نشریه علمی سیاست‌گذاری اقتصادی
مقاله پژوهشی/ سال سیزدهم، شماره بیست و پنجم، بهار و تابستان ۱۴۰۰

سنجش ردپای انرژی‌های فسیلی در بخش‌های اقتصادی استان یزد با رویکرد داده – ستانده

فرناز دهقان بنادکوکی[۱]
زهرا نصراللهی[۲]
فاطمه بزازان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۹

چکیده

علیرغم اهمیت ویژه ردپای انرژی، تعداد پژوهش‌های داخلی انجام شده در این حوزه بسیار ناچیز است. شاخص ردپای انرژی در سطح کلان، در مقایسه با سنجش آن در سطح بخشی، از دقت کم‌تری برخوردار است. بر این اساس در مقاله حاضر به منظور سنجش وضعیت مصرف انرژی‌های فسیلی در سطح بخش‌های اقتصادی استان یزد، شاخص ردپای انرژی به طور اجمالی معرفی و با توجه به چارچوب نظری این شاخص، محتوای انرژی‌های فسیلی در سال ۱۳۹۰ برای بخش‌های این استان محاسبه شده است. نتایج حاکی از آن است که استان یزد در سطح کلان و بخشی واردکننده خالص انرژی‌های فسیلی در سال ۱۳۹۰ بوده است. اطلاعات مربوط به کسری تراز تجاری محتوای انرژی‌های فسیلی بیان‌گر آن است که در سال ۱۳۹۰ اقتصاد استان یزد دارای کسری تراز تجاری معادل ۵۸۵،۱۰۰،۳۴۲ تن بوده و فقط هفت بخش اقتصادی شامل: «نفت‌خام، گاز طبیعی و سایر معادن»، «سایر محصولات غذایی، آشامیدنی و تنباکو»، «ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک»، «ساخت محصولات کانی غیر فلزی»، «ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین‌آلات و تجهیزات»، «ساخت، تعمیر و نصب محصولات رایانه‌ای، ساخت و تعمیر وسایل برقی» و «سایر خدمات» نیز دارای تراز تجاری ردپای انرژی مثبت هستند. یافته‌های مربوط به کسری تراز تجاری محتوای انرژی‌های فسیلی در اغلب بخش‌های اقتصادی استان حاکی از آن است که فعالیت‌های صنعتی و تولیدی در استان در سطح نازلی قرار دارند. به بیان دیگر کسری تجاری استان مؤید این نکته است که ساختار اقتصاد استان وابسته به دنیای خارج از خود است.

واژگان کلیدی: انرژی، جدول داده- ستانده منطقه‌ای، یزد.

Keywords: Energy, Regional Input-Output Table, Yazd.
JEL Classification: R, Q4, C67.

[۱]. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد محیط زیست، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، ایران
dehghan.f73@gmail.com

[۲]. دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری دانشگاه یزد، یزد، ایران (نویسنده مسئول)
nasr@yazd.ac.ir

[۳]. دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران
Fatemeh.Bazzazan@alzahra.ac.ir

۱- مقدمه

رشد و توسعه اقتصادی مستلزم به کارگیری بیشتر سرمایه انسانی، فیزیکی و منابع طبیعی به منظور افزایش تولید و درآمد سرانه است، بهره‌برداری از منابع با افزایش جمعیت، روند جهانی‌شدن، افزایش مصرف و رشد شهرنشینی در چند دهه اخیر شدت یافته است. هر چند بشر سعی کرده در تأمین خواسته‌های خود با اتکا به پیشرفت فناوری، محدودیت منابع در دسترس را مدیریت کند، اما اهمیت نقش سرمایه‌های طبیعی در فرآیند توسعه و عدم پاسخ‌گویی ظرفیت کره زمین برای بازتولید منابع طبیعی مورد استفاده در فرآیند تولید، باعث تخریب بیشتر منابع و انباشت ضایعات و پسماندها روی کره زمین شده است. به شکلی که تداوم این فرآیند نه‌تنها زندگی موجودات زنده نسل حاضر را به مخاطره انداخته بلکه حقوق نسل‌های آتی در بهره‌مندی از مواهب طبیعی را تحت‌الشعاع خود قرار داده است. به این علت هدف دستیابی به توسعه با دستیابی به توسعه پایدار جایگزین شده است به شکلی که در فرآیند رشد و توسعه، صرفاً افزایش تولید و درآمد سرانه مهم نیست بلکه پایداری رشد و توسعه که مستلزم توجه به سلامت منابع مختلف از جمله منابع محیط زیستی یک منطقه نیز هست، مد نظر قرار گرفته است. در این راستا مناطق مختلف بهره‌برداری هوشمندانه و رعایت استانداردهایی در استفاده از منابع و به طور خاص منابع محیط زیستی را سرلوحه عمل قرار داده‌اند. از جمله این منابع انواع مختلف انرژی‌های تجدیدناپذیر است. توجه به انرژی‌های تجدیدناپذیر به عنوان یک عامل تولید در منطقه، نه‌تنها به‌واسطه پایان‌پذیری آن‌ها بلکه به علت نقش مؤثر آن در آلایندگی محیط زیست حائز اهمیت است. در حال حاضر ایران به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه در مرحله گذار توسعه صنعتی قرار دارد و انتظار می‌رود در مسیر رشد خود با افزایش روزافزون مصرف انرژی جهت افزایش تولید مواجه باشد. لذا توجه به بهبود کارایی انرژی‌های فسیلی و به تبع آن کاهش اثرات محیط زیستی از اهمیت بسزایی برخوردار است. بنابراین بررسی محتوای انرژی‌های فسیلی کالاها و خدمات صادراتی و وارداتی و تراز تجاری انرژی‌های فسیلی در سطح بخش‌های اقتصادی با استفاده از شاخص ردپای بوم‌شناختی انرژی[1] در شناسایی و برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از انرژی‌های فسیلی و کارکرد بخش‌های اقتصادی مؤثر است.

یکی از خلأهای اساسی در حوزه انرژی، عدم برخورداری از تحلیل‌های مبتنی بر زنجیره تولید و غفلت از بررسی محتوای انرژی در نهاده‌های واسطه‌ای در سطح ملی و منطقه‌ای است. حال آن‌که

[1]. Ecological Footprint of Energy

عدم توجه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان به ابعاد فضایی و منطقه‌ای می‌تواند سبب بروز ناکارآمدی اقتصادی و عدم تعادل‌های منطقه‌ای شود (ژو و همکاران[1] ۲۰۱۶). بررسی میزان مصرف انرژی و آثار محیط زیستی فعالیت‌های اقتصادی در سطح مناطق و استان‌های کشور جهت دستیابی به توسعه پایدار از اهمیت بالایی برخوردار بوده و می‌تواند تصویر روشن‌تری از وضع موجود ارائه نماید تا سیاست‌ها و راهبردهای متناسب‌تری در آینده اتخاذ شود.

استان یزد به عنوان یکی از استان‌های صنعتی کشور و با مساحت ۱۲۹،۲۸۵ کیلومتر مربع (۷/۹ درصد مساحت کل کشور) در مرکز ایران واقع شده است. این استان بر اساس حساب‌های منطقه‌ای سال ۱۳۹۰ حدود ۱/۶ درصد تولید ناخالص داخلی کل کشور را به خود اختصاص داده است. مجموع مصرف چهار فرآورده استان یزد (بنزین، نفت سفید، گازوئیل و نفت کوره) در سال ۱۳۹۰، معادل ۲۲۱۷ میلیون لیتر بوده است که این میزان مصرف، ۲/۹ درصد مصرف کل کشور را شامل می‌شود و استان را در رتبه ۱۵ قرار داده است (شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، ۱۳۹۰). بر این اساس انتظار می‌رود که با توجه به موقعیت جغرافیایی و بافت صنعتی این استان، مصرف انرژی‌های فسیلی آن نسبت به سایر استان‌های کشور بیشتر باشد. از این رو، در این پژوهش به بررسی موردی استان یزد جهت بررسی دقیق‌تر انرژی‌بری بخش‌های مختلف اقتصادی پرداخته شده است. با توجه به روابط متقابل میان فعالیت‌های اقتصادی و مصرف انرژی، هدف این مقاله بررسی آثار افزایش تولید بر مصرف انرژی و محتوای انرژی کالاها و خدمات بخش‌های مختلف اقتصادی در سطح استان یزد با استفاده از الگوی داده ـ ستانده منطقه‌ای است. بدین منظور از جدول داده ـ ستانده منطقه‌ای سال ۱۳۹۰ استان یزد که با به‌کارگیری جدول داده ـ ستانده سال ۱۳۹۰ مرکز آمار و حساب‌های منطقه‌ای سال ۱۳۹۰ به روش سهم مکانی خاص صنعتی فلگ (SFLQ)[2] بدست آمده و نیز از آمار انرژی همان سال استفاده شده است. مقاله حاضر در پی پاسخ به این دو سؤال است؛ نخست، وضعیت بخش‌های مختلف اقتصادی استان به لحاظ محتوای انرژی‌های فسیلی واردات، صادرات به چه صورت است؟ و دوم در سال ۱۳۹۰ کدام بخش‌های استان دارای مازاد تراز تجاری محتوای انرژی‌های فسیلی است؟

1. Zhao (2016)
2. Industry-Specific FLQ Method

۲- مفهوم ردپای بوم‌شناختی[1] منابع طبیعی با تأکید بر ردپای بوم‌شناختی انرژی

امروزه مدیریت منابع انرژی‌های فسیلی در طراحی سیاست‌های انرژی، به عنوان یک محدودیت بسیار مهم در رسیدن به توسعه پایدار مطرح شده است زیرا لازمه قابل اعتماد بودن شاخص‌های توسعه پایدار، وجود اطلاعات مناسب و جامع در خصوص مصرف منابع انرژی‌های فسیلی و اثرات محیط زیستی آن است. در دهه‌های اخیر بسیاری از صاحب‌نظران در عرصه اقتصادی و محیط زیستی بر آن شدند تا با یکپارچه‌سازی نظرات مختلف در خصوص اتخاذ یک رویکرد بیوفیزیکی به بررسی اصل پایداری و تطبیق نیازهای درونی اقتصاد به مسئله ظرفیت حمل کره زمین بپردازند. از این رو، بسیاری از تحلیل‌گران اقتصاد محیط زیست، شاخص بیوفیزیکی ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی را معرفی کردند (بانویی و کمال، ۱۳۹۳). شاخص ردپای بوم‌شناختی در دهه ۱۹۹۰ با عبارت «ظرفیت حمل»[2] توسط واکرناگل[3] مطرح و پس از کاربرد این روش توسط واکرناگل و ریس[4] در سال ۱۹۹۶ به منظور محاسبه ردپای بوم‌شناختی سیزده کشور توسعه‌یافته با استفاده از داده‌های منابع جهانی در محیط‌های علمی رایج شد.

