

سنجش ردپای بوم‌شناختی کربن دهک‌های خانوارهای شهری و روستایی در ایران با رهیافت ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM)

یعقوب اندایش^۱، سید کمال صادقی^۲، زهرا کریمی تکانلو^۳

محمد علی متفکر آزاد^۴ و حسین اصغر پور^۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

تاریخ ارسال: ۱۳۹۴/۱۰/۰۹

چکیده

هر کشوری با توجه به موقعیت زیستی آن ظرفیتی در جذب آلاینده‌ها دارد. با افزایش تولید، جمعیت و مصرف مستقیم و غیرمستقیم انرژی‌های فسیلی، انتشار آلاینده‌ها از جمله دی‌اکسید کربن افزایش یافته و اثرات مخربی به محیط زیست وارد می‌نماید. به‌طوریکه موجب عدم تعادل در گازهای گلخانه‌های، گرم‌تر شدن زمین، تغییرات اقلیمی و آب هوایی و به خطر افتادن زندگی انسان‌ها و جانداران شده است. بسته به اینکه بخش‌های تولیدی و خانوارها به چه صورت از کالاها و خدمات و با چه نوع تکنولوژی استفاده نمایند، بعد اثرات مخرب می‌تواند متفاوت باشد. ردپای بوم‌شناختی کربن روشی برای سنجش اثر انسان‌ها بر انتشار کربن است. این پژوهش با هدف سنجش ردپای کربن خانوارها در تلاش است به این سؤالات پاسخ دهد: ردپای بوم‌شناختی کربن دهک‌های خانوارها به تفکیک دهک‌های شهری و روستایی چه مقدار است؟ کدام دهک‌ها ردپای بوم‌شناختی کربن بیشتری دارند؟ در کل خانوارها چند درصد از کل ردپای بوم‌شناختی کربن در کشور را تشکیل می‌دهند؟ و سرانه ردپای بوم‌شناختی کربن هر نفر در هر دهک چقدر است؟ روش بکارگرفته شده مبتنی بر ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ می‌باشد. یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که در سال ۱۳۹۰ کل ردپای خالص مستقیم و غیرمستقیم کربن در کشور ۵۱۷ میلیون تن است که سهم خانوارها ۶۴ درصد و مابقی مربوط به مصرفی نهایی دولت، صادرات و سایر مصارف است. ردپای خانوارهای شهری بیشتر از خانوارهای روستایی و دهک‌های بالای درآمدی بیشتر از سایر دهک‌ها است. دهک دهم شهری ۱۱ برابر دهک اول، دهک دهم روستایی ۹ برابر دهک اول و دهک دهم شهری ۴ برابر دهک دهم روستایی ردپای کربن به‌جای گذاشته‌اند. سرانه ردپای کربن یک ایرانی ۴۴۲۹ کیلوگرم در سال است به‌طوری‌که یک نفر در دهک اول شهری ۱۱۲۴ کیلوگرم، دهک دهم شهری ۱۷۱۳۴ کیلوگرم، دهک اول روستایی ۹۶۵ کیلوگرم و دهک دهم روستایی ۹۸۰۳ کیلوگرم در سال ردپای کربن به‌جای می‌گذارند. با توجه به یافته‌های فوق می‌توان گفت که افراد با درآمد بیشتر ردپای کربن بیشتری در اقتصاد ایران از خود به‌جای می‌گذارند.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، ردپای کربن، ماتریس حسابداری اجتماعی و دهک‌های خانوارها.

طبقه‌بندی JEL: P28, Q25, Q53, Q56, Q57

۱- استادیار گروه اقتصاد دانشگاه شهید چمران اهواز (نویسنده مسئول)،

پست الکترونیکی: andayesh230@gmail.com

۲- دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز، پست الکترونیکی: sadeghiseyedkamal@gmail.com

۳- دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز، پست الکترونیکی: zahra.karimi.tu@gmail.com

۴- استاد گروه اقتصاد دانشگاه تبریز، پست الکترونیکی: motafakker@tabrizu.ac.ir

۵- دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز، پست الکترونیکی: asgharpur@gmail.com

۱- مقدمه

با اهمیت یافتن مسائل زیست محیطی در سطح بین الملل، اکثر کشورها سعی در پیاده‌سازی سیاست‌هایی در این مورد کردند اگرچه سرعت آن در برخی کشورها بیشتر و در برخی پایین بود. انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌های در ایران نیز شرایط زندگی را برای انسان‌ها و جانداران بیش از پیش با مشکل مواجه می‌نماید و بیش از پیش نیازمند کنترل آن‌ها و رعایت استانداردها در این زمینه می‌باشد. بدین منظور ابتدا باید جریان انتشار این آلاینده‌ها مشخص شود و سپس با اتخاذ سیاست‌های مناسب تلاش برای کنترل و کاهش آن‌ها نمود. یکی از راه‌های بررسی اثرات انسان‌ها بر انتشار کربن و یا سایر گازهای گلخانه‌های محاسبه ردپای خانوارها و افراد ساکن در انتشار این گازها است. با معلوم شدن ردپا و سهم هر گروه خانوار و سهم آلاینده‌زایی تولید کالاها و خدمات مصرفی خانوارها می‌توان ترتیباتی جهت کنترل آن اتخاذ نمود. هدف اصلی مقاله حاضر، سنجش ردپای بوم‌شناختی با تأکید بر کربن در دهک‌های خانوارها با رویکرد الگوی ماتریس حسابداری اجتماعی می‌باشد که می‌توان اثرات مصرف نهایی خانوارها از بخش‌های اقتصادی بر انتشار کربن در ایران را محاسبه و تحلیل نمود.

در ردپای کربن^۱، به‌طور مستقیم میزان خروجی گازهای عامل تغییرات آب و هوایی به‌جای اندازه‌گیری می‌کنند که مقیاسی از مقدار کل خروجی دی‌اکسید کربن^۲ و سایر گازهای گلخانه‌های مربوط به یک جمعیت، سیستم یا فعالیت معین با در نظر گرفتن همه منابع، فرونشین‌ها، ذخیره‌شدن‌ها در محدود زمانی و مکانی آن جمعیت، آن سیستم یا فعالیت است. به‌عبارت دیگر ردپای کربن اندازه‌گیری منحصر به فرد کل مقدار دی‌اکسید کربن است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم از فعالیت‌ها یا در طول چرخه عمر یک محصول انتشار می‌یابد.

1- Carbon footprint

2-CO₂

این فعالیت‌ها شامل فعالیت افراد، جمعیت‌ها، دولت‌ها، شرکت‌ها، سازمان‌ها، فرآیندهای تبدیل و بخش‌های صنعتی و غیره می‌باشند. محصولات شامل کالاها و خدمات می‌شود. در هر صورت انتشار هم به صورت مستقیم (در محل داخلی) و هم به صورت غیرمستقیم (خارج از محل اصلی، خارجی، بالادست، پایان دست) باید در نظر گرفته شود. با این محاسبه مشخص می‌شود آیا تولید این گازها به تناسب ظرفیت جذب محیط پیرامون است یا اینکه بیش از حد تولید می‌شوند. گازهای گلخانه‌های از طریق فعالیت‌های مربوط حمل و نقل، تولید مواد غذایی، سوخت، کالاهای ساخته شده، مواد، چوب، جاده‌ها، ساختمان‌ها و خدمات وارد جو زمین می‌شوند. برای سادگی اغلب برحسب میزان دی‌اکسید کربن یا معادل دی‌اکسید کربن سایر گازهای گلخانه‌های گزارش می‌شوند. کل مقدار دی‌اکسید کربن به طور فیزیکی در واحد جرم (کیلوگرم، تن و غیره) اندازه‌گیری می‌شود و بنابراین هیچ تبدیلی به واحد سطح (هکتار، مترمربع، کیلومتر مکعب و غیره) صورت نمی‌گیرد.

ردپای کربنی خانوارها را می‌توان به دو بخش مستقیم و غیرمستقیم تقسیم کرد: منابع "غیرمستقیم" که اغلب ردپای کربن خانوارها مربوط به آنهاست، شامل خروجی سوخت مصرفی برای تولید کالاهایی است که دورتر از مصرف‌کننده نهایی تولید می‌شوند. بخش "مستقیم" شامل خروجی ناشی از سوختی است که در ماشین یا اجاق خانه فرد مصرف‌کننده به کار می‌رود. کشورهای پیشرفته با محاسبه ردپای کربن در تولیدات صنایع سعی می‌کنند صناعی که ردپای کربن بالاتری دارند را به سمت کشورهای در حال توسعه سوق دهند.

تعریف فوق حداقل سه جنبه مهم دارد: نخست آنکه، در قالب شاخص‌های کلان و بخشی قابل سنجش و همچنین بین مناطق قابل مقایسه است. دوم، تصویر واقع‌بینانه‌تری از وضعیت موجود تعامل انسان با منابع طبیعی را آشکار می‌کند و در نهایت، ردپای بوم‌شناختی دارای دو جنبه بومی و غیربومی است، یعنی اینکه علاوه بر سنجش انتشار کربن ناشی از تولید کالاها و خدمات در داخل یک منطقه، انتشار کربن ناشی از تولید کالا و

خدمات صادرات و همچنین انتشار کربن ناشی از تولید کالا و خدمات وارداتی که به اصطلاح کربن مجازی گویند را هم مورد توجه قرار می‌دهد و از این حیث مبادلات تجاری، کربن در تجارت بین الملل نیز نقش بسزایی در ردپای بوم‌شناختی ایفا می‌کند. ادبیات موجود نشان می‌دهد که پژوهشگران از دو روش در سنجش ردپای کربن استفاده می‌کنند که زیر مجموعه ردپای بوم‌شناختی است. روش اول ماهیت کلان دارد و بر مبنای مصرف آشکار منابع مورد نظر به کار رفته در تولید کالاها و خدمات داخلی به علاوه منابع به کار رفته در تولید کالاها و خدمات واردات منهای منابع به کار رفته در تولید کالاها و خدمات صادرات محاسبه می‌گردد که اولین بار توسط واکرناگل^۱ و ریس^۲ در سال ۱۹۹۶ مطرح شد. اما به کارگیری روش مذکور نمی‌تواند وضعیت ردپای بوم‌شناختی را در جهت مدیریت منابع در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی آشکار نماید. برای برون رفت از این مسئله، طیف وسیعی از پژوهشگران مثل هوباسک^۳، لنزن^۴، موری^۵، فرننگ^۶، بیکنل^۷ و گیلجوم^۸، روش دومی را در قالب نظام حسابداری بخشی به شکل جدول داده-ستانده مبنای محاسبه این شاخص قرار داده‌اند که روش به کار گرفته در این پژوهش نیز بر این مبنا است.

هدف این مقاله بررسی اثرات دهک‌های خانوارها در انتشار مستقیم و غیرمستقیم کربن است که در تلاش است به این پرسش پاسخ دهد که ردپای بوم‌شناختی کربن دهک‌های خانوارها به تفکیک دهک‌های شهری و روستایی چه مقدار است، کدام دهک‌ها ردپای بوم‌شناختی کربن بیشتری دارد، چند درصد از کل ردپای بوم‌شناختی کربن در کشور را تشکیل و سرانه ردپای بوم‌شناختی کربن هر نفر در هر دهک درآمدی

- 1- Wackernagel
- 2-Rees
- 3- Hubacek
- 4- Lenzen
- 5- Murray
- 6- Freng
- 7- Bicknell
- 8- Giljum

چقدر است. بدین منظور در ادامه بر پیشینه مطالعات خارجی و داخلی در زمینه ردپای بوم شناختی کربن مروری صورت می‌گیرد. سپس روش ماتریس حسابداری اجتماعی و چگونگی به‌کارگیری آن در محاسبه ردپای بوم شناختی کربن و پایه‌های آماری تشریح می‌گردد. در ادامه یافته‌های ردپای بوم شناختی دهک‌های خانوارها تحلیل و سرانجام به نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

۲- مروری بر پیشینه موضوع

ردپای کربن زیر مجموعه ردپای بوم شناختی است که طی چند سال گذشته به‌طور گسترده‌ای رایج شده است و در حال حاضر به‌طور قابل ملاحظه‌ای در سراسر رسانه‌ها استفاده می‌شود. با تغییرات آب و هوایی محاسبه ردپای کربن در دستور کار و سیاست‌های شرکت‌های کشورهای اروپایی و آمریکا قرار گرفته است.

بیشتر مقالات مرتبط با ردپای کربن به‌دنبال پاسخ به این سؤال می‌باشند که چگونه انتشار دی‌اکسید کربن را می‌توان به یک محصول خاص، شرکت (بنگاه) یا سازمان نسبت داد؟ جفری هاموند^۱ (۲۰۰۷) می‌نویسد شاخصی که اغلب به‌عنوان ردپای کربن معرفی می‌شود در واقع وزن کربن انتشار یافته بر اساس کیلوگرم یا تن به ازای هر فرد یا فعالیت است.

هاون^۲ (۲۰۰۷) یادآوری می‌کند که تجزیه و تحلیل ردپای کربن صندلی یک اداره به‌عنوان ارزیابی چرخه عمر^۳ محصول؛ تمام مواد اولیه، مراحل تولید، حمل و نقل، استفاده و مصرف در هر مرحله از رشد و توسعه را به حساب می‌آورد.

