

سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران با استفاده از رویکرد جدول داده-ستانده

دکتر علی اصغر بانویی^۱، دکتر فرشاد مؤمنی^۲، سیمین عزیزمحمدی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۱۱

چکیده

در این پژوهش، به منظور بررسی وضعیت توسعه پایدار ایران، یک شاخص بیوفیزیکی برای ارزیابی واقعی سرمایه طبیعی (مانند زمین) به نام ردپای بوم‌شناختی زمین معرفی می‌کنیم. در مقایسه این شاخص با ظرفیت زیستی مشخص می‌شود که آیا ایران کسری بوم‌شناختی دارد و کاربری زمین به عنوان یک سرمایه طبیعی، پایدار است یا خیر. این شاخص برای سنجش پایداری، مجموع زمین حاصلخیز و آب لازم برای تولید مستمر منابع مصرفی انسان و جذب تمام ضایعات حاصل از آن در جامعه‌ای مشخص در هر مقیاس جهانی برحسب مساحت آن را برآورد می‌کند. برای محاسبه ردپای بوم‌شناختی، دو روش در ارتباط با مصرف نهایی جامعه انسانی تعریف شده وجود دارد. روش نخست در سطح کلان بوده که در تبیین ردپای بوم‌شناختی در سطح بخشی

۱. استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول)؛ banouei7@yahoo.com

۲. دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی؛ farshad.momeni@gmail.com

۳. کارشناسی ارشد اقتصاد محیط زیست دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی؛

s.azizmohamadi@gmail.com

ناتوان است. برای رفع این نارسایی از الگوی داده-ستانده در سنجش این شاخص استفاده می‌شود که در این پژوهش نیز از این روش استفاده کرده‌ایم. پایه آماری استفاده شده بر اساس داده سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ است و تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد، ردپای بوم‌شناختی ایران در سال ۱۳۸۵ نسبت به سال ۱۳۸۰ کاهش یافته و کشور در هر دو سال مورد بررسی، کسری بوم‌شناختی دارد.

واژگان کلیدی: ردپای بوم‌شناختی، ظرفیت زیستی، ردپای بوم شناختی سرانه، جدول داده-ستانده متعارف و جدول داده-ستانده داخلی.

طبقه‌بندی JEL: R14

۱. مقدمه

رشد و توسعه اقتصادی سریع مستلزم به‌کارگیری سرمایه انسانی، فیزیکی و منابع طبیعی بیشتر برای افزایش تولید و درآمد سرانه بوده که این امر با رشد جمعیت در نیم قرن اخیر شدت یافته است. هر چند پیشرفت تکنولوژی در کنار ارتقای برنامه آموزشی و بهداشتی توانسته بشر را در تأمین سرمایه‌های انسانی و فیزیکی مورد نیاز یاری کند، اما اهمیت نقش سرمایه طبیعی در فرایند تولید و تأمین نیازهای اساسی زندگی انسان‌ها نشان می‌دهد که سعادت جامعه بشری هنوز وابسته به سرمایه‌های طبیعی مانند زمین و آب است.

با گذر زمان، وابستگی انسان به خدمات سرمایه طبیعی مانند تولید منابع و جذب پسماندها بیشتر شده، به طوری که پس از دهه ۱۹۸۰، ظرفیت کره زمین برای بازتولید منابع طبیعی دیگر پاسخگویی این وابستگی نبود و اعمال سیاست توسعه‌طلبانه کشورها به قیمت تخریب بیشتر منابع و انباشت ضایعات و پسماندها روی کره زمین شد (آل یاسین، ۱۳۸۶). این تخریب منابع و انباشت زباله در حالی بود که توانایی کره زمین برای بازتولید و جذب آنها روز به روز کاهش یافته و به دنبال آن، حقوق نسل‌های آتی نسبت به بهره‌مندی از این توانایی کره زمین برای تولید منابع طبیعی مورد نیاز برای فعالیت اقتصادی در آینده نیز نادیده گرفته می‌شد. بنابراین، صاحب‌نظران اقتصادی و محیط‌زیست به طور گسترده به این اتفاق نظر رسیدند که رشد و توسعه اقتصادی دیگر