ردپای بوم‌شناختی به عنوان یک معیار پایداری و ابزار حسابداری مناسب برای سنجش میزان استفاده انسان از سرمایه‌های طبیعی به کار می‌رود (واکرناگل و سیلوراستاین[5] ۲۰۰۰) و مشخص می‌کند برای تأمین نیازهای داخلی جامعه چه میزان از سرمایه‌های طبیعی (زمین، آب و انرژی) در مقیاس جهانی کاسته می‌شود (ریس، ۲۰۱۲). برای پایداری ردپای بوم‌شناختی مسئله ظرفیت حمل با طرح یک فرض ضمنی آغاز شد که رفاه اقتصادی درازمدت به تأمین معیارهای پایداری قوی بستگی دارد (ریس، ۱۹۹۶) و پایداری در صورت حفظ منابع طبیعی امکان‌پذیر است. ظرفیت حمل عبارت است از جمعیت یک گونه خاص که می‌تواند به طور نامحدود در یک زیستگاه مشخص بدون آسیب رساندن دائمی به اکوسیستمی که به آن وابسته است، پشتیبانی شود (بیکنل و همکاران[6] ۱۹۹۸). کاهش ظرفیت حمل، مهم‌ترین مسأله پیش روی بشر است. اگر ظرفیت حمل به صورت حداکثر فشار تحمیل شده توسط افراد بر محیط زیست تعریف شود، مصرف بیش از حد انسان از منابع، واضح‌تر می‌شود، چراکه فشار بشر نه تنها تابع جمعیت بلکه تابع مصرف نیز

---

1. Ecological Footprint
2. Ecological Concept
3. Wackernagel
4. Ress
5. Silverstein (2000)
6. Bicknell (1998)

است. از سوی دیگر مصرف به دلیل گسترش تجارت، پیشرفت تکنولوژی و افزایش درآمد با سرعتی بیش از گذشته در حال افزایش است (پنلا و ویلاسنت[1]، ۲۰۰۸).

تعریف فوق از سه جنبه قابل تأمل است (بانویی و همکاران، ۱۳۹۲): نخست آن‌که، در بین مناطق مختلف در قالب شاخص‌های کلان و بخشی قابل مقایسه است. دوم، تصویر واقع‌بینانه‌تری از نحوه تعامل انسان با سرمایه‌های طبیعی نمایان می‌سازد و سوم، از جنبه بومی و غیر بومی نیز قابل بررسی است. به عبارتی علاوه بر سنجش مقدار زمین، آب و یا انرژی مصرفی در تولید کالا و خدمات صادراتی، محتوای منابع طبیعی مصرف شده در کالا و خدمات وارداتی را هم مورد توجه قرار می‌دهد. از این رو، مبادلات تجاری منابع طبیعی، نقش به سزایی در ردپای بوم‌شناختی ایفا می‌کند (بانویی و کمال، ۱۳۹۳). منظور از منابع نیز شامل منابع فیزیکی (سرمایه)، منابع انسانی (نیروی کار) و منابع طبیعی مانند؛ آب، زمین و انرژی است.

پژوهشگران برای سنجش ردپای بوم‌شناختی از دو روش استفاده می‌کنند. روش اول که ماهیت کلان دارد و نشان‌دهنده مصرف یک جامعه از منابع طبیعی در قالب یک رقم کلی است و بر مبنای مصرف آشکار منابع به کار رفته در تولید کالاها و خدمات داخلی به علاوه منابع به کار رفته در تولید کالاها و خدمات واردات منهای منابع مورد استفاده در تولید کالاها و خدمات صادرات محاسبه می‌شود. برای محاسبه ردپای بوم‌شناختی در این روش از داده‌های ملی استفاده می‌شود (سرایی و زارعی، ۱۳۹۰). بکارگیری روش مذکور نمی‌تواند وضعیت ردپای بوم‌شناختی را در جهت مدیریت منابع در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی آشکار نماید (واکرناگل، ۱۹۹۴). برای برون‌رفت از این مسأله، طیف وسیعی از پژوهشگران مانند هابک[2]، لنزن و موری[3]، فرنگ[4] و بیکنل[5] روش دومی را در قالب نظام حسابداری بخشی به شکل جدول داده – ستانده مبنای محاسبه این شاخص قرار داده‌اند. در این روش با استفاده از جدول داده – ستانده تصویر واقع‌بینانه‌تری نسبت به روش پیشین برای سیاست‌گذاران فراهم می‌شود، چراکه در این روش، با محاسبه ردپای بوم‌شناختی در سطح بخشی، اطلاعات بدست آمده از جامعه مطالعاتی با جزئیات بیشتری صورت گرفته و سیاست‌های درستی جهت تغییر کاربردی و توزیع منابع بین بخش‌ها اتخاذ می‌شود.

---

1. Penela and Villasante (2008)
2. Hubacek
3. Lenzen & Murray
4. Freng
5. Bicknell

در ادبیات داخلی و خارجی؛ ردپای انرژی، آب، کربن و زمین مهم‌ترین شاخص‌های ردپای بوم‌شناختی شناخته می‌شوند، زیرا شاخص‌های مذکور ارتباط نزدیکی با نگرانی‌های اصلی جامعه جهانی مانند امنیت انرژی، امنیت آب و هوایی، امنیت آب و غیره دارند (کای فنگ و همکاران[1]، ۲۰۱۴). در این راستا از شاخص ردپای بوم‌شناختی انرژی به عنوان یک شاخص قابل اعتنا که محتوای انرژی به کار رفته در کالا و خدمات را به دست می‌دهد، یاد می‌شود.

در چند دهه گذشته شاهد افزایش انتشار آلودگی ناشی از مصرف روز افزون انرژی در سطح منطقه‌ای بوده‌ایم که اثرات جبران‌ناپذیر کاهش منابع طبیعی را در مقیاس جهانی به همراه داشته است و در نتیجه استفاده از شاخص‌های کارآمد برای اندازه‌گیری اثرات فعالیت انسان را ضروری نموده است. یکی از روش‌های بررسی میزان مصرف انرژی، استفاده از ردپای انرژی است. ردپای انرژی معیاری برای تخصیص درست منابع است. محاسبه ردپای انرژی می‌تواند مبنای علمی برای مدیریت انرژی فراهم کند، همچنین ایده‌ها و چشم‌اندازها منجر به گسترش روش‌ها و مفاهیم انواع ردپا در حوزه انرژی، همانند ردپای انرژی‌های هسته‌ای، آبی، فسیلی و غیره شده است. آن‌چه که در این پژوهش مورد سنجش قرار گرفته، ردپای انرژی فسیلی است.

ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی مقدار جنگل لازم برای جذب دی اکسید کربن[2] ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است (واکرناگل و ریس، ۱۹۹۶). انتقادات زیادی به تعریف ردپای بوم‌شناختی انرژی شده است، زیرا امروزه جنگل‌ها تنها یکی از راه‌های جذب گازهای ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است و تمام مفاهیم ردپا در حوزه انرژی را شامل نمی‌شود (کای فنگ و همکاران، ۲۰۱۳). برای رفع مشکل در تعریف یاد شده، مفهوم ظرفیت زیستی[3] ارائه شد. ظرفیت زیستی به موجودی سرمایه بوم‌شناختی کره زمین اشاره دارد و همانند ردپای بوم‌شناختی بر حسب واحد فیزیکی (مساحت) اندازه‌گیری می‌شود. لذا از دهه ۱۹۷۰، ظرفیت زیستی، مفهوم مهم برنامه‌ریزی محیط زیست شناخته شده و به عنوان شاخصی مناسب برای الگوهای مصرفی از لحاظ الگوهای پایداری مورد استفاده قرار گرفته است (بیکنل و همکاران، ۱۹۹۸).

این مقاله در صدد است با استفاده از رویکرد داده ـ ستانده و بر اساس چارچوب نظری ردپای بوم‌شناختی، محتوای انرژی‌های فسیلی را در سطح کلان و بخش‌های اقتصادی استان یزد در سال ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار دهد. بررسی این ابعاد مبتنی بر این فرضیه است که در سال ۱۳۹۰ تراز

---

1. Kai Feng (2014)
2. CO_2
3. Biocapacity

تجاری محتوای انرژی‌های فسیلی استان با کسری مواجه است. از این رو، مقاله حاضر بر اساس چارچوب نظری شاخص ردپای بوم‌شناختی، با فرض یکسان بودن تکنولوژی تولید میان استان یزد و سایر استان‌های ایران و شرکای خارجی که اقتباس شده از نظریه تجارت بین‌الملل هکشر- اوهلین[1] است به سنجش محتوای انرژی‌های فسیلی در سطح کلان و بخش‌های اقتصادی استان یزد در سال ۱۳۹۰ می‌پردازد.