اکل^۴ (۲۰۰۷) اشاره می‌کند که ارزیابی ردپای کربن یک کسب و کار، فقط محاسبه انرژی مصرف شده نیست بلکه افزایش ضایعات در شیوه‌های کسب و کار را هم در نظر می‌گیرد. از طرف دیگر هیچ دامنه واضح و روشنی برای تجزیه و تحلیل فراهم نمی‌کند.

1-Hammond

2- Haven

3- Life Cycle Assessment(LCA)

4-Eckel

مجموعه‌ای از توصیف‌ها درباره ادبیات ردپای کربن وجود دارد که در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- تعاریف کربن در ادبیات موضوع

منبع	تعریف
BP (2007)	ردپای کربن مقدار دی‌اکسید کربن منتشره ناشی از فعالیت‌های روزانه می‌باشد مانند شستن لباس یا استفاده از وسایل حمل و نقل.
CarbonTrust (2007)	- یک روش برای تخمین کل انتشار گازهای گلخانه‌های، معادل کربن تولید شده در سراسر چرخه عمر یک محصول از تولید مواد اولیه استفاده شده در تولید آن تا دفع محصول نهایی می‌باشد. - همچنین یک روش برای برای شناسایی و اندازه‌گیری گازهای گلخانه‌های منحصر به فرد، اندازه‌گیری میزان انتشار این گازها در هر فعالیتی و در همه مراحل (تهیه مواد اولیه، تخصیص مواد برای هر محصول) می‌باشد.
Energetics (Eckel, 2007)	ردپای کربن به میزان انتشار گازهای گلخانه‌های به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم ناشی از فعالیت‌های کسب و کار گفته می‌شود.
ETAP (2007)	ردپای کربن در واقع اندازه‌گیری تأثیر فعالیت‌های انسانی در محیط زیست از نظر انتشار گازهای گلخانه‌های همچون اندازه‌گیری میزان دی‌اکسید کربن می‌باشد.
Grub & Ellis (2007)	ردپای کربن اندازه‌گیری مقدار دی‌اکسید منتشر شده از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی می‌باشد. به‌طور مثال در مورد یک بنگاه تولیدی، ردپای کربن مقدار دی‌اکسید کربن منتشره به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم ناشی از فعالیت‌های روزانه می‌باشد، همچنین ممکن است بازتاب انرژی‌های فسیلی در تولید یک محصول یا محصولات یک بازار را نشان دهد.
Palliamentary Office of Science and Technology (POST 2006)	ردپای کربن مقدار کل دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌های ساطع شده در طول چرخه کامل عمر یک محصول می‌باشد.

در انگلستان تراست کربن وجود دارد که هدف کلی آن توسعه درک مشترک ردپای کربن ناشی از یک محصول است (تراست کربن ۲۰۰۷، تعاریف جدول ۱ مطالعه

شود). در اینجا تأکید شده که در محاسبه ردپای کربن نه تنها واحد ورودی، خروجی و پردازش که مستقیماً با محصولاتی مرتبط هستند بلکه باید بعضی از انتشارات غیرمستقیم گازهای گلخانه‌های را هم در نظر بگیرد. تفکر چرخه عمر را می‌توان در بسیاری از اسناد و مدارک یافت و به نظر می‌رسد با ویژگی یکسان برای تخمین ردپای کربن توسعه یافته باشد. فرآیند استاندارد سازی به وسیله تراست کربن و اهدافی که در نظر گرفته است برای همه محصولات اعمال و استاندارد گازهای گلخانه‌ای ساطع از آن‌ها را گوشزد می‌نماید (دفرآ، ۲۰۰۷)

به طور کلی مطالعاتی که در زمینه ردپای بوم شناختی انجام گرفته‌اند حول دو روش تمرکز یافته‌اند: الگوهای تعادل جزئی و الگوهای تعادل عمومی. الگوهای تعادل جزئی ماهیت کلان دارد و یا ردپای بوم شناختی جزئی از اقتصاد بدون در نظر گرفتن کلیت اقتصاد یک کشور و ارتباط بین آن‌ها مورد محاسبه قرار می‌گیرد در حالی که در الگوهای تعادل عمومی وضعیت ردپای بوم شناختی در جهت مدیریت منابع در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی بررسی می‌شود. پایه‌های آماری در مدل‌های تعادل جزئی بر حسب واحد فیزیکی است اما در مدل‌های تعادل عمومی از نوع ترکیبی واحد فیزیکی به همراه واحد ارزشی می‌باشد. بنابراین در مدل‌های تعادل عمومی می‌توان تحلیل‌های اقتصادی از ردپای بوم شناختی را ارائه داد. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از ماتریس حسابداری اجتماعی از ترکیب واحدهای فیزیکی (مقدار انتشار کربن) و واحدهای ارزشی (ماتریس حسابداری اجتماعی ارزشی) با در نظر گرفتن تمامی حساب‌های متعارف در اقتصاد، ردپای کربن خانوارها را مورد محاسبه قرار می‌دهد.

با توجه به آنچه بیان گردید می‌توان مطالعات انجام شده را در دو دسته کلی مدل‌های تعادل جزئی و تعادل عمومی مورد بررسی قرار داد.

برخی از مطالعات با روش تعادل جزئی عبارتند از: تینگ و وو^۱ (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای، ردپای بوم‌شناختی را با توجه به سبک زندگی برای ارزیابی پروژه‌های ساختمانی بررسی کردند. در این مطالعه بیان شده است با توجه به سرعت رشد پروژه‌های ساختمانی و تخریب محیط زیست به ارزیابی درست اثرات سبک زندگی بر اکولوژی نیاز می‌باشد. در ادامه این مطالعه استفاده از محاسبه ردپای بوم‌شناختی را در مراحل ساخت پروژه‌های ساختمانی و فعالیت‌های افراد و همچنین برای کاهش اثرات زیست محیطی پروژه‌های در حال ساخت و توسعه پایدار در سبک زندگی افراد توصیه می‌کند.

لی^۲ و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای تحت عنوان "توسعه روش‌های حفاظت زیست محیطی براساس ردپای بوم‌شناختی در ناحیه جلگه‌ای چین" شاخص‌های فشار ردپای مصرف و فشار ردپای آلودگی را براساس ردپای اکولوژی محاسبه نموده‌اند.

همچنین برای ارزیابی فشار به‌وجود آمده به‌وسیله انتقال منابع و تولیدات از مناطق بیرونی به مناطق داخلی از شاخص جبران ردپای بوم‌شناختی استفاده کرده‌اند و مدل‌هایی برای ارزیابی حفاظت از ناحیه جلگه‌ای در نظر گرفته‌اند. از این مدل‌ها برای محاسبه شاخص فشار ردپای مصرف، شاخص فشار ردپای تولید و شاخص جبران ردپای بوم‌شناختی برای مناطق جلگه‌ای سه استان و یک ناحیه شهری از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ استفاده شده است. نتایج نشان داد که شاخص فشار ردپای مصرف و شاخص فشار ردپای تولید به‌طور کلی در طول دوره مطالعه در تمام مناطق مذکور افزایش یافته‌اند. به‌علاوه شاخص جبران ردپای بوم‌شناختی معمولاً مثبت بوده است که این امر نمایانگر امنیت بوم‌شناختی منطقه می‌باشد.

سانی منگال^۳ و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای، طراحی روش و نقش ردپای کربن در محصولات را بررسی کردند. در این مطالعه هدف نشان دادن یک طرح ترکیبی برای

1-Teng & Wu

2- Li

3-Sanyé-Mengual

محیط زیست و ارزیابی روش چرخه زندگی برای اجرای طرح‌های اقتصادی بود. یافته‌ها نشان داد ردپای کربن محصولات دو نقش مهم ایفا می‌کند: اول، ردپای کربن محصولات یکی از شاخص‌هایی است که می‌تواند با ارزیابی چرخه عمر برآورد شود. دوم، ردپای کربن محصولات به‌عنوان یک استراتژی برای ارتباط محیط زیست با مصرف‌کنندگان برجسب می‌خورد.

نتایج نشان داد که در جهت ارزیابی و بهبود محیط زیست کشورها باید یک طرح جامع ارائه شود. این طرح، ترکیبی از روش کیفی و کمی برای ارزیابی و تجزیه و تحلیل استراتژی‌ها است. روش ردپای کربن به دلیل آنکه می‌تواند در مراحل مختلف و برای رسیدن به اهداف گوناگون استفاده شود، در طراحی روش‌های سازگار با محیط زیست نقش مهمی دارد. همچنین بیان شد که ردپای کربن می‌تواند به‌عنوان یک شاخص پیشگام در اجرای ارتباط کمی زیست محیطی در محصولات و خدمات باشد و نیز استفاده از روش ردپای کربن محصولات می‌تواند در بررسی جنبه‌های زیست محیطی محصولات با دیگر شاخص‌های زیست محیطی ترکیب شود.

پندی و اگراول^۱ (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای ردپای کربن در بخش کشاورزی را با استفاده از روش ردپای کربن برآورد کردند. در این مطالعه بیان شد که ردپای کربن به‌عنوان یک شاخص قوی برای سنجش شدت گازهای گلخانه‌های در اثر فعالیت‌های تولیدی می‌باشد. با توجه به اینکه بخش کشاورزی از انتشاردهنده‌های مهم گازهای گلخانه‌های می‌باشد، بنابراین شناسایی شیوه‌های پایدارتر کشاورزی ضروری است. مطالعات موردی در استفاده از ردپای کربن افزایش یافته است اما اکثر مطالعات انجام شده با روش سه ردیف استاندارد منطبق نیست. از این رو نتایج نشان داد ردپای کربن به‌عنوان یک روش استاندارد برای بخش کشاورزی ضروری است و کاربرد مؤثر این ابزار در

سنجش شدت گازهای گلخانه‌های و ارائه سناریوها و سیاست‌هایی برای جلوگیری از گرم شدن کره زمین و تغییر آب و هوا مؤثر می‌باشد.

سولیس گازمن^۱ و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای میزان ردپای کربن ناشی از ساخت و ساز ساختمان‌های مسکونی در اسپانیا را بررسی کردند. در این مطالعه ابتدا روش بررسی چرخه عمر محصولات برای تعیین میزان ردپای کربن به‌منظور سنجش گازهای گلخانه‌های تولید شده در اثر یک پروژه ساختمانی پیشنهاد شد. این روش میزان ردپای کربن را در منابع استفاده شده و ضایعات ایجاد شده محاسبه می‌کند، بعد از انتخاب روش، ردپای کربن هر یک از عناصر به‌صورت جدا در نظر گرفته شد (مثلاً آب، انرژی، غذا، حمل و نقل، مواد ساخت و ساز و ضایعات).

یافته‌ها نشان می‌دهد ردپای کربن در هر متر مکعب به ترتیب در عوامل انرژی، آب، غذا، تحرک، مواد ساخت و ساز و ضایعات به‌میزان ۳۸۴/۸، ۰/۰۷، ۳۲/۳۵، ۰/۰۳، ۶۶۷/۲۲، ۴۹/۸۳ کیلوگرم می‌باشد. مواد ساخت و ساز در میزان کربن نقش بسیار قابل توجهی دارند. منابع دیگر ایجادکننده ردپای کربن ماشین‌آلات، برق و مواد غذایی هستند. در این پروژه ساختمانی نقل و انتقال منابع هیچ تأثیر تعیین‌کننده‌ای بر میزان ردپای کربن ندارد.

روس^۲ و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای میزان ردپای کربن در محصولات غذایی را بررسی کردند. در این مطالعه ردپای کربن در محصولات تولیدی با استفاده از روش تغییرات استفاده از زمین^۳ صورت گرفت. یافته‌ها نشان داد که سیستم غذایی به‌عنوان یک عامل در تغییرات آب و هوایی می‌باشد.

منابع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌های؛ نیترواکسید از خاک، متان از تخمیر روده حیوانات و دی‌اکسید کربن از تغییرات در استفاده از زمین مانند جنگل‌زدایی می‌باشند. در

1-Solís-Guzmán

2-Roos

3-LUC

چرخه زندگی محصولات غذایی، گازهای گلخانه‌های از عوامل همچون تولید کود معدنی، کشت برنج، استفاده از منابع انرژی در مزارع و فعالیت‌هایی همچون پردازش، بسته‌بندی، ذخیره و توزیع محصولات ایجاد می‌شوند.

همچنین نتایج نشان داد تفاوت در میزان رد پای کربن بین انواع مختلف محصولات غذایی بسیار بزرگ است به طوری که رد پای کربن ناشی از محصولات دامی، بسیار بزرگ‌تر از محصولات گیاهی می‌باشد.

در مطالعه دیگری کوئینتیرو^۱ و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی رد پای کربن در محصولات سرامیکی در پرتغال پرداختند. در این مطالعه به تجزیه و تحلیل انتشار گازهای گلخانه‌های هر یک از محصولات سرامیکی با توجه به رویکرد چرخش به داخل^۲ و چرخش به بیرون^۳ پرداخته شد و بیان شد که فعالیت‌های انسانی منجر به انتشار گازهای گلخانه‌های و تغییر آب‌وهوا به دلیل افزایش در درجه حرارت می‌شود. مهم‌ترین نتایج این مطالعه به شرح زیر است:

* رد پای کربن محصولات سرامیکی یک ابزار مهم برای شناسایی میزان انتشار گازهای گلخانه‌های و انجام اقدامات به منظور کاهش انتشار کربن از محصولات سرامیکی می‌باشد که باعث ارتقاء بهره‌وری انرژی و رقابت کارخانه‌های تولید کننده سرامیک می‌شود.

