و آثار فعالیت های انسان بر محیط زیست، نشان می دهد که اقتصاد یک جامعه نمی تواند بی پروا رشد کند. این تعریف از سه منظر قابل تامل است: ۱- آنکه در بین مناطق مختلف در قالب شاخص های کلان و بخشی قابل مقایسه است. ۲- نحوه تعامل انسان با سرمایه های طبیعی را نمایان می سازد و ۳- از جنبه بومی و غیربومی نیز قابل بررسی است. جنبه بومی، محتوای منابع طبیعی در جهت تامین مصرف داخلی و خارجی (صادراتی) را دربر می گیرد و جنبه غیربومی شامل محتوای منابع طبیعی مصرف شده در واردات محصولات است که در خارج تولید شده و در کشور موردنظر مصرف شده است.

1- Sustainability

2- Gilman

3 Ecological Natural Resource Footprint

^۴ مفهوم ردپای بوم شناختی و سنجش آن در سطوح کلان اقتصادی، نخستین بار توسط واکرناگل و ریس در دهه ۱۹۹۰ میلادی در دانشکده جامعه و برنامه ریزی منطقه ای دانشگاه بریتیش کلمبیا معرفی گردید. پس از آن در جهان بسط یافت.

5- Rees

سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های... ۱۴۹

چنانچه فرض شود واردات صورت گرفته در داخل کشور با فرض تکنولوژی تولید یکسان و یا متفاوت تولید می‌شود، می‌توان تراز تجاری خالص محتوای منابع طبیعی را به دست آورد. از این رو، مبادلات تجاری منابع طبیعی، نقش قابل توجه‌ای را در ردپای بوم‌شناختی ایفا می‌کند. بنابراین، تبیین واژه بوم‌شناختی بدون توجه به نظریه‌های تجارت بین‌الملل، مانند نظریه هکشر-اهلین در عمل امکان‌پذیر نیست. در چارچوب این نظریه که متکی بر سنجش مزیت نسبی است، هر کشور و یا منطقه باید متناسب با وفور منابع موجود خود صادر کند و واردات نیز بر مبنای کمبود منابع باشد. منظور از منابع نیز شامل منابع فیزیکی (سرمایه)، منابع انسانی (نیروی کار) و منابع طبیعی مانند آب، زمین و انرژی است (بانویی و همکاران ۱۳۹۳).

از یک سو، اهمیت انرژی در دهه‌های اخیر به‌عنوان یکی از منابع طبیعی -به‌ویژه پس از شوک‌های نفتی در دهه ۱۹۷۰ میلادی- سبب شده است که این منبع به‌عنوان یکی از عوامل تولید در کنار نیروی کار و سرمایه مورد مطالعه قرار گیرد و مصرف آن به‌عنوان یکی از ارکان مهم رشد و توسعه تلقی شود. از سوی دیگر، استفاده نامناسب و غیرکارا از آن منجر به پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی و حتی غیراقتصادی می‌شود (جهانگرد، ۱۳۹۰).

در حال حاضر، ایران به‌عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه در مرحله گذار توسعه صنعتی قرار دارد و با وفور منابع انرژی (انرژی‌های فسیلی) همراه است. هرچند، این منابع را به شکل کارآمد مصرف نمی‌کند. براساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۱۵، تولید ناخالص داخلی ایران به ازای هر واحد مصرف انرژی، ۶۶ درصد ژاپن، ۸۱ درصد امارات متحده عربی، ۷۸ درصد هند و ۵۴ درصد کشور ترکیه بوده است (بانک جهانی، ۲۰۱۵).^۱ افزایش مصرف انرژی‌های فسیلی امروزه علاوه بر پایان‌پذیر بودن آن، به‌مراتب نگرانی گسترده‌تری که ناشی از انتشار آلاینده‌های گازی است ایجاد کرده است، زیرا بالاترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به انرژی‌های فسیلی بوده و بیش از ۸۰ درصد گازهای گلخانه‌ای را دی‌اکسید کربن تشکیل می‌دهد. برای مقابله با این چالش برنامه‌هایی مانند هدفمند کردن یارانه حامل‌های انرژی^۲ در ایران برنامه‌ریزی و اجرا شد، اما به دلیل

1- World bank

۲- یکی از اهداف هدفمند نمودن یارانه‌ها کاهش مصرف انرژی و به تبع آن کاهش آلاینده‌گی بود.

فراهم نبودن بسترهای نهادی و ساختاری در اجرای این برنامه و الزامات آن، نتایج ثمربخشی حتی در کوتاه‌مدت به دنبال نداشته است. مطالعه حاضر از چند منظر نسبت به مطالعات قبلی متفاوت است: الف- سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی و محاسبه کسری و یا مازاد آن با استفاده از رویکرد داده-ستانده، ب- لحاظ کردن تفاوت تکنولوژی تولید (بهره‌وری) میان ایران و شرکای تجاری آن با استفاده از تفاوت شدت انرژی، ج- سنجش محتوای انرژی تقاضای نهایی و مبادلات تجاری در سطح بخش‌های اقتصادی و محاسبه تراز تجاری محتوای انرژی با استفاده از این شاخص است. برای این منظور مطالعه حاضر در پنج بخش سازمان دهی شده است. مفهوم ردپای بوم‌شناختی و مروری بر مطالعات تجربی به ترتیب در بخش اول و دوم ارائه شده است. بخش سوم چارچوب نظری سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی را شامل می‌شود. تجزیه و تحلیل نتایج در بخش چهارم و بخش پایانی نیز به جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها اختصاص داده شده است.

۲- مفهوم ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی با تاکید بر ردپای بوم‌شناختی انرژی ۲۵ سال از انتشار رساله معروف ماتیس واکرناگل در دانشکده جامعه و برنامه‌ریزی منطقه‌ای در دانشگاه بریتیش کلمبیا که عبارت آستانه تحمل مناسب^۱ را بیان کرد، می‌گذرد و سپس این اصطلاح توسط واکرناگل و ریس (۱۹۹۶) در کتاب «ردپای بوم‌شناختی ما: کاهش تاثیر انسان بر روی زمین» در مجامع علمی رایج شد. برای پایداری بوم‌شناختی، مسئله آستانه تحمل با طرح این سوال اساسی مطرح شد که در صورت حفظ کارکرد کنونی اکوسیستم، آیا موجودی سرمایه‌های طبیعی باقیمانده برای تامین منابع مصرفی و جذب ضایعات تولیدی نسل‌های آتی کافی است (ریس، ۱۹۹۶)؟ به طور خلاصه، آیا به اندازه کافی آستانه تحمل برای انسان وجود دارد؟ آستانه تحمل عبارت است از حداکثر میزان جمعیت که یک منطقه می‌تواند بدون کاهش توانایی خود برای پشتیبانی از گونه‌های مشابه در آینده حمایت کند (دیلی و ارلیچ، ۱۹۹۲).^۲ درنهایت، اینکه طبیعت تا چه میزان قادر به تحمل فشار بهره‌برداری بشر از ظرفیت‌های طبیعت است؟

1- Suitable threshold

2- Daily & Ehrlich

سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های... ۱۵۱

در چند دهه گذشته افزایش قابل توجهی از انتشار آلودگی‌ها در سطح محدوده‌های محلی یا منطقه‌ای مشاهده شده است که اثرات برگشت‌ناپذیر و کاهش منابع طبیعی را در مقیاس جهانی به همراه داشته است. بنابراین، توجه جدی و استفاده از شاخص‌های کارآمد برای اندازه‌گیری اثرات فعالیت انسان را ضروری کرده است. در دو دهه گذشته ردپای زیست‌محیطی (اثرات زیست‌محیطی) در میان دانشگاهیان، مردم و سازمان‌ها و دولت‌ها، محبوبیت زیادی کسب کرده است و ایده‌ها و چشم‌اندازها منجر به گسترش روش‌ها و مفاهیم انواع ردپا^۱ در حوزه انرژی، همانند ردپای انرژی‌های هسته‌ای، آبی، فسیلی و... شده است.

بر اساس تعریف، ردپای بوم‌شناختی انرژی (فسیلی) مقدار جنگل لازم برای جذب دی‌اکسید کربن (CO_2) ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است. انتقادات زیادی به تعریف ردپای بوم‌شناختی انرژی شده است، زیرا امروزه جنگل‌ها تنها یکی از راه‌های جذب گازهای ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است. همچنین این تعریف سایر گازهای گلخانه‌ای ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی را پوشش نمی‌دهد (کای فنگ و همکاران، ۲۰۱۳).^۲ برای رفع ابهام در تعریف یادشده، ظرفیت‌زیستی^۳ ارائه شد. بنابراین، جهت مقایسه ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی و ظرفیت‌زیستی زمین، می‌توان هر دو را بر مبنای واحد یکسانی اندازه‌گیری کرد تا به این ترتیب قابلیت مقایسه فراهم شود. از این رو از دهه ۱۹۷۰، ظرفیت‌زیستی، مفهوم مهم برنامه‌ریزی محیط‌زیست شناخته شد و به عنوان شاخصی مناسب برای الگوهای مصرفی از لحاظ الگوهای پایداری مورد استفاده قرار گرفت (بیکنل و همکاران، ۱۹۹۸).^۴

بر اساس مفهوم ظرفیت‌زیستی، اگر ردپای بوم‌شناختی سرانه منطقه‌ای بزرگ‌تر از ظرفیت‌زیستی سرانه باشد، این منطقه با کسری بوم‌شناختی مواجه است. در این شرایط، برای تامین کسری دو راه حل وجود دارد؛ نخست، واردات منابع طبیعی از کشورهای دارای

۱ منظور مفهوم ردپای بوم‌شناختی است که بیشتر به آن اشاره شد.

