

مطالعه وضعیت رد پای کربن، متان و اکسید نیتروژن زیربخش‌های کشاورزی در مقایسه با سایر بخش‌های اقتصادی در ایران با رهیافت ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM)

سید کمال صادقی^۱، زهرا کریمی تکانلو^۲، محمد علی متفکر آزاد^۳، حسین اصغر پورقورچی^۴، * یعقوب اندایش^۵

۱. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲. استادیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳. استاد گروه اقتصاد دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۴. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۵. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه تبریز

(دریافت: ۱۳۹۴/۷/۹ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۶)

Study of The Carbon, Methane and Nitrous Oxide Footprint in Iran's Agricultural Sub-Sectors Compared to Other Economic Sectors: The Social Accounting Matrix (SAM) Approach

Seyed Kamal Sadeghi¹, Zahra Karimi Takanlou², Mohammad Ali Motefakker Azad³, Hossein Asgharpour Ghourchi⁴, *Yaghoob Andayesh⁵

1 Associate Professor of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2. Assistant Professor of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

3. Professor of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

4. Associate Professor of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

5. Ph.D. Student of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

(Received: 1/Oct/2015 Accepted: 6/Jan/2016)

چکیده:

Abstract:

In recent decades the more releasing emissions from energy consumption, have had more damaging effects on the environment. The share of some of the manufacturing sectors have been more than other sectors and may vary from one country to another one. However, each country have the capacity to absorb pollutants by its biological status. Carbon, Methane and Nitrous Oxide are the most important greenhouse gases that are emitted more than their biological potentials having harmful effects on the environment. In this paper, the footprint of these gases of agriculture sub-sectors is studied by using Social Accounting Matrix 1390. The results indicate that the total Carbon footprint, Methane and Nitrous Oxide are respectively 646 million tons, 51 thousand tons and 12 thousand tons and the share of agriculture sectors are 10.2 percent, 10.5 percent and 17 percent. Sub-sectors of wheat and animal husbandry have the biggest footprints.

در چند دهه اخیر انتشار بیشتر آلاینده‌های ناشی از مصرف انرژی، اثرات مخرب بیشتری بر محیط زیست گذاشته است. سهم برخی بخش‌های تولیدی نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر بوده و از کشوری به کشور دیگر ممکن است متفاوت باشد. این در حالی است که هر کشور با توجه به موقعیت زیستی‌اش ظرفیتی در جذب آلاینده‌ها دارد. کربن، متان و اکسید نیتروژن از مهمترین گازهای گلخانه‌ای به شمار می‌روند که با انتشار بیش از ظرفیت زیستی آنها اثرات مخرب بر محیط زیست پیرامون وارد می‌شود. در این پژوهش رد پای این سه گاز زیربخش‌های کشاورزی با استفاده از روش ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاکی از این است که کل رد پای کربن، متان و اکسید نیتروژن بخش‌های اقتصادی به ترتیب ۶۴۶ میلیون تن، ۵۱ هزار تن و ۱۲ هزار تن است که سهم بخش کشاورزی ۱۰/۲ درصد، ۱۰/۵ درصد و ۱۷ درصد است. زیربخش‌های گندم و پرورش دام و طیور بیشترین رد پا را دارند.

Keywords: Sustainable Development, Carbon, Methane and Nitrous Oxide Footprint, Social Accounting Matrix and Agricultural Sub-Sectors.

JEL: P28, Q25, Q53.

واژه‌های کلیدی: توسعه پایدار، رد پای کربن، متان و اکسید نیتروژن، ماتریس حسابداری اجتماعی و زیربخش‌های کشاورزی.

طبقه‌بندی JEL: P28، Q25، Q53.

۱- مقدمه

با اهمیت یافتن مسائل زیست محیطی در سطح بین‌الملل، اکثر کشورها سعی در پیاده‌سازی سیاست‌هایی در این مورد کردند اگر چه سرعت آن در برخی کشورها بیشتر و در برخی پایین بود (هاون^۱، ۲۰۰۷: ۳۵). انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای 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 تولید و مصرف کالاهای خدمات بر انتشار کربن یا سایر گازهای گلخانه‌ای محاسبه رد پای کربن بخش‌های تولیدی و افراد ساکن آن کشور است. با معلوم شدن رد پا و سهم آلاینده‌زایی تولید کالاهای و خدمات می‌توان ترتیباتی جهت کنترل آن اتخاذ نمود. دی اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن از جمله مهمترین گازهای گلخانه‌ای است که در پروتکل کیوتو^۲ نیز آمده است (ریبارن و دافور^۳، ۲۰۱۴: ۹۱).

کانون اصلی مقاله حاضر، سنجش رد پای این سه گاز زیربخش‌های کشاورزی با رویکرد ماتریس حسابداری اجتماعی می‌باشد.

در رد پای اکولوژیکی کربن، به طور مستقیم میزان خروجی گازهای عامل تغییرات آب و هوایی به جو را اندازه‌گیری می‌کنند که مقیاسی از مقدار کل خروجی دی اکسید کربن^۴ و سایر گازهای گلخانه‌ای مربوط به یک جمعیت، سیستم یا فعالیت معین با در نظر گرفتن همه منابع، فرونشین‌ها، ذخیره‌شدن‌ها در محدوده زمانی و مکانی آن جمعیت، آن سیستم یا فعالیت است. به عبارت دیگر رد پای کربن اندازه‌گیری کل مقدار دی اکسید کربن است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم از فعالیت‌ها یا در طول چرخه عمر یک محصول انتشار می‌یابد. این فعالیت‌ها شامل فعالیت افراد، جمعیت‌ها، دولت‌ها، شرکت‌ها، سازمان‌ها، فرآیندهای تبدیل و بخش‌های صنعتی و غیره می‌باشد. محصولات شامل کالاهای 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 (گزارش

برتلاند^۵، ۱۹۸۷: ۱۵).

با این محاسبه مشخص می‌شود آیا تولید این گازها به تناسب ظرفیت جذب محیط پیرامون است یا اینکه بیش از حد تولید می‌شود. گازهای گلخانه‌ای از طریق فعالیت‌های مربوط به حمل و نقل، تولید مواد غذایی، سوخت، کالاهای ساخته شده، مواد، چوب، جاده‌ها، ساختمان‌ها و خدمات وارد جو زمین می‌شوند. برای سادگی اغلب بر حسب میزان دی اکسید کربن یا معادل دی اکسید کربن سایر گازهای گلخانه‌ای گزارش می‌شوند (همان: ۱۶).

رد پای کربنی بخش‌های تولیدی را می‌توان به دو بخش مستقیم و غیرمستقیم تقسیم کرد: انتشار مستقیم کربن ناشی از تولید کالاهای و خدمات آن بخش تولیدی است در حالی که رد پای "غیرمستقیم" مربوط به مصرف کالاهای و خدمات واسطه‌ای است که خود، کربن انتشار داده‌اند و بخش‌های تولیدی در فرایند تولید خود از آنها استفاده می‌نمایند.

ادبیات موجود نشان می‌دهد که پژوهشگران از دو روش در سنجش رد پای کربن که زیر مجموعه‌ی رد پای اکولوژیکی است، استفاده می‌کنند. روش اول ماهیت کلان دارد و بر مبنای مصرف آشکار منابع مورد نظر به کار رفته در تولید کالاهای و خدمات داخلی به علاوه منابع به کار رفته در تولید کالاهای و خدمات واردات منهای منابع به کار رفته در تولید کالاهای و خدمات صادرات محاسبه می‌گردد که اولین بار توسط واکرناگل و ریس در سال ۱۹۹۶ مطرح شد. اما به کارگیری روش مذکور نمی‌تواند وضعیت رد پای اکولوژیکی را در جهت مدیریت منابع در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی آشکار نماید. برای برون رفت از این مسئله، طیف وسیعی از پژوهشگران مثل هابک^۶، لنزن^۷، موری^۸، فرنگ^۹، بیکنل^{۱۰} و گیلجوم^{۱۱}، 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 رد پای کربن، متان و اکسید نیتروژن زیربخش‌های کشاورزی است که در تلاش است به این پرسش پاسخ دهد که در اقتصاد ایران و در بین بخش‌های اقتصادی، سهم بخش کشاورزی از این رد پاها چه میزان است

5. Brundtland Report (1987)
6. Hubacek
7. Lenzen
8. Murray
9. Ferng
10. Bicknell
11. Giljum

1. Haven (2007)
2. Kyoto Protocol
3. Iribarren & Dufour (2014)
4. CO2

هیچ دامنه واضح و روشن تجزیه و تحلیل را فراهم نمی‌کند (اکل، ۲۰۰۷: ۳۶).

مجموعه‌ای از توصیف‌ها درباره ادبیات رد پای کربن وجود دارد که در جدول ۱ ارائه شده است. تأکید شده که در محاسبه رد پای کربن نه تنها واحد ورودی، خروجی و پردازش که مستقیماً با محصولات مرتبط هستند بلکه باید بعضی از انتشارات غیرمستقیم گازهای گلخانه‌ای را هم در نظر گرفت. تفکر چرخه عمر را می‌توان در بسیاری از اسناد و مدارک یافت و به نظر می‌رسد با ویژگی یکسان برای تخمین رد پای کربن توسعه یافته باشد.