۳- مطالعات تجربی

سوابق مطالعات در زمینه ردپای انرژی حاکی از آن است که رویکرد داده - ستانده نقش پررنگ‌تری را در مطالعات انرژی و آثار محیط زیستی ایفا کرده است. یکی از مهم‌ترین کاربردهای داده ـ ستانده در مطالعات انرژی، تجزیه و تحلیل جامع انرژی در سطح بخشی است. بررسی سیر مطالعات بین‌المللی نشان می‌دهد که انرژی‌های فسیلی در کنار سایر نهاده‌های تولید (سرمایه و نیروی کار) و به ویژه بعد از بحران نفتی دهه ۱۹۷۰ به طور گسترده مورد مطالعه و الگوهای مصرف آن مورد نقد و بررسی قرار گرفت. از مهم‌ترین مطالعات این حوزه می‌توان به ژنگ و همکاران[2] اشاره نمود که در سال ۲۰۱۴ بر اساس رویکرد داده ـ ستانده، کل مصرف انرژی و شدت انرژی در ۳۰ استان واقع در کشور چین را مورد بررسی قرار داده است. استنتاج این مطالعه نشان می‌دهد که در مناطق توسعه‌یافته‌ای با شدت انرژی کم، صرفه‌جویی در انرژی باید از طریق ترویج سبک زندگی و با مصرف کم انرژی پی‌گیری شود. همچنین برای مناطق کمتر توسعه‌یافته با شدت انرژی کم، توسعه اقتصادی بیش از صرفه جویی در انرژی ضروری است. در پژوهش دیگری که توسط ژانگ و همکاران[3] (۲۰۱۵) برای کشور چین انجام گرفته است، مصرف انرژی و انتشار CO_2 ناشی از مصرف خانوار با استفاده از الگوی داده – ستانده مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۰ مصرف غیر مستقیم انرژی در برخی از بخش‌های اقتصادی افزایش یافته که این افزایش ناشی از مصرف سرانه خانوار و شدت انرژی است. از دیگر مطالعات موجود در این حوزه هنگ و همکاران[4] (۲۰۱۶) است که تصویری از وضعیت فعلی مصرف انرژی در صنعت ساخت و ساز استان‌های واقع در کشور چین را از منظر

1. Heckcher - Ohlin
2. Zheng
3. Zhang (2015)
4. Hong (2016)

منطقه‌ای و بخشی ارائه کردند. وو و همکاران[1](۲۰۱۷) در پژوهشی که برای کشور چین و با استفاده از مدل داده ـ ستانده انجام گرفته است به بررسی مصرف انرژی از تولید تا مصرف پرداختند. نتایج نشان می‌دهد تقریباً ۴۰ درصد از انرژی مصرف شده در کشور چین دارای منبع خارجی است. همچنین لیو و همکاران (۲۰۱۸)[2]در مطالعه خود به بررسی مصرف انرژی در صنعت ساخت و ساز و در مقیاس جهانی با استفاده از مدل داده - ستانده چند منطقه‌ای پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که حدود ۹۰ درصد از مصرف انرژی در طی سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۹۹ در بخش صنعت ساخت و ساز بوده است و در ادامه بیان می‌کند، صنایع ساخت و ساز بین‌المللی تحت تأثیر فعالیت‌های تولید واسطه‌ای قرار دارد که هدف آن تأمین انرژی برای نیازهای واسطه‌ای و نهایی است. جیانگ و همکاران[3](۲۰۲۰) در مطالعه خود به طبقه‌بندی ۳۹ کشور بر اساس جریان مصرف انرژی با استفاده از مدل داده - ستانده چند منطقه‌ای پرداخته‌اند. در این مطالعه از بهبود شدت انرژی و بهینه‌سازی سیستم‌های صنعتی به عنوان دو گزینه مهم برای کاهش مصرف انرژی یاد شده است.

سنجش ردپای بوم‌شناختی در ایران نظر طیف وسیعی از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. بررسی اجمالی این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که اغلب این مطالعات در حوزه ردپای کربن و آلایندگی بوده و کمتر مطالعه‌ای به ردپای انرژی پرداخته است. به عنوان نمونه، از مطالعات مهم ردپای بوم‌شناختی انرژی (در سطح کلان) می‌توان به مطالعه تیموری و همکاران (۱۳۹۲) که به بررسی ردپای اکولوژیک گاز دی اکسید کربن سوخت‌های فسیلی شیراز پرداخته‌اند، اشاره کرد که نشان دادند میزان انتشار دی اکسید کربن بنزین و گازوئیل به تنهایی ۳/۹ برابر ظرفیت زیستی شهر شیراز است. تیموری و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه دیگری (بررسی روند تغییرات ردپای اکولوژیک سوخت‌های فسیلی استان‌های کشور طی دوره ۱۳۸۸-۱۳۷۸) نشان دادند که ردپای بوم‌شناختی سوخت‌های فسیلی کشور ۸/۲ برابر بیشتر از ظرفیت زیستی کشور است.

در زمینه مطالعات داخلی انجام گرفته در این حوزه در سطح منطقه‌ای و بخشی می‌توان به نصراللهی و همکاران (۱۳۹۳) اشاره نمود. در این مطالعه با استفاده از روش‌های سهم مکانی الگوی اصلاح شبه لگاریتمی بخش تخصصی، جدول داده ـ ستانده استان یزد برای سال ۱۳۸۵ استخراج شده و با استفاده از میزان مصرف انرژی و ضرایب انتشار، میزان انتشار آلاینده‌های محیط زیستی

1. Wu (2017)
2. Liu (2018)
3. Jiang (2020)

توسط هر بخش اقتصادی برآورد شده است. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که بخش «ساخت فلزات اساسی» و «ساخت محصولات فلزی فابریکی به جز ماشین‌آلات و تجهیزات»، بیشترین سهم از میزان انتشار آلایندگی استان را داشته‌اند. از دیگر مطالعات ردپای بوم‌شناختی انرژی در سطح منطقه‌ای می‌توان به ذبیحی و همکاران (۱۳۹۶) اشاره نمود که با استفاده از رویکرد داده ـ ستانده به سنجش وضعیت مصرف انرژی‌های فسیلی در سطح بخش‌های استان کردستان پرداخته‌اند. یافته‌های مقاله نشان می‌دهد که در سطح کلان استان کردستان واردکننده خالص انرژی‌های فسیلی در سال ۱۳۹۰ است و همچنین سه بخش «برق»، «محصولات کانی غیر فلزی» و «حمل و نقل مواد و محصولات شیمیایی» به ترتیب بالاترین میزان انرژی‌های فسیلی را به صورت مستقیم و غیر مستقیم به ازای هر واحد تولید (میلیون ریال) مصرف کرده‌اند. همچنین کاکائی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش خود با استفاده از رویکرد داده ـ ستانده به سنجش محتوای انرژی‌های فسیلی و برآورد ردپای بوم‌شناختی آن در سطح بخش‌های اقتصادی پرداخته‌اند که در این مطالعه برای نخستین بار به تفاوت تکنولوژی تولید میان ایران و شرکای تجاری آن در سطح بخش‌های اقتصادی اشاره شده است.

بررسی اجمالی مطالعات خارج کشور نشان‌دهنده اهمیت سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی است که در ایران کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در این پژوهش تلاش می‌شود، فصل جدیدی از کاربرد داده – ستانده در سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی استان یزد باز شود. در راستای مطالب فوق، مقاله به صورت زیر سازماندهی می‌شود؛ در بخش چهارم پایه‌های آماری مورد بررسی قرار می‌گیرد و در بخش پنجم روش‌شناسی سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی در چارچوب داده ـ ستانده بخشی ارائه می‌شود. بخش ششم و هفتم نیز به تجزیه و تحلیل نتایج، بحث و نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات اختصاص دارد.

۴- پایه‌های آماری

همان‌طور که در بخش‌های پیشین اشاره شد در این مقاله از چارچوب الگوی داده ـ ستانده به منظور تجزیه و تحلیل استفاده شده است. بر این اساس جدول داده ـ ستانده مورد استفاده جدول ارزشی است و میزان مصرف انرژی بخش‌های مختلف به صورت برداری برون‌زاست که مقادیر

آن برای هر بخش بر حسب بی تی یو[1] بیان شده است. در ابتدا جدول ارزشی داده – ستانده منطقه‌ای سال ۱۳۹۰ استان یزد با بکارگیری روش سهم مکانی خاص فلگ (SFLQ) از جدول داده – ستانده به‌روز شده سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران و حساب‌های منطقه‌ای همان سال استخراج و متناسب با ساختار تولیدات و داده‌های مصرف انرژی استان یزد در ۲۰ بخش تجمیع شده است (جدول ۱).

جدول ۱: عناوین بخش‌های اقتصادی استان یزد

شماره بخش	نام بخش	شماره بخش	نام بخش
۱	کشاورزی	۱۱	ساخت فلزات اساسی
۲	نفت خام، گاز طبیعی و سایر معادن	۱۲	ساخت محصولات فلزی فابریکی به‌جز ماشین‌آلات و تجهیزات
۳	ساخت محصولات غذایی و آشامیدنی و تنباکو	۱۳	ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
٤	ساخت منسوجات	١٤	ساخت، تعمیر و نصب محصولات یارانه‌ای، الکترونیکی و نوری، ساخت، تعمیر و نصب تجهیزات برقی
٥	ساخت پوشاک، عمل‌آوری و رنگ کردن خز، دباغی و پرداخت چرم و سایر محصولات چرمی	١٥	ساخت وسایل نقلیه موتوری و سایر تجهیزات حمل و نقل
٦	ساخت چوب و محصولات چوبی	١٦	ساخت مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
۷	ساخت کاغذ، محصولات کاغذی و چاپ	۱۷	آب و برق و گاز
۸	ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای و ساخت مواد و محصولات شیمیایی	۱۸	ساختمان
۹	ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک	۱۹	حمل و نقل
۱۰	ساخت محصولات کانی غیر فلزی	۲۰	سایر خدمات

منبع: یافته‌های پژوهش

روش SFLQ برتری قاطعی در تخمین ضرایب منطقه‌ای نسبت به سایر روش‌های سهم مکانی دارد و اجازه می‌دهد تا ضرایب ملی در بخش‌های مختلف اقتصادی به نسبت‌های متفاوتی تعدیل شوند. همچنین این روش قادر است تا حد زیادی مشکل تخمین بیش از حد ضرایب منطقه‌ای را برطرف کند و بر اساس همه معیارهای ارزیابی در روش، ستانده استانی را با خطای کمتری برآورد کند. (کوالوسکی[2] ۲۰۱۵). رابطه (۱) نقطه شروع روش سهم مکانی در شرایط فقدان آمار و اطلاعات مورد نیاز است (بانوئی و همکاران، ۱۳۸۵):

[1]. BTU
[2]. Kowalewksi (2015)

$$r_{ij} = \left(LQ\right)^{*} a_{ij} \qquad (۱)$$

r_{ij} عنصری از ماتریس ضرایب واسطه‌ای درون منطقه، a_{ij} عنصری از ماتریس ضرایب ملی و LQ ضریب الگوی سهم مکانی را نشان می‌دهد. در این مقاله با توجه به استفاده از روش SFLQ می‌توان نوشت:

$$SFLQ_{ij} = \begin{cases} CILQ_{ij} \times \lambda_j & \text{for i} \neq \text{j} \\ SLQ_{ij} \times \lambda_j & \text{for i} = \text{j} \end{cases} \qquad (۲)$$

$$\lambda = \left[\log_2\left(1+\frac{X^r}{X^n}\right)\right]^{\delta} \qquad 0 \leq \delta < 1 \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \qquad (۳)$$

$$r_{ij} = \begin{cases} \left(SFLQ_{ij} a_{ij}\right) & \text{if } SFLQ_{ij} \leq 1 \\ a_{ij} & \text{if } SFLQ_{ij} > 1 \end{cases} \qquad (۴)$$

که در آن $CILQ_{ij}$ و SLQ_{ij} به ترتیب سهم مکانی متقاطع صنعتی و سهم مکانی ساده بخش عرضه‌کننده و تقاضاکننده هستند. λ ضریب تعدیل منطقه و δ ضریب تعدیل ساختار اقتصادی منطقه است. مقادیر δ برای بخش‌های مختلف در روش SFLQ متفاوت است و میزان آن بر حسب حداقل کردن ستانده واقعی هر منطقه با ستانده تخمینی حاصل می‌شود (زارعی، ۱۳۹۵). در این روش، مقدار کوچکتر δ به معنی λ بزرگ‌تر و تعدیل کمتر ضرائب ملی است.[۱] سپس بر مبنای جدول داده ـ ستانده استان یزد می‌توان به محاسبه ردپای انرژی در استان پرداخت.