2- Kai Fang, *et. al*

3- Biocapacity

4- Bicknell, *et. al*

مازاد بوم‌شناختی، دوم بهره‌برداری بیش از حد از ظرفیت زیستی موجود داخلی (مانفردا و همکاران، ۲۰۰۴).^۱

در ادبیات موجود ردپای انرژی، آب، کربن و زمین، مهم‌ترین شاخص‌های ردپا شناخته می‌شوند، زیرا این شاخص‌ها ارتباط نزدیکی با نگرانی‌های اصلی در سراسر جهان هستند که جامعه جهانی مانند امنیت انرژی، امنیت آب و هوایی، امنیت آب و مانند آن را تهدید می‌کند (کای فنگ و همکاران، ۲۰۱۴).

امروزه مدیریت منابع انرژی در طراحی سیاست‌های انرژی به عنوان یک محدودیت بسیار مهم در رسیدن به توسعه پایدار مطرح است. همچنین لازمه قابل اعتماد بودن شاخص‌های توسعه پایدار، وجود اطلاعات مناسب و جامع در خصوص مصرف منابع انرژی و اثرات زیست‌محیطی آن است. از این رو، شاخص ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی (اثرات زیست‌محیطی) یک چارچوب قابل اعتنا برای تجزیه و تحلیل اثرات تقاضای جامعه انسانی را فراهم می‌کند (پنلا و سباستین، ۲۰۰۸).^۲

۳- مطالعات تجربی

در سال ۱۹۹۸ مانفرد لزن^۳ براساس رویکرد داده-ستانده، رابطه مصرف نهایی انرژی‌های اولیه و گازهای گلخانه‌ای برای کشور استرالیا را مورد بررسی قرار داده، استنتاج این مطالعه نشان می‌دهد که بخش‌هایی که بالاترین شدت انرژی را دارا هستند، عبارتند از: تولید برق حرارتی، محصولات سفالی، فلزات اساسی غیر آهنی (بیشتر مربوط به شدت انرژی آلومینیوم است) و آهن و فولاد هستند. در پژوهش دیگری که توسط لوئیس کروز (۲۰۰۲)^۴ برای کشور پرتغال انجام گرفته است، شدت مصرف سه سوخت فسیلی عمده شامل زغال سنگ، نفت خام و گاز طبیعی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که شدت استفاده از زغال سنگ به ترتیب در صنایع استخراج محصولات زغالی، تولید برق از سوخت‌های فسیلی و توزیع برق، بالاتر از سایر بخش‌هاست. شدت نفت نیز در بخش‌های

1- Monfreda, *et. al*

*این راه حل اثرات برگشت ناپذیری را به دنبال خواهد داشت و پایداری را به خطر می‌اندازد.

2- Adolfo Carballo Penela, *et. al*

3- Manfred Lenzen

4- Cruz, Luis(2002)

سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های... ۱۵۳

استخراج نفت خام، صنعت پالایش و بازیافت محصولات نفتی، تولید برق از سوخت‌های فسیلی و توزیع برق از سایر بخش‌ها، بالاتر بوده است.

از جمله مطالعات قابل‌اعتنا در خصوص محتوای انرژی می‌توان به کار تانگ و همکاران (۲۰۱۲)^۱ اشاره کرد که با استفاده از چارچوب داده - ستانده میزان نفت به کار رفته در کالاهای ساخته شده در چین، میزان نفت وارداتی در کالاهای صادراتی و نحوه صادرات کالا به عبارت دیگر ردپای نفت در کالاهای صادراتی به روش‌های (هوایی، آبی و ...) محاسبه شده است.

سنجش ردپای بوم‌شناختی در ایران در سال‌های اخیر نظر طیف وسیعی از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. بررسی اجمالی این پژوهش‌ها حاکی از آن است که مطالعات تجربی، هم ماهیت کلان داشته و هم در سطح بخشی، مورد توجه قرار گرفته است. برای نمونه، می‌توان به مطالعه سرایی و عبدالحمید زارعی (۱۳۹۰) اشاره کرد که در سطح ملی انجام شده و پایداری منابع بوم‌شناختی از انقلاب اسلامی تا سال ۱۳۸۰ را براساس شاخص ردپای بوم‌شناختی زمین نشان می‌دهد.

از جمله مطالعات تجربی در سطح بخشی می‌توان به پژوهش‌های بانویی و همکاران که به بررسی سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران با استفاده از رویکرد جدول داده - ستانده (۱۳۹۲)، سنجش وضعیت صادرات و واردات آب مجازی در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران با استفاده از رویکرد داده - ستانده (۱۳۹۳) در قالب دو سناریو «با در نظر گرفتن بخش نفت» و «بدون در نظر گرفتن بخش نفت» و سنجش محتوای مستقیم و غیرمستقیم دی‌اکسید کربن در صادرات و واردات ایران با استفاده از رویکرد داده - ستانده مطالعه شده است اشاره کرد.

از مهم‌ترین مطالعات ردپای بوم‌شناختی انرژی (در سطح کلان) می‌توان به مطالعه تیموری و همکاران (۱۳۹۲) که به بررسی ردپای اکولوژیک گاز دی‌اکسید کربن سوخت‌های فسیلی شیراز پرداخته‌اند، اشاره کرد که نشان دادند میزان انتشار دی‌اکسید کربن ۳/۹ برابر ظرفیت زیستی است. تیموری و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه دیگری (بررسی روند تغییرات ردپای اکولوژیک سوخت‌های فسیلی استان‌های کشور طی دوره ۱۳۷۸-۱۳۸۸) نشان دادند که ردپای بوم‌شناختی سوخت‌های فسیلی کشور ۸/۲ برابر بیشتر از ظرفیت زیستی است.

مطالعات داخلی نشان می‌دهد که سنجش محتوای انرژی نه در سطح کلان و نه در سطح بخشی مورد مطالعه قرار نگرفته است و از مهم‌ترین مطالعات در حوزه انرژی می‌توان به پژوهش زنگویی‌نژاد و شهرام وصفی (۱۳۸۸) اشاره کرد. آنان با استفاده از جدول داده-ستانده سال ۱۳۸۰ نشان دادند که به ازای هر واحد رشد اقتصادی، بیشترین میزان مصرف گاز طبیعی، بنزین، نفت سفید، گازوئیل، نفت کوره و گاز مایع به ترتیب در بخش‌های آب، برق و گاز، حمل‌ونقل هوایی، ساخت فرآورده‌های نفتی و محصولات پتروشیمی، حمل‌ونقل و جاده‌ای، حمل‌ونقل آبی، ساخت فرآورده‌های نفتی و محصولات پتروشیمی رخ می‌دهد. همچنین می‌توان به مطالعه جهانگرد و تجلی (۱۳۹۰) در تجزیه شدت انرژی‌بری در صنایع کارخانه‌ای ایران در دوره ۱۳۸۶-۱۳۷۴، مهرابی بشرآبادی و اسمعیلی (۱۳۸۹) تجزیه و تحلیل داده-ستانده انرژی در بخش کشاورزی ایران اشاره کرد. همانطور که بیان شد، مطالعات داخلی در حوزه ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی از جمله انرژی در سطح کلان، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است، اما این مطالعات موفق به ارائه الگوی مصرف انرژی کشور را در سطح بخش‌های اقتصادی نشده است. از این رو، مقاله حاضر در صدد است با استفاده از شاخص ردپای بوم‌شناختی انرژی^۱ در سطح بخش‌های اقتصادی در چارچوب الگوی داده-ستانده، وضعیت مصرف انرژی-محتوای انرژی کالا و خدمات و دی‌اکسید کربن منتشرشده‌ی ناشی از انرژی مصرف‌شده در تولید کالا و خدمات- را نمایان سازد.

۴- روش پژوهش: الگوی داده-ستانده ردپای بوم‌شناختی انرژی^۲

الگوی داده-ستانده مانند سایر الگوهای اقتصادی فروض متعددی دارد. مهم‌تر از همه کاربرد این الگو در تحلیل محتوای تجارت بین‌الملل و نیز سنجش ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی است که برای به‌کارگیری آن مستلزم دو فرض اساسی دیگر نیز است که عبارتند از:

1- Ecological Energy Footprint

۲- این الگو برگرفته از مقالات ۲۰۱۳، ۲۰۱۴، Xu Tang, et. , Pei, et. al. ۲۰۱۲، Kai Fang, et. al. ۲۰۱۲، Mathis ۱۹۹۹، Adolf carballpenela, et. al. ۲۰۰۸، Jiun-Jiun Ferng ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، al, 2012، Wackernagel, et. al, 1999؛ Ferng, 2001؛ Bicknell, et. al, 1998، Wackner nagal Hubacek & Giljuim, ؛McDonald & Patterson, 2004؛ Wiedmann, et. al, 2006، بانویی و همکاران ۱۳۹۲ و بانویی و کمال ۱۳۹۳ است

سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های... ۱۵۵

در جدول داده -ستانده متعارف فرض می‌شود، کلیه نهاده‌های واسطه‌ای (تولید داخلی و واردات) بر مبنای فرض رقابتی بودن واردات^۱، توسط بخش‌های داخلی (بومی) تولید می‌شود. تحت این وضعیت امکان تفکیک سهم ارزش افزوده و اشتغال بین تولید داخلی و واردات واسطه‌ای وجود ندارد. همچنین فرض می‌شود، کل واردات یک متغیر برون‌زا بوده -واردات برون‌زا خنثی بوده و ارزش افزوده ایجاد نمی‌کند- و مقدار آن بستگی به اندازه تقاضای واسطه‌ای و تقاضای نهایی داخلی ندارد (پی و همکاران، ۲۰۱۲).^۲

روابط (۱) تا (۹) محتوای انرژی کالا و خدمات به تفکیک تقاضایی نهایی داخلی، صادرات و واردات (نهایی و واسطه‌ای) نشان می‌دهد که مبنای محاسبات هر دو سناریو مذکور است. همچنین رابطه (۱۰) و (۱۱) تراز تجاری مبادلات محتوای انرژی را به ترتیب در سناریو اول و دوم نشان می‌دهد و در پایان با استفاده از این روابط، مقدار انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی در فرایند تولید کالا و خدمات محاسبه و مقدار جنگل موردنیاز برای جذب آن براساس ویژگی جنگل‌های ایران برآورد می‌شود. حال، با استفاده از جدول داده -ستانده فراینده سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی در قالب یک اقتصاد سه‌بخشی و تحت دو سناریو بیان می‌شود.