* قطعات سفالی زینتی دارای بالاترین (۱/۲۲) کیلوگرم در هر قطعه) میزان انتشار گازهای گلخانه‌های و آجر دارای کمترین (۰/۰۵۳) کیلوگرم در هر قطعه آجر) میزان انتشار گازهای گلخانه‌های در تمام مراحل پخت می‌باشند.

* میزان انتشار گازهای گلخانه‌های به ترتیب در تولید کاشی‌های سقف، تولید کاشی، دیوار و کف، تولید کاشی سرویس بهداشتی به میزان (۰/۷۸ کیلوگرم) در هر کاشی سقف، (۱۱/۲۹ کیلوگرم) در هر متر مکعب و (۱/۵ کیلوگرم) در هر کیلوگرم می‌باشد.

1-Quinteiro

2-Cradle-to-gate

3-Cradle-to-grave

همه اقدامات و تکنولوژی‌های مناسب و پیشرفته برای بهبود محیط زیست باید از نقطه نظر فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد.

متیلا^۱ و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای با عنوان "مباحثی روشن در ردپای کربن ناشی از فناوری اطلاعات موبایل" به بررسی ردپای کربن در دستگاه‌های تلفن پرداختند. این مطالعه با استفاده از بررسی کیفی داده‌ای میزان ردپای کربن سه نمونه گوشی همراه در ۲۰۱۲ در مراحل مختلف تولید، مصرف، بازسازی و انتقال انجام شد. به‌طور کلی نتایج ارزیابی میزان انتشار کربن از گوشی‌های هوشمند نشان داد که انتشار این گازها به‌طور گسترده‌ای در محیط زیست صورت می‌گیرد. در استفاده از گوشی‌های هوشمند نیاز قابل توجهی به زیرساخت در انتقال و ذخیره سازی اطلاعات هست و اثرات خارجی، به احتمال زیاد از اثرات ناشی از مراحل ساخت این دستگاه می‌باشد و با توجه به اینکه انتقال داده‌ها و اطلاعات در این دستگاه تأثیر عمده‌ای بر انتشار گازهای گلخانه‌های دارد نمی‌توان آن را نادیده گرفت. از سوی دیگر استفاده از گوشی‌های هوشمند از طریق برنامه‌های کاربردی تا حد زیادی منجر به صرفه‌جویی و کاهش در انتشار این گازها شود.

جاکوبسن^۲ و همکاران (۲۰۱۴) ردپای کربن در تولید گوشت خوک را در فلاندر (ناحیه شمال بلژیک) بررسی کردند. در این مطالعه برای ارزیابی چرخه عمر انتشار گازهای گلخانه‌های برای تولید گوشت خوک در فلاندر از روش مشخصات در دسترس عموم^۳ که توسعه یافته‌ترین روش در بخش باغبانی و کشاورزی است استفاده شد. در مدل سیستم گوشت خوک، از طریق یک سیستم زنجیره‌ای از هر دو داده‌های اولیه و ثانویه استفاده شده است.

1-Mattila

2-Jacobsen

3- Available Specification Methodology

نتایج نشان می‌دهد به ازای هر کیلوگرم گوشت خوک بدون استخوان، کربن به میزان $4/8-6/4$ کیلوگرم آزاد می‌شود. در این مطالعه همچنین بیان شد دو عامل عمده در ردپای کربن در این زمینه، ترکیب و تولید خوراک دام و تولید و استفاده از کود می‌باشد. ژائو^۱ و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای انتشار کربن و ردپای کربن را در مکان‌های صنعتی مناطق مختلف چین با استفاده از داده‌های مصرف انرژی و زمین هر منطقه طی دوره ۲۰۰۸-۱۹۹۹ بررسی کردند.

در این مطالعه با استفاده از شاخص‌های ردپای بوم‌شناختی، میزان انتشار گازهای گلخانه‌های بررسی شد. فضاهای صنعتی به پنج نوع: فضاهای کشاورزی، فضاهای صنعتی حمل و نقل، فضای مسکونی و تجاری، شیلات و فضاهای نگهداری آب‌ها و دیگر فضاهای صنعتی تقسیم شدند.

یافته‌ها نشان داد مقدار کل انتشار کربن ناشی از سوخت‌های فسیلی و مصرف انرژی به ترتیب در مناطق مختلف کشاورزی، مسکونی-تجاری، فضاهای صنعتی حمل و نقل، فضاهای آبی و شیلات و دیگر فضاها به میزان $1/87\%$ ، $89/12\%$ ، $7/30\%$ ، $0/19\%$ و $1/52\%$ می‌باشد. با توجه به اینکه در چین زغال‌سنگ منبع اصلی مصرف انرژی می‌باشد و از طرفی مصرف انرژی فسیلی علت اصلی انتشار کربن است، بنابراین باید استفاده از صنایع انرژی‌بر را کاهش داد، با ساختار انرژی‌های سنتی وداع کرد و استفاده از انرژی‌های پاک افزایش یابد. بدین جهت در این مطالعه پیشنهاد شده که برای جذب دی‌اکسید کربن از پوشش‌های گیاهی استفاده شود، به خصوص از طریق جنگل‌ها و چمن‌ها.

واز کوئر رو^۲ و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای استفاده از انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌های در زمینه ماهیگیری را بررسی کردند. در این مطالعه از روش ارزیابی چرخه عمر^۳ و آنالیز داده‌های محیطی^۴ استفاده شد. اطلاعات از شش ناوگان ماهیگیری

1-Zhao

2-Vázquez-Rowe

3- LAC

4-DEA

مختلف در اسپانیا طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۷ به دست آمد. نتایج نشان داد در سراسر جهان حدود ۱/۲٪ از انتشار گازهای گلخانه‌های ناشی از صنعت شیلات می‌باشد. همچنین بین مناطق مختلف ماهیگیری و شیلات از نظر زیست محیطی تفاوت‌های زیادی وجود دارد. این تفاوت بین شیلات نشان می‌دهد که باید روش‌های ارزیابی حیاتی در ترکیب با ردپای کربن و دیگر اثرات محیطی چرخه عمر (مانند فرسایش فسیل) در نظر گرفته شود.

با توجه به اینکه ارتباطات قوی بین تغییرات آب و هوایی و تغییر الگوهای شیلات وجود دارد و مصرف عمده خانوارهای اسپانیایی از غذاهای دریایی است و در اسپانیا صنعت شیلات یک منبع مهم گازهای گلخانه‌های است لذا سیاست‌هایی باید اجرا شود تا میزان انتشار گازهای گلخانه‌های ناشی از تولید این صنعت را کاهش دهد.

وارون و مانیش کومار^۱ (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای در هند ردپای کربن و انرژی را در صنعت قند بررسی کردند. در این بررسی برای تخمین ردپای کربن از روش ارزیابی چرخه کامل عمر محصول که یک ابزار قدرتمند برای ارزیابی تأثیرات یک محصول در سراسر طول عمر خود است، استفاده شد و مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌های از طریق یک مدل داده-ستانده به دست آمد.

نتایج نشان داد صنعت قند به طور مستقیم و غیرمستقیم بر محیط زیست اثر گذار است. بخش عمده‌ای از قند از نیشکر تولید می‌شود. شکر محصول اصلی مصرفی است. باگاس، ملاس (شیره قند) و تفاله محصولات جانبی هستند. محصولات جانبی و مواد زائد دوباره برای اهداف دیگری استفاده می‌شوند. ظرفیت گیاهان قند در مطالعه حاضر، ۱۲۰۰۰ تن نیشکر در روز است. به طور همزمان ۶۰ مگاوات انرژی در ماشین آلات و ۲۷۰ کیلو ژول در روز در هر محل تقطیر به کار می‌رود. همچنین نتایج با استفاده از آنالیز داده-ستانده اقتصادی نشان داد که میزان انتشار گازهای گلخانه‌های به ترتیب در ماشین آلات استخراج شیره گیاهان نیشکر، ماشین آلات و تجهیزات برای تغلیظ مایعات و ماشین آلات و

تجهیزات برای ایستگاه‌های فرار به میزان ۱۹/۲۵، ۶/۶۷ و ۱/۰۸ کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هر تن شکر است. این نرخ انتشار گازهای گلخانه‌های به‌طور مستقیم بر محیط زیست تأثیر می‌گذارد. بنابراین کاهش این نرخ در تعادل محیط زیست ضروری به نظر می‌رسد.

اما مطالعاتی که با استفاده از روش تعادل عمومی به بررسی ردپای بوم‌شناختی پرداخته‌اند عبارتند از: لنزن و مورای^۱ (۲۰۰۱) روش بیکنل و همکارانش را اصلاح و روش جدیدی برای محاسبه محاسبه ردپای بوم‌شناختی در چارچوب داده-ستانده ارائه می‌دهند. همچنین لنزن و مورای (۲۰۰۳) در پژوهش دیگری نشان می‌دهند چگونه می‌توان تحلیل داده-ستانده را برای محاسبه ردپای بوم‌شناختی ملی و ناحیه‌ای به‌منظور تجزیه حساب ردپا در لایه‌های تولید و تبیین کمی رابطه بین عوامل اجتماعی-اقتصادی (مانند مخارج خانوار) و جمعیتی و سنجش ردپای بوم‌شناختی بسط داد.

ناکامورا و کوندو^۲ (۲۰۰۹) در کتابی با عنوان آنالیز داده‌ستانده ضایعات، مدل داده-ستانده را برای اندازه‌گیری میزان ضایعات به کار بردند. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر اکولوژی صنعتی در حال رشد است، اطلاعات زیادی در مورد کاربرد مدل داده‌ستانده برای آن توسعه یافته است. هدف اصلی این کتاب، فراهم کردن مدل داده‌ستانده ضایعات^۳ برای دستیابی به اطلاعاتی در زمینه اکولوژی صنعتی و مسائل مرتبط با آن است. به‌طوری‌که بتواند با استفاده از این مدل عوامل محیطی را به آلودگی‌های ناشی از فعالیت انسان‌ها سوق دهد.

در بخش‌های اولیه کتاب آنالیز داده‌ستانده ضایعات، اساس آنالیز داده‌ستانده در تولیدات اقتصادی و همچنین مدل لئونتیف و در بخش‌های دیگر آنالیز داده‌ستانده ضایعات مورد بحث قرار گرفت. در ابتدا پیوند اقتصاد و محیط و منابع انرژی، کاربرد مدل داده‌ستانده ضایعات برای اکولوژی صنعتی و مدل داده‌ستانده ضایعات در طول عمر یک

1- Lenzen and Murray

2- Nakamura and Kondo

3- Waste Input Output (WIO)

محصول مورد بحث قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد، با استفاده از مدل داده ستانده ضایعات می‌توان وضعیت چرخه عمر یک محصول بر محیط را اندازه‌گیری و رابطه اقتصاد با محیط را به‌خوبی تشریح کرد.

ویدمن^۱ و همکاران (۲۰۰۵) در مقاله‌ای اختصاص ردپای اکولوژی به مصرف‌نهایی با استفاده از تجزیه و تحلیل داده-ستانده را مورد مطالعه قرار دادند. روش ارائه شده در این مقاله یک تجزیه و تحلیل ترکیبی با ترکیب ردپای اکولوژی و آنالیز داده-ستانده می‌باشد. با استفاده از این روش طیف وسیعی از برنامه‌های کاربردی با نتایج ردپا، سازگار و قابل مقایسه می‌باشد. محاسبات در بخش تجربی برای انگلستان در سال ۲۰۰۰ انجام گرفت. با استفاده از این روش نتایج نشان داد ردپای بوم‌شناختی فعالیت صادراتی انگلستان در مقایسه با روش ردپای حساب ملی بیشتر می‌باشد.

روش ردپای اکولوژی به جزئیات فعالیت مصرفی خانوارها و جزئیات سرمایه-گذاری اختصاص داده شده است. همچنین نتایج نشان داد که روش ارائه شده، محاسبه ردپای اکولوژی را در تمام سطوح ملی و گروه‌های اجتماعی-اقتصادی متفاوت، ممکن می‌سازد. گسترش استفاده از ردپای اکولوژی در برنامه‌های کاربردی به اطلاع‌رسانی در زمینه سیاست‌ها و استراتژی‌های مصرف‌پایدار کمک می‌کند. این روش برای محاسبه ردپای بوم‌شناختی در هر کشور که اطلاعات اقتصادی و زیست‌محیطی مناسب در دسترس است، می‌تواند اعمال شود و به صرفه‌جویی در وقت، جهت جمع‌آوری داده‌ها و بهبود برآورد ردپای اکولوژی برای جوامع انسانی کمک می‌کند.