فرایند استاندارد سازی به وسیله تراست^۵ کربن و اهدافی که در نظر گرفته است برای همه محصولات اعمال و استاندارد گازهای گلخانه‌ای منتشر شده از آنها را گوشزد می‌نماید (دفرا، ۲۰۰۷: ۹).

همچنین در سطح جهانی شبکه رد پای جهانی وجود دارد که سازمانی است که حساب‌های رد پای ملی در هر سال را جمع‌آوری می‌کند که در این محاسبات دیده می‌شود رد پای کربن قسمتی از رد پای اکولوژی است (واکرناگل و ریس، ۱۹۹۶: ۱۸).

سانی منگال و همکاران^۸ در مطالعه‌ای، طراحی روش و نقش رد پای کربن در محصولات را بررسی می‌کنند. در این مطالعه هدف نشان دادن یک طرح ترکیبی برای محیط زیست و ارزیابی روش چرخه زندگی برای اجرای طرح‌های اقتصادی می‌باشد. یافته‌ها نشان داد رد پای کربن محصولات دو نقش مهم ایفا می‌کند: اول، رد پای کربن محصولات یکی از شاخص‌هایی است که می‌تواند با ارزیابی چرخه عمر برآورد شود. دوم، رد پای کربن محصولات به عنوان یک استراتژی برای ارتباط محیط زیست با مصرف کنندگان برچسب می‌خورد. نتایج نشان داد که در جهت ارزیابی و بهبود محیط زیست کشورها باید یک طرح جامع ارائه شود که این طرح ترکیبی از روش کیفی و کمی برای ارزیابی و تجزیه و تحلیل استراتژی‌ها می‌باشد. روش رد پای 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 رد پای کربن می‌تواند به عنوان یک شاخص پیشگام در اجرای ارتباط کمی زیست محیطی در

و کدام زیربخش‌ها بیشترین سهم را دارند. بدین منظور ابتدا بر پیشینه مطالعات خارجی و داخلی در زمینه رد پای کربن مروری صورت می‌گیرد. سپس روش ماتریس حسابداری اجتماعی و چگونگی به‌کارگیری آن در محاسبه رد پای کربن و پایه‌های آماری تشریح می‌گردد. در ادامه یافته‌های رد پای زیربخش‌های کشاورزی تحلیل و سرانجام به نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

۲- مروری بر پیشینه موضوع

رد پای کربن زیر مجموعه رد پای اکولوژیک است که طی چند سال گذشته به طور گسترده‌ای رایج شده است و در حال حاضر به طور گسترده‌ای در سراسر رسانه‌ها استفاده می‌شود. با تغییرات آب و هوایی محاسبه رد پای کربن در دستور کار و سیاست‌های شرکت‌های کشورهای اروپایی و آمریکا قرار گرفته است (عبدالزراق، ۲۰۱۳: ۴۲۶).

با جستجوی ادبیات برای اصطلاح رد پای کربن در همه مجلات علمی و تمام سایت‌های جستجو از سال ۱۹۶۰ تاکنون تعدادی از مقالات مرتبط وجود دارد. به طوری که تا قبل از ۲۰۰۵ هیچ مقاله‌ای در این زمینه نوشته نشده و در سال ۲۰۰۵ سه مقاله، ۸ مقاله در سال ۲۰۰۶ و ۳۱ مقاله مربوط به سال ۲۰۰۷ و همین‌طور برای سال‌های اخیر به مقدار بیشتری موجود است.

بیشترین مقالات با این سوال مرتبطاند که چگونه انتشار دی اکسید کربن را می‌توان به یک محصول خاص، شرکت (بنگاه) یا سازمان نسبت داد؟

هاموند^۲ می‌نویسد شاخصی که اغلب به عنوان رد پای کربن معرفی می‌شود در واقع وزن کربن انتشار یافته بر اساس کیلوگرم یا تن به ازای هر فرد یا فعالیت است (هاموند، ۲۰۰۷: ۲۶۱).

هاون^۳ یادآوری می‌کند که تجزیه و تحلیل رد پای کربن صندلی یک اداره به عنوان ارزیابی چرخه عمر محصول؛ تمام مواد اولیه، مراحل تولید، حمل و نقل، استفاده و مصرف در هر مرحله از رشد و توسعه را به حساب می‌آورد (هاون، ۲۰۰۷: ۳۰). اکل^۴ اشاره می‌کند که ارزیابی رد پای 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

5. Trust

6. Defra

7. Wackernagel & Rees (1996)

8. Sanyé-Mengual et al. (2014)

1. Abd'Razack et al. (2013)

2. Hammond (2007)

3. Haven (2007)

4. Eckel (2007)

پندی و اگراول^۲ در مطالعه‌ای رد پای کربن در بخش کشاورزی را برآورد کردند. در این مطالعه بیان شد که رد پای کربن به عنوان یک شاخص قوی برای سنجش شدت گازهای گلخانه‌ای در اثر فعالیت‌های تولیدی می‌باشد. با توجه به اینکه بخش کشاورزی از انتشارکننده‌های مهم گازهای گلخانه‌ای می‌باشد، بنابراین شناسایی شیوه‌های پایدارتر کشاورزی ضروری می‌باشد. مطالعات موردی در استفاده از رد پای کربن افزایش یافته است اما اکثر مطالعات انجام شده با روش سه ردیف استاندارد منطبق نیست. نتایج نشان داد رد پای کربن به عنوان یک روش استاندارد برای بخش کشاورزی ضروری است و کاربرد مؤثر این ابزار در سنجش شدت گازهای گلخانه‌ای و ارائه سناریوها و سیاست‌هایی برای جلوگیری از گرم شدن کره زمین و تغییر آب و هوا مؤثر می‌باشد (پندی و اگراول، ۲۰۱۴: ۳۱).

سولیس گازمن و همکاران^۳ در مطالعه‌ای میزان رد پای 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 رد پای کربن به منظور سنجش گازهای گلخانه‌ای تولید شده در اثر یک پروژه ساختمانی پیشنهاد شد. این روش میزان رد پای کربن را در منابع استفاده شده و ضایعات ایجاد شده محاسبه می‌کند، بعد از انتخاب روش، رد پای کربن هر کدام از عناصر به صورت جدا در نظر گرفته شد (مثلاً آب، انرژی، غذا، حمل و نقل، مواد ساخت و ساز و ضایعات). یافته‌ها نشان می‌دهد رد پای کربن در هر متر مکعب به ترتیب در عوامل انرژی، آب، غذا، تحرک، مواد ساخت و ساز و ضایعات به میزان ۳۸۴/۸، ۰/۰۷، ۰/۳۲/۴، ۰/۰۳، ۰/۶۶۷/۲ کیلوگرم می‌باشد. مواد ساخت و ساز در میزان کربن نقش بسیار قابل توجهی دارند. منابع دیگر ایجادکننده رد پای کربن ماشین‌آلات، برق و مواد غذایی هستند. در این پروژه ساختمانی نقل و انتقال منابع هیچ تأثیر تعیین‌کننده‌ای بر میزان رد پای کربن ندارد (سولیس گازمن و همکاران، ۲۰۱۴: ۶۱).

روس و همکاران^۴ در مطالعه‌ای میزان رد پای کربن محصول غذایی را بررسی کردند. در این مطالعه رد پای کربن در محصولات تولیدی با استفاده از روش تغییرات استفاده از زمین^۵ صورت گرفت. یافته‌ها نشان داد که سیستم غذایی به

محصولات و خدمات باشد و نیز استفاده از روش رد پای کربن محصولات می‌تواند در بررسی جنبه‌های زیست محیطی محصولات با دیگر شاخص‌های زیست محیطی ترکیب شود (سانی منگال و همکاران، ۲۰۱۴: ۲۴۰).

جدول ۱. تعاریف کربن در ادبیات

مأخذ	تعریف
B P ¹ (2007)	رد پای کربن مقدار دی اکسید کربن منتشره ناشی از فعالیت‌های روزانه می‌باشد مانند شستن لباس یا استفاده از وسایل حمل و نقل.
Patel (2006)	رد پای کربن معادل نشر دی اکسید کربن از وسایل نقلیه متعلق به شرکت‌ها، کسب و کار تجارتي و سایر ضایعات می‌باشد.
Carbon Trust (2007)	یک روش برای تخمین کل انتشار گازهای گلخانه‌ای، 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 شناسایی و اندازه‌گیری گازهای گلخانه‌ای منحصراً به فرد، اندازه‌گیری میزان انتشار این گازها در هر فعالیتی و در همه مراحل (تهیه مواد اولیه، تخصیص مواد برای هر محصول) می‌باشد.
Energetics (2007)	رد پای کربن به میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به صورت مستقیم و غیرمستقیم ناشی از فعالیت‌های کسب و کار گفته می‌شود.
ETAP (2007)	رد پای کربن در واقع اندازه‌گیری تأثیر فعالیت‌های انسانی در محیط زیست از نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای همچون اندازه‌گیری میزان دی اکسید کربن می‌باشد.
Grub & Ellis (2007)	رد پای کربن اندازه‌گیری مقدار دی اکسید کربن منتشر شده از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی می‌باشد. به طور مثال در مورد یک بنگاه تولیدی، رد پای کربن مقدار دی اکسید کربن منتشره به صورت 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.
Paliamentary Office of Science and Technology (POST) (2006)	رد پای کربن مقدار کل دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در طول چرخه کامل عمر یک محصول می‌باشد

مأخذ: ستون اول جدول

1. British Petroleum (2007)

2. Pandey & Agrawal (2014)
3. Solís-Guzmán et al. (2014)
4. Roos et al. (2014)
5. LUC

را در فلاندر بررسی کردند. در این مطالعه برای ارزیابی چرخه عمر انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید گوشت خوک در فلاندر از روش مشخصات در دسترس عموم^۶ 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. نتایج نشان می‌دهد به ازای هر کیلوگرم گوشت خوک بدون استخوان، کربن به میزان ۴/۸-۶/۴ کیلوگرم آزاد می‌شود. در این مطالعه همچنین بیان شد دو عامل عمده در رد پای کربن در این زمینه، ترکیب و تولید خوراک دام و تولید و استفاده از کود می‌باشد (جاکوبسن و همکاران، ۲۰۱۴: ۴۲).