رابطه (۱) ماتریس ضرایب فنی (مستقیم) تولید داخلی را نشان می‌دهد که در واقع، نسبت بکارگیری نهاده‌های تولیدی در تولید هر بخش (بجز عوامل) اولیه را نشان می‌دهد.^۳

$$[d_{ij}] = D = \begin{bmatrix} \frac{D_{11}}{X_1} & \dots & \frac{D_{1r}}{X_r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{D_{r1}}{X_1} & \dots & \frac{D_{rr}}{X_r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{r1} & \dots & d_{rr} \end{bmatrix} \quad (1)$$

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

2- Pei, et. al

3- Miller, R. E. & Blair, P. D. (2009).

ماتریس مندرج در رابطه (۱) مبنای محاسبه ماتریس ضریب فزاینده تولید داخلی و یا ماتریس معکوس لئونتیف $(I-D)^{-1}$ قرار می‌گیرد. ماتریس معکوس لئونتیف براساس فرض ثابت بودن ضرایب فنی، ثابت است و تغییرات در تقاضای نهایی که منجر به تغییر تولید می‌شود را نشان می‌دهد.

$$(I-D)^{-1} = [a_{ij}] = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{r1} & \dots & d_{rr} \end{bmatrix} \right\}^{-1} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{r1} & \dots & a_{rr} \end{bmatrix} \quad (2)$$

رابطه (۲) ضرایب فزاینده تولید داخلی را نشان می‌دهد. جمع ستونی این ماتریس بیان می‌کند که برای تامین افزایش یک واحد تقاضای نهایی هر بخش به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد، چه مقدار تولید افزایش می‌یابد (رابطه (۳)).

$$[\Phi_j] = [E_1 \quad \dots \quad E_r] \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \\ \frac{1}{X_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{1}{X_r} \end{bmatrix} = [\Phi_1 \quad \dots \quad \Phi_r] \quad (3)$$

عناصر Φ_j نشان می‌دهد، به ازای هر واحد تولید (میلیارد ریال) در یک بخش به‌طور مستقیم به چه میزان انرژی نیاز است. سپس با ضرب ماتریس قطری ضرایب مستقیم انرژی در ماتریس ضرایب فزاینده تولید داخلی، ماتریس ضرایب فزاینده انرژی به دست می‌آید (رابطه (۴)).

$$[\beta_{ij}] = \begin{bmatrix} \Phi_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \Phi_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{r1} & \dots & a_{rr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{r1} & \dots & \beta_{rr} \end{bmatrix} \quad (4)$$

سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های... ۱۵۷

β_{ij} در رابطه (۴)، ماتریس ضریب فزاینده انرژی هر بخش را نشان می‌دهد هر بخش به ازای یک واحد تقاضای نهایی محصولات داخلی خود چه میزان به طور مستقیم و غیرمستقیم به انرژی نیازمند است.

با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده انرژی در رابطه (۴) در ماتریس قطری تقاضای نهایی، ماتریس η_{ij} به دست می‌آید. جمع سطری عناصر آن یعنی η_i ها، مقدار انرژی موردنیاز مستقیم و غیرمستقیم هر بخش را برای تامین تقاضای نهایی داخلی جمعیت نشان می‌دهد. همچنین جمع ستونی این ماتریس نشان می‌دهد اگر تقاضای نهایی یک بخش یک واحد (میلیارد ریال) افزایش یابد به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد چقدر انرژی مصرف می‌شود.^۱

$$[\eta_{ij}] = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{r1} & \dots & \beta_{rr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DF_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & DF_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \eta_{11} & \dots & \eta_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \eta_{r1} & \dots & \eta_{rr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \vdots \\ \eta_r \end{bmatrix} \quad (5)$$

مطالب بیان شده فقط محاسبه انرژی به کار رفته در تامین تقاضای نهایی داخلی را نشان می‌دهد که حاکی مقدار مصرف ردپای بوم‌شناختی انرژی با منشا داخلی است. در یک اقتصاد بسته الگوی مصرف الزما با الگوی تولید یکسان است، اما به‌محض اینکه کشوری به تجارت بین‌المللی گرایش یابد، ممکن است ترکیب محصول آن به‌طور قابل توجهی از ترکیب تقاضای واسطه‌ای و نهایی فاصله بگیرد (کیت‌گریفین، ۱۹۸۹).

در یک اقتصاد باز، تجارت بین‌الملل به شکل واردات و صادرات نقش کلیدی در مصرف منابع جهت تولید کالاها و خدمات صادراتی و وارداتی ایفا می‌کند. بنابراین لازم است، منابع (انرژی) به کار رفته در تولید کالا و خدمات صادراتی و وارداتی در سنجش ردپای بوم‌شناختی منظور شود.

۱- برای محاسبه محتوای انرژی در کالا و خدمات از روش فرنگ (۲۰۱۱) استفاده شده است که مطالعه بیکل و همکارانش (۱۹۹۹) را اصلاح کرد.

رابطه (۶) بیان می‌کند که با پیش ضرب ماتریس ضرایب فزاینده انرژی داخلی در بردار صادرات، محتوای انرژی در کالا و خدمات صادراتی در بخش‌های مختلف اقتصاد به دست می‌آید.

$$[e_i] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{r1} & \dots & \beta_{rr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & E_r \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_r \end{bmatrix} \quad (6)$$

۶ در رابطه (۶) مشخص می‌کند که در بخش آم به منظور تامین کالا و خدمات صادراتی به طور مستقیم و غیرمستقیم چه میزان انرژی مصرف شده است. به عبارت دیگر، محتوای انرژی به کار رفته در کالا و خدمات صادراتی این بخش را نشان می‌دهد. همچنین جمع ستونی این ماتریس نشان می‌دهد که افزایش یک واحد تقاضای نهایی (میلیارد ریال) برای صادرات در یک بخش به طور مستقیم و غیرمستقیم منجر به مصرف چه میزان انرژی در کل اقتصاد می‌شود.

در مقایسه با سنجش تقاضای خارجی انرژی در چارچوب جدول داده-ستانده، سنجش نیازهای مستقیم و غیرمستقیم انرژی به کار رفته (محتوای انرژی) در تولید کالاها و خدمات وارداتی به دلایل زیر پیچیده تر است؛ نخست آنکه ماهیت و جایگاه واردات در نظام حسابداری داده-ستانده باید مشخص شود، فرض واردات رقابتی مبنای اندازه گیری قرار می‌گیرد. فقط در چارچوب این فرض، انرژی‌های به کار رفته در واردات قابل سنجش هست. دوم، واردات به دو گروه واردات واسطه‌ای و نهایی (مصرفی و سرمایه‌ای) تفکیک شود تحت این شرایط انرژی مورد استفاده در هر گروه از واردات قابل سنجش بوده و به این ترتیب مفهوم محتوا منابع طبیعی (انرژی) را برجسته تر می‌کند.