آمارهای مربوط به مصرف شش حامل انرژی، «گازوئیل»، «گاز طبیعی»، «بنزین»، «نفت سفید»، «گاز مایع» و «نفت کوره» بخش‌های مختلف اقتصادی سطح ملی به صورت مقداری از ترازنامه هیدروکربنی سال ۱۳۹۰ استخراج شده است و بر اساس سرفصل‌های ترازنامه در ۸ سرفصل آورده شده است که شامل: تجاری، خدماتی و عمومی، صنعت، حمل و نقل، کشاورزی، نیروگاه، پتروشیمی، پالایشگاه و سایر معادن می‌باشد. حال برای محاسبه میزان انرژی مصرفی بخش‌های اقتصادی استان یزد از ضرایب انرژی بخش ملی که مطابق رابطه (۵) محاسبه می‌شود، استفاده شده است:

---

[۱]. در تدوین روش کار در این قسمت، از پایان‌نامه زارعی (۱۳۹۵) استفاده شده است.

$$\tau_{ij} = \frac{\omega_{ij}}{X_i} \qquad (۵)$$

τ_{ij} ضریب انرژی بخش‌های اقتصادی در سطح ملی، ω_{ij} مقدار حامل انرژی مصرفی توسط هر بخش ملی و X_i ستانده هر بخش در سطح ملی است.

سپس با استفاده از ستانده بخش‌های مختلف استان یزد که از حساب‌های منطقه‌ای مرکز آمار استخراج شده و با پیش‌ضرب ستانده استانی هر بخش در ضرایب مصرف انرژی ملی، میزان مصرف انرژی هر بخش در سطح استان محاسبه می‌شود. نکته‌ای که در این مرحله باید مورد توجه قرار گیرد، مسئله یکسان‌سازی واحدها است. پس از جمع‌آوری داده‌ها و به علت متفاوت بودن واحد هر حامل انرژی، به یکسان‌سازی هر واحد به بی تی یو پرداخته می‌شود. در این مرحله با ضرب انرژی مصرفی هر بخش در مقادیر جدول (۲) می‌توان میزان انرژی مصرفی هر بخش را برحسب بی تی یو به دست آورد.

جدول ۲: ضرایب تبدیل انواع حامل های انرژی به واحد بی تی یو

گازوئیل	گاز طبیعی	بنزین	نفت سفید	گاز مایع	نفت کوره
۳۵/۸۲	۴۰/۹۳	۳۱/۸۹	۳۴/۱۱	۴۲/۶۹	۴۰/۹۳

منبع: معاونت امور برق و انرژی - دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی

۵- روش‌شناسی سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی در چارچوب داده - ستانده بخشی

الگوی داده - ستانده مانند سایر الگوهای اقتصادی دارای فروض متعددی است. کاربرد این الگو در تحلیل تجارت بین‌الملل و نیز ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی نیاز به دو فرض اساسی دارد که عبارتند از:

الف- در جدول داده ـ ستانده متعارف فرض می‌شود، تمام نهاده‌های واسطه‌ای 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 واسطه‌ای وجود ندارد (پی و همکاران[۲] ۲۰۱۲).

---

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

[2]. Pei (2012)

ب- کل واردات یک متغیر برون‌زا فرض شده است به طوری که مقدار آن به اندازه تقاضای واسطه‌ای و تقاضای نهایی داخلی بستگی ندارد. در این صورت، واردات خنثی بوده و هیچ نقشی در ارزش افزوده و اشتغال ایفا نمی‌کند (وی و همکاران[1] ۲۰۱۲).

با توجه به توضیحات فوق، بررسی کمی سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی منوط به شناخت کافی جدول داده – ستانده بخشی است. با توجه به جایگاه واردات در داده ـ ستانده بخشی سه نوع جدول وجود دارد. در جدول داده – ستانده نوع اول و دوم، واردات واسطه‌ای و نهایی با ارقام متناظر داخلی ادغام شده است. با توجه به مطالب فوق، سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی با منشأ داخلی و خارجی در تأمین مصرف نهایی جامعه انسانی مشخص امکان‌پذیر نیست. بنابراین، باید جدول داده – ستانده نوع سوم را به کار برد که در آن واردات به دو نوع واسطه‌ای و نهایی تفکیک شده و به صورت سطری در جدول منظور می‌شود (وایدمن و همکاران[2] ۲۰۰۷). بنابراین ذکر این نکته ضروری که سنجش محتوای انرژی‌های فسیلی و در واقع بررسی مسائل محیط زیستی مستلزم استفاده از جدول داده ـ ستانده منطقه‌ای متعارفی است که در این پژوهش با به کارگیری روش SFLQ برآورد می‌شود و بر اساس داده‌های موجود در زمینه مصرف انرژی استان به ۲۰ بخش اقتصادی تجمیع شده است. جدول (۳)، ساختار کلی یک جدول داده ـ ستانده نوع سوم را با تفکیک واردات نشان می‌دهد. تراز این جدول بر حسب عرضه و ستانده داخلی است. ماتریس مبادلات واسطه‌ای و تقاضای نهایی در این جدول، ماهیت بومی داشته و به آسانی می‌تواند مبنای سنجش ردپای بوم‌شناختی انرژی داخلی و خارجی قرار گیرد.

ساختار کلی الگوی داده – ستانده بخشی از هفت ناحیه مشخص تشکیل شده است. ناحیه (I) و (II) جدول فوق، بیان‌گر ماتریس مصرف واسطه‌ای و نهایی است. ناحیه (III) شامل واردات واسطه‌ای و نهایی می‌باشد که با جمع ستونی واردات در این ناحیه، ماتریس کل واردات به‌صورت سطری و با علامت مثبت در بخش (IV) جدول منظور می‌شود. ناحیه (V) میزان انرژی مصرفی به کار گرفته شده در هر بخش توسط عوامل تولید را نشان می‌دهد که می‌توان آن را نمایانگر ارزش افزوده قلمداد کرد. همچنین به منظور محاسبه شاخص ردپای بوم‌شناختی، انرژی به عنوان عامل تولید و به صورت سطری در ناحیه (VII) جدول وارد شده است. بنابراین، جدول مذکور مبنای

[1]. Wei (2012)
[2]. Wiedmann (2007)

محاسبه ردپای بوم‌شناختی انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی استان یزد است. در ادامه فرایند محاسبه محتوای انرژی‌های فسیلی در قالب یک اقتصاد ۲۰ بخشی تشریح خواهد شد.

جدول ۳: ساختار کلی داده - ستانده ردپای بوم‌شناختی

بخش j	مصرف واسطه در هر بخش اقتصادی استان (ناحیه I)				مصرف نهایی در هر بخش اقتصادی استان (ناحیه II)		ستانده
بخش i	بخش (۱)	بخش (۲)	...	بخش (۲۰)	تقاضای نهایی داخلی	صادرات	
بخش (۱)	D_{11}	D_{12}	...	D_{120}	DF_1	e_1	X_1
بخش (۲)	D_{21}	D_{22}	...	D_{220}	DF_2	e_2	X_2
...	..	..	...	..	..	..	..
بخش (۲۰)	D_{201}	D_{202}	...	D_{2020}	DF_{20}	e_{20}	X_{20}
واردات بخش (۱)	M_{11}	M_{12}	...	M_{120}	M_{f1}	۰	M_1
واردات بخش (۲)	M_{21}	M_{22}	...	M_{220}	M_{f2}	۰	M_2
...	..	..	...	..	...	۰	...
واردات بخش (۲۰) (ناحیهIII)	M_{201}	M_{202}	...	M_{2020}	M_{f20}	۰	M_{20}
واردات کل (ناحیه IV)	M_1	M_2	...	M_{20}	M_f	۰	M
ارزش افزوده (ناحیه V)	V_1	V_2	...	V_{20}			
ستانده (ناحیه VI)	X_1	X_2	...	X_{20}			
انرژی مصرف شده (ناحیه VII)	E_1	E_2	...	E_{20}			

منبع: بیکنل و همکاران (۱۹۹۸)؛ واکرناگل (۱۹۹۹)؛ فرنگ (۲۰۰۱)

رابطه (۶) ماتریس ضرایب مستقیم تولید را نشان می‌دهد که بیان‌گر نسبت به‌کارگیری نهاده‌های واسطه‌ای در تولید هر بخش است (میلر و بلیر[1] ۲۰۰۹):

$$d_{ij} = D = \begin{bmatrix} \frac{D_{11}}{X_1} & \text{L} & \frac{D_{120}}{X_{20}} \\ \text{M} & \text{O} & \text{M} \\ \frac{D_{201}}{X_1} & \text{L} & \frac{D_{2020}}{X_{20}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & \text{L} & d_{120} \\ \text{M} & \text{O} & \text{M} \\ d_{201} & \text{L} & d_{2020} \end{bmatrix} \quad (۶)$$