ژائو و همکاران^۷ در مطالعه‌ای انتشار کربن و رد پای کربن در مکان‌های تولیدی مناطق مختلف چین با استفاده از داده‌های مصرف انرژی و زمین هر منطقه طی دوره ۲۰۰۸-۱۹۹۹ را بررسی کردند. فضاهای تولیدی 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 ۱/۸۷، ۸۹/۱۲، ۷/۳، ۰/۱۹ و ۱/۵۲ درصد از کل رد پای می‌باشد. با توجه به اینکه در چین زغال سنگ منبع اصلی مصرف انرژی می‌باشد و از طرفی مصرف انرژی فسیلی علت اصلی انتشار کربن است، بنابراین باید استفاده از صنایع انرژی بر را کاهش داد، ساختار انرژی‌های سنتی باید ابداع شود و استفاده از انرژی‌های پاک افزایش یابد. بدین جهت در این مطالعه پیشنهاد شده که برای جذب دی اکسید کربن از پوشش‌های گیاهی استفاده شود، به خصوص از طریق جنگل‌ها و چمن‌ها (ژائو و همکاران، ۲۰۱۴: ۲۱۲).

در کار پژوهشی لنزن و مورای^۸، ضمن محاسبه رد پای اکولوژیک استرالیا براساس کاربری واقعی زمین در چارچوب داده-ستانده، روش بیکنل و همکارانش اصلاح و روش جدیدی برای محاسبه این شاخص ارائه می‌دهند (لنزن و مورای^۸، ۲۰۰۱: ۲۳۵).

همچنین لنزن و مورای در پژوهش دیگری نشان می‌دهند

عنوان یک عامل در تغییرات آب و هوایی می‌باشد. منابع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای؛ نیترواکسید از خاک، متان از تخمیر روده حیوانات و دی اکسید کربن از تغییرات در استفاده از زمین مانند جنگل زدایی می‌باشند. در چرخه زندگی محصولات غذایی، گازهای گلخانه‌ای از عواملی همچون تولید کود معدنی، کشت برنج، استفاده از منابع انرژی در مزارع و فعالیت‌هایی همچون پردازش، بسته‌بندی، ذخیره و توزیع محصولات ایجاد می‌شوند (روس و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۰۴).

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 و همکاران^۱ به بررسی رد پای کربن در محصولات سرمایی در پرتغال پرداختند. در این مطالعه به تجزیه و تحلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای هر یک از محصولات سرمایی 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 گلخانه‌ای و تغییر آب و هوا به دلیل افزایش در درجه حرارت می‌شود (کوئینتیرو و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۲۱).

متیلا و همکاران^۴ در مطالعه‌ای با عنوان "مباحثی روشن در رد پای کربن ناشی از فناوری اطلاعات موبایل" به بررسی رد پای کربن در دستگاه‌های تلفن پرداختند. این مطالعه با استفاده از بررسی کیفی داده‌های میزان رد پای کربن سه نمونه گوشتی همراه در ۲۰۱۲ در مراحل مختلف تولید، مصرف، بازسازی و انتقال انجام شد. به طور کلی نتایج ارزیابی میزان انتشار کربن از گوشتی‌های هوشمند نشان داد که انتشار این گازها به طور گسترده‌ای در محیط زیست صورت می‌گیرد. در استفاده از گوشتی‌های 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 گلخانه‌ای دارد نمی‌توان آن را نادیده گرفت (متیلا و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۵۹).

جاکوبسن و همکاران^۵ رد پای کربن در تولید گوشت خوک

1. Quinteiro et al. (2014)
2. Cradle-to-Gate
3. Cradle-to-Grave
4. Mattila et al. (2014)
5. Jacobsen et al. (2014)

6. Available Specification Methodology

7. Zhao et al. (2014)

8. Lenzen & Murray (2001)

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 گلخانه‌ای به ترتیب در ماشین‌آلات استخراج شیر گیاهان نیشکر، ماشین‌آلات و تجهیزات برای تغلیظ مایعات و ماشین‌آلات و تجهیزات برای ایستگاه‌های فرار به میزان ۱۹/۲۵، ۶/۶۷ و ۱/۰۸ کیلوگرم دی اکسید کربن در هر تن شکر است. این نرخ انتشار گازهای گلخانه‌ای به طور مستقیم بر محیط زیست تأثیر می‌گذارد. بنابراین کاهش این نرخ در تعادل محیط زیست ضروری به نظر می‌رسد (وارون و چوهان، ۲۰۱۴: ۷۳).

بررسی اجمالی مطالعات خارجی حاکی از اهمیت سنجش رد پای کربن در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی است که تاکنون نه تنها در ایران مورد توجه پژوهشگران قرار نگرفته بلکه مطالعه خاصی در مورد رد پای کربن در ایران انجام نشده است. مطالعاتی که در مورد انتشار کربن صورت گرفته جنبه انتشار کربن به صورت مستقیم و کلان یا در سطح یک بنگاه و صنعت یا شهر و منطقه خاص را بررسی کرده اند. اما اینکه هر بخش چه رد پای کربنی در ایران دارند تا به حال مطالعه نشده است. پژوهش حاضر برای اولین بار این موضوع را برای زیربخش‌های کشاورزی در ایران به کار می‌گیرد. در این مقاله تلاش می‌شود، فصل جدیدی از کاربرد ماتریس حسابداری اجتماعی در سنجش رد پای کربن زیربخش‌های کشاورزی و به تبع آن در کل اقتصاد در ایران باز شود.

۳- روش‌شناسی سنجش رد پای اکولوژیک کربن در چارچوب ماتریس حسابداری اجتماعی و پایه‌های آماری

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

براساس فرآیند تجزیه و تحلیل ارزیابی چرخه عمر محصول و رد پای کربن برای مؤسسات بزرگ‌تر مانند دولت، خانواده‌ها یا بخش‌های صنعتی خاص با مشکلات بیشتری رو به رو می‌شود و تجزیه و تحلیل داده-ستانده و ماتریس حسابداری اجتماعی زیست محیطی برای ارزیابی سیستم‌های بزرگ‌تر مثل بخش‌های تولیدی، خانوارها و دولت مناسب‌تر می‌باشد.

چگونه می‌توان تحلیل داده-ستانده را برای محاسبه رد پای اکولوژیک ملی و ناحیه‌ای به منظور تجزیه حساب رد پا در لایه‌های تولید و تبیین کمی رابطه بین عوامل اجتماعی-اقتصادی (مانند مخارج خانوار) و جمعیتی و سنجش رد پای اکولوژیک بسط داد (لنزن و مورای، ۲۰۰۳: ۱۲۷).

واز کوئزرو و همکاران^۱ در مطالعه‌ای استفاده از انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در زمینه ماهیگیری را بررسی کردند. در این مطالعه از روش ارزیابی چرخه عمر^۲ و آنالیز داده‌های محیطی^۳ استفاده شد. اطلاعات از شش ناوگان ماهیگیری مختلف در اسپانیا طی دوره ۲۰۰۷-۲۰۱۱ به دست آمد. نتایج نشان داد در سراسر جهان حدود ۱/۲ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای 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 رد پای کربن و دیگر اثرات محیطی چرخه عمر (مانند فرسایش فسیل) در نظر گرفته شود (واز کوئزرو و همکاران، ۲۰۱۴: ۲۲).

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

وارون و چوهان^۴ در مطالعه‌ای در هند رد پای کربن و انرژی را در صنعت قند بررسی کردند. در این بررسی برای تخمین رد پای 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 گلخانه‌ای 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 به عنوان 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 می‌باشد. به طور همزمان ۶۰ مگاوات

1. Vázquez-Rowe et al. (2014)

2. LAC

3. DEA

4. Varun & Chauhan (2014)

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 جدول، سنجش رد پای اکولوژیک 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 این مقاله با بهره‌گیری از ماتریس حسابداری اجتماعی تدوین شده توسط مرکز پژوهش‌های مجلس ابتدا واردات واسطه و نهایی در این پژوهش تفکیک شده تا زمینه استفاده آن فراهم گردد.