بررسی‌های کلی مطالعات خارجی حاکی از اهمیت سنجش ردپای کربن در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی است که تاکنون نه تنها در ایران مورد توجه پژوهشگران قرار نگرفته است بلکه در ایران مطالعه خاصی در مورد ردپای کربن انجام نشده است. پژوهش‌هایی که در مورد انتشار کربن در ایران صورت گرفته به جنبه انتشار کربن

به صورت مستقیم و کلان یا در سطح یک بنگاه و صنعت یا شهر و منطقه خاص توجه شده است (بهبودی و همکاران (۱۳۹۳)، پورعبدالالهان و همکاران (۱۳۹۳)، صادقی و ابراهیمی (۱۳۹۲)، فلاحتی و حکمتی (۱۳۹۲)، اصغرپور و همکاران (۱۳۹۲)، صادقی (۱۳۹۲)، صادقی و همکاران (۱۳۹۱)، بهبودی و همکاران (۱۳۹۰)، منظور و حقیقی (۱۳۹۰)، بهبودی و همکاران (۱۳۸۹)، صادقی و فشاری (۱۳۸۹) و بهبودی و برقی (۱۳۸۷)). اما اینکه هر یک از افراد در دهک‌های خانوارها چه ردپای کربنی (ردپای کربن سرانه در هر دهک) در ایران دارند تا به حال مطالعه نشده است از این رو پژوهش حاضر برای اولین بار به این موضوع می‌پردازد.

در این مقاله تلاش می‌شود، فصل جدیدی از کاربرد ماتریس حسابداری اجتماعی در سنجش ردپای کربن و همچنین سرانه ردپای کربن خانوارها و به تبع آن در کل اقتصاد در ایران باز شود. البته همان‌طور که بانویی و بزازان (۱۳۸۵) به خوبی اهمیت اقتصاد فضا را در بررسی‌های داده ستانده منطقه‌ای گوشزد نموده‌اند با تکیه بر ابعاد اقتصاد فضا و محاسبه جداول داده ستانده و ماتریس حسابداری اجتماعی منطقه‌ای می‌توان ردپای کربن در هر منطقه که از منطقه دیگر متفاوت است را محاسبه، تحلیل و با ظرفیت اکولوژیکی منطقه مقایسه نمود.

۳- روش شناسی سنجش ردپای بوم‌شناختی کربن در چارچوب ماتریس حسابداری اجتماعی و پایه‌های آماری

روش‌های متعددی برای برآورد ردپای کربن همچون استفاده از ماشین حساب‌های آنلاین برای آنالیز چرخه عمر یا روش‌ها و ابزارهای داده-ستانده و ماتریس حسابداری اجتماعی پیشنهاد شده است.

در مقاله حاضر به دلیل استفاده از روش ماتریس حسابداری اجتماعی، کل چرخه عمر محصولات در نظر گرفته نشده است. به طوری که یک محصول نیاز به مواد و انرژی برای تولید دارد و فرآیندهای تبدیلی روی آن انجام می‌شود و در اختیار خانوارها و یا

نهادهای که مصرف‌کننده نهایی هستند قرار می‌گیرد و در نهایت با مصرف آن‌ها ضایعات تولید می‌گردد که بازیافت یا عدم بازیافت آن می‌تواند اندازه ردپای کربن را کم یا زیاد نماید. این قسمت آخر که مربوط به ضایعات است در ماتریس حسابداری اجتماعی نمی‌گنجد بنابراین محاسبات، کمتر از حد برآورد خواهند شد و کشوری که دارای بازیافت کامل است مقدار کمی بر این ردپای کربن آن افزوده می‌شود و برعکس کشوری که بازیافت کمتری دارد به نسبت بیشتر به ردپای کربن آن افزوده می‌شود.

می‌توان گفت تجزیه و تحلیل داده - ستانده یا ماتریس حسابداری اجتماعی زیست محیطی برای محاسبه ردپای کربن در سیستم‌های کلان یا بخشی است. در این زمینه ردپای کربن از بخش‌های صنعتی، کسب و کارهای فردی، گروه‌های تولیدی بزرگ‌تر، خانوارها، دولت، سرانه شهروندان یا سرانه اعضای یک گروه اقتصادی - اجتماعی خاص به وسیله تجزیه و تحلیل داده - ستانده و ماتریس حسابداری اجتماعی می‌تواند انجام شود اما این روش نمی‌تواند همه محصولات موجود در اقتصاد را به صورت جزئی مورد تحلیل ردپای کربنی قرار دهد چرا که این مورد با وجود تعداد محصولات زیاد در اقتصاد، امکان‌پذیر نمی‌باشد. (فارن^۱ و همکاران ۲۰۰۵، سایی^۲ و همکاران ۲۰۰۶ و وایدمن و همکاران ۲۰۰۷)

در این پژوهش از روش ماتریس حسابداری اجتماعی برای سنجش ردپای کربن خانوارها استفاده شده است که در ذیل توضیحاتی از این روش و چگونگی فرآیند محاسبه ردپای کربن آورده می‌شود.

کاربرد ماتریس حسابداری اجتماعی متعارف در حوزه‌های تجارت بین‌الملل و همچنین در ردپای بوم‌شناختی به دو علت اصلی نامناسب است. نخست آنکه، سنجش ردپای بوم‌شناختی هم منشأ داخلی دارد و هم منشأ خارجی. منشأ داخلی، مقدار کربن انتشار یافته ناشی از تولید کالاها و خدمات داخلی است که بخشی از آن توسط جمعیت آن کشور مصرف می‌شود و بخشی دیگر به صورت صادرات در سایر کشورها مصرف

1- Foran

2- Sei

می‌گردد. دوم آنکه، تمامی بخش‌های اقتصادی خودکفا نیستند. یعنی برای تأمین نیازهای مصرف داخلی، بخش‌ها در فرآیند تولید خود نیاز به واردات دارند. واردات کالاها و خدمات در خارج از کشور، تولید شده و در فرآیند این تولید، کربن نیز انتشار یافته است.

جدول ۲- شکل ماتریسی سه حساب درون‌زا و حساب برون‌زای ماتریس حسابداری اجتماعی

ورودی‌ها	خروجی‌ها	حساب‌های درون‌زا			حساب‌های برون‌زا	جمع ورودی‌ها
		۱- حساب تولید	۲- حساب عوامل تولید	۳- حساب نهادها	۴- سایر حساب‌ها: شامل انباشت، مصرف دولت و حساب دنیای خارج	
حساب‌های درون‌زا	۱- حساب تولید	N_{11}	0	N_{12}	X_1	y_1^d
	۲- حساب عوامل تولید	N_{21}	0	0		y_2^d
	۳- حساب نهادها	0	N_{31}	N_{33}	X_3	y_3^d
حساب‌های برون‌زا	۴- سایر حساب‌ها شامل سوبسیدها، مالیات‌ها و دنیای خارج	I_1'	I_2'	I_3'	R	y^x
	جمع خروجی‌ها	y_1^d	y_2^d	y_3^d	y^x	

مأخذ: توربک و جوونگ (۱۹۹۶)

بنابراین در سنجش ردپای بوم‌شناختی باید منشأ داخلی و خارجی را به‌طور هم‌زمان مورد توجه قرار داد. قابل ذکر است که در ماتریس حسابداری اجتماعی فرض بر رقابتی بودن تکنولوژی کالاها و وارداتی و همسانی تکنولوژی تولید آن کالاها با کالاها داخلی است که دقت محاسبات ردپای کربن وارداتی را کاهش می‌دهد. اگر چارچوب ماتریس

حسابداری فرضی برای محاسبه ضرایب فزاینده مانند جدول ۴-۳ باشد در آن صورت فرآیند محاسبه ردپای آب و کربن به قرار ذیل است (سانچز چولیز و همکاران^۱، ۲۰۰۷).

۳-۱- محاسبه ضرایب فزاینده در ماتریس حسابداری اجتماعی

برای سه حساب اصلی درون‌زا، رابطه (۱) به شکل ماتریسی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\begin{bmatrix} y_1^d \\ y_2^d \\ y_3^d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & \cdot & B_{13} \\ B_{21} & \cdot & \cdot \\ \cdot & B_{32} & B_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1^d \\ y_2^d \\ y_3^d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

در رابطه (۱)، X_1 و X_2 و X_3 به ترتیب اقلام برون‌زای سه حساب اصلی درون‌زای ماتریس حسابداری اجتماعی، یعنی تولید (y_1^d)، درآمد عوامل تولید (y_2^d) و درآمد نهادهای داخلی جامعه (y_3^d) را نشان می‌دهند. عناصر ماتریس B_{ij} عبارتند از:

ماتریس ضرایب مستقیم تولید B_{11}

ماتریس ضرایب مستقیم هزینه یا مصرف خانوارها B_{13}

ماتریس ضرایب متوسط درآمد عوامل تولید B_{21}

ماتریس ضرایب متوسط تخصیص درآمد عوامل تولید به خانوارها B_{32}

ماتریس ضرایب متوسط مبادلات درون‌نهادی و بین‌نهادی B_{33}

بر مبنای رابطه (۱) می‌توان برای هر یک از سه حساب اصلی و درون‌زای ماتریس حسابداری اجتماعی، یک رابطه تراز تولیدی و تراز درآمدی به صورت زیر نوشت:

$$\begin{aligned} y_1^d &= B_{11}y_1^d + \cdot + B_{13}y_3^d + X_1 \\ y_2^d &= B_{21}y_1^d + \cdot + \cdot + X_2 \\ y_3^d &= \cdot + B_{32}y_2^d + B_{33}y_3^d + X_3 \end{aligned} \quad (2)$$

روابط فوق، نه تنها تراز تولیدی و تراز درآمدی سه حساب اصلی را نشان می‌دهند بلکه وابستگی‌های متقابل آن‌ها را در فرآیند تولید نیز آشکار می‌کنند. یکی از محاسن

¹- Sánchez-Chóliz *et al*

اصلی روابط فوق در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی این است که می‌توان اثرات مستقیم و غیرمستقیم هریک از اقلام برون‌زایی (X_1, X_2, X_3) را بر افزایش تولید، افزایش درآمدهای عوامل تولید و نهادهای جامعه محاسبه نمود. این نوع بررسی‌ها نیاز به محاسبه ماتریس ضرایب فزاینده در الگوی ماتریس حسابداری اجتماعی دارند که بر مبنای رابطه (۲) به صورت زیر به دست می‌آیند.

$$y^d = (I - B_n)^{-1} x = Mx \quad (3)$$

$$(I - B_n)^{-1} = M$$

M به صورت رابطه (۴) می‌باشد:

$$M = \begin{bmatrix} M_{AA} & M_{AF} & M_{AI} \\ M_{FA} & M_{FF} & M_{FI} \\ M_{IA} & M_{IF} & M_{II} \end{bmatrix} \quad (4)$$

در رابطه (۳) $(I - B_n)^{-1}$ و یا M یک ماتریس ضرایب فزاینده حسابداری در رویکرد طرف تقاضا ماتریس حسابداری اجتماعی را بیان می‌کند. هر نوع تغییر در X از طریق ماتریس ضرایب فزاینده M می‌تواند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تغییراتی را در y^d ایجاد نماید.

ارقام ماتریس مذکور، زیر ماتریس‌های ضرایب فزاینده تولید در سطح بخش‌های اقتصادی، ضرایب فزاینده درآمد عوامل تولید در سطح بخش‌های اقتصادی و ضرایب فزاینده درآمد خانوارها در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی ناشی از سیاست‌های توسعه و گسترش بخش‌ها را به‌طور همزمان به دست می‌دهد.

۲-۲- محاسبه بردار انتشار مستقیم کربن ناشی از تولید

گام بعدی محاسبه انتشار کربن مستقیم ناشی از تولید است. برای این منظور لازم است که ضرایب مستقیم انتشار کربن محاسبه گردد. اگر فرض شود که بخش‌های اقتصادی فقط شامل سه بخش باشد در آن صورت ماتریس (y_1^d) به شکل زیر می‌باشد:

$$[y_j^d] = y_{1j}^d \quad y_{2j}^d \quad y_{3j}^d \quad (5)$$

با استفاده از این بردار، ضرایب مستقیم کربن را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$[\Phi_j] = L_1 \quad L_2 \quad L_3 \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ y_{11}^d & \dots & \vdots \\ \vdots & y_{22}^d & \vdots \\ 0 & \dots & 1/y_{33}^d \end{bmatrix} = \Phi_1 \quad \Phi_2 \quad \Phi_3 \quad (6)$$

عناصر Φ_j نشان می‌دهد، به ازای ارزش یک واحد تولید در بخش j ام به صورت مستقیم چه میزان کربن منتشر می‌شود. L_j مقدار کربن انتشار یافته هر بخش اقتصادی و y_{ij}^d تولید هر بخش می‌باشد.

۳-۳- محاسبه ضرایب فزاینده کربن

سپس با ضرب ضرایب مستقیم کربن در ماتریس ضرایب فزاینده تولید داخلی، انتشار مستقیم و غیرمستقیم کربن یا ماتریس ضرایب فزاینده کربن بدست می‌آید:

$$[\beta_{ij}] = \begin{bmatrix} \Phi_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \Phi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} MAA_{11} & \dots & MAA_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ MAA_{31} & \dots & MAA_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \quad (7)$$

β_{ij} در رابطه (۷)، ماتریس ضریب فزاینده کربن هر بخش را نشان می‌دهد، یعنی هر بخش به ازای ارزش یک واحد تقاضای نهایی محصولات داخلی خود چه میزان کربن به صورت مستقیم و غیرمستقیم انتشار می‌یابد.

در این رابطه $\hat{\Phi}_j$ ماتریسی قطری است که قطر اصلی آن بردار ضرایب مستقیم کربن محاسبه شده در رابطه (۶) می‌باشد.