ماتریس D در رابطه (۶)نشان‌دهنده مصرف واسطه‌ای استان یزد و X نشان‌دهنده ستانده ستونی هر بخش در ماتریس داخلی است. ماتریس فوق مبنای محاسبه ضرایب فزاینده تولید داخلی و یا

[1]. Miller & Blair (2009)

ماتریس معکوس لئونتیف $(I-D)^{-1}$ قرار می‌گیرد. ماتریس معکوس لئونتیف بر اساس فرض ثابت بودن ضرایب فنی، ثابت است و بیان‌گر تغییرات در تقاضای نهایی است که خود منجر به تغییر تولید می‌شود.

$$(I-D)^{-1}=\left[a_{ij}\right]=\left\{\begin{bmatrix}1 & \text{L} & 0\\ \text{M} & \text{O} & \text{M}\\ 0 & \text{L} & 1\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}d_{11} & \text{L} & d_{120}\\ \text{M} & \text{O} & \text{M}\\ d_{201} & \text{L} & d_{2020}\end{bmatrix}\right\}^{-1}=\begin{bmatrix}a_{11} & \text{L} & a_{120}\\ \text{M} & \text{O} & \text{M}\\ a_{201} & \text{L} & a_{2020}\end{bmatrix} \quad (۷)$$

رابطه (۷) ضرایب فزاینده تولید داخلی را نشان می‌دهد. جمع ستونی ماتریس مذکور بیان می‌کند که افزایش یک واحد تقاضای نهایی در اقتصاد چه میزان تولید را افزایش می‌دهد.

$$\left[\varphi_j\right]=\left[E_1 \quad \text{L} \quad E_{20}\right]\begin{bmatrix}\frac{1}{X_1} & \text{L} & 0\\ \text{M} & \text{O} & \text{M}\\ 0 & \text{L} & \frac{1}{X_{20}}\end{bmatrix}=\left[\varphi_1 \quad \text{L} \quad \varphi_{20}\right] \quad (۸)$$

عناصر φ_j نشان می‌دهد، به ازای ارزش یک واحد تولید (میلیون ریال) در بخش jام، به طور مستقیم چه میزان انرژی مصرف می‌شود. عناصر E_j نشان‌دهنده میزان انرژی مصرفی در هر بخش و پارامتر X میزان ستانده استان یزد را نشان می‌دهد. سپس با ضرب ماتریس ضرایب مستقیم انرژی در ماتریس ضرایب فزاینده تولید داخلی، مصرف مستقیم و غیر مستقیم انرژی به‌دست می‌آید.

$$\beta_{ij}=\begin{bmatrix}\varphi_1 & \text{L} & 0\\ \text{M} & & \text{M}\\ 0 & \text{L} & \varphi_{20}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}a_{11} & \text{L} & a_{120}\\ \text{M} & \text{O} & \text{M}\\ a_{201} & \text{L} & a_{2020}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\beta_{11} & \text{L} & \beta_{120}\\ \text{M} & \text{O} & \text{M}\\ \beta_{201} & \text{L} & \beta_{2020}\end{bmatrix} \quad (۹)$$

B_{ij} در رابطه (۹)، ماتریس ضرایب فزاینده انرژی هر بخش را نشان می‌دهد. به عبارتی ضرایب فزاینده بیان‌گر تقاضای انرژی مستقیم و غیر مستقیم توسط هر بخش به ازای ارزش یک واحد تقاضای نهایی محصولات داخلی است. در این رابطه φ_j ماتریس قطری ضرایب مستقیم حاصل

شده در رابطه (۸) است. با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده انرژی در رابطه (۹) در ماتریس قطری تقاضای نهایی، ماتریس ردپای داخلی استان (η_{ij}) به دست می‌آید. جمع سطری عناصر این ماتریس، مقدار انرژی مستقیم و غیر مستقیم مصرف شده برای تأمین تقاضای نهایی داخلی جمعیت را نشان می‌دهد. همچنین جمع ستونی ماتریس مذکور نشان می‌دهد اگر تقاضای نهایی یک بخش یک واحد (میلیون ریال) افزایش یابد به‌طور مستقیم و غیر مستقیم درکل اقتصاد چه میزان انرژی مصرف می‌شود (فرنگ، ۲۰۰۱).

$$\left[\eta_{ij}\right]=\begin{bmatrix}\beta_{11} & \mathrm{L} & \beta_{120}\\ \mathrm{M} & \mathrm{O} & \mathrm{M}\\ \beta_{201} & \mathrm{L} & \beta_{2020}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}DF_1 & \mathrm{L} & 0\\ \mathrm{M} & \mathrm{O} & \mathrm{M}\\ 0 & \mathrm{L} & DF_{20}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\eta_{11} & \mathrm{L} & \eta_{120}\\ \mathrm{M} & \mathrm{O} & \mathrm{M}\\ \eta_{201} & \mathrm{L} & \eta_{2020}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\ \mathrm{M}\\ 1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\vartheta_1\\ \mathrm{M}\\ \vartheta_{20}\end{bmatrix} \qquad (۱۰)$$

محاسبات بخش پیشین فقط میزان انرژی به کار رفته در تأمین تقاضای نهایی داخلی را نشان می‌دهد که حاکی از مقدار مصرف انرژی با منشأ داخلی است. در یک اقتصاد بسته الگوی مصرف با الگوی تولید یکسان است اما به محض این‌که کشوری به تجارت بین‌المللی گرایش یابد ممکن است ترکیب محصول آن به طور قابل توجهی از ترکیب تقاضای واسطه‌ای و نهایی فاصله بگیرد. در یک اقتصاد باز، تجارت بین‌الملل به شکل واردات و صادرات نقش کلیدی در انرژی‌بری تولید کالاها و خدمات صادراتی و وارداتی ایفا می‌کند (لیو و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین لازم است، انرژی بکار رفته در تولید کالا و خدمات صادراتی و وارداتی در ردپای بوم‌شناختی انرژی محاسبه شود.

رابطه (۱۱) بیان می‌کند که با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده انرژی در بردار ستونی صادرات، محتوای انرژی کالا و خدمات صادراتی در بخش‌های مختلف اقتصاد به دست می‌آید. از آن‌جا که آمار مربوط به صادرات استان در سال ۱۳۹۰ موجود نیست، صادرات استان در سال ۱۳۹۰ از پیش‌ضرب صادرات سال ۱۳۷۹استان یزد در ستانده استان حاصل می‌شود:

$$e_i=\left\{\begin{bmatrix}\beta_{11} & \mathrm{L} & \beta_{120}\\ \mathrm{M} & \mathrm{O} & \mathrm{M}\\ \beta_{201} & \mathrm{L} & \beta_{2020}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}E_1 & \mathrm{L} & 0\\ \mathrm{M} & \mathrm{O} & \mathrm{M}\\ 0 & \mathrm{L} & E_{20}\end{bmatrix}\right\}\begin{bmatrix}1\\ \mathrm{M}\\ 1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}e_1\\ \mathrm{M}\\ e_{20}\end{bmatrix} \qquad (۱۱)$$

e_i در رابطه (۱۱) مشخص می‌کند که بخش iام به‌منظور تأمین کالا و خدمات صادراتی به طور مستقیم و غیر مستقیم چه میزان انرژی مصرف می‌کند. همچنین جمع ستونی ماتریس صادرات انرژی نشان می‌دهد که افزایش یک واحد تقاضای نهایی (میلیون ریال) برای صادرات در یک بخش استان به طور مستقیم و غیر مستقیم منجر به مصرف چه میزان انرژی در کل اقتصاد استان می‌شود. با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده انرژی در ماتریس قطری واردات نهایی، مقدار انرژی به‌کار رفته در کالاها و خدمات نهایی (واردات) به دست می‌آید. جمع سطری رابطه (۱۲) نشان می‌دهد که در یک بخش چه میزان انرژی‌های فسیلی در قالب واردات نهایی به استان وارد شده است. به بیان دیگر، اگر کالاها و خدمات وارد نمی‌شد در اثر تولید آن‌ها در استان چه میزان انرژی‌های فسیلی مصرف می‌شد.

$$\left[M_i^{\,f}\right]=\left\{\begin{bmatrix}\beta_{11} & \mathrm{L} & \beta_{120}\\ \mathrm{M} & \mathrm{O} & \mathrm{M}\\ \beta_{201} & \mathrm{L} & \beta_{2020}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}m_1^{*} & \mathrm{L} & 0\\ \mathrm{M} & \mathrm{O} & \mathrm{M}\\ 0 & \mathrm{L} & m_{20}^{*}\end{bmatrix}\right\}\begin{bmatrix}1\\ \mathrm{M}\\ 1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}m_1^{\,f}\\ \mathrm{M}\\ m_3^{\,f}\end{bmatrix} \qquad (۱۲)$$

M_i^f در رابطه (۱۲)، مقدار انرژی مستقیم و غیر مستقیم مصرف شده در تولید واردات مصرفی بخش iام را نشان می‌دهد که در تأمین مصرف داخلی استفاده می‌شود. در این رابطه همانند نظریه تجارت بین‌الملل هکشر ـ اوهلین فرض بر این است که تکنولوژی تولید میان استان یزد و سایر استان‌های ایران و کشورهای خارج از ایران (شرکای تجاری) یکسان است، از این رو، با بهره بردن از فرض واردات رقابتی، محتوای انرژی‌های فسیلی واردات با تکنولوژی داخلی محاسبه می‌شود. همانند رابطه (۱۲) با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده انرژی در ماتریس قطری واردات واسطه‌ای، واردات واسطه‌ای تمام بخش‌های داخلی از هر بخش خارجی بدست می‌آید.

$$\left[m_i^{\,d}\right]=\left\{\begin{bmatrix}\beta_{11} & \mathrm{L} & \beta_{120}\\ \mathrm{M} & \mathrm{O} & \mathrm{M}\\ \beta_{201} & \mathrm{L} & \beta_{2020}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}m_{11} & \mathrm{L} & 0\\ \mathrm{M} & \mathrm{O} & \mathrm{M}\\ 0 & \mathrm{L} & m_{2020}\end{bmatrix}\right\}\begin{bmatrix}1\\ \mathrm{M}\\ 1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}m_1^{\,d}\\ \mathrm{M}\\ m_{20}^{\,d}\end{bmatrix} \qquad (۱۳)$$