اما ساختار کلی الگوی ماتریس حسابداری اجتماعی از چهار ناحیه مشخص زیر تشکیل شده است. ناحیه I، سیکل کامل تولید، توزیع، مصرف را بین تولیدکنندگان، عوامل تولیدی و مصرف‌کنندگان نشان می‌دهد. در ناحیه I، اقلامی نظیر مصرف سایر نهادها، انباشت، صادرات و واردات، درآمد عوامل نیروی کار از دنیای خارج و درآمد نهادها از سایر نهادها و درآمد نهادها از دنیای خارج منظور شده‌اند که به اقلام تزریق‌ها معروفند. در ناحیه III نیز، اقلامی همچون پرداخت تولیدکنندگان به سایر نهادها و دنیای خارج، پرداخت عوامل تولید نیروی کار به دنیای خارج و پرداختهای نهادهای داخلی به سایر نهادها و دنیای خارج در نظر گرفته شده‌اند. این اقلام به اقلام نشستی‌ها معروفند. اقلام تزریقی‌ها و اقلام نشستی‌ها در کل یا به تنهایی طیف وسیعی از سیاست‌های تصمیم‌گیری در قلمرو صادرات، توزیع درآمد ساختاری، توزیع درآمد نهادی، واردات، مالیات‌ها و یارانه‌ها را بیان می‌کنند. اقلام مربوطه به ناحیه (IV) در واقع پیوند سایر حساب‌ها با سایر حساب‌ها را نشان می‌دهد.

مبنای محاسبه ماتریس فوق بر اساس ساختار جدول داده ستانده می‌باشد. می‌توان ماتریس واسطه بین بخشی، ماتریس مصرف و ارزش افزوده و بردار صادرات و واردات را با توجه به رویکرد تفکیک واردات بر اساس جدول ۲ ارائه داد.

با این روش بخش‌های تولیدی می‌توانند برای تجزیه و تحلیل بیشتر تفکیک شوند تا رد پای کربن هر بخش خاص مورد محاسبه قرار گیرد.

بهترین گزینه و در عین حال تجزیه و تحلیل جامع و قوی ترکیب هر دو روش به وسیله استفاده از یک رویکرد پیوندی است (هیجونگز و سا^۱ ۲۰۰۲: ۹۸، بالارد و همکاران^۲ ۱۹۷۸: ۳۱۱ و سا و همکاران^۳، ۲۰۰۴: ۶۶۱) که در آن تجزیه و تحلیل فرآیند و روش داده-ستانده یا ماتریس حسابداری اجتماعی ادغام شده‌اند. چنین رویکردی اجازه می‌دهد که همه جزئیات چرخه عمر مثل ضایعات و بازیافت نیز در نظر گرفته شود.

روش انتخابی اغلب بستگی به هدف، در دسترس بودن داده‌ها و منابع دارد. می‌توان گفت تجزیه و تحلیل داده-ستانده یا ماتریس حسابداری اجتماعی زیست محیطی برای محاسبه رد پای کربن در سیستم‌های کلان یا بخشی است. در این زمینه رد پای 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 رد پای کربنی قرار دهد چرا که این مورد با وجود تعداد محصولات زیاد در اقتصاد، امکان پذیر نمی‌باشد (فارن و همکاران^۴، ۲۰۰۵: ۳، سای و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۴ و وایدمن و همکاران^۵، ۲۰۰۷: ۴).

در این مقاله از ماتریس حسابداری اجتماعی که در برگیرنده پنج حساب اقتصادی و همه بخش‌های تولیدی است بهره گرفته شده است که در ذیل توضیحاتی از این روش و چگونگی فرآیند محاسبه رد پای کربن آورده می‌شود.

با توجه به توضیحات فوق، بررسی کمی سنجش رد پای اکولوژیک 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

1. Heijungs & Suh (2002)
2. Bullard et al. (1978)
3. Suh et al. (2004)
4. Foran et al. (2005)
5. Wiedmann et al. (2007)

(۲)

$$(I - D)^{-1} = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{31} & \dots & d_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{bmatrix}$$

ماتریس فوق ضرایب فزاینده تولید داخلی را نشان می‌دهد. جمع ستونی ماتریس مذکور بیان می‌کند، افزایش یک واحد تقاضای نهایی یک بخش به چه میزان منجر به افزایش تولید آن بخش در کل اقتصاد می‌گردد.

۳-۳- محاسبه بردار انتشار مستقیم کربن ناشی از تولید

گام بعدی محاسبه انتشار مستقیم کربن ناشی از افزایش تولید است. برای این منظور لازم است که ضرایب مستقیم کربن محاسبه گردد. در این قسمت ضرایب مستقیم کربن بخش‌ها از داده‌های ترازنامه انرژی و ماتریس حسابداری اجتماعی جمع آوری و طبق معادلاتی استخراج شده اند. این ضرایب مستقیم را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

(۳)

$$[\Phi_j] = [L_1 \quad \dots \quad L_3] \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ X_1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \\ X_3 \end{bmatrix} = [\Phi_1 \quad \dots \quad \Phi_3]$$

عناصر Φ_j نشان می‌دهد، به ازای ارزش یک واحد تولید در بخش j ام به صورت مستقیم چه میزان کربن منتشر می‌شود. L_i مقدار کربن انتشار یافته هر بخش اقتصادی و X_j تولید هر بخش می‌باشد.

۳-۴- 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 به دست می‌آید:

تراز این جدول برحسب عرضه داخلی و ستانده داخلی است. ماتریس مبادلات واسطه‌ای و تقاضای نهایی در این جدول، ماهیت بومی داشته و به آسانی می‌تواند مبنای سنجش رد پای اکولوژیک کربن داخلی و خارجی قرار گیرد.

جدول ۲. ساختار کلی جدول داده ستانده با تفکیک واردات

بخش j	بخش‌ها			مصرف نهایی		ستانده (تقاضای داخلی)
	بخش ۱	بخش ۲	بخش ۳	تقاضای داخلی	صادرات	
بخش ۱	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	DF ₁	E ₁	X ₁
بخش ۲	D ₂₁	D ₂₂	D ₂₃	DF ₂	E ₂	X ₂
بخش ۳	D ₃₁	D ₃₂	D ₃₃	DF ₃	E ₃	X ₃
ارزش افزوده (عوامل تولید)	V ₁	V ₂	V ₃			V
واردات	M ₁	M ₂	M ₃	M _f	•	M
ستانده (عرضه داخلی)	X ₁	X ₂	X ₃			
مصرف فیزیکی آب (متر مکعب)	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃			
انتشار کربن (تن)	L ₂₁	L ₂₂	L ₂₃			

مأخذ: پژوهش حاضر

روابط ریاضی جدول فوق در سنجش رد پای اکولوژیک به صورت زیر بیان می‌گردند (بانویی و همکاران، ۲۰۱۵، ۷۹).

۳-۱- محاسبه ضرایب داده-ستانده مستقیم داخلی

ضرایب داده-ستانده مستقیم داخلی که با نماد d_{ij} بیان شده، به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

(۱)

$$[d_{ij}] = D = \begin{bmatrix} D_{11} & \dots & D_{13} \\ X_1 & \dots & X_3 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{31} & \dots & D_{33} \\ X_1 & \dots & X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{31} & \dots & d_{33} \end{bmatrix}$$

۳-۲- محاسبه ماتریس ضرایب فزاینده تولید

ماتریس فوق مبنای محاسبه ماتریس ضریب فزاینده تولید داخلی و یا ماتریس معکوس لئونتیف $(I-D)^{-1}$ قرار می‌گیرد.

$$\begin{bmatrix} \eta_{11} & \dots & \eta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \eta_{31} & \dots & \eta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_3 \end{bmatrix} \quad (۴)$$

۳-۶- پیوند رد پای اکولوژیک با تجارت بین الملل

مطالب بخش پیشین فقط محاسبه کربن انتشار یافته در تأمین مصرف نهایی داخلی را نشان می‌دهد و بدین ترتیب ماهیت رد پای اکولوژیک کربن محاسبه شده منشأ داخلی دارد. در یک اقتصاد باز، تجارت بین الملل به شکل واردات و صادرات نقش کلیدی در منابع بری تولید کالاها و خدمات صادرات و واردات ایفا می‌کنند. بنابراین لازم است، کربن انتشار یافته در تولید کالا و خدمات صادرات و واردات در رد پای اکولوژیک منظور گردند.

۳-۶-۱- محاسبه رد پای کربن در تولید کالاها و خدمات صادراتی

رابطه (۶)، مقدار کربن انتشار یافته ناشی از تولید داخلی کالا و خدمات صادرات جهت تأمین تقاضای خارجی را با نماد $[e_i]$ نشان می‌دهد. برای این منظور با پیش ضرب ماتریس ضرایب فزاینده کربن در ماتریس قطری صادرات، مقدار مستقیم و غیرمستقیم کربن انتشار یافته ناشی از تولید کالاها و خدمات صادرات جهت تأمین نیازهای سایر اقتصاد جهان به صورت زیر به دست می‌آید:

$$[e_i] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & E_3 \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_3 \end{bmatrix} \quad (۶)$$

e_i در رابطه (۶) مشخص می‌کند که بخش آم به منظور تولید صادرات کالاها و خدمات صادراتی چه میزان به طور مستقیم و غیرمستقیم کربن انتشار داده است.