نمی‌تواند بدون احتساب آلودگی، ضایعات و خطراتی که فعالیت اقتصادی، چگونگی تولید و مصرف بر محیط‌زیست و در نهایت به خود انسان وارد می‌آورد، تداوم یابد. نگرانی و تلاش متخصصان و صاحب‌نظران عرصه اقتصاد محیط‌زیست برای حل این مسأله، به ظهور نخستین تحول در بینش و نگرش درباره الگوهای سنتی رشد اقتصادی در اواخر دهه ۱۹۶۰ منجر شد. سپس، در سال ۱۹۷۱ در کشور سوئیس، هیأتی متشکل از کارشناسان حوزه توسعه و محیط‌زیست، مسأله حمایت و بهبود محیط‌زیست را به عنوان نیازهای ضروری کشورهای در حال توسعه مطرح کرد و یک سال بعد در استکهلم سوئد، حل و فصل مسائلی مانند گسترش جمعیت، فقر، بی‌سوادی، سوتغذیه و گرسنگی، نبود بهداشت و تخریب محیط‌زیست به عنوان پیش شرط ارتقای توسعه و بهبود وضع محیط‌زیست انسان بیان شد.

نتیجه این تلاش‌ها به تعریف جدیدی از توسعه با عنوان توسعه پایدار توسط کمیسیون برانتلند در سال ۱۹۸۷ منجر شد که عبارت از تأمین نیازهای نسل کنونی بدون به مخاطره انداختن ظرفیت نسل آتی در برآورد نیازهایشان است (گزارش کمیسیون برانتلند، ۱۹۸۷). به دنبال انتشار نتایج فعالیت‌های این کمیسیون، کنفرانسی در سال ۱۹۹۲ در ریودوژانیرو برزیل توسط مجمع عمومی سازمان ملل با عنوان اجلاس زمین برگزار شد، در این کنفرانس، دستور کار ۲۱ تصویب شد که کشورها متعهد می‌شدند، سیاست‌های توسعه را با رویکرد زیست‌محیطی اعمال کنند (کنفرانس محیط‌زیست و توسعه سازمان ملل، ۱۹۹۲).

گرچه ظهور اندیشه توسعه پایدار توانست مفهوم «توسعه» را متحول کند، اما خود با کاستی‌هایی همراه بود. یکی از این کاستی‌ها، مفهوم بیش از حد کلی توسعه است که سنجش همه جانبه آن در ارتباط با پایداری به آسانی امکان‌پذیر نیست. «پایداری»^۱ در معنای وسیع به توانایی جامعه، اکوسیستم یا هر سیستم جاری برای تداوم کارکرد در آینده نامحدود گفته می‌شود، بدون اینکه در اثر تحلیل رفتن منابعی که سیستم به آن وابسته است یا تحمیل بار بیش از حد روی آنها، تضعیف شود (Gilman, ۱۹۹۶). برای برون رفت از این مسأله و همچنین سنجش دقیق‌تر اصطلاح پایداری، طیف وسیعی از تحلیلگران اقتصاد محیط‌زیست، ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی^۲ را معرفی نموده‌اند.^۱

1. Sustainability

2. Ecological Natural Resource Footprint

ردپای بوم‌شناختی، یک معیار پایداری است که مقدار زمین و آب به کار رفته در تولید کالا و خدمات برای مصرف یک جامعه انسانی مشخص را نشان می‌دهد (Rees, 2012). تعریف بالا، دست کم 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 سرمایه طبیعی را آشکار می‌کند و سوم آنکه، ردپای بوم‌شناختی دو جنبه بومی و غیربومی دارد، یعنی اینکه علاوه بر سنجش مقدار زمین و یا آب به کار رفته در تولید کالاها و خدمات در داخل یک منطقه، محتوای زمین به کار رفته در تولید کالا و خدمات صادرات و همچنین زمین به کار رفته در تولید کالا و خدمات واردات را هم مورد توجه قرار می‌دهد و از این نظر مبادلات تجاری، زمین و آب در تجارت بین‌الملل نیز نقش به‌سزایی در ردپای بوم‌شناختی ایفا می‌کند.^۱