بیکنل با جمع ستونی ماتریس ضرایب فزاینده کربن، به ماتریس سطری می‌رسد که ردپای کربن را با پیش ضرب نمودن آن در ماتریس‌های متناظر با نوع ردپای کربن به دست

می‌آورد. این امر منجر به خطا در محاسبه مقدار سرمایه طبیعی به کار رفته در تولید بخش‌ها می‌شود. در این روش محاسبه، مثلاً سرمایه طبیعی استفاده شده در بخش کشاورزی، در بخش صنعت محاسبه می‌شود، هر چند ممکن است مجموع ارقام ردپاهای سرمایه طبیعی با کل مقدار مصرف شده آن برابر باشد.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد فرنگ^۱ برای رفع نارسایی این روش، پیشنهاد کرد ماتریس رابطه (۷) تحت عنوان ماتریس ترکیب ضرایب فزاینده سرمایه طبیعی برای محاسبه ردپا به کار گرفته شود.

قابل ذکر است که در ماتریس حسابداری اجتماعی فقط ضرایب فزاینده حاصل از آن که معمولاً بزرگتر از ضرایب فزاینده در داده ستانده می‌باشد جایگزین می‌گردند؛ لذا انتظار می‌رود ضرایب فزاینده کربن بزرگ‌تر این ضرایب در داده ستانده باشد.

۳-۴- محاسبه ردپای کربن در تأمین مصرف داخلی بخش‌های اقتصادی و خانوارها

با پیش ضرب ماتریس ضرایب فزاینده کربن محاسبه شده در رابطه (۷) در ماتریس قطری تقاضای نهایی هر یک از دهک‌های خانوارها، ماتریس η_{ij} به دست می‌آید. جمع سطری عناصر آن، مقدار کربن مستقیم و غیرمستقیم انتشار یافته برای تأمین تقاضای نهایی داخلی دهک‌های خانوارها را نشان می‌دهد. در واقع، ردپای بوم شناختی کربن در تأمین مصرف نهایی داخلی هر دهک به تفکیک بخش‌های اقتصادی را آشکار می‌کند:

$$[\eta_{ij}] = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_{111} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & N_{133} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \eta_{11} & \dots & \eta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \eta_{31} & \dots & \eta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

که در آن تقاضای نهایی خانوارها N_{1r} با توجه به جدول ۲ از سه بخش اقتصادی به صورت $[N_{1r}] = N_{111} \quad N_{122} \quad N_{133}$ تعریف می‌گردد.

۳-۵- محاسبه ردپای کربن خانوارها به واسطه مصرف کالاها و خدمات نهایی

وارداتی

رابطه (۸) فقط ردپای کربن خانوارها که ناشی از مصرف کالاها و خدمات داخلی است را مورد محاسبه قرار می‌دهد. برای محاسبه ردپای کربن ناشی از کالاها و خدمات وارداتی فرض اساسی تکنولوژی یکسان کالاهای وارداتی و داخلی^۱ در انتشار آلاینده‌ها به کار گرفته می‌شود و مقدار مصرف نهایی خانوارها ناشی از واردات، مشابه رابطه (۸) در ضرایب فزاینده انتشار کربن ضرب شده و ردپای کربن وارداتی خانوارها حاصل می‌گردد. توضیح این که، در چارچوب ماتریس حسابداری اجتماعی، سنجش ردپای کربن به واسطه مصرف کالاها و خدمات وارداتی به دلایل زیر پیچیده است: نخست آنکه ماهیت و جایگاه واردات در نظام حسابداری بخشی به شکل ماتریس حسابداری اجتماعی بایستی مشخص گردد. واردات کالاها از نظر ماهیت به دو نوع واردات رقابتی و واردات غیررقابتی تقسیم می‌شود که در سنجش ردپای بوم‌شناختی کربن وارداتی، فرض واردات رقابتی بودن مبنای اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. فقط در چارچوب این فرض، ردپای کربن وارداتی قابل سنجش می‌باشد. چرا که در چارچوب این فرض، فرض برابری تکنولوژی موجود در کشور واردکننده را با سایر کشورهای صادرکننده که ریشه در نظریه‌های تجارت بین‌الملل دارد، فراهم می‌کند. دوم، با توجه به تمرکز در نظام حسابداری ماتریس حسابداری اجتماعی، تفکیک واردات به دو گروه واردات واسطه‌ای و سایر واردات امکان‌پذیر است. تحت این شرایط کربن منتشر شده در هر گروه از واردات قابل سنجش بوده و بدین ترتیب مفهوم ردپای بوم‌شناختی کربن را برجسته‌تر می‌کند.

۱- این فرض یک محدودیت به‌شمار می‌رود چرا که شدت مصرف انرژی در کشور با سایر کشورها و در نتیجه ضریب فزاینده انتشار کربن متفاوت می‌باشد. همچنین این ضریب بین کشورهای مختلف تأمین‌کننده واردات کشور ما نیز متفاوت است. لذا محاسبات از واقعیت می‌تواند مقداری تورش داشته باشد.

با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده کربن در ماتریس قطری واردات مصرفی نهایی هر دهک از خانوارها، ردپای کربن ناشی از مصرف کالاها و خدمات نهایی به صورت زیر به دست می‌آید.

$$[M_i^f] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1^* & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & m_3^* \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 \\ \vdots \\ m_3 \end{bmatrix} \quad (9)$$

m_i^f در رابطه (۹)، مقدار مستقیم و غیرمستقیم کربن منتشر شده در تولید واردات مصرفی نهایی دهک i ام خانوارها را نشان می‌دهد. m_i^* مصرف نهایی وارداتی یک دهک از بخش i ام است.

۳-۶- محاسبه ردپای کل کربن خانوارها

از مجموع ردپای داخلی کربن هر دهک خانوار و ردپای وارداتی آن، کل ردپای کربن هر دهک (CFH) طبق رابطه ۱۰ حاصل می‌گردد.

$$CFH = \sum_{i=1}^3 \xi_i + \sum_{i=1}^3 m_i \quad (10)$$

جمع ردپای کربن داخلی و ردپای کربن وارداتی، کل ردپای کربن خانوارها را به دست می‌دهد.

۳-۷- محاسبه ردپای سرانه کل کربن هر دهک خانوار

حال اگر ردپای کل کربن هر دهک (CFH) را بر جمعیت تقسیم نماییم، مقدار سرانه کل ردپای بوم‌شناختی کربن هر دهک، به دست می‌آید.

۳-۸- پایه‌های آماری

مبنای پایه‌های آماری مورد استفاده ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ تدوین شده از سوی مرکز پژوهش‌های مجلس در سال ۱۳۹۴ است که عملیاتی روی آن انجام گرفته

است. در ماتریس نهایی بخش کشاورزی شامل ۱۲ زیر بخش و حامل‌های انرژی به ۶ زیر بخش تفکیک شده‌اند و در کل بخش‌های اقتصادی در این ماتریس از ۷۱ بخش^۱ به ۸۶ بخش تفکیک شده‌اند. (اندایش، ۱۳۹۴) در این ماتریس، خانوارها شامل ده دهک شهری و ده دهک روستایی هستند که بعد از الگوسازی، ردپای کربن دهک‌های خانوارهای شهری و روستایی محاسبه شدند.

با توجه به توضیحات فوق، بررسی کمی سنجش ردپای بوم‌شناختی کربن منوط به شناخت کافی ماتریس حسابداری اجتماعی است. با توجه به جایگاه واردات در ماتریس حسابداری اجتماعی، سه نوع جدول وجود دارند:

نوع اول: در سطر آخر واردات و ستون آخر صادرات آورده می‌شود اما این صادرات و واردات شامل کالاها و خدمات واسطه‌ای و نهایی با هم است که معلوم نمی‌کند چه میزان از آن به صورت واسطه‌ای و چه اندازه مصرف نهایی است.

نوع دوم: که ماتریس داخلی گویند در قسمت ماتریس واسطه بین بخشی فقط داده ستانده داخلی بین بخش‌ها را نشان می‌دهد و در سطر واردات، واردات واسطه‌ای گزارش می‌شود. نوع سوم: که ماتریس واردات می‌نامند در قسمت ماتریس واسطه بین بخشی فقط داده ستانده وارداتی بین بخش‌ها را نشان می‌دهد و در سطر واردات، واردات نهایی گزارش می‌شود.

در ماتریس حسابداری اجتماعی نوع اول (متعارف)، واردات واسطه‌ای و واردات نهایی با ارقام متناظر داخلی ادغام شده و با توجه به دو فرض اساسی این نوع جداول، سنجش ردپای بوم‌شناختی کربن با منشأ داخلی و خارجی در تأمین مصرف نهایی جامعه انسانی مشخص امکان‌پذیر نیست. بنابراین، باید همزمان از جدول نوع دوم و سوم که در آن واردات به واردات واسطه‌ای و واردات نهایی تفکیک شده استفاده نمود. از این‌رو در

۱- برای اطلاع از نام بخش‌های اقتصادی به مرکز پژوهش‌های مجلس، پایه‌های آماری ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ مراجعه شود.

این مقاله از ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ تدوین شده توسط مرکز پژوهش‌های مجلس استفاده شده که واردات واسطه و نهایی در آن تفکیک گردیده است.

۳-۸-۱- محاسبه انتشار مستقیم کربن در سطح ۸۶ بخش اقتصادی و دهک‌های خانوارها به تفکیک منبع انتشار

حال باید دید مصرف ۸۶ بخش اقتصادی و دهک‌های خانوارهای شهری و روستایی از این نوع ۸ سوخت به چه صورت است. انرژی‌های مختلفی که مصرف آن‌ها موجب انتشار کربن می‌شوند عبارتند از: زغال‌سنگ، بنزین، نفت سفید، گازوئیل، نفت سیاه و کوره، گاز مایع، سوخت‌های نفتی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر و گاز طبیعی.

با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ می‌توان مصرف این اقلام را به صورت ارزش ریالی استخراج و همچنین سهم مصرف هر بخش یا نهاد را از هر یک از این سوخت‌ها به دست آورد. با به دست آوردن این نسبت و ضرب در کل مصرف هر یک از این سوخت‌ها و مقدار کل آلاینده کربن هر کدام از آن‌ها می‌توان مقدار آلاینده مستقیم کربن در هر یک از بخش‌های اقتصادی و دهک‌های خانوارها به تفکیک منبع انتشار به دست آورد. با جمع کردن کربن انتشار یافته در هر بخش ناشی از مصرف انرژی‌های مختلف کل انتشار مستقیم کربن در آن بخش به دست می‌آید (اندایش، ۱۳۹۴). ارقام مذکور داده‌های اولیه برای محاسبه ردپای کربن در قسمت بعد به شمار می‌رود.

۴- تحلیل یافته‌ها

با توجه به پایه‌های آماری و تشریح مدل در قسمت‌های قبلی می‌توان یافته‌های سنجش ردپای کربن خانوارها را به ترتیب زیر سازماندهی نمود. ابتدا ضرایب فزاینده مستقیم و غیرمستقیم کربن دهک‌های خانوارهای شهری و روستایی تحلیل می‌شود در ادامه ردپای کربن مصرفی مستقیم و غیرمستقیم دهک‌های خانوارها تبیین شده و در نهایت سرانه ردپای کربن خانوارها در ایران تحلیل می‌شود.

۴-۱- ضرایب فزاینده، ضرایب مستقیم و غیرمستقیم انتشار کربن خانوارها به تفکیک ده دهک شهری و روستایی

خانوارها در فرآیند مصرف خود به صورت مستقیم و غیرمستقیم موجب انتشار کربن می‌شوند. ضرایب مستقیم همان انتشار مستقیم کربن حاصل از مصرف سوخت‌ها و منابع انرژی هستند که به ازای هر یک میلیون ریال مصرف خانوارها محاسبه می‌شود. اما ضرایب غیرمستقیم بیانگر این هستند که خانوارها از کالاها و خدمات استفاده می‌کنند و چون به واسطه تولید این کالاها و خدمات کربن انتشار می‌یابد لذا خانوارها به صورت غیرمستقیم موجب انتشار کربن می‌شوند. جمع این دو اثر ضریب فزاینده انتشار کربن خانوار را تشکیل می‌دهد و بدین معنی است که اگر یک میلیون ریال به هزینه خانوار افزوده شود در آن صورت به صورت مستقیم و غیرمستقیم چند کیلوگرم کربن توسط خانوارها انتشار می‌یابد.

نکته قابل توجه این است که ۱۶ تا ۲۴ درصد از ضرایب فزاینده انتشار کربن خانوارها مربوط به ضریب مستقیم و درصد بالایی از آن ضریب غیرمستقیم است. انتشار مستقیم کربن خانوارها به واسطه مصرف سوخت‌های فسیلی مثل زغال‌سنگ، نفت سفید، نفت کوره، گازوئیل، بنزین، گاز طبیعی، گاز مایع و سایر سوخت‌ها می‌باشد که خانوارهای شهری و روستایی از این نوع سوخت‌ها استفاده می‌کنند. تقریباً ۷۶ درصد از انتشار کربن مستقیم خانوارها مربوط به مصرف گاز طبیعی، بنزین ۱۶ درصد، نفت سفید ۵ درصد و گازوئیل ۲ درصد می‌باشد. سایر سوخت‌ها سهم ناچیزی در انتشار کربن مستقیم خانوارها دارند.