سنجش محتوا انرژی در خصوص واردات بر دو نوع است؛ نوع اول مقدار انرژی است که در تولید کالاها و خدمات سایر کشورها به کار رفته و به عنوان واردات کالای نهایی (سرمایه‌ای و مصرفی) در داخل کشور توسط جمعیت آن کشور مصرف می‌شود. نوع دوم مقدار انرژی به کار رفته در تولید کالاها و خدمات وارداتی است که به صورت واسطه‌ای در فرایند تولید بخش‌ها استفاده می‌شود و بخشی از آن در فرایند تولید تقاضای نهایی داخلی و مابقی آن در فرایند تولید کالا و خدمات صادراتی به کار می‌رود و مجدد به

سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های... ۱۵۹

خارج از کشور صادر می‌شود. با پیش ضرب ماتریس ضرایب فزاینده انرژی در ماتریس قطری واردات نهایی، مقدار انرژی به کار رفته در کالا و خدمات نهایی (واردات) را نشان می‌دهد. مقادیر m^* شامل مقدار انرژی به کار رفته در تولید کالا و خدمات واردات نهایی بخش آم است. جمع سطری رابطه (۷) نشان می‌دهد که در یک بخش چه مقدار انرژی در قالب واردات نهایی به کشور وارد شده است.

$$[M_i^f] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{r1} & \dots & \beta_{rr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{11}^* & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & m_{rr}^* \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} \\ \vdots \\ m_{rr} \end{bmatrix} \quad (7)$$

همانند رابطه (۷) با پیش ضرب ماتریس ضرایب فزاینده انرژی در ماتریس قطری واردات واسطه‌ای بین‌بخشی رابطه (۸) به دست می‌آید.

$$[m_i^j] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{r1} & \dots & \beta_{rr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{11} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & m_{rr} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11}^j \\ \vdots \\ m_{rr}^j \end{bmatrix} \quad (8)$$

مقادیر m_i^j در رابطه (۸) شامل مقدار انرژی به کار رفته در تولید کالا و خدمات واردات واسطه‌ای بخش آم است که در فرایند تولیدی توسط بخش‌های داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بخشی از این تولید در داخل و بخش دیگر آن به خارج صادر می‌شود. برای سنجش محتوای انرژی کالا و خدمات واردات واسطه‌ای که در فرایند تولید مورد استفاده قرار گرفته و در تامین تقاضای نهایی داخلی مصرف می‌شود از رابطه (۹) استفاده می‌شود؛ رابطه (۹) پیش ضرب ماتریس واردات واسطه‌ای در ماتریس تفاضل ماتریس همانی و ماتریس نسبت صادرات به ستانده است.

$$[m_i^d] = \left(\begin{bmatrix} m_1^1 & \dots & m_1^r \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_r^1 & \dots & m_r^r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \frac{E_1}{X_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{E_r}{X_r} \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 \\ \vdots \\ m_r \end{bmatrix} \quad (9)$$

m نشان می‌دهد که چه میزان انرژی به کار رفته در واردات واسطه‌ای در جهت تامین مصرف داخلی بخش یک بوده است. مباحث مطرح شده تا به اینجا در هر دو سناریو یکسان هستند.

سناریو اول؛ در این سناریو فرض بر این است که تکنولوژی تولید میان کشورهای مختلف یکسان است، از این رو، با بهره‌بردن از فرض واردات رقابتی، محتوای انرژی واردات (واسطه‌ای و نهایی) با تکنولوژی داخلی محاسبه می‌شود و در پایان تراز تجاری محتوای انرژی مبادلات تجاری برآورد می‌شود در صورتی که مقدار انرژی به کار رفته در کالا و خدمات واردات بیشتر از مقدار انرژی به کار رفته در کالا و خدمات صادرات باشد؛ کسری تراز تجاری محتوای انرژی در سطح بخش آشکار می‌شود. عکس آن، مازاد تجاری محتوای انرژی را نشان می‌دهد (رابطه (۱۰)).

$$[EF_i] = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_r \end{bmatrix} - \left\{ \begin{bmatrix} m_1^f \\ \vdots \\ m_r^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m_1^d \\ \vdots \\ m_r^d \end{bmatrix} \right\} = \begin{bmatrix} EF_1 \\ \vdots \\ EF_r \end{bmatrix} \quad (10)$$

EF_i در رابطه (۱۰) مازاد وضعیت (مازاد یا کسری) تراز تجاری محتوای انرژی بخش i را نشان می‌دهد، بر مبنای رابطه (۱۰) می‌توان مازاد تجاری و کسری تجاری محتوای انرژی را در سطح بخش‌های اقتصادی محاسبه کرد. برای محاسبه ردپای بوم‌شناختی انرژی می‌بایستی دی‌اکسید کربن انتشار یافته از مصرف انرژی محتوای کالا و خدمات را براساس قاعده این محاسبات به دست آورد. مجموع دی‌اکسید کربن منتشر شده ناشی از انرژی به کار رفته در کالا و خدمات نهایی ساخت داخل، کالا و خدمات وارداتی برآورد شده و محتوای انرژی کالا و خدمات صادراتی که از واردات واسطه‌ای بهره می‌برد از آن کم

سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های... ۱۶۱

می‌شود. پس از آن مقدار جنگل‌های لازم برای جذب آن برآورد شده است و در پایان نیز کسری و مازاد ردپای بوم‌شناختی برآورد می‌شود.

سناریو دوم؛ در این سناریو تلاش شده است با استفاده از شدت انرژی ایران و شدت انرژی جهان به جز ایران تفاوت تکنولوژی تولید میان ایران و شرکای تجاری آن^۱ در سنجش محتوای انرژی و دی‌اکسید انتشار یافته از تولید کالا و خدمات وارداتی لحاظ شود. به همین منظور بردار واردات در کسر (متوسط شدت انرژی جهان به جز ایران بر شدت انرژی ایران) ضرب شده است؛ زیرا انرژی و دی‌اکسید کربن انتشار یافته از آن در واردات براساس تکنولوژی داخلی برآورد شده است.^۲ در رابطه‌ای (۱۱) W متوسط شدت انرژی جهان به جز ایران و I شدت انرژی ایران را نشان می‌دهد. رابطه (۱۱)، تراز تجاری محتوای انرژی را با لحاظ کردن تفاوت تکنولوژی تولید (کارایی انرژی) نشان می‌دهد.

$$\begin{bmatrix} \widehat{EF}_i \\ \vdots \\ \widehat{EF}_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_i \\ \vdots \\ e_r \end{bmatrix} - \left\{ \begin{bmatrix} m_i^f \\ \vdots \\ m_r^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m_i^d \\ \vdots \\ m_r^d \end{bmatrix} \right\} * \frac{W}{I} = \begin{bmatrix} \widehat{EF}_i \\ \vdots \\ \widehat{EF}_r \end{bmatrix} \quad (11)$$

\widehat{EF} در رابطه (۱۱) مازاد وضعیت (مازاد یا کسری) تراز تجاری محتوای انرژی بخش i را نشان می‌دهد. در ادامه همانطور که در سناریو اول بیان شد به محاسبه ردپای بوم‌شناختی انرژی پرداخته می‌شود با این تفاوت که در این سناریو محتوای انرژی و دی‌اکسید کربن با لحاظ تفاوت تکنولوژی محاسبه شده است.^۳

۱- از آنجاییکه آمار و اطلاعات کشورهای شریک تجاری ایران در دسترس نیست و کشورهای همانند امارات نقش ترانسفر (واسطه‌گر) ایفا می‌کنند از این رو متوسط جهانی به جز ایران به جای شرکای تجاری استفاده شده است.

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

۳- محتوای دی‌اکسید کربن در سطح بخش‌های اقتصادی براساس روش شناختی ارائه شده محاسبه می‌شود با این تفاوت که در رابطه (۳) به جای بردار انرژی، مقدار دی‌اکسید کربن منتشر شده قرار می‌گیرد.

۵- تجزیه و تحلیل نتایج

اطلاعات مربوط به انرژی‌بری بخش‌های اقتصادی در جدول (۱) نشان می‌دهد که به ازای افزایش هر واحد تقاضای نهایی (یک میلیارد ریال) در هر بخش در کل اقتصاد به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به چه میزان انرژی نیاز است. بخش‌های برق (۳۶۳۵/۸)، ساخت سایر محصولات کانی غیرفلزی (۱۳۹۰/۲)، حمل و نقل (۷۰۲/۶) و ساخت مواد و محصولات شیمیایی (۷۰۲/۱۵) به ترتیب بالاترین مقدار انرژی‌بری (معادل بشکه نفت خام) را دارند.

بررسی انرژی‌بری مستقیم بخش‌های اقتصادی حاکی از آن است که بخش برق (۳۰۶۸/۲) بالاترین میزان انرژی‌بری (معادل بشکه نفت خام) را به ازای افزایش هر واحد (میلیارد ریال) تقاضای نهایی در کل اقتصاد ایجاد می‌کند. بخش‌های ساختمان (۰/۳)، ساخت ماشین‌آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی (۹/۹) و آب (۱۵) به ترتیب پایین‌ترین مقدار انرژی‌بری مستقیم (معادل بشکه نفت خام) را در کل اقتصاد ایجاد می‌کنند. بررسی مطالعات انرژی‌بری غیرمستقیم حاکی از آن است که بخش برق بالاترین انرژی‌بری غیرمستقیم را دارد. بخش‌های دیگری همچون آب (۳۹۲/۵)، ساخت سایر محصولات کانی غیرفلزی (۳۴۰)، ساخت محصولات لاستیک و پلاستیک (۳۳۷)، ساخت فلزات اساسی (۳۲۱/۸) به ترتیب با بالاترین مقدار انرژی‌بری غیرمستقیم مواجه هستند.

در جدول (۲) محتوای انرژی کالا و خدمات مصرف داخلی (تقاضای نهایی)، واردات (نهایی و واسطه‌ای)، انرژی خارجی به کار رفته در تولید کالا و خدمات داخلی و صادراتی ارائه شده است. اطلاعات مربوط به محتوای انرژی تقاضای نهایی حاکی از آن است که برای تامین تقاضای نهایی داخلی، بخش‌های برق (۳۰ درصد)، حمل و نقل (۲۱/۷ درصد)، ساخت سایر محصولات کانی غیرفلزی (۱۲ درصد) و ساخت مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی (۱۱ درصد) به ترتیب بالاترین مقدار انرژی مصرف کرده‌اند.