متون موجود نشان می‌دهد، پژوهشگران از دو روش در سنجش ردپای بوم‌شناختی استفاده می‌کنند. روش اول ماهیت کلان دارد و بر مبنای مصرف آشکار منابع مورد نظر (زمین و یا آب) به کار رفته در تولید کالاها و خدمات داخلی بعلاوه منابع به کار رفته در تولید کالاها و خدمات واردات منهای منابع به کار رفته در تولید کالاها و خدمات صادرات محاسبه می‌شود؛^۲ اما به کارگیری این روش نمی‌تواند وضعیت ردپای بوم‌شناختی را در جهت مدیریت منابع در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی آشکار نماید. برای برون رفت از این مسأله، طیف وسیعی از پژوهشگران، نظام حسابداری بخشی به شکل جدول داده- ستانده را مبنای محاسبه این شاخص قرار داده‌اند.^۳ روش اول در سطح ملی، منطقه‌ای و حتی شهری مورد توجه پژوهشگران در ایران قرار گرفته است.^۴

-
۱. برای اطلاعات بیشتر پیرامون این مفهوم به پژوهش‌های رضوانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Rees, 1992, 1996 & 2012 مراجعه نمایید.
 ۲. مفهوم ردپای بوم‌شناختی و سنجش آن در سطوح کلان اقتصادی، نخستین بار توسط واکرناگل و ریس در دهه ۱۹۹۰ میلادی در دانشکده جامعه و برنامه ریزی منطقه ای دانشگاه بریتیش کلمبیا معرفی گردید. پس از آن در جهان بسط یافت.
 ۳. برای اطلاعات بیشتر درباره جنبه‌های مختلف سنجش ردپای بوم‌شناختی در سطح کلان به پژوهش‌های Wackernagel & Rees, 1996؛ Wackernagel, 1994 مراجعه کنید.
 ۴. برای اطلاعات بیشتر درباره سنجش ردپای بوم‌شناختی با استفاده از جدول داده-ستانده به Bicknell, et. al, 1998؛ Hubacek & Giljum, 2003؛ Lenzen & Murray, 2001؛ Freng, 2001؛ Hubacek, & Wiedman, et. al, 2006؛ Patterson & McDonald, 2004؛ Sun, 2001 مراجعه کنید.
 ۵. برای اطلاعات بیشتر به پژوهش‌های سرایی و عبدالحمید زارعی، ۱۳۹۰؛ حسین زاده دلیر و ساسان پور، ۱۳۸۵؛ صمدپور و فریادی، ۱۳۷۸؛ عربی یزدی و همکاران، ۱۳۸۸ مراجعه کنید.

حال آنکه روش دوم با توجه به توانایی آن در انعکاس بهتر نگرانی درباره تخریب منابع و مدیریت صحیح آن در سطوح پایین‌تر اقتصادی، به دلایل نامعلومی نادیده گرفته شده است. تمرکز این پژوهش، سنجش ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی با تأکید بر زمین در سطح بخش‌های اصلی اقتصاد ایران و با رویکرد الگوی داده-ستانده است. توجه به این مسأله در فضای پژوهشی ایران، دست‌کم دو نوآوری به همراه دارد. نخست مشخص می‌کند که به‌کارگیری جدول متعارف در این حوزه نامناسب است و نیاز به اصلاح دارد و دوم مراد از «ردپا» در این نوع تحلیل که براساس جدول داده-ستانده اصلاح شده سال ۱۳۸۰ و به‌هنگام شده آن در سال ۱۳۸۵ اندازه‌گیری می‌شود، برجسته می‌شود.

بررسی ابعاد پیش‌گفته، محورهای اساسی این پژوهش را تشکیل می‌دهد، برای این منظور مطالب مقاله را در پنج بخش مشخص سازماندهی کرده‌ایم. مفهوم ردپای بوم‌شناختی و ظرفیت زیستی با تأکید بر مازاد و یا کسری بوم‌شناختی را در بخش نخست ارائه می‌کنیم. مرور اجمالی بر فضای پژوهشی داخلی و خارجی درباره شاخص ردپای بوم‌شناختی را در بخش دوم آورده‌ایم. بخش سوم را به مبانی نظری ردپای بوم‌شناختی در چارچوب جدول داده-ستانده پرداخته‌ایم. یافته‌ها و تحلیل ردپای بوم‌شناختی زمین در بخش‌های مختلف اقتصادی مطالب بخش چهارم را تشکیل می‌دهد. در پایان نیز به نتیجه‌گیری و ارائه چند پیشنهاد اساسی پرداخته‌ایم.