ضرایب فزاینده انتشار کربن در تمامی خانوارهای روستایی بیشتر از خانوارهای شهری است.

دهک‌های اول خانوارهای شهری دارای ضریب فزاینده ۱۱۶ کیلوگرم انتشار کربن به ازای یک میلیون ریال مصرف است دهک دوم تفاوت معنی‌داری دارد و سپس با شیب ثابت برای دهک‌های بعدی افزایش تا اینکه ضریب فزاینده دهک دهم نسبت به دهک نهم

کاهش می‌یابد و مقدار آن کمتر از ضریب فزاینده دهک هفتم می‌گردد. در خانوارهای روستایی برای دهک اول از ۱۱۶ شروع و یک‌باره برای دهک دوم به ۱۳۲ می‌رسد سپس با شیب ثابت برای دهک‌های بعدی تا دهک هشتم افزایش می‌باید و در نهایت ضریب فزاینده دهک نهم و دهم کاهش می‌یابد به طوری که رقم آن کمتر از ضریب فزاینده دهک هفتم می‌شود.

جدول ۳- ضرایب فزاینده، ضرایب مستقیم و ضرایب غیرمستقیم انتشار کربن

خانوارها (کیلوگرم به ازای هر یک میلیون ریال)

خانوار	ضرایب فزاینده انتشار کربن	ضرایب مستقیم انتشار کربن	ضرایب غیرمستقیم انتشار کربن
دهک اول شهری	۱۱۵/۸	۲۵/۸	۹۰
دهک دوم شهری	۱۲۶/۴	۳۰/۸	۹۵/۶
دهک سوم شهری	۱۳۰/۷	۳۱/۷	۹۹
دهک چهارم شهری	۱۳۴/۶	۳۲/۱	۱۰۲/۴
دهک پنجم شهری	۱۴۳/۹	۳۵/۷	۱۰۸/۲
دهک ششم شهری	۱۴۷	۳۴/۲	۱۱۲/۹
دهک هفتم شهری	۱۵۲/۷	۳۵/۱	۱۱۷/۵
دهک هشتم شهری	۱۵۶/۸	۳۲/۳	۱۲۴/۵
دهک نهم شهری	۱۶۴/۹	۳۱	۱۳۳/۹
دهک دهم شهری	۱۵۱/۷	۲۴/۴	۱۲۷/۳
دهک اول روستایی	۱۱۵/۶	۲۱/۲	۹۴/۴
دهک دوم روستایی	۱۳۲/۹	۲۶/۸	۱۰۶/۱
دهک سوم روستایی	۱۳۸/۵	۲۸/۲	۱۱۰/۳
دهک چهارم روستایی	۱۴۴	۳۰	۱۱۴
دهک پنجم روستایی	۱۵۰	۳۱/۴	۱۱۸/۷
دهک ششم روستایی	۱۶۰/۷	۳۵	۱۲۵/۷
دهک هفتم روستایی	۱۶۲/۴	۳۶	۱۲۶/۴
دهک هشتم روستایی	۱۷۵	۳۸/۱	۱۳۶/۹
دهک نهم روستایی	۱۷۱/۴	۳۵/۷	۱۳۵/۸
دهک دهم روستایی	۱۶۱/۹	۲۸/۶	۱۳۳/۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بنابراین می‌توان گفت که در دهک‌های متوسط ضرایب فزاینده انتشار کربن بیشتر از دهک‌های پایین درآمدی و دهک ثروتمند است.

ضرایب فوق‌نشان‌دهنده این است که سهم روستاییان در ضرایب فزاینده انتشار کربن بیشتر از شهرنشینان است و همین‌طور خانوارهای متوسط بیشتر از سایر خانوارها. ذکر این نکته ضروری است که ممکن است ضرایب فزاینده مصرف انتشار کربن روستاییان و دهک متوسط درآمدی بالاتر باشد ولی مصرف مطلق خانوارهای پردرآمد آنقدر بالاتر باشد که موجب شود در کل خانوارهای ثروتمند سرانه انتشار مستقیم و غیرمستقیم کربن بیشتری داشته باشند. به‌علاوه ۷۲ درصد از جمعیت ایران، شهری و ۲۸ درصد از جمعیت روستایی هستند لذا ردپای کل کربن خانوارهای شهری می‌تواند بیشتر از خانوارهای روستایی باشد و همچنین تعداد نفر جمعیت در هر دهک در شهر و روستا با همدیگر برابر نیست و می‌تواند روی ردپای کل هر دهک تأثیر بگذارد. ضرایب فزاینده، مستقیم و غیرمستقیم انتشار کربن دهک‌های خانوارها در جدول (۳) نشان داده شده است.

۴-۲- ردپای کربن ناشی از مصرف دهک‌های خانوارها به تفکیک مصرف

کالاها و خدمات داخلی و وارداتی

با توجه به یافته‌ها در جدول (۴) کل ردپای کربن مصرف نهایی خانوارها ۳۳۳ میلیون تن است که ۲۹۲ میلیون تن آن مربوط به ردپای کربن داخلی و ۴۱ میلیون تن آن مربوط به ردپای کربن وارداتی است. بنابر این ۸۸ درصد ردپای کربن خانوارها مربوط به کربن داخلی است. ردپای خانوارهای شهری قابل توجه است به‌طوری‌که ردپای کربن خانوارهای شهری ۲۶۱ میلیون تن و خانوارهای روستایی ۷۲ میلیون تن است. این ارقام ردپای کربن به‌صورت مطلق است و در آخر این قسمت سرانه ردپای کربن هر دهک محاسبه و تحلیل خواهد شد.

اگر چه ضریب فزاینده انتشار کربن برای هزینه‌کرد هر یک واحد برای خانوارهای روستایی بیشتر از خانوارهای شهری است اما به‌دلیل هزینه‌های مصرفی بیشتر و جمعیت

بیشتر، خانوارهای شهری در مجموع ردپای کربن مطلق بیشتری نسبت به خانوارهای روستایی دارند.

دهک‌های متناظر شهری ردپای بیشتری نسبت به دهک‌های متناظر روستایی دارند. به طوری که در کل خانوارهای شهری ردپای کربن $۳/۶$ برابر خانوارهای روستایی است. هم در خانوارهای شهری و هم روستایی، با افزایش درآمد خانوارها یعنی حرکت از دهک اول به دهک دهم پیوسته ردپای کربن افزوده می‌شود. آنچه یافته‌ها نشان می‌دهند این است که شیب افزایش از دهک اول به دوم زیاد است و سپس با شیب یکسانی افزایش می‌یابد تا اینکه دوباره شیب افزایش از دهک نهم به دهم نیز تندتر می‌شود. تفاوت زیاد بین دهک اول و سایر دهک‌ها می‌تواند ناشی از شکاف مصرفی این دهک با سایر دهک‌ها باشد. همچنین دهک دهم نیز شکاف مصرفی بالایی نسبت به دهک نهم دارد اما این مهم باید در مطالعه‌ای جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. ردپای دهک دهم روستایی تقریباً $۸/۵$ برابر ردپای کربن دهک اول و فقیر روستایی است. این مورد برای خانوارهای شهری بیش از ۱۰ برابر است.

ردپای کربن دهک‌های دهم خانوارهای شهری و روستایی تفاوت محسوسی با هم دارند. ردپای دهک دهم خانوار شهری $۳/۹$ برابر ردپای کربن دهک دهم روستایی است. اما اگر کل ردپای هر دهک تقسیم بر کل هزینه‌های مصرفی آن دهک شود و به کیلوگرم تبدیل گردد در آن صورت می‌توان نشان داد که هر دهک به ازای هر یک میلیون ریال هزینه مصرفی چند کیلوگرم کربن انتشار می‌دهند. این شاخص شاید اثرگذاری هر دهک بر ردپای کربن را بهتر مشخص کند. طبق شاخص مذکور خانوارهای روستایی بیشتر از خانوارهای شهری و دهک‌های متوسط بیشتر از دهک‌های پایین و بالا درآمدی، ردپای کربن به ازای هر میلیون ریال مصرف دارند. ستون پنجم جدول (۴) این مهم را تبیین می‌نماید.

جدول ۴- ردپای کربن انتشار یافته ناشی از مصرف دهک‌های خانوارها به تفکیک مصرف کالاها و خدمات داخلی و وارداتی سال ۱۳۹۰ (تن)

خانوار	ردپای کربن ناشی از مصرف کالاها و خدمات داخلی (تن)	ردپای کربن ناشی از مصرف کالاها و خدمات وارداتی (تن)	کل ردپای کربن خانوار (تن)	ردپای کربن به ازای هر یک میلیون ریال مصرف (کیلوگرم)	جمع ردپای کربن خانوارهای شهری و روستایی (تن)
دهک اول شهری	۶۱۶۲۸۹۷	۹۳۶۷۶۲	۷۰۹۹۶۶۰	۱۰۴/۲	۲۶۰۴۶۷۱۱۳
دهک دوم شهری	۹۰۵۱۹۳۶	۱۴۵۵۰۶۹	۱۰۵۰۷۰۰۵	۱۰۶/۳	
دهک سوم شهری	۱۱۴۷۰۹۶۳	۱۵۱۵۱۴۶	۱۲۹۸۶۱۰۹	۱۰۶/۷	
دهک چهارم شهری	۱۳۷۰۰۰۶۱	۱۸۹۸۱۶۰	۱۵۵۹۸۲۲۱	۱۰۷/۱	
دهک پنجم شهری	۱۶۰۵۱۷۸۰	۲۱۰۰۵۶۸	۱۸۱۵۲۳۴۸	۱۰۸	
دهک ششم شهری	۱۹۶۴۹۵۳۹	۲۵۴۸۸۹۰	۲۲۱۹۸۴۲۹	۱۱۰/۵	
دهک هفتم شهری	۲۳۲۶۲۸۱۱	۳۱۷۱۸۰۵	۲۶۴۳۴۶۱۷	۱۱۱	
دهک هشتم شهری	۲۸۸۰۷۴۷۵	۳۸۱۱۶۲۸	۳۲۶۱۹۱۰۳	۱۱۲/۵	
دهک نهم شهری	۳۷۵۰۶۰۱۴	۴۹۲۷۱۲۷	۴۲۴۳۳۱۴۲	۱۱۳/۹	
دهک دهم شهری	۶۱۳۳۹۱۸۳	۸۶۹۹۲۹۶	۷۲۴۳۸۴۷۹	۱۱۱/۳	
دهک اول روستایی	۱۸۷۳۱۹۶	۳۱۰۵۸۰	۲۱۸۳۷۷۶	۱۱۳/۸	۷۲۳۷۴۶۷۵
دهک دوم روستایی	۲۷۹۰۴۳۵	۴۶۵۷۷۹	۳۲۵۶۲۱۵	۱۱۷/۵	
دهک سوم روستایی	۳۴۵۰۶۳۸	۶۰۳۸۰۵	۴۰۵۴۴۴۳	۱۱۹/۴	
دهک چهارم روستایی	۴۰۶۳۴۱۸	۶۲۰۴۹۵	۴۶۸۳۹۱۳	۱۱۸/۵	
دهک پنجم روستایی	۴۶۸۷۹۵۳	۷۱۶۳۹۲	۵۴۰۴۳۴۵	۱۱۹	
دهک ششم روستایی	۵۵۰۰۰۹۰	۹۰۶۶۵۵	۶۴۰۶۷۴۴	۱۲۰/۹	
دهک هفتم روستایی	۶۳۴۸۹۹۲	۹۵۶۳۹۲	۷۳۰۵۳۸۴	۱۱۹/۵	
دهک هشتم روستایی	۷۸۳۲۱۲۹	۱۱۲۷۸۳۵	۸۹۵۹۹۶۳	۱۲۰/۶	
دهک نهم روستایی	۹۸۸۲۴۹۰	۱۵۰۶۰۳۱	۱۱۳۸۸۵۲۱	۱۲۱/۹	
دهک دهم روستایی	۱۶۲۴۹۲۷۰	۲۴۸۲۱۰۰	۱۸۷۳۱۳۷۰	۱۱۹/۲	
جمع	۲۹۲۰۸۱۲۷۱	۴۰۷۶۰۵۱۷	۳۳۲۸۴۱۷۸۸	۱۱۲/۵	۳۳۲۸۴۱۷۸۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۴-۳- سرانه ردپای کربن افراد ایرانی در هر کدام از دهک‌های خانوارها

جهت تحلیل سهم هر نفر از افراد ایرانی در ردپای کربن باید سرانه ردپای کربن در هر یک از دهک‌های خانوارهای شهری و روستایی محاسبه شود. جمعیت شهری (۵۳/۶ میلیون نفر) و روستایی (۲۱/۵ میلیون نفر) متفاوت است و همچنین ده درصد جمعیت در هر دهک وجود ندارد (هر دهک ده درصد خانوار را شامل می‌شود و بعد خانوارها در دهک‌ها متفاوت است لذا جمعیت دهک‌ها مساوی نیستند).