۳-۶-۲- محاسبه رد پای کربن برای کالاها و خدمات وارداتی

در مقایسه با سنجش تقاضای خارجی کربن در چارچوب ماتریس حسابداری اجتماعی، سنجش کربن منتشر شده مستقیم و غیرمستقیم ناشی از تولید کالاها و خدمات واردات به دلایل زیر پیچیده تر است: نخست آنکه ماهیت و جایگاه واردات در نظام حسابداری بخشی به شکل داده-ستانده بایستی مشخص گردد. واردات کالاها از نظر ماهیت به دو نوع واردات

$$[\beta_{ij}] = \begin{bmatrix} \Phi_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \Phi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix}$$

β_{ij} در رابطه (۴)، 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 می‌دهد.

در این رابطه $\hat{\Phi}$ ماتریسی قطری است که قطر اصلی آن بردار ضرایب مستقیم کربن محاسبه شده در رابطه (۳) می‌باشد. بیکنل با جمع ستونی ماتریس ضرایب فزاینده کربن، به ماتریس سطری می‌رسد که رد پای کربن را با پیش ضرب نمودن آن در ماتریس‌های متناظر با نوع رد پای 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 رد پاهای سرمایه طبیعی با کل مقدار مصرف شده آن برابر باشد. همان طور که قبلاً ذکر شد فرنگ برای رفع نارسایی این روش، پیشنهاد کرد ماتریس رابطه (۴) تحت عنوان ماتریس ترکیب ضرایب فزاینده سرمایه طبیعی برای محاسبه رد پا به کار گرفته شود.

۳-۵- محاسبه رد پای کربن در تامین مصرف داخلی بخش‌های اقتصادی و خانوارها

با پیش ضرب ماتریس ضرایب فزاینده کربن محاسبه شده در رابطه (۴) در ماتریس قطری تقاضای نهایی دهک‌های خانوارها و دولت، ماتریس Π_{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، رد پای اکولوژیک کربن را در تأمین مصرف نهایی داخلی هر بخش اقتصادی آشکار می‌کند:

$$[m_{ij}] = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DF_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & DF_3 \end{bmatrix} = \quad (۵)$$

بخشی مبنای محاسبه قرار می‌گیرد، در این ماتریس سطرها منشأ خارجی و ستون‌ها منشأ داخلی دارد. برای مثال، درایه m_{11} نشان می‌دهد، بخش یک داخلی معادل ارزش m_{11} از بخش یک متناظر خارجی، کالا و خدمات واسطه‌ای را در فرایند تولید استفاده می‌کند.

$$[m] = \begin{bmatrix} m_{11} & \dots & m_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{31} & \dots & m_{33} \end{bmatrix}$$

با پیش ضرب ماتریس ضرایب فزاینده کربن در ماتریس قطری، واردات واسطه‌ای بین بخشی تمام بخش‌های داخلی از هر بخش خارجی به دست می‌آید:

$$[m_i^j] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_{11} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & m_{31} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} m_1^j \\ \vdots \\ m_3^j \end{bmatrix} \quad (8)$$

مقادیر m_i^j شامل مقدار کربن منتشر شده در تولید کالا و خدمات واردات واسطه‌ای است که در فرایند تولیدی توسط بخش‌های داخلی مورد استفاده قرار گرفته است. این تولید یا در داخل مصرف شده یا اینکه صادر می‌شود. نسبت تقاضای نهایی داخلی به تولید هر بخش معیاری برای کربن ناشی از واردات واسطه‌ای در تأمین مصرف داخلی در نظر گرفته می‌شود. سپس با پیش ضرب این ماتریس در ماتریس قطری نسبت تقاضای نهایی داخلی به تولید، مقدار کربن منتشر شده خارجی در فرایند کالاها و خدماتی به دست می‌آید که در داخل مصرف شده است. در رابطه (۹)، نشان می‌دهد که به ازای ارزش یک

واحد تولید داخلی سهم مصرف داخلی چقدر است. نسبت مذکور از تفاضل بین نسبت صادرات به تولید و واحد یعنی $\frac{DF_i}{X_i} = 1 - \frac{EX_i}{X_i}$ به دست می‌آید.

$$[m_i^d] = \left\{ \begin{bmatrix} m_1^1 & \dots & m_3^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_1^3 & \dots & m_3^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{DF_1}{X_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{DF_3}{X_3} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} m_1^d \\ \vdots \\ m_3^d \end{bmatrix}$$

m_i^d نشان می‌دهد که چه میزان کربن منتشر شده مستقیم و غیرمستقیم در واردات واسطه‌ای در جهت تأمین مصرف داخلی مورد نیاز است.

رقابتی و واردات غیررقابتی تقسیم می‌شود که در سنجش رد پای اکولوژیک کربن در واردات، فرض واردات رقابتی بودن مبنای اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. فقط در چارچوب این فرض، کربن منتشر شده در واردات 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 امکان پذیر است. تحت این شرایط کربن منتشر شده در هر گروه از واردات قابل سنجش بوده و بدین ترتیب مفهوم رد پای اکولوژیک کربن را برجسته‌تر می‌کند.

به عبارت دیگر، در ماتریس با تفکیک واردات به واردات واسطه‌ای و سایر واردات، سنجش مقدار کربن منتشر شده مستقیم و غیرمستقیم ناشی از تولید این کالاها و خدمات به آسانی امکان پذیر نیست. سنجش رد پای اکولوژیک کربن درخصوص واردات بر دو نوع است. نوع اول مقدار کربن منتشر یافته‌ای است که در تولید کالاها و خدمات سایر کشورها به کار رفته و به عنوان واردات مصرفی در داخل کشور توسط جمعیت آن کشور مصرف می‌شود. نوع دوم مقدار کربن منتشر شده در تولید کالاها و خدمات واردات است که به صورت واسطه‌ای در فرایند تولید بخش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

با پیش ضرب ماتریس ضرایب فزاینده کربن در ماتریس قطری واردات مصرفی، کربن منتشر شده مستقیم و غیرمستقیم در تولید این نوع کالاها و خدمات به صورت زیر به دست می‌آید:

$$[M_i^f] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1^* & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & m_3^* \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} m_1^f \\ \vdots \\ m_3^f \end{bmatrix} \quad (7)$$

m_i^f در رابطه (۷)، مقدار کربن منتشر شده مستقیم و غیرمستقیم در تولید واردات مصرفی بخش اُم را نشان می‌دهد که در تأمین مصرف داخلی استفاده می‌گردد.

علاوه بر کربن منتشر شده در تولید واردات مصرفی، هر بخش اقتصادی در فرایند تولید خود نه فقط از نهاده‌های واسطه‌ای داخلی، بلکه از واردات واسطه‌ای نیز استفاده می‌کند، تولید واردات واسطه‌ای نیز موجب انتشار کربن می‌شود که بایستی منظور گردد. ماتریس مبادلات واردات واسطه‌ای بین

کرم ابریشم تفکیک شده است و جنگلداری و ماهیگیری به همان صورت قبل در جای خود باقی مانده است. بنابراین زیربخش های کشاورزی از ۴ زیربخش به ۱۲ زیربخش تفکیک شده اند.

تفکیک هایی نیز در زیربخش های انرژی گاز طبیعی، زغال سنگ، بنزین، نفت سفید، گازوئیل، نفت سیاه و کوره، گاز مایع و سایر سوخت های طبقه بندی نشده صورت گرفت. نفت خام و گاز طبیعی یک جا جمع شده بود که این دو باید از هم تفکیک می شدند. زغال سنگ نیز در دل زیربخش سایر معادن وجود داشت که این دو نیز از هم تفکیک شد. سرانجام فرآورده های نفتی به صورت یک جا و جمع شده در ماتریس مذکور اعمال شده بود که به ۶ زیربخش بنزین، نفت سفید، گازوئیل، نفت سیاه و کوره، گاز مایع و سایر سوخت های طبقه بندی نشده تفکیک گردید.

برای عملیات تفکیک سازی، از جداول ساخت و جذب ۱۴۷ محصولی سال ۱۳۸۰ مرکز آمار ایران استفاده شده است. با توجه به اینکه برای تهیه ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ مرکز پژوهش های مجلس نیز با یک سری مفروضات از این جداول استفاده کرده است، نگارنده نیز با همان مفروضات (مرکز پژوهش های مجلس، ۱۳۹۴) از جداول مذکور برای تفکیک زیربخش هایی که گفته شد استفاده کرده است.

از اینرو باید در ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ جمع سطر و ستون هر کدام از بخش های کلی موجود با جمع سطر و ستون زیربخش هایی که تفکیک شده اند همخوانی داشته باشد و با فرض ثابت بودن ضرایب فنی، بخش های کلی به زیربخش های مربوطه تفکیک شده است. از اینرو هیچ تفاوتی در جمع عرضه و تقاضای کل بخش های اقتصادی ماتریس اولیه و ماتریس تفکیک شده نباید وجود داشته باشد و تنها بخش های اقتصادی از ۷۱ بخش به ۸۶ بخش تفکیک شده باشد تا با به کارگیری این ماتریس به سوالات تحقیق پاسخ داده شود. زیربخش های اقتصادی در ماتریس حسابداری اجتماعی از ۷۱ بخش^۱ به ۸۶ بخش تبدیل شده است.