مقادیر m_i^d شامل مقدار انرژی مصرف شده در تولید کالا و خدمات واردات واسطه‌ای است که در فرآیند تولیدی توسط بخش‌های داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تفاوت بین میزان ردپای انرژی وارد شده (واردات واسطه‌ای و نهایی) و مقدار ردپای انرژی صادر شده، وضعیت تراز تجاری اکولوژیکی انرژی را در سطح بخش‌های مختلف استان یزد نشان می‌دهد، در صورتی که مقدار انرژی مصرفی در واردات کالا و خدمات بیشتر از مقدار انرژی ناشی از صادرات کالا و خدمات باشد؛ کسری تراز تجاری ردپای بوم‌شناختی انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی آشکار می‌شود. رابطه (۱۴) تراز تجاری اکولوژیکی انرژی را نشان می‌دهد:

$$\left[EF_j\right]=\begin{bmatrix}e_1\\ \mathrm{M}\\ e_{20}\end{bmatrix}-\left\{\begin{bmatrix}m_1{}^f\\ \mathrm{M}\\ m_{20}{}^f\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}m_1{}^d\\ \mathrm{M}\\ m_{20}{}^d\end{bmatrix}\right\}=\begin{bmatrix}EF_1\\ \mathrm{M}\\ EF_{20}\end{bmatrix} \qquad (۱۴)$$

EF_i در رابطه (۱۴) تراز تجاری انرژی بخش iام را نشان می‌دهد، بر مبنای رابطه فوق می‌توان مازاد و کسری تجاری ردپای انرژی را در سطح بخش‌های اقتصادی محاسبه کرد. حال اگر مقدار انرژی مصرفی داخلی با انرژی منتشرشده وارداتی جمع شود، ردپای اکولوژیکی کل انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی به دست می‌آید:

$$TFE=\begin{bmatrix}\vartheta_1\\ \mathrm{M}\\ \vartheta_{20}\end{bmatrix}+\left\{\begin{bmatrix}m_1{}^f\\ \mathrm{M}\\ m_{20}{}^f\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}m_1\\ \mathrm{M}\\ m_{20}\end{bmatrix}\right\}=\begin{bmatrix}TEF_1\\ \mathrm{M}\\ TEF_{20}\end{bmatrix} \qquad (۱۵)$$

۶- تجزیه و تحلیل نتایج

اطلاعات مربوط به ردپای انرژی داخلی در سطح بخش‌های اقتصادی استان یزد بر اساس رابطه (۱۰) نشان می‌دهد که بخش‌های «سایر خدمات»، «ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین‌آلات و تجهیزات» و «سایر محصولات غذایی، آشامیدنی و تنباکو» بالاترین سهم محتوای انرژی‌های فسیلی تقاضای نهایی داخلی را در سطح استان یزد به خود اختصاص داده‌اند. به عبارت دیگر، بخش «سایر خدمات» برای تأمین تقاضای نهایی خود، انرژی فسیلی معادل ۵،۷۴۳،۹۳۵،۱۶۶ بی تی یو به صورت مستقیم و غیر مستقیم مصرف می‌کند. همچنین، بخش‌های «ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک»، «ساخت چوب و محصولات چوبی» و «ساخت پوشاک، دباغی و پرداخت چرم» به ترتیب پایین‌ترین میزان انرژی فسیلی را در جهت تأمین تقاضای نهایی خود مصرف کرده‌اند.

بررسی محتوای انرژی‌های فسیلی کالاها و خدمات صادراتی بر اساس رابطه (۱۱) حاکی از آن است که در سال ۱۳۹۰ در استان یزد، مقدار انرژی‌های فسیلی که از طریق کالاها و خدمات به خارج از استان صادر می‌شود معادل ۶۹۹،۹۷۹،۰۲۵ تن است که با توجه به ارزش صادراتی کالاها و خدمات بخش‌های اقتصادی و ضرایب فزاینده انرژی در آن بخش‌ها تعیین می‌شود. یافته‌ها حاکی از آن است که بخش «سایر خدمات» و «ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین‌آلات و تجهیزات» بیشترین ردپای انرژی صادراتی را دارند. برخی از بخش‌ها مانند «ساختمان» و «حمل و نقل» به علت ارزش صادراتی و ضرایب فزاینده پایین سهم اندکی در ردپای انرژی صادراتی دارند. از جمع مقادیر هر بخش در ماتریس ردپای انرژی کالاهای وارداتی واسطه‌ای و نهایی، کل ردپای انرژی کالاها و خدمات وارداتی حاصل می‌شود. کل ردپای انرژی وارداتی در سطح بخش‌های اقتصادی استان یزد در سال ۱۳۹۰ معادل ۲،۰۵۶،۶۶۰،۴۶۶ تن بوده که ۳۹۴،۹۲۰،۲۸۶ تن (۲۰ درصد) آن مربوط به ردپای انرژی واردات نهایی و سهم باقی‌مانده متعلق به ردپای انرژی واردات واسطه‌ای است. همچنین نتایج مربوط به محتوای انرژی‌های فسیلی واردات در سطح بخش‌های اقتصادی حاکی از آن است که بخش‌های «ساختمان» و «حمل و نقل» به ترتیب بالاترین محتوای انرژی‌های فسیلی را به خود اختصاص داده‌اند و بخش «ساخت، تعمیر و نصب محصولات رایانه‌ای و ساخت و تعمیر وسایل برقی» به دلیل ارزش وارداتی کمتر و ضرایب فزاینده انرژی کمتر در رتبه‌های آخر قرارگرفته‌اند.

تراز تجاری ردپای انرژی نشان‌دهنده مابه‌التفاوت صادرات و واردات انرژی مجازی در سطح بخش‌های اقتصادی است. اگرچه در امر صادرات و واردات باید مزیت‌های نسبی و رقابتی در نظر گرفته شود اما تا به حال در کشور اهمیت انرژی مجازی در مزیت‌های رقابتی نادیده گرفته شده است. بنابراین باید انرژی مجازی در تولید کالاها و خدمات برای تشخیص مزیت‌های رقابتی آن‌ها با دنیای خارج مد نظر قرار گیرد. در نظر گرفتن انرژی مجازی در مزیت‌های رقابتی موجب می‌شود که رتبه‌بندی مزیت‌های رقابتی کالاها و خدمات به هم بخورد و برخی از کالاهایی که قبلاً برای آن‌ها مزیت رقابتی تشخیص داده شده است در زمره کالاهای با مزیت رقابتی قرار نگیرند. بنابراین با در نظر گرفتن معیار ردپای انرژی کالاها و خدمات در شاخص مزیت رقابتی، مقدار انرژی کمتری مصرف شده و با کاستن از خطرات احتمالی، از محیط زیست محافظت بهتری صورت می‌گیرد. یافته‌های تحقیق با توجه به جدول (۴) حاکی از آن است که استان یزد در سطح کلان واردکننده خالص انرژی‌های فسیلی است. به بیان دیگر، فقط هفت بخش «نفت خام،

گاز طبیعی و سایر معادن»، «سایر محصولات غذایی، آشامیدنی و تنباکو»، «ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک»، «ساخت محصولات کانی غیر فلزی»، «ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات»، «ساخت، تعمیر و نصب محصولات رایانه‌ای و ساخت و تعمیرات وسایل برقی» و «سایر خدمات» از مازاد تراز تجاری محتوای انرژی‌های فسیلی برخوردار هستند. تراز تجاری ردپای انرژی یک بخش تحت تأثیر دو عامل زیر می‌تواند مثبت و بیشتر شود: نخست، در صورتی که ارزش صادرات کالاها و خدمات بیشتر از ارزش واردات در آن بخش باشد و دوم، ضرایب فزاینده انرژی هر بخش هرچه بالاتر باشد قدر مطلق تراز تجاری ردپای انرژی آن بخش بیشتر می‌شود. با توجه به مطالب ذکر شده اگر خالص صادرات یک بخش مثبت باشد حتماً تراز تجاری ردپای انرژی آن نیز مثبت می‌شود (اندایش، ۱۳۹۴). کسری تراز تجاری محتوای انرژی‌های فسیلی در سطح برخی از بخش‌های اقتصادی استان بیان‌گر آن است که فعالیت‌های تولیدی و صنعتی در استان در سطح نازلی قرار دارد. به بیان دیگر محاسبات مؤید این نکته است که ساختار اقتصاد استان وابسته به دنیای خارج از خود است.

جدول ۴: تراز تجاری ردپای انرژی بخش‌های اقتصادی استان یزد سال ۱۳۹۰ (هزار تن)