در جدول (۵) جمعیت هر دهک آورده شده است. در ستون سوم این جدول سرانه ردپای کربن مصرف کالاها و خدمات داخلی به کیلوگرم در سال محاسبه شده است که از تقسیم ردپای کربن ناشی از مصرف داخلی خانوارها به جمعیت هر دهک به دست آمده است. بر این اساس سرانه ردپای کربن داخلی هر نفر جمعیت در دهک‌های شهری بیشتر از دهک‌های روستایی است. با حرکت از دهک اول به دهک دهم هم در خانوارهای شهری و هم روستایی، ردپای سرانه کربن نیز افزوده می‌شود اما بین دهک اول و دوم شیب زیادی وجود دارد و سپس با شیب ثابت افزوده می‌شود تا اینکه با حرکت از دهک نهم به دهم شیب خیلی تند می‌شود. در دهک دهم ردپای کربن داخلی سرانه جمعیت شهری تقریباً ۱/۸ برابر جمعیت دهک دهم روستایی است.

ستون چهارم سرانه ردپای کربن مصرف کالاها و خدمات وارداتی جمعیت هر دهک به کیلوگرم را نشان می‌دهد. این ردپای سرانه نیز از همان خصوصیات ردپای سرانه کربن داخلی برخوردار است. ستون پنجم (جمع دو ستون قبلی) کل سرانه ردپای کربن هر نفر در هر دهک به کیلوگرم را گزارش می‌کند. سرانه ردپای کربن یک نفر در دهک اول شهری ۱۱۲۴ کیلوگرم در سال ۱۳۹۰ بوده است در حالی که برای یک نفر در دهک دهم شهری ۱۷۱۳۴ کیلوگرم در سال است.

سرانه ردپای کربن یک نفر در دهک اول روستایی ۹۶۵ کیلوگرم در سال و این سرانه برای یک نفر در دهک دهم خانوار روستایی معادل ۹۸۰۳ کیلوگرم در سال است. میانگین سرانه کشوری معادل ۴۴۲۹ کیلوگرم در سال است.

بنابراین سرانه ردپای کربن یک نفر در خانوارهای شهری بیشتر از روستایی و در دهک‌های بالا بیشتر از دهک‌های پایین است. اما اگر به ازای هر یک میلیون ریال مصرف دهک، ردپای کربن محاسبه شود قبلاً دیدیم که خانوارهای شهری بیشتر از خانوارهای روستایی و دهک‌های متوسط درآمدی بیشتر از دهک‌های پایین و بالای درآمدی به ازای هر یک میلیون ریال مصرف به ردپای کربن خودشان می‌افزایند.

جدول ۵- سرانه ردپای کربن افراد ایرانی در سال ۱۳۹۰ (کیلوگرم در سال)

خانوار	جمعیت هر دهک	سرانه ردپای کربن مصرف کالاها و خدمات داخلی	سرانه ردپای کربن مصرف کالاها و خدمات وارداتی	کل سرانه ردپای کربن
دهک اول شهری	۶۳۱۴۲۷۶	۹۷۶	۱۴۸	۱۱۲۴
دهک دوم شهری	۵۹۶۳۷۵۵	۱۵۱۸	۲۴۴	۱۷۶۲
دهک سوم شهری	۵۸۰۶۵۷۶	۱۹۷۶	۲۶۱	۲۲۳۶
دهک چهارم شهری	۵۶۶۸۸۱۳	۲۴۱۷	۳۳۵	۲۷۵۲
دهک پنجم شهری	۵۴۳۶۰۹۵	۲۹۵۳	۳۸۶	۳۳۳۹
دهک ششم شهری	۵۳۶۳۹۷۲	۳۶۶۳	۴۷۵	۴۱۳۸
دهک هفتم شهری	۵۲۰۸۳۴۸	۴۴۶۶	۶۰۹	۵۰۷۵
دهک هشتم شهری	۵۰۱۶۳۹۸	۵۷۴۳	۷۶۰	۶۵۰۲
دهک نهم شهری	۴۶۴۰۶۸۲	۸۰۸۲	۱۰۶۲	۹۱۴۴
دهک دهم شهری	۴۲۲۷۷۴۶	۱۵۰۷۶	۲۰۵۸	۱۷۱۳۴
دهک اول روستایی	۲۲۶۳۸۰۵	۸۲۷	۱۳۷	۹۶۵
دهک دوم روستایی	۲۳۲۸۱۰۱	۱۱۹۹	۲۰۰	۱۳۹۹
دهک سوم روستایی	۲۲۷۹۱۳۶	۱۵۱۴	۲۶۵	۱۷۷۹
دهک چهارم روستایی	۲۲۲۱۹۹۸	۱۸۲۹	۲۷۹	۲۱۰۸
دهک پنجم روستایی	۲۲۰۲۸۲۰	۲۱۲۸	۳۲۵	۲۴۵۳
دهک ششم روستایی	۲۱۱۴۰۵۱	۲۶۰۲	۴۲۹	۳۰۳۱
دهک هفتم روستایی	۲۱۳۰۲۷۰	۲۹۸۰	۴۴۹	۳۴۲۹
دهک هشتم روستایی	۲۰۸۲۱۵۹	۳۷۶۲	۵۴۲	۴۳۰۳
دهک نهم روستایی	۱۹۶۹۹۶۶	۵۰۱۷	۷۶۴	۵۷۸۱
دهک دهم روستایی	۱۹۱۰۷۰۱	۸۵۰۴	۱۲۹۹	۹۸۰۳
جمع	۷۵۱۴۹۶۶۹	۳۸۸۷	۵۴۲	۴۴۲۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۵- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادهاى سیاستى

این مقاله در پی پاسخ به سؤالات زیر بود: ردپای بوم‌شناختی کربن دهک‌های خانوارها به تفکیک دهک‌های شهری و روستایی چه مقدار است؟ کدام دهک‌ها ردپای بوم‌شناختی کربن بیشتری دارند؟ در کل خانوارها چند درصد از کل ردپای بوم‌شناختی کربن در کشور را تشکیل می‌دهند؟ و سرانه ردپای بوم‌شناختی کربن هر نفر در هر دهک درآمدی چقدر است؟

با توجه به یافته‌های تحقیق در پاسخ به سؤالات فوق می‌توان نتیجه گرفت که کل ردپای کربن مصرف نهایی خانوارهای ایرانی در سال ۱۳۹۰ معادل ۳۳۳ میلیون تن یا ۶۴ درصد از کل ردپای کربن کشور است و ۳۶ درصد دیگر به ردپای کربن مصرف نهایی دولت، صادرات و سایر مصارف مربوط می‌باشد. ضرایب فزاینده مستقیم کربن نشان داد که از کل ردپای کربن خانوارها به‌طور متوسط ۳۵ درصد به ردپای مستقیم اختصاص دارد و قسمت عمده آن مربوط به ردپای غیرمستقیم که ناشی از مصرف کالاها و خدمات بخش‌های تولیدی و آلاینده‌زا است. قسمت اعظم ردپای مستقیم مربوط به مصرف گاز طبیعی توسط خانوارها است.

۸۸ درصد از کل ردپای کربن خانوارها مربوط به ردپای کربن داخلی و ۱۲ درصد آن مربوط به ردپای کربن وارداتی است. ردپای خانوارهای شهری قابل توجه است به طوری که ردپای کربن خانوارهای شهری ۲۶۱ میلیون تن و خانوارهای روستایی ۷۲ میلیون تن است. دهک‌های متناظر شهری ردپای بیشتری نسبت به دهک‌های متناظر روستایی دارند. به طوری که در کل خانوارهای شهری ردپای کربن ۳/۶ برابر خانوارهای روستایی است. هم در خانوارهای شهری و هم روستایی، با افزایش درآمد خانوارها یعنی حرکت از دهک اول به دهک دهم پیوسته ردپای کربن افزوده می‌شود.

آنچه یافته‌ها نشان می‌دهند این است که شیب افزایش از دهک اول به دوم زیاد است و سپس با شیب یکسانی افزایش می‌یابد تا اینکه دوباره شیب افزایش از دهک نهم به دهم نیز تندتر می‌شود. ردپای دهک دهم روستایی تقریباً ۸/۵ برابر ردپای کربن دهک اول

و فقیر روستایی است. این مورد برای خانوارهای شهری بیش از ۱۰ برابر است. ردپای کربن دهک‌های دهم خانوارهای شهری و روستایی تفاوت محسوسی با هم دارند. ردپای دهک دهم خانوار شهری ۳/۹ برابر ردپای کربن دهک دهم روستایی است. در ارتباط با سرانه ردپای هر نفر در هر دهک خانوار می‌توان نتیجه گرفت که سرانه ردپای کربن یک نفر در دهک اول شهری ۱۱۲۴ کیلوگرم در سال ۱۳۹۰ بوده است در حالی که برای یک نفر در دهک دهم شهری ۱۷۱۳۴ کیلوگرم در سال است. سرانه ردپای کربن یک نفر در دهک اول روستایی ۹۶۵ کیلوگرم در سال و این سرانه برای یک نفر در دهک دهم خانوار روستایی معادل ۹۸۰۳ کیلوگرم در سال است. بنابراین سرانه ردپای کربن یک نفر در خانوارهای شهری بیشتر از روستایی و در دهک‌های بالا بیشتر از دهک‌های پایین است.

نتایج این مقاله با گزارش‌های سالانه آژانس بین‌المللی انرژی^۱ مطابقت دارد. جدول (۶) انتشار کربن به ازای هر دلار و انتشار کربن بر حسب سرانه جمعیتی را برای برخی گروه کشورها، طبق گزارش فوق را منعکس می‌نماید.

بر اساس داده‌های جدول ۶، انتشار کربن به ازای هر دلار تولید ناخالص داخلی، در کشورهای با درآمد بالا کمتر از کشورهای کم درآمد است و همان‌طور که در یافته‌های این مقاله مشاهده شد ضریب فزاینده انتشار کربن خانوارهای شهری کمتر از خانوارهای روستایی بود که این نتایج در آن راستا می‌باشد. ستون آخر جدول مذکور نشان می‌دهد که سرانه انتشار کربن کشورهای ثروتمند بیشتر از کشورهای کم درآمد است، بر این اساس صحت یافته‌های این تحقیق که نشان داد ردپای کربن خانوارهای ثروتمند بیشتر از خانوارها کم درآمد است مورد تأیید قرار می‌گیرد.

جدول ۶- انتشار کربن به نسبت تولید ناخالص داخلی و جمعیت برخی گروه کشورها (سال ۲۰۱۲)

گروه کشورها	انتشار کربن (کیلوگرم) به ازای یک دلار تولید ناخالص داخلی	انتشار کربن (تن) به ازای هر نفر جمعیت
جهان	۰/۳۸	۴/۴۷
OECD	۰/۳۰	۹/۵۶
غیر OECD	۰/۴۲	۳/۱۸
OECD آمریکایی	۰/۳۵	۱۲/۵۵
OECD اروپایی	۰/۲۳	۶/۵۲
OECD آسیایی	۰/۳۴	۱۰/۷۴
اتحادیه اروپا	۰/۲۳	۶/۷۵
غیر OECD اروپایی	۰/۶۴	۷/۶۶
ایران	۰/۴۷	۶/۷۶

مأخذ: آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۱۵)

با توجه به یافته‌های تحقیق می‌توان چند توصیه سیاستی را برای سیاست‌گذاران جهت برنامه‌ریزی در سطح کشور پیشنهاد نمود:

* توجه جدی سیاست‌گذاران به در نظر گرفتن ردپاهای کربن، در مزیت‌های نسبی و رقابتی و امتناع از بی‌اهمیت دانستن آن‌ها در تجارت خارجی.

* برنامه ریزی میان‌مدت و بلندمدت برای کاهش انتشار مستقیم و غیرمستقیم کربن بخش‌های اقتصادی بیشتر آلاینده را با استفاده از تسهیلات تکنولوژیکی و رعایت استانداردهای بالاتر، مشارکت تولیدکنندگان، و سایر ابزارهای سیاستی.

* برنامه‌ریزی‌های دقیق منطقه‌ای برای توزیع صنایع آلاینده براساس معیارهای منطقی و صحیح.

* مالیات‌گیری از مصرف کالاها و خدمات و عوارض‌گیری از تولید بخش‌هایی که ضریب فزاینده انتشار کربن بیشتری نسبت به سایر بخش‌ها دارند و یا اینکه ابزار متناسب سیاستی برای کاهش انتشار گازهای این بخش‌ها به کار گرفته شود.

منابع

- اصغری‌پور، حسین، داود بهبودی و رباب محمدی خانقاهی (۱۳۹۲)، «اثرات توسعه اقتصادی و توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست در کشورهای منتخب عضو اوپک»، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، سال دوم، شماره ۶، صص ۱-۲۶.
- اندایش، یعقوب (۱۳۹۴)، «بررسی اثرات زیست محیطی مصرف خانوارها به تفکیک بخش‌های اقتصادی در ایران: با استفاده از روش ردپای اکولوژیک (EP) و ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM)»، رساله دکتری، دانشگاه تبریز، دانشکده اقتصاد.
- بانوئی، علی اصغر و فاطمه بزازان (۱۳۸۵)، نقش و اهمیت ابعاد اقتصاد فضا در محاسبه جداول داده - ستانده منطقه‌ای: پدیده فراموش شده در ایران، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، دوره ۸، شماره ۲۷، تابستان ۱۳۸۵، صص ۸۹-۱۱۴.
- بانوئی، علی اصغر، فرشاد مومنی و سیمین عزیز محمدی (۱۳۹۲)، «سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران با استفاده از رویکرد جدول داده-ستانده»، فصلنامه سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی، سال اول، شماره ۱، صص ۳۵-۶۶.
- بهبودی، داود و اسماعیل برقی گلعدانی (۱۳۸۷)، «اثرات زیست محیطی مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران»، فصلنامه اقتصاد مقدماتی، سال پنجم، شماره ۴ (پیاپی ۱۹)، صص ۳۵-۵۳.
- بهبودی، داود، اسماعیل برقی گلعدانی و سیاب ممی پور (۱۳۹۳)، «بررسی تاثیر رشد اقتصادی بر آلودگی محیط زیست در کشورهای نفتی»، پژوهشنامه اقتصاد کلان، سال نهم، شماره ۱۷، نیمه اول ۱۳۹۳، صص ۵۲-۳۷.
- بهبودی، داود، سیمین کیانی و سعید ابراهیمی (۱۳۹۰)، «رابطه علی انتشار دی اکسید کربن، ارزش افزوده بخش صنعت و مصرف انرژی در ایران»، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، سال اول، شماره ۱، صص ۳۳-۵۳.