در ادامه برای تفکیک واردات واسطه و نهایی، همان طور که قبلاً گفته شد ماتریس حسابداری اجتماعی متعارف سال ۱۳۹۰ مرکز پژوهش های مجلس به دلایل متعددی نمی تواند مبنای سنجش رد پای کربن بخش های مختلف اقتصاد قرار گیرد. یکی از علل مهم این است، که جدول مذکور یک

حال اگر مقدار کربن منتشر شده داخلی را با کربن منتشر شده وارداتی جمع کنیم، حاصل آن رد پای اکولوژیک کل کربن در سطح بخش ها به صورت زیر به دست می آید:

(۱۰)

$$[TEF] = \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_3 \end{bmatrix} + \left\{ \begin{bmatrix} m_1^f \\ \vdots \\ m_3^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m_1^d \\ \vdots \\ m_3^d \end{bmatrix} \right\} = \begin{bmatrix} TEF_1 \\ \vdots \\ TEF_3 \end{bmatrix}$$

رابطه فوق TEF_i رد پای اکولوژیک کل کربن در بخش i ام را نشان می دهد.

۳-۷- پایه های آماری

مبنای پایه های آماری مورد استفاده ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ تدوین شده از سوی مرکز پژوهش های مجلس در سال ۱۳۹۴ است که عملیاتی روی آن انجام شده است. بعد از الگوسازی این ماتریس باید انتشار کربن در سطح بخش های اقتصادی و دهک های خانوارهای شهری و روستایی محاسبه می شد که در ادامه به صورت اختصار این دو مورد توضیح داده می شود.

۳-۷-۱- تفکیک بخش های اقتصادی و تفکیک واردات توسط محقق

جهت پاسخگویی به سوالات تحقیق دو عملیات باید روی ماتریس سال ۱۳۹۰ انجام می گرفت. ابتدا بخش کشاورزی از ۴ زیربخش به ۱۲ زیربخش تفکیک شد و از آنجا که برای محاسبه رد پای کربن نیاز به تفکیک حامل های انرژی است باید این بخش ها نیز تفکیک می شدند. دوم اینکه برای محاسبه تراز تجاری کربن باید واردات واسطه ای و نهایی از همدیگر تفکیک می شدند که نتیجه آن تفکیک ماتریس حسابداری اجتماعی داخلی و وارداتی برای سال ۱۳۹۰ است. در ادامه این دو عملیات توضیح داده می شود.

در ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ کشاورزی شامل ۴ بخش است که خصوصاً زراعت و باغداری باید بیشتر تفکیک شوند از اینرو زیربخش زراعت و باغداری به ۶ زیربخش گندم، شلتوک و برنج، چغندر قند و نیشکر، سایر نباتات صنعتی، سایر محصولات حاصل از زراعت و محصولات باغداری تفکیک شده اند. زیربخش دامداری و مرغداری نیز به ۴ زیربخش گاو و گاو میش، گوسفند، بز و سایر حیوانات زنده به جز ماکیان، مرغ، جوجه و سایر ماکیان زنده، محصولات دامی و طیور و عسل، پيله تر، تخم نوغان و سایر تولیدات زنبور عسل و

۱. برای اطلاع از نام بخش های اقتصادی به مرکز پژوهش های مجلس، پایه های آماری ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ مراجعه شود.

۳-۷-۲- 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 کدام از این سوخت‌ها به دست آورد. با به دست آوردن این نسبت و ضرب در کل مصرف هر کدام از این سوخت‌ها و مقدار کل آلاینده کربن هر کدام از آنها می‌توان مقدار آلاینده مستقیم کربن در هر کدام از بخش‌های اقتصادی و دهک‌های خانوارها را 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.^۱ ارقام مذکور داده‌های اولیه برای محاسبه رد پای کربن در قسمت بعد به شمار می‌رود.

۴- تحلیل یافته‌ها

با توجه به پایه‌های آماری و تشریح مدل در قسمت‌های قبلی می‌توان یافته‌های سنجش رد پای کربن، متان و اکسید نیتروژن زیربخش‌های کشاورزی را به ترتیب زیر سازماندهی نمود. ابتدا رد پای کربن مصرف داخلی زیربخش‌های کشاورزی تشریح، سپس رد پای کربن وارداتی و در نهایت با جمع این دو رد پای کربن زیربخش‌های کشاورزی تحلیل می‌شود.

رد پای کربن، متان و اکسید نیتروژن به صورت جداگانه در جداول ۳ تا ۵ نشان داده شده است. بخش کشاورزی به ۱۲ زیربخش تفکیک شده اما بخش صنعت و معدن و بخش خدمات هر کدام به صورت جداگانه در نظر گرفته شده‌اند. از مجموع رد پای این سه بخش، کل رد پای بخش‌های اقتصادی حاصل می‌شود. کل رد پا هر بخش از مجموع رد پای داخلی و وارداتی تشکیل شده است. ستون دوم جداول مذکور رد پای

ماتریس حسابداری اجتماعی متعارف و حاوی واردات به صورت سر جمع واردات واسطه و نهایی است. این نوع پایه آماری با آمار و اطلاعات مقدار کربن در بخش‌های مختلف اقتصادی که ماهیتی داخلی دارند، ناسازگار است. بنابراین به منظور سازگاری و هماهنگی رویکرد ما در این مقاله لازم است، جدول متعارف از حالت یک ماتریس حسابداری اجتماعی به یک ماتریس حسابداری اجتماعی داخلی و یک ماتریس حسابداری واردات تبدیل گردد. بدین منظور تفکیک بردار واردات به انواع واردات واسطه‌ای و نهایی (مصرفی و سرمایه‌ای) می‌تواند مبنای محاسبه جدول داخلی قرار گیرد. تفکیک واردات نیاز به طی کردن گام‌های زیر دارد:

اولین مرحله محاسبه نسبت عرضه داخلی بخش‌ها یا ضریب خودکفایی هر بخش است. ضریب خودکفایی منشأ داخلی دارد و ضرب آن در هر متغیری ماهیت داخلی آن متغیر را به دست می‌دهد. در مرحله بعد باید ماتریس مبادلات واسطه‌ای داخلی بین بخشی محاسبه گردد، این ماتریس نشان دهنده مبادلات بین بخشی بدون واردات می‌باشد. به وسیله کسر این ماتریس از ماتریس مبادلات واسطه‌ای بین بخشی در مرحله بعد ما می‌توانیم ماتریس مبادلات واردات واسطه‌ای که خود مبنای محاسبه رد پای کربن وارداتی از بخش‌های خارجی است را محاسبه نماییم. جمع ستونی این ماتریس مذکور بیانگر میزان واردات واسطه‌ای بخش Z ام برای تولید خود از کالاها و خدمات واسطه‌ای خود و سایر بخش‌ها است و جمع سطری آن بیانگر این است که بخش I ام چه میزان از تقاضای وارداتی واسطه‌ای خود و سایر بخش‌ها را تأمین می‌کند. بخشی Z ام ماهیت بومی دارد و بخش I ام هم ماهیت بومی و هم غیربومی دارد. در مرحله بعد می‌توان بردار تقاضای نهایی داخلی بدون واردات را محاسبه نمود. این بردار از پیش ضرب نمودن ماتریس قطری ضرایب خودکفایی در بردار تقاضای نهایی داخلی به دست می‌آید. در مرحله پایانی به وسیله بردار تقاضای داخلی بدون واردات و کسر آن از بردار اولیه تقاضای داخلی، تقاضای واردات کالاها و خدمات نهایی قابل محاسبه است. پس از طی کردن این مراحل در نهایت توانستیم ماتریس حسابداری اجتماعی داخلی که مبنای محاسبه شاخص رد پای کربن قرار گیرد را با جزئیات لازم استخراج نماییم.

۱. برای اطلاع از چگونگی محاسبه انتشار کربن مستقیم بخش‌های تولیدی و خانوارها ناشی از مصرف انرژی به رساله دکتری اندایش (۱۳۹۴) دانشگاه تبریز مراجعه فرمایید.

دیگر مربوط به خدمات است. زیربخش محصولات باغداری و سایر محصولات زراعی بیشترین رد پای وارداتی کربن را دارند.