اطلاعات مربوط به محاسبات محتوای انرژی وارد شده از طریق واردات کالا و خدمات نهایی نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۰، بیش از ۶۸ درصد انرژی وارد شده توسط کالا و خدمات نهایی به بخش‌های حمل و نقل (۱۹/۶ درصد)، ساخت مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی (۱۹/۴ درصد)، برق (۱۷/۵ درصد) و ساخت فلزات اساسی (۱۱/۶ درصد) اختصاص دارد. همچنین نتایج محتوای انرژی واردات کالا و خدمات واسطه‌ای حاکی از آن است که نزدیک به ۷۰ درصد انرژی مصرف شده ناشی از واردات واسطه‌ای، مربوط به

سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های... ۱۶۳

بخش‌های ساخت مواد و محصولات شیمیایی (۲۴/۱۴ درصد)، ساخت فلزات اساسی (۲۰/۵ درصد)، برق (۱۶/۶ درصد) و حمل و نقل (۸/۴ درصد) است که در فرآیند تولید محصولات بخش‌های داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد که این مقدار انرژی یا در داخل مصرف شده است و یا صادر می‌شود. حدود ۹۰ درصد از واردات واسطه‌ای انرژی در فرآیند تولید محصولات بخش‌های اقتصادی، در داخل مصرف می‌شود.

بررسی نتایج اطلاعات محتوای انرژی کالا و خدمات صادراتی حاکی از آن است که بخش‌های ساخت فلزات اساسی، سایر معادن، انتشار چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط‌شده، بخش آب و سایر خدمات به ترتیب بخش‌هایی هستند که بالاترین و بخش‌های ساخت کک و فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت هسته‌ای و ساخت منسوجات کمترین مقدار محتوای انرژی را از طریق صادرات کالا و خدمات به خارج از کشور صادر می‌کنند.

جدول (۱): میزان انرژی‌بری در بخش‌های اقتصادی - (معادل) بشکه نفت خام به ازای یک میلیارد ریال

بخش‌های اقتصادی	انرژی‌بری غیر مستقیم	انرژی‌بری مستقیم	انرژی‌بری غیر مستقیم و مستقیم
کشاورزی (۱) ^۱	۱۵۵/۸	۳۳	۱۲۲/۸
نفت خام و گاز طبیعی (۲)	۲۳۲/۵	۲۲۱	۱۱/۲
سایر معادن (۳)	۱۷۴/۴	۱۰۴/۵	۷۰
ساخت محصولات غذایی و انواع آشامیدنی‌ها (۴)	۲۵۷/۶	۸۱	۱۷۹/۴
ساخت محصولات از توتون و تنباکو (۵)	۱۰۳/۴	۲۱	۸۲/۴
ساخت منسوجات (۶)	۳۴۱	۷۳	۲۶۸
ساخت پوشاک، عمل‌آوری و رنگ کردن خز (۷)	۲۵۲	۸۲	۱۷۰
دباغی و پرداخت چرم و سایر محصولات چرمی (۸)	۳۰۰	۵۸	۲۴۲/۵
ساخت چوب و محصولات چوبی (۹)	۲۷۲/۸	۹۱	۱۸۱/۷
ساخت کاغذ و محصولات کاغذی (۱۰)	۵۴۸/۳	۲۶۷	۲۸۱/۴

۱- در ادامه اعداد معرف بخش‌های اقتصادی هستند.

۱۶۴ فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، سال نوزدهم، شماره ۷۳، تابستان ۱۳۹۸

ادامه جدول (۱) -

بخش های اقتصادی	انرژی بری مستقیم و غیرمستقیم	انرژی بری مستقیم	انرژی بری غیرمستقیم
انتشار، چاپ و تکثیر رسانه های ضبط شده (۱۱)	۲۳۶	۵۱	۱۸۴/۷
ساخت کک، فرآورده های حاصل از تصفیه نفت و سوخت های هسته ای (۱۲)	۲۳۱/۳	۹۳	۱۳۸
ساخت مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی (۱۳)	۷۰۲/۱۵	۵۱۴/۵	۱۸۷/۶
ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک (۱۴)	۳۹۸	۶۱	۳۳۷
ساخت سایر محصولات کانی غیر فلزی (۱۵)	۱۳۹۰/۲	۱۰۵۰	۳۴۰
ساخت فلزات اساسی (۱۶)	۵۷۱/۴	۲۴۴	۳۲۸
ساخت محصولات فلزی فابریکی به جز ماشین آلات و تجهیزات (۱۷)	۳۱۱/۵	۴۳/۴	۲۶۸
ساخت ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده در جای دیگر (۱۸)	۲۳۳/۸	۴۲	۱۹۲
ساخت ماشین آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی (۱۹)	۱۶۱/۲	۱۰	۱۵۱/۲
ساخت ماشین آلات و دستگاه های برقی طبقه بندی نشده در جای دیگر (۲۰)	۲۶۰/۶	۲۸	۲۳۳
ساخت رادیو و تلویزیون، دستگاه ها و وسایل ارتباطی (۲۱)	۹۰/۸	۱۹	۷۱/۸
ساخت ابزار پزشکی، ابزار اپتیکی، ابزار دقیق و انواع ساعت (۲۲)	۲۱۵	۳۳/۵	۱۸۱/۴

سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های... ۱۶۵

ادامه جدول (۱) -

بخش‌های اقتصادی	انرژی‌بری مستقیم و غیرمستقیم	انرژی‌بری مستقیم	انرژی‌بری غیرمستقیم
ساخت وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم تریلر (۲۳)	۱۵۹/۵	۱۹	۱۴۰/۵
ساخت سایر تجهیزات حمل‌ونقل (۲۴)	۲۰۲	۳۲/۵	۱۶۹/۵
ساخت مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر و بازیافت (۲۵)	۲۷۹	۴۵/۳	۲۳۳/۴
برق (۲۶)	۳۶۳۶	۳۰۶۸	۵۶۷/۷
توزیع گاز طبیعی (۲۷)	۱۲۹/۶	۱۰۸	۲۱/۶
آب (۲۸)	۴۰۷/۶	۱۵	۳۹۲/۶
ساختمان (۲۹)	۲۹۹	۰/۳	۲۹۸/۸
حمل‌ونقل (۳۰)	۷۰۲/۶	۶۰۱	۱۰۲/۴
سایر خدمات (۳۱)	۱۰۷	۱۷	۹۰

ماخذ: محاسبات پژوهش و روابط (۲) و (۳)

جدول (۳)، اطلاعات مربوط به دو سناریو یاد شده را نشان می‌دهد؛ سناریو نخست، فرض می‌شود واردات رقابتی بوده و بهره‌وری انرژی میان ایران و شرکای تجاری آن یکسان باشد. تحت این سناریو، خالص تراز تجاری محتوای انرژی کل ایران مثبت خواهد شد، اما ۲۳ بخش اقتصادی با کسری تراز تجاری محتوای انرژی روبه‌رو هستند. برای مثال، بخش‌های همچون ساخت فلزات اساسی و ساخت کاغذ و محصولات کاغذی به ترتیب با بالاترین کسری تجاری محتوای انرژی مواجه هستند. سناریو دوم، لحاظ کردن بهره‌وری انرژی میان ایران و شرکای تجاری ایران است که سناریویی واقع‌بینانه و منطقی‌تری است. در سناریو دوم ۱۸ بخش اقتصادی با کسری تجاری محتوای انرژی مواجه هستند و بخش‌های سایر معادن، ساخت منسوجات، ساخت مواد و محصولات شیمیایی، توزیع گاز طبیعی و سایر خدمات در این سناریو دارای مازاد تراز تجاری (محتوای انرژی) هستند. براساس نظریه هکشر اوهلین - که یکی از مطرح‌ترین نظریات در حوزه تجارت بین‌الملل است - کشورها کالایی را صادر می‌کنند که در تولید آن نیاز به عامل تولید ارزان و فراوان است و در مقابل کالایی را وارد می‌کنند که در تولید آن نیاز به استفاده

از عامل به نسبت گران و کمیاب دارند (شاگری، ۱۳۸۷). مصداق این نظریه در مورد الگوی تجارت خارجی ایران در خصوص محتوای انرژی کالا و خدمات است. از آنجایی که ایران دارای دومین منبع گاز طبیعی دنیا و جایگاه چهارم در ذخایر اثبات شده نفت خام است. بنابراین، دارای وفور منابع طبیعی (انرژی) است. براساس این نظریه، تراز تجاری محتوای انرژی در سطح کلان، مویذ مزیت نسبی است حال آنکه در سناریو اول ۲۳ و در سناریو دوم ۱۸ بخش اقتصادی با کسری محتوای انرژی روبه‌رو هستند. اطلاعات مربوط به ردپای بوم‌شناختی انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی نشان می‌دهد که بخش‌های برق، حمل و نقل و سایر محصولات کانی غیرفلزی به ترتیب بالاترین مقدار ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی را به خود اختصاص داده‌اند. ظرفیت زیستی ایران با احتساب جنگل‌های درختکاری شده قریب حدود ۱۶/۴ میلیون هکتار (۰/۲۲ هکتار-نفر)^۱ است که ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در هر دو سناریو بیشتر از ظرفیت زیستی هستند. به بیان دیگر، ایران در سال ۱۳۹۰ در سناریو اول ۲/۳ هکتار و در سناریو دوم ۲/۲ هکتار برای هر نفر با کسری ردپای بوم‌شناختی مواجه است. ردپای بوم‌شناختی ایران در سال ۱۳۹۰ در سناریو اول، بیش از ۱۹۱ میلیون هکتار و در سناریو دوم قریب به ۱۸۴ میلیون هکتار است.

۱- ظرفیت زیستی ایران (ظرفیت جذب سالانه دی‌اکسیدکربن جنگل‌های ایران)، قریب به ۳۴ میلیون تن است.