۲. مبانی نظری و مفهوم ردپای بوم‌شناختی و ظرفیت زیستی با تأکید بر مازاد یا کسری بوم‌شناختی

در اوایل دهه ۱۹۹۰، اصطلاح ردپای بوم‌شناختی با عبارت آستانه تحمل مناسب^۱ نخستین بار در رساله دکتری ماتیس واکرناگل در دانشکده جامعه و برنامه‌ریزی منطقه‌ای دانشگاه بریتیش کلمبیا مطرح شد؛ سپس، این اصطلاح توسط واکرناگل و ویلیام ریس (۱۹۹۶) در کتاب «ردپای بوم‌شناختی ما: کاهش تأثیر انسان بر روی زمین» در مجامع علمی رایج شد.

برای پایداری بوم‌شناختی، مسأله آستانه تحمل با طرح این پرسش اساسی مطرح شد که در صورت حفظ کارکرد کنونی اکوسیستم، آیا موجودی سرمایه طبیعی باقیمانده

1. Appropriated Carrying Capacity

برای تأمین منابع مصرفی و جذب ضایعات تولیدی نسل‌های آتی کافیست؟ (Rees, ۱۹۹۶). به طور خلاصه، آیا به اندازه کافی آستانه تحمل انسان وجود دارد؟ آستانه تحمل عبارت است از حداکثر میزان جمعیت که یک منطقه می‌تواند بدون کاهش توانایی خود برای پشتیبانی گونه‌های مشابه در آینده حمایت کند (Daily & Ehrlich, ۱۹۹۲). سرانجام، اینکه طبیعت تا چه حد قادر به تحمل فشار بشر است؟

با توجه به تقاضای ثابت و مشخص گونه‌های غیرانسانی از اکوسیستم، به‌کارگیری آستانه تحمل مفهوم سختی نیست، اما به‌کارگیری آن برای انسان به آسانی ممکن نیست، زیرا که تقاضای انسان از محیط‌زیست ثابت نیست، چرا که به دلیل عواملی مانند تنوع آب و هوا و رشد جمعیت، آستانه تحمل به طوردائم در حال تغییر است. همچنین، به‌کارگیری این تعریف برای انسان در اقتصاد جهانی نیز مشکل‌ساز است، علت این است که مناطق، دیگر منزوی نیستند و جمعیت انسانی منابع سراسر جهان را مصرف می‌کنند. در واقع از منظر اقتصاددانان، جریان تجاری راهی برای غلبه بر محدودیت‌های تحمیل شده از سوی کمبود منابع محلی بر آستانه تحمل منطقه‌ای است. بنابراین، در حالی که از یک سوی، هم جمعیت انسانی و هم متوسط مصرف در حال افزایش است و از سوی دیگر، مساحت کل زمین مولد و موجودی سرمایه‌های طبیعی ثابت و یا در حال کاهش است، استدلال می‌شود، کاهش آستانه تحمل، مهم‌ترین مسأله پیش‌روی بشر است. اگر آستانه تحمل به‌جای اینکه به صورت حداکثر جمعیت تعریف شود، به صورت حداکثر فشار تحمیل شده توسط همان افراد بر محیط‌زیست تعریف شود، مصرف بیش از حد انسان از منابع، واضح‌تر می‌شود، چرا که فشار بشر نه تنها تابع جمعیت بلکه تابع مصرف نیز هست. مصرف به دلیل تجارت در حال گسترش، پیشرفت تکنولوژی و افزایش درآمد حتی با سرعتی بیش از گذشته در حال افزایش است (Rees, 2012).

ریس در بررسی‌های اخیر خود نشان می‌دهد مساحت ردپای بوم‌شناختی جامعه به چهار عامل بستگی دارد: اندازه جمعیت، متوسط استاندارد زندگی مادی، متوسط بهره‌وری اکوسیستم زمین/ آب و بازدهی برداشت، پردازش و استفاده از منابع. با چشم‌پوشی از اهمیت نسبی این عوامل و چگونگی اثر متقابل آنها، هر جامعه یک ردپای بوم‌شناختی دارد که میزان سرمایه (منابع مولد) طبیعی مانند زمین و آبی را نشان می‌دهد (Rees, 2012).