بهبودی، داود، فیروز فلاحی و اسماعیل برقی گل‌عذانی (۱۳۸۹)، «عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر انتشار سرانه‌ی دی‌اکسید کربن در ایران (۱۳۸۳-۱۳۴۶)»، فصلنامه تحقیقات اقتصادی، شماره ۹۰، صص ۱-۱۷.

پورعبادالهان کویچ، محسن، برقی اسکویی، محمد مهدی، سید کمال صادقی و ایرج قاسمی (۱۳۹۳)، «تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار آلودگی دی‌اکسید کربن در زیربخش‌های صنعتی ایران»، فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی، دوره ۳، شماره ۹، صص ۱۳۱-۱۱۵.

صادقی، سید کمال (۱۳۹۲)، «بررسی رابطه انتشار گاز دی‌اکسید کربن و آلودگی آب در ایران با نگرش اقتصاد محیط زیست»، فصلنامه فضای جغرافیایی، دوره ۱۳، شماره ۴۳، صص ۲۲۷-۲۰۹.

صادقی، سید کمال و سعید ابراهیمی (۱۳۹۲)، «تاثیر توسعه مالی، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی بر آلودگی محیط زیست در ایران رهیافت (ARDL)»، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، سال دوم، شماره ۷، صص ۷۳-۴۳.

صادقی، سید کمال و مجید فشاری (۱۳۸۹)، «برآورد رابطه بلندمدت بین صادرات و شاخص‌های کیفیت زیست محیطی؛ مطالعه موردی ایران (۱۳۵۰-۱۳۸۶)»، فصلنامه تحقیقات اقتصادی ایران، دوره ۱۵، شماره ۴۴، صص ۸۳-۶۷.

صادقی، سید کمال، متفکر آزاد، محمد علی، عبادالهان محسن پور و اتابک شهباززاده (۱۳۹۱)، «بررسی رابطه علی بین انتشار دی‌اکسید کربن، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در ایران (رهیافت آزمون علیت تودا-یاماموتو)»، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، سال اول، شماره ۴، صص ۱۱۷-۱۰۱.

فلاحی، فیروز و صمد حکمتی فرید (۱۳۹۲)، «بررسی عوامل مؤثر بر میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن در استان‌های کشور (رهیافت داده‌های تابلویی)»، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، شماره ۶، بهار ۱۳۹۲، صص ۱۵۰-۱۲۹.

متفکر آزاد، محمد علی، انرجانی، اکبر، خسروشاهی و سید کمالی صادقی (۱۳۹۲)، «تاثیر انتقال فناوریهای کالایی و غیر کالایی خارجی بر توسعه پایدار در ایران: با تأکید بر

- انتشار دی اکسید کربن (آزمون سایکون- لوتکیپول)، کنفرانس علوم کشاورزی و محیط زیست، شیراز.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۰)، «نتایج کلی سرشماری نفوس و مسکن کل کشور»، مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵، تهران.
- مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۳۹۴)، بهنگام سازی جدول داده-ستاده و ماتریس حسابداری اجتماعی و طراحی الگوی CGE و کاربردهای آن‌ها در سیاست‌گذاری اقتصادی - اجتماعی. دفتر مطالعات اقتصادی، شماره مسلسل ۱۲۴۵۳.
- مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۳۹۴)، «گزارش پایه‌های آماری ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰»، مرکز پژوهش‌های مجلس، دفتر مطالعات اقتصادی (بهار ۱۳۹۴)
- منظور، داود و ایمان حقیقی (۱۳۹۰). «آثار اصلاح قیمت‌های انرژی بر انتشار آلاینده‌های زیست محیطی در ایران؛ مدل سازی تعادل عمومی محاسبه پذیر». مجله محیط شناسی، شماره ۶۰، صص ۱-۱۲.
- وزارت نیرو (۱۳۹۰)، «ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰»، وزارت نیرو.
- Bicknell, K.B., Ball, R.J., Cullen, R., Bigsby, H.R. (1998). "New methodology for the Ecological Footprint with an Application to the New Zealand Economy". *Ecological Economics*, No 27, PP.149-160.
- BP (2007), "What is a Carbon Footprint?", *Internet site*: http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/STAGING/global_assets/downloads/A/ABP_ADV_what_on_earth_is_a_carbon_footprint.pdf
- Bullard, C.W., Penner, P.S. and Pilati, D.A. (1978). "Net Energy Analysis: Handbook for Combining Process and Input-Output Analysis". *Resources and Energy Vol. 1, No.3*, PP. 267-313..
- Carbon Trust (2007) "Carbon Footprint Measurement Methodology, Version 1.1". 27 February 2007, *The Carbon Trust*, London, UK. <http://www.carbontrust.co.uk>.
- DEFRA (2007). "Step Forward on Reducing Climate Change Impacts From Products." *DEFRA press release, 30 May 2007*, from <http://www.defra.gov.uk/news/2007/070530a.htm>.

- Eckel, A. (2007). "The Reality of Carbon Neutrality Energetics London", *Gravure* Vol. 21, No. 2, PP. 35-36.
- ETAP (2007). "The Carbon Trust Helps UK Businesses Reduce their Environmental Impact", *Press Release* ,http://ec.europa.eu/environment/etap/pdfs/jan07_carbon_trust_initiative.pdf
- Ferng, J. (2001). "Using Composition of Land Multiplier to Estimate Ecological footprints Associated with Production Activity". *Ecological Economics* No 37,PP. 159–172.
- Foran, B., Lenzen, M. and Dey, C. (2005). "Balancing Act: A Triple Bottom Line Analysis of the 135 sectors of the Australian Economy". *CSIRO Resource Futures and the University of Sydney*, Canberra, ACT, Australia. www.cse.csiro.au/research/balancingact
- Grub and Ellis (2007). "Meeting the Carbon Challenge: The Role of Commercial Real Estate Owners", *Users & Managers*, Chicago.
- Hammond, G. (2007). "Time to give Due Weight to the 'Carbon Footprint' Issue". *Nature* Vol. 445, No.7125 p. 256.
- Haven, J. (2007). "A Definition of 'Carbon Footprint'", *Environment Business* 129: 27.
- Heijungs, R. and Suh, S. (2002). "The Computational Structure of Life Cycle Assessment". *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht, The Netherlands.
- 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*, No. 17,PP. 1241–1248.
- International Energy Agency(IEA) (2015), "Co2 Emissions from Fuel Combustion Highlights", <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustionHighlights2015>.
- Jacobsen, R., V. Vandermeulen, G. Vanhuylbroeckand X. Gellynck, (2014), "A Life Cycle Assessment Application:The Carbon Footprint of Beef in Flanders (Belgium)", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*,Vol. 2, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Springer.
- Lenzen, M. (2001). "Errors in Conventional and Input- Output-based Life-Cycle Inventories". *Journal of Industrial Ecology* Vol. 4, No.4, PP. 127-148.

- Lenzen, M. , Murray, S. A.(2001). "A modified ecological footprint method and its application to Australia". *Ecological Economics* No 37.PP. 229–255.
- Lenzen, M., Murray, S.A.(2003). "The Ecological Footprint—Issues and Trends ". *ISA Research Paper* 01-03. The University of Sydney.
- Li, X. , Tian, M. , Wang, H. , Wang, H. & Yu, J. (2014). "Development of an Ecological Security Evaluation Method Based on The Ecological Footprint And Application to A Typical Steppe Region In China". *Ecological Indicators*, No. 39, PP. 153-159.
- Mattila, T., J. Judl and J. Seppälä, (2014),"Carbon Footprint of Mobile Devices:Open Questions in Carbon Footprinting of Emerging Mobile ICT Technologies", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 1, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Springer.
- Nakamura, Sh. and Y. Kondo, (2009), "Waste Input-Output Analysis", *Eco-Efficiency in Industry and Science*, vol.6 , Springer.
- Pandey, D. and M. Agrawal, (2014), "Carbon Footprint Estimation in the Agriculture Sector", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 1, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu , Springer.
- Patel, J. (2006). "Green Sky Thinking". *Environment Business*, No.122, P. 32.
- Patz Jonathan A., Diarmid Campbell-Lendrum, Tracey Holloway & Jonathan A. Foley(2005), "Impact of Regional Climate Change on Human Health", *nature*,Vol. 438, No.7066, PP.310-7.
- POST (2006) "Carbon footprint of electricity generation". *POSTnote* 268, October 2006, Parliamentary Office of Science and Technology, London, UK. [http://www .parliament.uk/ documents/upload/postpn268.pdf](http://www.parliament.uk/documents/upload/postpn268.pdf).
- Quinteiro, P., M. Almeida, A. Cláudia Dias, A. Araújo and L. Arroja, (2014),"The Carbon Footprint of Ceramic Products", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Vol. 1, Springer.
- Röös, E., C. Sundberg and P. A. Hansson, (2014), "Carbon Footprint of Food Products", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 1, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Springer.

- Sanyé-Mengual, E., R.G. Lozano, J. Oliver-Solà, C.M. Gasol and J. Rieradevall, (2014), "Eco-Design and Product Carbon Footprint Use in the Packaging Sector", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 1, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Springer.
- Sanyé-Mengual, E., R.G. Lozano, J. Oliver-Solà, C.M. Gasol and J. Rieradevall, (2014), "Eco-Design and Product Carbon Footprint Use in the Packaging Sector", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 1, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Springer.
- Sanyé-Mengual, E., R.G. Lozano, R. Farreny, J. Oliver-Solà, C.M. Gasol and J. Rieradevall, (2014), "Introduction to the Eco-Design Methodology and the Role of Product Carbon Footprint", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 1, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Springer.
- SEI, WWF and CURE (2006). "Counting Consumption - CO2 emissions, material flows and Ecological Footprint of the UK by region and devolved country". *Published by WWF-UK, Godalming, Surrey, UK, 2006.* <http://www.ecologicalbudget.org.uk>.
- Solís-Guzmán, J., A. Martínez-Rocamora and M. Marrero, (2014), "Methodology for Determining the Carbon Footprint of the Construction of Residential Buildings", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Vol. 1, Springer.
- Suh, S., Lenzen, M., Treloar, G.J., Hondo, H., Horvath, A., Huppes, G., Joliet, O., Klann, U., Krewitt, W., Moriguchi, Y., Munksgaard, J. and Norris, G. (2004). "System Boundary Selection in Life-Cycle Inventories Using Hybrid Approaches". *Environmental Science & Technology*, Vol. 38, No.3, PP. 657-664.
- Teng, J. & Wu, X. (2014). "Eco-footprint-based Life-Cycle Eco-Efficiency Assessment of Building Projects". *Ecological Indicators*, Vol. 39, April 2014, PP. 160–168.
- Thorbecke, E and Jung, H.-S. (1996), "A Multiplier Decomposition Method to Analyze Poverty Alleviation", *Journal of Development Economics*, Vol. 48, No. 2., pp. 253-277.
- Varun and Manish Kumar Chauhan, (2014), "Carbon Footprint and Energy Estimation of the Sugar Industry: An Indian Case Study", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 2, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Springer.

- Vázquez-Rowe, I., P. Villanueva-Rey, M.T. Moreira and G. Feijoo, (2014), "A Review of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions from Worldwide Hake Fishing", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 2, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Springer.
- Wackernagel M. and Rees W. (1996). "Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth", *New Society Publishers, Gabriola Island, B. C., Canada*.
- 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. OCLC 41839429.
- Wei, X. Y. & Xia, J. X. (2012). " Ecological Compensation for Large Water Projects Based on Ecological Footprint Theory: A Case Study in China ". *Procedia Environmental Sciences*, Vol.13, PP. 1338-1345.
- Wiedmann, T., Barrett, J. and Lenzen, M. (2007). "Companies 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.
http://www.isaresearch.co.uk/docs/Wiedmann_et_al_2007_Cardiff_Companies_EF.pdf.
- Wiedmann, T., J. Minx, J. Barrett, M. Wackernagel, (2005), "Allocating Ecological Footprints to Final Consumption categories With Input–Output Analysis", *Ecological Economics*, Vol. 56, No. 1, PP. 28– 48.
- Zhao, R., X. Chuai, X. Huang, L. Lai and J. Peng, (2014), "Carbon Emission and Carbon Footprint of Different Industrial Sectors in Different Regions of China", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 1, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Springer.