جدول ۳. رد پای کربن زیربخش‌های کشاورزی در مقایسه با سایر بخش‌ها سال ۱۳۹۰ (میلیون تن)

بخش	رد پای کربن داخلی	رد پای کربن وارداتی	کل رد پای کربن	سهم در رد پای کربن (درصد)
گندم	۹	۲	۱۱	۱/۷
شلتوک و برنج	۲	۱	۳	-۰/۴
چغندر قند و نیشکر	۱	۰	۱	-۰/۲
سایر نباتات صنعتی	۸	۱	۹	۱/۴
سایر محصولات حاصل از زراعت	۴	۲	۷	۱
محصولات باغداری	۱	۴	۵	-۰/۷
گاو و گاو میش، گوسفند، بز	۱۰	۰	۱۰	۱/۶
مرغ، جوجه و سایر ماکیان زنده	۸	۰	۸	۱/۲
محصولات دامی و طیور	۷	۰	۷	۱
عسل و کرم ابریشم	۴	۰	۴	-۰/۷
جنگلداری	۱	۰	۱	-۰/۱
ماهگیری	۱	۰	۱	-۰/۱
کل بخش کشاورزی	۵۵	۱۱	۶۶	۱۰/۲
کل بخش صنعت و معدن	۲۵۹	۱۲۱	۳۸۰	۵۸/۹
کل بخش خدمات	۱۴۳	۵۶	۱۹۹	۳۰/۹
کل بخش‌ها	۴۵۷	۱۸۸	۶۴۶	۱۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

کل رد پای وارداتی متان ۱۳ هزار تن است که کمتر از ۱ هزار تن مربوط به کشاورزی، ۹ هزار تن صنعت و ۳ هزار تن مربوط به خدمات است. همان دو زیربخش کشاورزی بیشترین رد پای وارداتی در بین سایر زیربخش‌های کشاورزی را دارند. کل رد پای وارداتی اکسید نیتروژن ۲/۸ هزار تن است که ۴۰۰ تن آن مربوط به کشاورزی، ۱/۸ هزار تن صنعت و کمتر از ۶۰۰ تن آن مربوط به خدمات است. زیربخش باغداری و سایر محصولات زراعی در بین زیربخش‌های کشاورزی بیشترین رد

داخلی، ستون سوم رد پای وارداتی، ستون چهارم کل رد پا و ستون آخر سهم هر کدام از بخش‌ها در کل رد پا را نشان می‌دهد که هر کدام در قسمت جداگانه مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

۴-۱- رد پای ناشی از مصرف داخلی زیربخش‌های کشاورزی

این نوع رد پا ناشی از مصرف کالاها و خدمات داخلی توسط بخش‌های اقتصادی است که به واسطه مصرف انرژی‌های مختلف به صورت مستقیم و غیرمستقیم حاصل می‌شود. کل رد پای کربن داخلی بخش‌های اقتصادی ۴۵۷ میلیون تن است که ۵۵ میلیون تن آن مربوط به بخش کشاورزی، ۲۵۹ میلیون تن صنعت و معدن و ۱۴۳ میلیون تن مربوط به بخش خدمات است. در بخش کشاورزی بیشترین سهم مربوط به پرورش گاو و گاو میش و گوسفند و بز، گندم، مرغ و جوجه و سایر نباتات صنعتی است.

کل رد پای متان داخلی بخش‌های اقتصادی ۳۸ هزار تن است که ۴/۵ هزار تن آن مربوط به بخش کشاورزی، ۱۹ هزار تن صنعت و معدن و ۱۴/۵ هزار تن دیگر مربوط به خدمات است. همان ۴ زیربخش کشاورزی نیز رد پای متان بیشتری نسبت به سایر زیربخش‌ها دارند.

کل رد پای داخلی اکسید نیتروژن بخش‌های اقتصادی ۹ هزار تن است که ۱/۶ هزار تن آن مربوط به کشاورزی، ۳/۶ هزار تن صنعت و معدن و ۳/۸ هزار تن مربوط به خدمات است. در بین زیربخش‌های کشاورزی گندم، سایر نباتات صنعتی، پرورش دام و پرورش مرغ و جوجه به ترتیب بیشترین رد پای داخلی اکسید نیتروژن را دارند.

۴-۲- رد پای ناشی از مصرف کالاها و خدمات وارداتی

رد پای وارداتی مربوط به کالاها و خدمات وارداتی بخش‌های اقتصادی می‌شود بدین معنی که اگر این کالاها در داخل تولید می‌شد مقداری گاز آلاینده وارد محیط می‌شد که با واردات از آن صرف‌نظر شده است و نوعی انتشار ضمنی را نشان می‌دهد. مهمترین فرض در این مورد فرض رقابتی بودن یا یکسان بودن تکنولوژی داخلی و خارجی است. بر این اساس رد پای کربن وارداتی ۱۸۸ میلیون تن است که ۱۱ میلیون تن آن مربوط به کشاورزی، ۱۲۱ میلیون تن صنعت و ۵۶ میلیون تن

پای وارداتی اکسید نیتروژن را دارند.

جدول ۴. رد پای متان زیربخش‌های کشاورزی در مقایسه با سایر بخش‌ها سال ۱۳۹۰ (تن)

بخش	رد پای متان داخلی	رد پای متان وارداتی	کل رد پای متان	سهم در رد پای متان (درصد)
گندم	۶۸۶	۱۴۲	۸۲۸	۱/۶
شلتوک و برنج	۱۵۶	۵۵	۲۱۱	۰/۴
چغندر قند و نیشکر	۹۸	۱۳	۱۱۱	۰/۲
سایر نباتات صنعتی	۶۰۴	۹۷	۷۰۲	۱/۴
سایر محصولات حاصل از زراعت	۳۳۴	۱۷۳	۵۰۷	۱
محصولات باغداری	۴۱	۳۰۴	۳۴۴	۰/۷
گاو و گاو میش، گوسفند، بز	۸۷۰	۱۴	۸۸۴	۱/۷
مرغ، جوجه و سایر ماکیان زنده	۶۶۸	۷	۶۷۶	۱/۳
محصولات دامی و طیور	۵۶۶	۱۱	۵۷۷	۱۰/۱
عسل و کرم ابریشم	۳۶۹	۴	۳۷۴	۰/۷
جنگلداری	۷۲	۱۲	۸۴	۰/۲
ماهگیری	۸۳	۵	۸۸	۰/۲
کل بخش کشاورزی	۴۵۴۸	۸۳۷	۵۳۸۵	۱۰/۵
کل بخش صنعت و معدن	۱۹۲۵۴	۹۲۱۱	۲۸۴۶۵	۵۵/۴
کل بخش خدمات	۱۴۳۳۴	۳۲۴۲	۱۷۵۶۶	۳۴/۲
کل بخش‌ها	۳۸۱۲۶	۱۳۲۹۰	۵۱۴۱۶	۱۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۴-۳- کل رد پای زیربخش‌های کشاورزی

کل رد پای کربن بخش‌های اقتصادی ۶۴۶ میلیون تن است که بخش کشاورزی فقط ۱۰/۲ درصد، صنعت ۵۸/۹ درصد و خدمات ۳۰/۹ درصد از آن را به خود اختصاص داده است. در بین زیربخش‌های کشاورزی گندم، پرورش دام، سایر نباتات صنعتی و پرورش مرغ و جوجه بیشترین رد پای کربن را دارند.

کل رد پای متان بخش‌های اقتصادی ۵۱/۵ هزار تن است که ۱۰/۵ درصد آن مربوط به کشاورزی، ۵۵/۴ درصد صنعت و ۳۴/۲ درصد مربوط به خدمات است. پرورش دام و گندم در بین زیربخش‌های کشاورزی بیشترین رد پای متان را دارند.

کل رد پای اکسید نیتروژن ۱۱/۸ هزار تن است که کشاورزی ۱۷ درصد، صنعت ۴۶ درصد و خدمات ۳۷ درصد از آن را به خود اختصاص داده‌اند. در بین زیربخش‌های کشاورزی گندم و سایر نباتات صنعتی بیشترین رد پای اکسید نیتروژن را دارند.

جدول ۵. رد پای اکسید نیتروژن زیربخش‌های کشاورزی در مقایسه با سایر بخش‌ها سال ۱۳۹۰ (تن)

بخش	رد پای اکسید نیتروژن داخلی	رد پای اکسید نیتروژن وارداتی	کل رد پای اکسید نیتروژن	سهم در رد پای اکسید نیتروژن (درصد)
گندم	۳۱۷	۶۵	۳۸۲	۳/۲
شلتوک و برنج	۷۲	۲۵	۹۷	۰/۸
چغندر قند و نیشکر	۴۵	۶	۵۱	۰/۴
سایر نباتات صنعتی	۲۷۹	۴۵	۳۲۴	۲/۷
سایر محصولات حاصل از زراعت	۱۵۴	۸۰	۲۳۴	۲
محصولات باغداری	۱۹	۱۴۰	۱۵۹	۱/۳
گاو و گاو میش، گوسفند، بز	۲۴۶	۴	۲۵۰	۲/۱
مرغ، جوجه و سایر ماکیان زنده	۱۸۹	۲	۱۹۱	۱/۶
محصولات دامی و طیور	۱۶۰	۳	۱۶۳	۱/۴
عسل و کرم ابریشم	۱۰۴	۱	۱۰۶	۰/۹
جنگلداری	۱۵	۲	۱۷	۰/۱
ماهگیری	۳۳	۲	۳۵	۰/۳
کل بخش کشاورزی	۱۶۳۲	۳۷۷	۲۰۰۹	۱۷
کل بخش صنعت و معدن	۳۶۲۸	۱۸۲۱	۵۴۴۹	۴۶
کل بخش خدمات	۳۸۰۷	۵۸۲	۴۳۸۹	۳۷
کل بخش‌ها	۹۰۶۷	۲۷۷۹	۱۱۸۴۶	۱۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۵- بحث و نتیجه گیری

اگر چه انتشار کربن معمولاً درصد عمده ای از گازها را تشکیل می دهد گفته می شود که گاز متان حدوداً ۲۵ برابر کربن می تواند زمین را گرم کند. سهم بخش کشاورزی از رد پای اکسید نیتروژن بیشتر از این سهم در رد پای متان و کربن است. در سه رد پای زیربخش های گندم، پرورش دام و طیور و سایر نباتات صنعتی و زراعی بیشترین سهم را دارند.

دلیل عمده رد پای کربن زیربخش های کشاورزی استفاده ۸۰ درصدی از گازوئیل است. استفاده از این انرژی برای زیربخش گندم به ۹۲ درصد می رسد. برای پرورش دام و طیور نفت سفید با سهم ۴۹ درصدی و گاز طبیعی با سهم ۳۴/۵ درصدی دلیل عمده رد پای کربن هستند.