سجش ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی در بخش‌های... ۱۶۷

جدول (۲): محتوای انرژی (مستقیم و غیرمستقیم) کالا و خدمات وارداتی (واسطه‌ای و نهایی)، صادراتی و تقاضای نهایی داخلی-معادل

بشکه نفت خام / درصد

تقاضای نهایی داخلی	سه‌م	واردات نهایی	سه‌م	واردات واسطه‌ای	سه‌م	واردات واسطه‌ای ^۱	سه‌م	کل واردات	صادرات
۲۶۵۰۶۳۴	۲/۳۵	۱۵۶۶۳۷۶	۱/۸۴	۱۰۲۱۷۵۱	۰/۶	۱۳۰۷۵۴۶	۱/۶۴	۳۵۲۹۲۶۵	۲۰۱۳۰۲۱
۱۹۸۶۶۷۸	۰/۱۸	۱۲۵۰۰۰۳	۱/۴۷	۲۸۱۵۸۲۱	۱/۷	۳۳۳۹۴۱۵	۱/۶۴	۵۵۴۴۳۰۷	۲۲۵۳۶۱۷۳۳
۴۳۶۰۴۴۳	۰/۳۹	۴۴۷۸۵۳	۰/۵۳	۱۸۹۳۰۲۶	۱/۲	۲۴۱۵۱۹۶	۱/۱۹	۳۱۹۳۱۰۷	۲۶۳۸۷۸۹
۳۴۶۶۱۳۰۷	۳/۰۷	۳۳۳۰۴۶۴	۴/۲۷	۲۲۵۱۳۸۲	۱/۴	۲۸۷۵۸۴۱	۱/۴۲	۸۰۲۰۶۹۹	۳۴۵۸۹۷۸
۸۲۱۳۴	۰/۰۱	۴۵۰۶۳	۰/۰۵	۱۰۰۹	۰	۱۳۳۵	۰	۶۲۸۲۶	۲۱۲۵
۳۲۷۷۷۰	۰/۲۹	۴۱۹۶۰۲	۰/۵	۶۳۲۲۸۳	۰/۴	۷۵۳۴۴۸	۰/۳۷	۱۴۳۴۳۸۸	۱۲۰۱۴۴۷
۵۲۲۱۲۰	۰/۵	۳۲۲۱۷۳	۰/۰۴	۲۷۰۵۲	۰/۰۲	۳۴۲۴۹	۰/۰۲	۸۰۸۹۸	۹۹۰۳۳
۲۰۴۳۲۲	۰/۰۲	۳۳۱۰۷	۰/۰۳	۱۶۰۷۰	۰/۰۱	۱۷۷۵۴	۰/۰۱	۵۳۴۲۲	۲۵۷۸۲۰
۱۱۳۲۳۳۳	۰/۱	۳۰۳۰۷۸	-۰/۰۵	۱۴۳۶۷۵۵	۰/۹	۱۸۳۸۰۶۶	۰/۹	۱۹۰۵۵۲۲	۲۸۴۲۱۸
۳۲۶۹۸۶۸	۰/۲۹	-۴۵۶۰۵۴	-۰/۵۴	۵۵۱۳۳۳۱	۳/۴	۷۰۲۴۰۹۶	۳/۴	۶۸۹۶۱۴۹	۷۰۰۱۰۵
۴۰۴۱۷۸۱	۰/۰۴	۱۶۵۲۳	۰/۰۲	۴۶۷۶۱	۰/۰۳	۶۰۵۳۳	۰/۰۳	۸۶۲۹۶	۵۱۴۵۲
۳۵۸۹۲۱۳۸	۳/۱۸	۵۱۹۰۷۶۱	۶/۱۱	۱۱۵۶۹۵۸۷	۷/۱	۱۳۶۰۳۳۶۶	۶/۷	۲۲۸۵۵۰۲۰	۱۶۱۵۹۸۲
۱۲۷۲۵۸۵۵	۱۱/۲۷	۱۶۵۴۴۰۹۸	۱۹/۴۶	۴۰۳۴۵۹۴۲	۲۴/۸	۴۹۰۳۶۷۹۰	۲۴/۸	۷۷۵۳۷۳۳۷	۷۵۵۲۱۴۰۰۹
۳۲۳۲۰۶	۰/۲۵	۱۹۲۱۶۸	۰/۲۳	۱۱۹۵۸۹۲	۰/۷۳	۱۴۷۶۶۸۶	۰/۷۳	۱۸۹۲۸۰۹	۱۰۷۸۲۹۵
۱۳۵۸۷۵۷۳۰	۱۳/۰۳	۴۱۱۹۶۶۱	۴/۸۵	۱۰۵۸۶۸۴۵	۶/۵	۱۳۸۱۲۷۰۶	۶/۵	۲۰۰۵۳۳۶	۲۲۹۴۸۵۵۷
۶۴۶۶۰۱۷۱	۵/۷	۹۹۰۵۷۷۱	۱۱/۶۵	۳۳۳۹۰۱۶	۲/۰	۴۱۶۴۱۱۴۳	۲/۰۵	۵۷۶۲۰۱۶۴	۱۴۶۰۸۴۰۴
۳۹۶۸۵۷۹	۰/۳۵	۶۴۰۰۷۹	۰/۷۶	۶۵۰۰۲۸	۰/۴۱	۸۳۳۳۵	۰/۴۱	۱۷۷۱۵۰۹	۳۸۷۴۴۴
۳۱۳۲۲۶۴	۰/۲۸	۲۸۴۶۵۰	۳/۳۵	۱۳۳۶۳۶۳	۰/۸۴	۱۶۹۹۲۱۲	۰/۸۴	۵۷۰۳۴۹۲	۴۹۳۷۶۰۴
۵۲۷۶۶	۰	۹۲۶۰۰	۰/۱۱	۲۰۴۷۹	۰/۰۱	۲۴۶۲۸	۰/۰۱	۱۵۴۱۹۹	۲۰۰۵
۱۳۸۲۸۸۳	۰/۱۲	۵۰۳۸۱۱	۰/۵۹	۴۴۳۴۴	۰/۲۸	۵۵۸۸۵۶	۰/۲۸	۱۲۹۲۳۹۳	۲۲۴۱۳۸
۸۴۳۸۸۲	۰/۰۱	۳۲۰۳۳۰	۰/۳۸	۶۴۴۷۳	۰/۰۴	۸۰۱۲۸	۰/۰۴	۵۲۴۷۳۶	۱۱۰۴۶
۳۶۳۸۰۲	۰/۰۳	۳۸۸۵۲۰	۰/۴۶	۱۳۵۸۹۱	۰/۰۸	۱۶۶۶۰۸	۰/۰۹	۷۱۵۱۰۵	۲۲۳۶۷
۶۳۰۲۵۰۴	۰/۵۶	۱۰۹۲۴۵۲	۱/۳	۱۰۶۶۶۵۳	۰/۶۶	۱۴۳۳۵۲۲	۰/۷۱	۲۹۴۴۲۳۵	۱۵۹۲۹۰
۵۴۰۰۴۴	۰/۰۵	۲۵۶۵۷۸	۰/۳۰	۸۹۳۹۰	۰/۰۶	۱۱۷۵۵۰	۰/۰۶	۴۷۱۷۷۵	۱۶۰۲۵
۲۸۶۶۷۰۷	۰/۲۵	۱۶۶۷۰۴	۰/۲۰	۵۵۲۸۰	۰/۰۳	۶۹۷۴۱	۰/۰۳	۳۰۲۷۰۵	۴۳۹۹۹۹
۳۴۱۸۷۰۷۴۱	۳۰/۲۷	۱۴۸۶۰۷۹۹	۱۷/۴۸	۲۶۶۳۹۱۰۴	۱۶/۳۸	۳۳۷۹۶۵۶	۱۶/۳۳	۵۶۵۹۰۷۷۶	۶۳۸۹۲۲۷
۲۵۴۵۲۷۲۹	۲/۲۵	۲۷۶۴۷۷۱	۳/۲۵	۶۱۹۸۶۱۶	۳/۸	۷۲۵۸۲۶۰	۳/۵۷	۱۲۲۲۲۸۸۳	۱۱۴۷۴۶۱۹
۳۹۹۶۲۲	۰/۰۴	۱۴۸۷۶	۰/۰۲	۱۸۷۱۰	۰/۰۱	۲۳۵۳۰	۰/۰۱	۴۵۷۹۸	۳۲۸۱۱
۲۱۵۰۸۶	۰/۰۲	۸۲۹	۰	۷۳۵	۰	۹۲۸	۰	۲۱۳۲	۲۷۴۴
۲۴۵۲۰۱۲۳۱	۲۱/۷	۱۶۶۴۱۴۱۳	۱۹/۶	۱۳۵۹۸۷۱۷	۸/۴	۱۷۱۳۳۹۳۷	۸/۴۳	۴۱۳۳۶۵۴۱	۵۷۴۶۰۳۵۹
۵۵۱۰۸۳۷۷	۴/۸۸	۱۵۱۴۳۷	۱/۷۸	۵۸۷۵۲۸	۰/۴	۷۲۳۰۵۷	۰/۳۶	۲۸۵۳۹۶۳	۲۷۷۱۲۹۰
۱۱۲۹۴۱۲۷۸۵	۱۰۰	۸۵۰۰۲۳۷۸	۱۰۰	۱۶۲۵۹۹۲۹۳	۱۰۰	۲۰۳۱۷۰۱۲۳	۱۰۰	۳۳۷۶۳۸۶۴۴	۵۰۶۷۶۹۴۱۹

۱- واردات واسطه‌ای که در جریان تولید کالاها و خدمات مصرف داخلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

۲- از آنجاییکه در سال ۱۳۹۹ تغییر در موجودی انبار در دو بخش ساخت چوب و محصولات چوبی و ساخت کاغذ و محصولات کاغذی منفی بوده است و باعث شده عدد واردات نهایی منفی گردد. ذکر این نکته ضروری است چون بخش تغییر در موجودی انبار نقش تراز کننده بخش سرمایه‌ای را دارد و اشتباهات آماری هم در آن لحاظ شده است.