بخش‌ها	ردپای داخلی استان یزد	ردپای انرژی صادراتی استان یزد	ردپای انرژی وارداتی استان یزد	تراز تجاری ردپای انرژی استان یزد
۱	۴،۷۶۲،۵۸۳	۲،۶۶۳،۶۹۷	۱۷۰،۷۲۶،۶۹۸	-۱۶۸،۰۶۳،۰۰۱
۲	۴،۰۱۱،۴۷۷	۵۵،۷۰۱،۲۹۶	۳۵،۵۷۰،۸۶۵	۲۰،۱۳۰،۴۳۱
۳	۹۲،۰۸۳،۱۳۵	۴۸،۰۸۰،۱۶۷	۳۵،۸۰۵،۵۰۹	۱۲،۲۷۴،۶۵۸
٤	۸۶۸،۶۷۲	۵۰۰،۸۲۱،۵۹۳	۸۲،۸۹۲،۴۹۶	-۸۲،۳۹۱،۶۷۴
۵	۲۹،۸۰۵	۱۳،۰۸۲،۸۶۷	۵،۲۰۵،۵۲۷	-۵،۱۹۲،۴۴۴
٦	۹،۷۳۶	۱۸،۴۲۳،۶۷۹	۵،۵۹۱،۴۷۵	-۵،۵۷۳،۰۵۲
۷	۳۸،۸۸۲	۱۱۹،۲۰۵،۱۸۴	۲۶،۱۴۸،۱۴۵	-۲۶،۰۲۸،۹۴۰
۸	۳۷۰،۵۹۳	۳،۲۷۳،۱۸۸	۱۱۰،۵۱۳،۷۱۲	-۱۰۷،۲۴۰،۵۲۳
۹	۵،۰۱۵	۶۵۹،۹۴۳،۵۲۳	-۶،۱۷۷،۵۴۴	۶،۸۳۷،۴۸۷
۱۰	۱۱،۵۲۵،۱۸۸	۸۷،۸۲۲،۸۰۹	۱۰،۹۱۷،۱۹۰	۷۶،۹۰۵،۶۱۸
۱۱	۱۰،۹۷۹،۳۸۹	۱۱،۵۹۸،۱۹۵	۱۸۵،۷۹۸،۶۱۳	-۱۷۴،۲۰۰،۴۱۸
۱۲	۱،۲۰۵،۲۱۷،۷۶۵	۵۵۶،۰۵۲،۶۵۲	۴۹۱،۷۵۲۴۲۱	۶۴،۳۰۰،۲۳۰
۱۳	۱۵۹،۲۹۱	۳۷۹،۵۴۹،۰۷۱	۳،۳۶۰،۶۱۲	-۲،۹۸۱،۰۶۳
۱٤	۱،۹۲۶،۰۸۹	۸۲۳،۳۱۳،۰۵۰	-۵،۶۸۴،۱۹۴،۵۳۴	۶۸۵،۰۱۷،۸۴۸
۱۵	۳۱۴،۴۲۴	۱۲۴،۹۷۴،۸۹۵	۸،۹۶۹،۱۰۶	-۸،۸۴۴،۱۳۱
۱٦	۷،۷۷۰،۶۱۱	۳۵۶،۷۵۱،۱۲۵	۶،۷۱۵،۴۶۲	-۶،۳۵۸،۷۱۱
۱۷	۷۴،۳۰۴،۷۱۹	۳،۳۹۳،۰۲۵	۲۱۵،۴۳۴،۲۷۱	-۲۱۲،۰۴۱،۲۴۶
۱۸	۳۳،۶۹۷،۸۴۳	۰	۵۷۰،۲۸۶،۱۵۴	۵۷۰،۲۸۶،۱۵۴
۱۹	۵،۸۴۶،۲۶۹	۰	۴۹۴،۱۹۴،۲۷۱	-۴۹۴،۱۹۴،۲۷۱
۲۰	۵،۷۴۳،۹۳۵،۱۶۶	۶۹۹،۹۷۹،۰۲۵	۲۸۷،۱۵۰،۰۱۱	۴۱۲،۸۲۹،۰۱۴

منبع: یافته‌های پژوهش

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی

در این مقاله تلاش شد تا با مرور اجمالی بر مبانی شاخص ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی، محتوای انرژی‌های فسیلی کالاها و خدمات تقاضای نهایی، صادراتی و وارداتی با بهره‌گیری از رویکرد داده ـ ستانده در سطح بخش‌های اقتصادی استان یزد در سال ۱۳۹۰ مورد سنجش قرار گیرد. علیرغم اهمیت ویژه ردپای بوم‌شناختی انرژی‌های فسیلی به عنوان شاخص محیط زیست، تعداد پژوهش‌های داخلی انجام شده در این حوزه ناچیز است به طوری که اغلب مطالعات انجام گرفته در حوزه ردپای بوم‌شناختی مانند اندایش (۱۳۹۴) و صادقی و همکاران (۱۳۹۵) در رابطه با ردپای کربن و آلایندگی‌های ناشی از آن است. از طرف دیگر، اغلب مطالعات انجام گرفته در زمینه ردپای بوم‌شناختی انرژی مانند تیموری و همکاران (۱۳۹۲)، و کاکائی و همکاران (۱۳۹۷) در سطح ملی صورت گرفته است. این در حالی است که شاخص ردپای بوم‌شناختی انرژی در سطح ملی در مقایسه با سنجش آن در سطح بخشی، از دقت کم‌تری برخوردار است و حتی احتمال دارد در سیاست‌گذاری‌ها به‌عنوان یک شاخص قابل اعتنا، مورد استفاده قرار نگیرد.

بر اساس نتایج بدست آمده در این پژوهش عنوان واردکننده خالص انرژی برای استان یزد، می‌تواند وابستگی ساختاری اقتصادی استان یزد به واردات محصولات را بیش از پیش نمایان کند. برای نمونه، بخش «صنعت» به دلیل واردات بیشتر صنایع، طبیعتاً رو به واردات بیشتر محصولات انرژی‌بر آورده است. کسری تراز تجاری محتوای انرژی‌های فسیلی در اغلب بخش‌های اقتصادی استان حاکی از آن است که فعالیت‌های صنعتی و تولیدی در استان در سطح نازلی قرار دارد. به بیان دیگر کسری تجاری استان نشان‌دهنده این نکته است که ساختار اقتصاد استان وابسته به دنیای خارج از خود است. بر اساس 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 باشد.

توجه به مسائل محیط زیستی بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی مناطق و کشور رو به افزایش است. پس سیاست‌گذاران در حوزه انرژی و محیط زیست باید گام‌هایی در جهت کاهش انرژی‌بری در بخش‌های مختلف اقتصاد بردارند. امروزه نظام برنامه‌ریزی اقتصادی در جهان از مسیر برنامه‌های ملی و متمرکز به سوی برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای حرکت نموده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که:

- سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در سطح ملی در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی بیش از پیش به توانمندی‌ها، فرصت‌ها و ویژگی‌های مناطق مختلف توجه کرده و از برنامه‌ریزی متمرکز به سمت برنامه‌ریزی منطقه‌ای حرکت نمایند.
- استراتژی واردات انرژی مجازی می‌تواند به‌عنوان یک راهکار امیدوارکننده برای رفع کمبود انرژی در استان یزد مورد توجه سیاست‌گذاران استانی قرار گیرد. در این راستا پیشنهاد می‌شود که بر اساس یک برنامه‌ریزی بلندمدت و با در نظر گرفتن سایر عوامل، الگوی تجارت در این منطقه بر مبنای واردات حداکثری و صادرات حداقلی انرژی مجازی قرار گیرد.
- ۷۹ درصد از تقاضای نهایی استان یزد مرتبط به بخش «سایر خدمات» است در حالی که همین بخش ۴۷ درصد از کل صادرات استان یزد را در سال ۱۳۹۰ تشکیل داده است. بنابراین، برای تأمین نیازهای داخلی جامعه در این بخش باید واردات بیشتری صورت گیرد.
- هفت بخش «نفت خام، گاز طبیعی و سایر معادن»، «سایر محصولات غذایی، آشامیدنی و تنباکو»، «ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک»، «ساخت محصولات کانی غیر فلزی»، «ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات»، «ساخت، تعمیر و نصب محصولات رایانه‌ای و ساخت و تعمیرات وسایل برقی» و «سایر خدمات» از مازاد تراز تجاری محتوای انرژی‌های فسیلی برخوردار هستند به عبارتی ارزش صادرات در این بخش‌ها بیش از ارزش واردات در آن‌ها است. در حالی که تقاضای نهایی داخلی هر هفت بخش سهم زیادی از کل تقاضای نهایی استان را در بر می‌گیرد. بدین ترتیب لازم است در سیاست‌گذاری این بخش‌ها بازنگری صورت گیرد.
- با توجه به این‌که استان یزد در کسری تجاری انرژی به سر می‌برد، تعامل تجاری با شرکای تجاری صنعتی و واردات تکنولوژی‌های دوستدار محیط زیست می‌تواند هدف کاهش انرژی‌بری را در داخل استان تحقق بخشد.
- برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت برای صادرات بیشتر محصولات که تقاضای نهایی انرژی (ردپای داخلی انرژی) کمتری در استان یزد دارند و واردات محصولاتی که تقاضای نهایی انرژی (ردپای داخلی انرژی) بیشتری دارند.
- مالیات‌گیری و عوارض‌گیری از تولید بخش‌هایی که انرژی‌بری بیشتری نسبت به سایر بخش‌ها دارند.

References

Andayesh, Y. (2016). *Study the Environmental Impact of Household Consumption in Economic Sectors in Iran: By using Ecological FootPrint (EP) and Social Accounting Matrix (SAM)*, Thesis is Approved for the Degree of Ph.D in Environmental and Resource Economics & Financial Economics, Faculty of Economics, Management and Business Department of Economics, University of Tabriz.

Banouei, A. A. & Kamal, E. (2014). "Measurement of Direct and Indirect Co_2 Contents of Exports and Imports of Iran: Using Input-Output Approach". Journal of Economic Development Policy (2): 41-70.

Banouei, A. A. Bazzazan, F. & Karami, M. (2007). "Ralationship between Spatial Economic Dimensions and Input-Output Coefficients in Iranian Provinces". Iranian Journal of Economic Research **8**(29): 143-170.

Banouei, A. A. Momeni, F. & Aziz Mohammadi, S. (2014). "Assessing the Ecological Footprint of Land in Different Economic Sectors of Iran using the Input-Output Table Approach". Journal of Economic Development Policy **1**(1): 35-66.

Bicknell, K.B. Ball, R.J. Cullen, R. and Bigs by H.R. (1998). "New Methodology for the Ecological Footprint With an Application to the New Zeal and Economy". Journal of Ecological Economic **27**: 149-160.

Energy Yearbook. (2011). Deputy Minister of Electricity and Energy, Office Planning and Macroeconomics of Electricity and Energy.

Ferng, J. (2001). "Using Composition of Land Multiplier to Estimate Ecological Footprints Associated with Production Activity". Ecological Economics **37**: 159-172.

Hong, J. Shen, G.Q. Guo, S. Xue, F. and Zheng, W. (2016). "Energy Use Embodied in China′ s Construction Industry: a Multi-Regional Input – Output Analysis". Renewable and Sustainable Energy Review **53**: 1303-1312.

Hubacek, K. Guan, D. Barrett, J. & Wiedmann, T. (2009). "Environmental Implications of Urbanization and Lifestyle Change in China: Ecological and Water Footprints". Journal of Cleaner Production **17**: 1241-1248.

Jiang, L. He, S. Tian, X. Zhang, B. and Zhou, H. (2020). "Energy Use Embodied in International Trade of 39 Countries: Spatial Transfer Patterns and Driving Factors". Energy **195**: 116988.

Kai, F. Reinout, H. and Geert, D. (2013). "The Footprint Family Comparison and Interaction of the Ecological, Energy, Carbon and Water Footprints". Journal of Revue de Metallurgie **110**: 79-88.