در حالی که ۵۰ درصد رد پای متان بخش کشاورزی مربوط به مصرف گازوئیل و ۳۹ درصد مربوط به مصرف بنزین است، این مورد برای گندم ۷۲ درصد مربوط به مصرف گازوئیل و ۲۳ درصد مربوط به مصرف بنزین است. در حالی که ۶۳ درصد رد پای متان پرورش دام و طیور مربوط به بنزین و ۱۹ درصد مربوط به مصرف گاز طبیعی است.

۹۴ درصد رد پای اکسید نیتروژن بخش کشاورزی به دلیل مصرف گازوئیل است. در حالی که ۹۸ درصد رد پای اکسید نیتروژن گندم مربوط به مصرف گازوئیل است. اما ۵۹ درصد رد پای پرورش دام و طیور ناشی از مصرف بنزین و ۳۳ درصد مربوط به مصرف نفت سفید است. بنابراین عمده ترین انرژی هایی که در بخش کشاورزی

موجب رد پای گازهای گلخانه ای می گردند عبارتند از گازوئیل، نفت سفید، بنزین و گاز طبیعی.

۶- ارائه پیشنهادات سیاستی

با توجه به یافته های تحقیق می توان چند توصیه سیاستی را برای سیاست گذاران جهت برنامه ریزی در سطح کشور پیشنهاد نمود:

- توجه جدی سیاست گذاران به در نظر گرفتن رد پاهای کربن، در مزیت های نسبی و رقابتی و امتناع از بی اهمیت دانستن آنها در تجارت خارجی.
- اتخاذ تراز تجاری منفی کوتاه مدت برای بخش هایی مثل گندم و مرغ که رد پای کربن بالایی دارند جهت کاهش آلاینده در کشور.
- برنامه ریزی میان مدت و بلندمدت برای کاهش انتشار مستقیم و غیرمستقیم کربن بخش های گندم، پرورش مرغ و نباتات صنعتی طوری که مصرف انرژی این بخش ها به سطح استانداردهای بین المللی کاهش یابد. این مهم می تواند با استفاده از ارائه تسهیلات تکنولوژیکی، تشویق به مشارکت تولیدکنندگان در به کارگیری آنها و پاره ای مواقع اجبار از طریق تصویب و اجرای قانون صورت گیرد.
- برنامه ریزی های دقیق منطقه ای جهت کاشت محصولات برای توزیع آلاینده ها بر اساس معیارهای منطقی و صحیح.
- جایگزینی انرژی های کمتر آلاینده در تولید محصولات کشاورزی.

منابع

مرکز پژوهش های مجلس. ب (۱۳۹۴). "گزارش پایه های آماری ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰". مرکز پژوهش های مجلس، دفتر مطالعات اقتصادی. وزارت نیرو (۱۳۹۰)، "ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰"، وزارت نیرو.

مرکز پژوهش های مجلس الف (۱۳۹۴). "بهنگام سازی جدول داده-ستانده و ماتریس حسابداری اجتماعی و طراحی الگوی CGE و کاربردهای آنها در سیاست گذاری اقتصادی-اجتماعی". دفتر مطالعات اقتصادی، شماره مسلسل ۱۲۴۵۳.

Abd'Razack, T. A., Nelson, G. C., Nazri Bin, A., Ludin, M. & Umaru, E. T. (2013). "Ecological Footprint, Lifestyle and Consumption Pattern in Nigeria". *American-Eurasian Journal. Agric. & Environ. Sciences*, 13(4), 425-432.

British. Petroleum (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

Banouei, A. A., Banouei, J., Zakeri, Z. & Momeni, M. (2015). "Using Input-output Model To Measure National Water Footprint In Iran". *Business Perspectives*, 14(2), 75-87.

- Bicknell, K. B., Ball, R. J., Cullen, R. & Bigsby, H. R. (1998). "New Methodology for the Ecological Footprint with an Application to the New Zealand Economy". *Ecological Economics*, 27, 149-160.
- Brundtland Report. (1987). "Report on the World Commission on Environment and Development". *United Nations General Assembly Resolution*, 42/187. 11.
- Bullard, C. W., Penner, P. S. & Pilati, D. A. (1978). "Net Energy Analysis: Handbook For Combining Process and Input-Output Analysis". *Resources and Energy* 1(3), 267-313.
- Carbon Trust (2007). "Carbon Footprint Measurement Methodology, Version 1.1". 27 February 2007, The Carbon Trust, London, 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*, 21(2), 35-36.
- Energetics Annual Meeting (2007), "Environment & Lifecycle Issues Related to Energetic Materials". *American Institute of Chemical Engineers*, mars 2007, USA.
- ETAP (2007). "The Carbon Trust Helps UK Businesses Reduce their Environmental Impact". Release Press, UK,
- Ferng, J. (2001). "Using Composition of Land Multiplier to Estimate Ecological Footprints Associated with Production Activity". *Ecological Economics*, 37, 159-172.
- Foran, B., Lenzen, M. & 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 & 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*, 445(7125), 256-288.
- Haven, J. (2007). "A Definition of 'Carbon Footprint'". *Environment Business*, 129, 27-48.
- Heijungs, R. & 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*, 17, 1241-1248.
- Iribarren, D. & Dufour, J. (2014). "Carbon Footprint as a Single Indicator in Energy Systems: The Case of Biofuels and CO2 Capture Technologies". *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 2, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, 81-104.
- Jacobsen, R., Vandermeulen, V., Vanhuylbroeck, G. & Gellynck, X. (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, 31-52, Springer.
- Lenzen, M. & Murray, S. A. (2001). "A Modified Ecological Footprint Method And Its Application to Australia". *Ecological Economics*, 37, 229-255.
- Lenzen, M. & Murray, S. A. (2003). "The Ecological Footprint-Issues and Trends". ISA Research Paper 01-03. The University of Sydney.
- Lenzen, M. (2001). "Errors in Conventional and Input- Output-based Life-Cycle Inventories". *Journal of Industrial*

- Ecology*, 4(4), 127-148.
- Mattila, T., Judl, J. & Seppälä, J. (2014). "Carbon Footprint of Mobile Devices: Open Questions in Carbon Footprinting of Emerging Mobile ICT Technologies, Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors". *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 1, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, 151-166.
- Nakamura, Sh. & Kondo, Y. (2009). "Waste Input-Output Analysis, Eco-Efficiency in Industry and Science". *Springer Netherlands Series, ISSN 1389-6970*
- Pandey, D. & Agrawal, M. (2014). "Carbon Footprint Estimation in the Agriculture Sector", *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, 1, 25-48.
- Patel, J. (2006). "Green Sky Thinking". *Environment Business*, 122, 32-49.
- Patz Jonathan A., Diarmid C. L., Tracey H. & Foley J. A. (2005). "Impact of Regional Climate Change on Human Health". *Nature*, Vol 438|17 November 2005|doi:10.1038/nature04188.
- POST (2006). "Carbon Footprint of Electricity Generation". POSTnote 268, October 2006, Parliamentary Office of Science and Technology, London, UK.
- Quinteiro, P., Almeida M., Cláudia Dias A., Araújo A. & Arroja, L. (2014). "The Carbon Footprint of Ceramic Products". *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, 1, 113-150.
- Röös, E., C. Sundberg & P. A. Hansson, (2014). "Carbon Footprint of Food Products". *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 1, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, 85-112.
- Santa Barbra, (2011). "County Air Pollution Control District". Status of Santa Barbara, County Air Quality and Air Pollution Control District (APCD), 2011.
- Sanyé-Mengual, E., R. G. Lozano, R. Farreny, J. Oliver-Solà, C.M. Gasol & 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, 1-24.
- Sanyé-Mengual, E., R.G. Lozano, J. Oliver-Solà, C.M. Gasol & 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, 221-246.
- SEI, WWF & 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>.
- Solis-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, 49-84.
- Suh, S., Lenzen, M., Treloar, G.J., Hondo, H., Horvath, A., Huppes, G., Joliet, O., Klann, U., Krewitt, W., Moriguchi, Y., Munksgaard, J. & Norris, G. (2004). "System Boundary Selection in Life-Cycle Inventories Using Hybrid Approaches". *Environmental Science & Technology* 38(3), 657-664.
- Teng, J. & Wu, X. (2014). "Eco-Footprint-Based Life-Cycle Eco-Efficiency Assessment of Building Projects". *Ecological Indicators*, 39, 160-168.
- Varun S & Chauhan M K, (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, 53-80.
- Vázquez-Rowe, I., P. Villanueva-Rey, M. T. Moreira & Feijoo, G. (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, 1-30.
- Wackernagel M. & 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 Fa Case Study in China". *Procedia Environmental Sciences*, 13, 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.
- Wiedmann, T., J. Minx, J. Barrett, M. Wackernage, (2005). "Allocating Ecological Footprints to Final Consumption Categories with Input-Output Analysis". *Ecological Economics*, 56, 28- 48.
- Zhao, R., X. Chuai, X. Huang, L. Lai and J. Peng, (2014). "Carbon Emission and Carbon Footprint of Different Industrial Spaces in Different Regions of China". *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Vol. 1, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, 191-220