ماخذ: محاسبات پژوهش و روابط (۴)، (۵)، (۶)، (۷)، (۸) و (۹)

۱۶۸ فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، سال نوزدهم، شماره ۷۳، تابستان ۱۳۹۸

جدول (۳): ردیای بوم‌شناختی انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی - معادل بشکه نفت خام / تن / هکتار

سناریو / بخش	سناریو اول		سناریو دوم ^۱	
	تراز تجاری	Co2 منتشر شده	ردیای بوم‌شناختی ^۱	تراز تجاری
۱	-۱۵۱۶۲۴۴	۱۳۱۸۸۳۱	۵۸۵۲۶۸۲	-۵۷۵۱۰۶
۲	۳۱۹۸۱۸۴۲۷	۱۷۰۵۸۷۳	۸۱۹۱۰۵	۱۴۱۴۴۳۹
۳	-۵۶۳۳۱۸	۲۵۶۱۲۸۳	۱۲۳۰۵۱۷,۵	۲۳۵۹۴۲۵
۴	-۴۵۶۱۷۲۰	۸۰۴۱۳۹۱	۳۸۱۱۲۱۶	۷۷۰۶۲۸۹
۵	-۶۰۷۰۰	۳۷۱۱۷	۱۳۰۲۰,۸	۳۴۰۰۴
۶	-۲۳۳۹۴۱	۷۹۰۶۷۰	۳۷۹۶۵۴	۷۴۱۹۵۸
۷	۱۸۱۳۴	۱۳۳۱۰,۸	۵۹۱۱۲,۶	۱۱۹۶۴۱
۸	۲۰۴۳۹۸	۴۸۶۴۹	۲۳۳۵۹,۴	۴۶۴۳۶
۹	-۱۶۲۱۷۰۴	۳۷۶۷۴,۸	۱,۸۰۹۰۲	۳۳۲۶۹۳
۱۰	-۶۱۹۶۰۴۴	۱۱۲۵۳۲۲	۵۴۰۳۴۳	۹۸۳۴۷
۱۱	-۳۴۸۴۴	۸۷۱۲۶	۴۱۸۳۵	۸۴۴۳۱
۱۲	-۶۶۹۵۱۵۸	۱۷۵۶۹۵۱۱	۸۴۳۶۳۴۵,۸	۱,۶۲۱۲۹۹۷
۱۳	-۲۰۵۵۹۲۲	۲۴۴۳۵۸۴۲	۱۰۷۷۲۹۶۶	۲۰۷۷۵۳۶۴
۱۴	-۸۱۴۵۱۴	۶,۸۸۶,۷	۳۳۰۶۴۶,۷	۶۳۷۹۰۵
۱۵	۳۸۹۴۳۴۱	۲۷۴۸۵۰۷۸	۱۳۱۹۷۴۴۶,۳	۲,۶۸۶۶۳۹
۱۶	-۴۳۰۱۱۷,۶۰	۱۷۱۶۴۶۳۰	۸۲۴۱۹۰,۷	۱,۵۵۶۱۲۴۸
۱۷	-۱۳۸۴۰۲۶	۱۰۲۸۱۵۳	۴۹۳۳۶	۹۶۰۱۳۹
۱۸	-۵۲۱۰۲۱۲	۱۴۴۶۷۹۷	۶۹۴۷۰,۵	۱,۲۱۴۲۲۶
۱۹	-۱۰۲۱۹۴	۳۷۹۵۵	۱,۸۲۴۴,۹	۳۰۶۱۰
۲۰	-۱۰,۶۸۲۵۵	۴۳۴۲۰,۱	۲۰,۸۴۸۹,۵	۳۸۶۲۷۴
۲۱	-۵۱۳۶۸۵	۱۰۵۳۰,۴	۵۰۵۶۳,۷	۸۱۴۳۰
۲۲	-۶۹۲۷۳۸	۱,۸۸۳۵۲	۹۰۳۹۲,۷	۱۵۶۶۴۴
۲۳	-۳۷,۸۷۹۴۵	۱۵۴۳۸۸۳	۷۴۱۳۲۲,۸	۱,۴۳۷۸۱۹
۲۴	-۴۵۵۷۹۴	۱,۸۶۷۲۸	۸۹۶۶۰,۸	۱,۶۵۲۹۲
۲۵	۱۳۷۱۹۴	۶۵۱۲۰,۶	۳۱۲۶۸,۲	۶۳۶۵۹۳
۲۶	۱۰۳۰۷۴۵۱	۱۳۸۵۶۱۶۶۷	۶۶۵۳۳۰,۴,۸	۱۳,۴۸۹۷۲۶۸
۲۷	-۷۴۸۲۶۴	۱۰,۲۴۱۱۱۷	۴۹۱۷۴۵۳,۵	۹,۵۹۹۵۸۲
۲۸	-۱۲۹۸۷	۱,۴۳۶۶۴	۶,۸۹۸۲,۸	۱۴۰۷۸۴
۲۹	۶۱۲	۷۲۰۳۲	۳۴۵۸۷,۶	۷۱۸۹۰
۳۰	۱۶۲۲۳۸۱۸	۱۱۱۶۰۴۹۵۷	۵۳۵۸۹۰۹۲	۱۰,۸۲۱۰۵۶۴
۳۱	-۸۳۲۱۳	۱۹۱۳۰۶۵۴	۹۱,۸۵۹۲۱,۷	۱,۸۹۱۴۱۳۷
کل	۱,۶۹۱۳۰,۷۷۶	۳۹,۷۷۹,۸۰۷	۱,۹۱۰,۱۰۱۳۰	۲۵,۹۱۶,۷۷۷

۱- تفاوت سناریو مذکور با سناریو نخست، ملحوظ نمودن تفاوت تکنولوژی میان ایران و شرکای تجاری آن است که با تأثیر در مقدار مصرف انرژی، دی اکسید کربن منتشر شده و ردیای بوم‌شناختی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.
 ۲- میزان ردیای بوم‌شناختی براساس تعریف و ظرفیت جذب دی‌اکسیدکربن در سال جنگل‌های ایران محاسبه شده است.
 ماخذ: محاسبات پژوهش و روابط (۱۰) و (۱۱)

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی

در این مقاله به‌طور اجمالی شاخص ردپای بوم‌شناختی معرفی شد و محتوای انرژی کالاهای و خدمات صادراتی، واردات (واسطه‌ای، نهایی)، تقاضای نهایی و ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی با استفاده از جدول داده-ستانده در سطح بخش‌های اقتصادی محاسبه شد.

نتایج نشان می‌دهد که ایران در مجموع صادرکننده محتوای انرژی در کالاهای و خدمات است. از آنجایی که ایران دارای وفور منابع طبیعی (انرژی‌های فسیلی) است چنین نتیجه‌ای محتمل است. هرچند در صورت فرض عدم تفاوت بهره‌وری انرژی در تولید، ۲۳ بخش اقتصادی با کسری تراز محتوای انرژی مواجه خواهند بود که از میان آن‌ها می‌توان به صنایع ساخت فلزات اساسی و ساخت کاغذ و محصولات کاغذی اشاره کرد و با وجود ملحوظ کردن تفاوت بهره‌وری انرژی، این تعداد به ۱۸ بخش اقتصادی تقلیل می‌یابد.

نظر به اینکه جایگاه ایران از منظر انتشار گازهای گلخانه‌ای جزء ۱۰ کشور اول دنیا است، محتمل است طی سال‌های آینده، نهادهای بین‌المللی و محیط‌زیست جهانی محدودیت‌هایی را فراروی ایران قرار دهند. یکی از نمونه‌های این محدودیت‌ها، توافق پاریس (کاپ ۲۱) است که کشورهای حاضر در این کنفرانس در ۲۲ آوریل سال ۲۰۱۶ توافق کردند که مجموعه اقداماتشان به گونه‌ای باشد که اجازه ندهند دمای کره زمین تا پایان قرن جاری میلادی از ۱/۵ درجه سلسیوس بیشتر افزایش پیدا کند که ایران نیز در این میان، این توافق را البته به صورت مشروط و در صورت کمک‌های مالی بین‌المللی و رفع تحریم‌ها پذیرفته است. از این‌رو، انتظار می‌رود سیاست‌گذاران به بازآرایی ساختار نهادی تولید و تکنولوژی بخش‌های اقتصادی کشور اقدام کرده و برای به‌روز کردن تکنولوژی و فناوری‌های تولید اقدام کنند. همچنین از صادرات مواد خام طبیعی به سمت صادرات کالا و خدمات با محتوای انرژی حرکت کنند.