Kai, F. Reinout, H. and Geert, D. (2014). "Theoretical Exploration for the Combination of the Ecological, Energy, Carbon, and Water Footprints: Overview of a Footprint Family". Journal of Ecological Indicators **36**: 508-518.

Kakaie, J. Faridzad, A. Momeni, F. & Banouei, A. A. (2019). "Measuring Ecological Footprint of Fossil Fuels in Economic Sectors of Iran: An Input-Output Approach". Journal of Economic Research **73**(19): 147-174.

Kowalewksi, J. (2015). "Regionalization of National Input – Output Tables: Empirical Evidence on the Use of the FLQ Formula" Regional Studies **2**(49): 240-250.

Lenzen, M. & Murray, S.A. (2003). "The Ecological Footprint-Issues and Trends". ISA Research Paper 01-03. The University of Sydney.

Liu, B. Wang, D. Xu, Y. Liu, C. and Luther, M. (2018). "Embodied Energy Consumption of the Construction Industry and its International Trade Using Multi-regional Input – Output Analysis". Energy and Building **173**: 489-501.

Miller, R.E. & Blair, P.D (2009). *Input – Output Analysis: Foundations and Extensions*, Cambridge University Press.

Ministry of Energy Website, Hydrocarbon Energy Balance of the Country (2011).

Nasrolahi, Z. Vasfi Esfastani, SH. & Norizadeh, S. (2014). "Environmental Assessment of Economic Activity Using Input-Output Table (Yazd)". Quarterly Economical Modeling **2**(8): 75-89.

National Iranian Oil Refining & Distribution Company (2011).

Pei, J. Oosterhaven, J. & Dietzenbacher, E. (2012). "How much Do Exports Contribute to China's Income Growth". Economic Systems Research **24**(3): 275-284.

Penela, A.C. and Villasante, C.S (2008). "Applying Physical Input-Output Tables of Energy to Estimate the Energy Ecological Footprint (EEF) of Galica (NW Spain)". Energy Policy **36**(3): 1148-1163.

Ress, W.E. (1996). "Revisiting Caring Capacity. Area-based Indicators of Sustainability". Journal of Population & Environment **17**: 195-215.

Ress, W.E. (2012). *Ecological Footprint*, Concept of Chapter in Encyclopedia of Biodiversity (2nd Ed), Published by Academic Press, San Diego.

Sadeghi, S. K. Karimi Takanloo, Z. Motafaker Azad, M. A. Asgharpour Gorchi, H. & Andayesh. Y. (2015). "Study of Carbon Footprint Trade Balance in Iran's Economic Sectors with in the Social Accounting Matrix (SAM) Approach". Quarterly Journal of Quantitative Economics **12**(4): 1-38.

Saraei, M. H. & Zareei, A. (2011). "Study of Ecological Capital with EF Index: Case Study, Iran". Geography and Environmental Planning **1**(22): 97-106.

Statistical Center of Iran. (2011). National Accounts Regional Account Statistics, Statistical Center of Iran, 2011- 2016.

Teimouri, I. & Mohammadifar, A. (2014). "The Ecological Footprint of Fossil Fuels in the Provinces of the Country in 1999-2009". Statistical Center of Iran (14): 40-45.

Teimouri, I. Salarvandian, F. & Ziarii, K. (2014). "The Ecological FootPrint of Carbon Dioxide for Fossil Fuels in the Shiraz". Geogrphical Researches **29**(1): 193-204.

Wackernagel, M. (1994). *Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Tool for Planning Toward Sustainability*, PhD Thesis. Vancouver, Canada: School of Community and Regional Planning. The University of British Columbia.

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

Wackernagel, M. and Silverstein, J. (2000). "Big Things First: Focusing on the Scale Imperative with the Ecological Footprint". Ecological Economics **32**: 391-394.

Wei, X.Y. & Xia, J.X. (2012). "Ecological Compensation for Large Water Projects Based on Ecological Footprint Theory Fa Case Study in China". Procedia Environmental Sciences **13**: 1338-1345.

Wiedmann, T. Barrett, J. & Lenzen, M. (2007). "Campanies on the Scale – Comparing and Benchmarking the Footprints of Businesses". International Ecological Footprint Conference, May 8-10, 2007, Cardiff, UK. http://www.brass.cf; ac.uk/uploads/Wiedmann _et_al_P36.pdf.

Wu, X.F. and Chen, G.Q. (2017). "Energy Use by Chinese Economy: A Systems Cross-Scale Input-Output Analysis". Energy Policy **108**: 81-90.

Zabihi, Z. Kakaie, J. & Banouei, A. (2017). "Measurement of Fossil Energy Content in Economic Sectors of Kordestan Province with Input-Outpu Approach". The First International Conference on Economic Planning, Sustainable and Balanced Economic Development and Applications 3 & 4 May 2017.

Zarei, M. (2017). *Measurement and Evaluation of Water Consumption in Economic Sector of Iran and Yazd Province*, Thesis Submitted for the Master Degree in Economics, Faculty of Humanities and Social Sciences, Yazd University.

Zhang, C. & Anadon, L.D (2014). "A Multi-Regional Input–Output Analysis of Domestic Virtual Water Trade and Provincial Water Footprint in China". Ecological Economics **100**: 159-172.

Zhang, Y.J. Bian, X.J. Tan, W. and Song, J. (2015). "The Indirect Energy Consumption and CO_2 Emission Caused by Household Consumption in China: an Analysis based on the Input – Output Method". Journal of Cleaner Production **163**: 69-83.

Original Research Article

Evaluating the energy footprint of Yazd Province: A regional input–output analysis approach

Farnaz Dehghan Banadkuki[1]
Zahra Nasrollahi[2]*
Fatameh Bazzazan[3]

Received: 08-12-2020 Accepted: 07-02-2021

Introduction: Economic growth and development require greater use of human, physical, and natural resources to increase production and per-capita income. In fact, environmental degradation has been the primary product of man's efforts to secure improved standards of living for the growing number of people. The extent of environmental degradation is linked to human population size and the quantity of natural resources available per person. Rapid population growth, intensification of agriculture, uncontrolled growth of urbanization, and industrialization play important roles in resource depletion, waste production and environmental degradation. The increasing population and growing affluence have resulted in rapid growth of energy production and consumption and, thus, the environmental effects like ground water and surface water contamination, air pollution and global warming. All of them are of growing concern due to the increasing levels of consumption. The many problems that are now evident emphasize the urgent need to reassess the status of environmental resources. Based on the evidence, definitive plans must be developed to improve environmental management now and for the future.

The importance of non-renewable energy is not only because energy is an input of production and its consumption facilitates the production but also because it is a major source of carbon emission, leading to environmental degradation. In fact, the increased use of energy, especially from carbon-related sources, is associated with a rising level of carbon emission, which is harmful to environment and human health. Then, one of the major problems

[1]. M.Sc. Graduated, Environmental Economics, Faculty of Economics, Management & Accounting, Yazd University, Yazd, Iran
[2]. Associate Professor in Economics, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran
Email: nasr@yazd.ac.ir
[3]. Associate Professor in Economics, Faculty of Social Sciences and Economics, Alzahra University, Tehran, Iran

of mankind is to combine the energy consumption and to have respect for environment. The present paper is an attempt to study the effects of increased production on energy consumption and the energy content of goods and services of different economic sectors in Yazd Province. Therefore, the energy footprint index is briefly introduced and, according to the theoretical framework, the fossil energy contents of the economic sectors in the province are calculated for 2011.

Methodology: Considering that the main objective of the present study is to assess and calculate the use of energy in different economic sectors of Yazd Province and since there are interrelationships between economic activities and energy consumption, we use the energy footprint indexes for domestic and foreign trade, i.e., exports and imports, and a regional input-output model to calculate the energy contents of goods and services of various economic sectors in the province. To this end, in the present study, the Industry-Specific FLQ (SFLQ) method is used based on the national input-output table of 2011 to compute the input-output table of Yazd Province in 20 sectors defined by the Statistical Center of Iran.

Findings: Information on the domestic energy footprint at the level of economic sectors in Yazd Province shows that the sectors "Other services", "Manufacture of fabricated metal products except machinery and equipment" and "Other food, beverage and tobacco" have the highest share of the fossil energy content in the final domestic demand of the province. Also, the study of the content of fossil energy in the export of goods and services shows that, in 2011, the amount of fossil energy exported through goods and services out of the province was 699,979,025 tons. The findings indicate that the "other services" and "manufacturing of metal fabricated products except machinery and equipment" sectors have the most traces of the export energy. Also, some sectors, such as "construction" and "transportation", have a small share in the export energy footprint due to their export value and low increasing coefficients. From the sum of the values of each section in the matrix of the energy footprint for imported intermediate and final goods, 20% of the total energy footprint of the imported goods and services is related to the final import energy footprint, and the remaining share belongs to the intermediate import energy footprint. The "building" and "transportation" sectors have the highest fossil energy content, respectively. The sections "Manufacture, repair and installation of computer products and manufacture and repair of electrical appliances" are in the last ranks due to their lower import values and lower energy increasing coefficients. Finally, the trade balance of energy footprint was calculated, which showed a difference between the exports and imports of virtual energy at the level of economic sectors. Although comparative and competitive advantages should be considered in exports and imports, the importance of virtual energy in competitive advantages has been ignored in the country. Therefore, virtual energy should be considered in the

production of goods and services to get their competitive advantages known to the outside world. The findings indicate that Yazd Province is an importer of net fossil fuels. In other words, only seven sectors have a trade surplus of fossil energy content.

Results and Discussion: Despite the special importance of energy content (energy footprint), the number of national studies conducted in this field is very small. The energy footprint index at the macro level is less accurate than its measurement at the sectoral level. The results of the research indicate that Yazd Province is a net importer of net fossil fuels. In other words, only seven sections including "crude oil, natural gas and other mines", "other food, beverage and tobacco products", "manufacture of rubber and plastic products", "manufacture of non-metallic mineral products", "manufacture of fabricated metal products except machinery and equipment", "manufacture, repair and installation of subsidized products and manufacture and repair of electrical appliances", and "other services" have a positive energy footprint trade balance. The findings related to the trade deficit of fossil energy contents in most economic sectors of the province indicate that the industrial and production activities over there are at a low level. In other words, the trade deficit of the province proves that the structure of the province's economy depends on the outside world.

Keywords: Energy, Input-output table, Yazd.

JEL Classification: R, Q4, C67.