براساس نتایج این پژوهش برای بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی باید سیاست‌گذاری بلندمدت و متناسب با موازین توسعه پایدار از طریق شناسایی روابط متقابل فعالیت‌های اقتصادی پیشرو در اقتصاد و مطالعه ماهیت آن‌ها از منظر میزان انرژی‌بری و انتشار آلاینده باشد. بخش‌های برق و حمل‌ونقل که بالاترین سهم در مصرف انرژی و انتشار آلاینده را دارند. همچنین با توجه به بخش‌هایی مانند مواد و محصولات شیمیایی، ساخت منسوجات که در سناریو دوم داری تراز تجاری مثبت محتوای انرژی هستند از مهم‌ترین بخش‌های

۱۷۰ فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، سال نوزدهم، شماره ۷۳، تابستان ۱۳۹۸

هستند که نیازمند تجدیدنظر و برنامه‌ریزی دقیق‌تری هستند. ارتقای صنعت خودروسازی برای کاهش میزان مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌ها و توسعه حمل‌ونقل عمومی و افزایش بهره‌وری و کارایی انرژی می‌تواند مبنای برنامه‌ریزی قرار بگیرد.

منابع

الف- فارسی

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

بانویی، علی‌اصغر، زهرا ذاکری، مرضیه مومنی و مجتبی اسفندیاری کلوکن (۱۳۹۳)، «سنجش وضعیت صادرات و واردات آب مجازی در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران»، همایش مدیریت یکپارچه منابع و مصارف آب با تکیه بر توسعه پایدار منطقه البرز مرکزی- دانشگاه تهران- موسسه آب.

بانویی علی‌اصغر و الهام کمال (۱۳۹۳)، «سنجش محتوای مستقیم و غیر مستقیم دی‌اکسید کربن در صادرات و واردات ایران با استفاده از رویکرد داده- ستانده»، *فصلنامه سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی*، دانشگاه الزهراء، شماره ۲. صص ۷۰-۴۱. ترانزنامه هیدروکربوری کشور (۱۳۹۰)، موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.

تیموری، ایرج، فاطمه سالاروندیان و کرمت الله زیاری (۱۳۹۳)، «ردپای اکولوژیکی گازی اکسید کربن سوخت‌های فسیلی شهر شیراز»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۱، صص ۲۰۴-۱۹۳.

تیموری، ایرج و امیر محمدی‌فر (۱۳۹۴)، «بررسی روند تغییرات ردپای اکولوژیکی سوخت‌های فسیلی استان‌های کشور ۱۳۸۸-۱۳۷۸»، *دوماهنامه مرکز آمار*، شماره ۱۴. جهانگرد، اسفندیار و هدیه تجلی (۱۳۹۰)، «تجزیه شدت انرژی‌بری در صنایع کارخانه‌ای ایران»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۳۱، صص ۵۸-۲۵.

سرایبی، محمدحسین و فرشاد عبدالحمیدزارعی (۱۳۹۰)، «بررسی پایداری منابع بوم‌شناختی با استفاده از شاخص جای پای بوم‌شناسی: مورد ایران»، *مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، شماره ۱، صص ۱۰۶-۹۷.

شاکری عباس و سیروس امیدوار (۱۳۸۷)، «آزمون نظریه هکشر- اوهلین در مورد صادرات و واردات چین»، *پژوهشنامه اقتصادی*، شماره ۴، صص ۱۰۳-۸۳.

۱۷۲ فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی، سال نوزدهم، شماره ۷۳، تابستان ۱۳۹۸

طرح آماری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، مرکز آمار ایران (۱۳۸۱) و (۱۳۹۰)

طرح آماری از کارگاه‌های صنعتی ۱ تا ۹ نفر کارکن، مرکز آمار ایران (۱۳۸۱) و گریفین، کیت، راهبردهای توسعه اقتصادی، ترجمه حسین راغفر و محمدحسین هاشمی، نشر نی (۱۳۸۴).

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۳۹۳)، «ضرورت توجه به محیط‌زیست در قانون هدفمندی یارانه‌ها: بررسی میزان انتشار مستقیم و غیرمستقیم آلاینده‌های CO₂»، ذاکری، زهرا و ابوالحسن والی زاده، شماره مسلسل، ۱۳۶۶۳

مهرابی بشرآبادی، حسین و عادل اسمعیلی (۱۳۹۰)، «تجزیه و تحلیل ورودی-خروجی انرژی در بخش کشاورزی ایران»، *مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه*، شماره ۷۴. نظام طبقه‌بندی *ISIC* rev 3.

تارنمای منابع طبیعی و آبخیزی داری کشور <http://frw.org.ir>

تارنمای بیابان‌زدایی <http://mohammaddarvish.ir>

ب- انگلیسی

Brundtland Report (1987), "Report on the World Commission on Environment And Development", United Nations General Assembly Resolution 42-187.

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", *Journal of Ecological Economics*, Vol 27:149-160.

Carballo P.A & Sebastian V.C. (2008), "Applying physical Input-Output Tables of Energy to Estimate The Energy Ecological footprint of Galicia", *Journal of Energy Policy*, Vol 36 ; 1148-1163.

Cruz, L. (2002), "Energy -Environment -Economy Interactions: An Input-Output Approach Applied to Portuguese case" The 7th Biennial conference of the International Society for Ecological Economics (Tunisia), 6-9 March.

Daily, G. & Ehrlich, P. (1992), "Population, Sustainability And The Earth's Carrying Capacity", *Journal of Bioscience*. Vol. 42 No. 10: 761-771.

- Dietzenbacher, Erik. (2011), "A Correct Method to Determine the Factor Content of Trade. 19th International IO conference, Alexandria, U.S.A, 13-17 June.
- Ferng, J-J. (2001), "Methods Using Composition of Land Multiplier to Estimate Ecological Footprints Associated with Production Activity", *Journal of Ecological Economics*, Vol 37: 159-172.
- Ferng, J-J. (2002), "Analysis Toward a Scenario Analysis Framework For Energy Footprints", *Journal of Ecological Economics*, Vol 40; 53-69.
- Gilman, R. (1996). "Sustainability, URL: <http://www.context.org/ICLIB/DEFS/AIADef.htm>.
- Hubacek, K. & Giljum, S. (2003), "Applying Physical Input-Output Analysis to Estimate Land Appropriation (Ecological Footprint) of International Trade Activities", *Journal of Ecological Economics*, Vol. 44: 137-151.
- Hong I, Dong Z.P, Chunyu H, And Gang W. (2007), "Evaluating The Effects of Embodied Energy in International Trade on Ecological Footprint in China", *Journal of Ecological Economics*, Vol 62; 136-148.
- Lenzen, M. & Murray, S. (2001). "A Modified Ecological Footprint Method And its Application to Australia", *Journal of Ecological Economics*, Vol, 62 No 37: 229-255.
- Monfreda, C, Wackernagel, M. and Deumling, D. (2004), "Establishing National Natural Capital Accounts Based on Detailed Ecological Footprint And Biological Capacity Assessments", *Journal of Land Use Policy*, Vol 21, No 3: 231-246.
- Pei, J. Oosterhaven, J. and Dietzenbacher, E. (2012), "How Much Do Exports Contribute to China's Income Growth", *Journal of Economic Systems Research* Vol. 24. No3: 275-284 .
- Rees, W.E. (1992), "Ecological Footprints and Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves out" *Journal of Environment & Urbanization*. Vol. 4, No. 2, : 120-130.
- Rees, W. E (1996), "Revisiting Carrying Capacity: Area-based Indicators of Sustainability", *Journal of Population & Environment*, Vol. 17: 195-215.
- Rees W.E, (2012), "Ecological Footprint, Concept of Chapter in Encyclopedia of Biodiversity' (2nd Ed). Published by Academic Press, San Diego.
- Wackernagel, M. & Rees, W. (1996), "Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on The Earth", New Society Publishers, Gabriola Island, BC And Philadelphia, PA.

- Wackernagel, M, Onisto, L., Bello, P., Linares, A. C., Falfan, I. L., Garcia, J. M, Guerrero, A. S. & Guerrero, G. S.(1999), “National Natural Capital Accounting With The Ecological Footprint Concept, *Journal of Ecological Economics*, Vol. 29,: 375-390.
- Wiedmann, T., Minx, J., Barrett J. & Wackernagel, M. (2006), “Allocating Ecological Footprints to Final Consumption Categories With Input–Output Analysis”, *Journal of Ecological Economics*, Vol 56: 28– 48.
- WB (2015), World Development Indicators, World Bank.
- Miller, R. E. & Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, Second Edition, Cambridge University Press.
- McDonald, G. W & Patterson G.(2004), “Ecological Footprints And Interdependencies of New Zealand Regions”, *Journal of Ecological Economics* , Vol 50 :49– 67.
- Manferd Lenzen(1998), “Primary Energy And Greenhouse Gases Embodied in Australian Final Consumption: an Input – Output Analysis”, *Journal of Energy Policy*, Vol. 26, No. 6;495- 506.
- Kai F, Reinout H, Geert D(2013), “The Footprint Family: Comparison And Interaction of The Ecological, Energy, Carbon And Water Footprints”, *Journal of Revue de Métallurgie* ,110, 79– 88 .
- Kai F, Reinout H, Geert D (2014), “Theoretical Exploration for The Combination of The Ecological, Energy, Carbon, And Water Footprints: Overview of Footprint Family”, *Journal of Ecological Indicators*, Vol 36, 508– 518.
- Xu T, Baosheng Z, Lianyong F, Simon S, Mikael H(2012), “Net oil Exports Embodied in China’s International Trade: An Input-output Analysis”, *Journal of Energy*, Vol 48;464-471.