ردپای بوم‌شناختی و ظرفیت‌زیستی^۱ (موجودی سرمایه بوم‌شناختی زمین) هر دو با واحد یکسانی اندازه‌گیری می‌شود، بنابراین، قابلیت مقایسه دارند. از دهه ۱۹۷۰، ظرفیت زیستی، مفهوم مهمی در برنامه‌ریزی محیط‌زیست شده و شاخصی برای مناسب بودن الگوهای مصرفی به لحاظ الگوهای پایدار است (Bicknell, Ball, Cullen & Bigsby, 1998). اگر ردپای بوم‌شناختی سرانه منطقه‌ای بزرگتر از ظرفیت زیستی سرانه باشد، این منطقه با کسری بوم‌شناختی مواجه است. در این شرایط، برای تأمین کسری دو راه حل دارد: نخست واردات منابع طبیعی از کشورهای دارای مازاد بوم‌شناختی و دوم، بهره‌برداری بیش از حد از ظرفیت زیستی خود (Monfreda, Wackernagel & Deumling, 2004).

در گزارش توسعه انسانی سال ۲۰۱۱ سازمان ملل متحد، ردپای بوم‌شناختی به عنوان شاخص پایداری مد نظر قرار گرفته که اهمیت این شاخص را نشان می‌دهد. براساس این گزارش، ردپای بوم‌شناختی هر فرد در سطح کره زمین ۲/۷ هکتار بوده، در حالی که ظرفیت زیستی کره زمین ۱/۸ هکتار است، یعنی جهان با ۰/۹ هکتار کسری بوم‌شناختی برای هر فرد مواجه است. در جدول ۱، ردپای بوم‌شناختی و ظرفیت زیستی سرانه برخی از کشورهای منتخب ارائه شده است. برای نمونه، ارقام نشان می‌دهد که میانگین سهم برداشت هر نفر اماراتی از اکوسیستم‌های جهانی بیشتر از هر نفر دیگری در سراسر جهان است. پس از آن، قطر و دانمارک بیشترین ردپای بوم‌شناختی را در سطح جهان دارند و به دنبال آن، با کسری بوم‌شناختی چشمگیری دست به گریبانند. ارقام جدول ۱ همچنین نشان می‌دهد که کشورها صرف‌نظر از درجه توسعه‌یافتگی آنها چه به لحاظ توسعه انسانی و یا توسعه اقتصادی با مشکلات کسری بوم‌شناختی مواجه‌اند. افزون بر این، ردپای بوم‌شناختی هر ایرانی ۲/۷ هکتار و معادل ردپا در سطح کره زمین است. با توجه به اینکه ظرفیت زیستی ثبت‌شده برای هر نفر ساکن در ایران ۰/۸ هکتار است، کشور با ۱/۹ هکتار کسری بوم‌شناختی سرانه مواجه است. براساس کل شاخص‌های توسعه انسانی، بین ۱۸۷ کشور مورد مطالعه، رتبه ایران در جایگاه ۸۸ ثبت شده، در حالی که در رتبه‌بندی براساس ردپای بوم‌شناختی در رده ۵۶ است (گزارش توسعه انسانی، ۲۰۱۱).

۱. Biocapacity

۲. محاسبه ردپای بوم‌شناختی در این گزارش مبتنی بر روش واکرناگل و ریس است. همچنین، آمار مربوط به ردپای بوم‌شناختی در این گزارش، از اطلاعات شبکه جهانی ردپا و بر اساس داده‌های ۲۰۰۷ استخراج شده است.

هرچند میزان کامل تخریب زمین در کشورهایمانند امارات و قطر محاسبه نشده، اما به‌رغم جمعیت کم این کشورها، خاک شنی غیرقابل کشت و کوه‌های سنگی با توانایی رویش بسیار ناچیز نمی‌تواند پاسخگوی تقاضای ساکنان این کشور برای ایجاد سالن سرپوشیده اسکی، مراکز تفریحی و تجاری متعدد، استفاده از دستگاه‌های شیرین‌کننده آب برای تأمین آب آشامیدنی بسیار زیاد و آب رودخانه‌های مصنوعی، استخرهای شنا، فواره‌ها و آبیاری فضای سبز و ایجاد جزایر مصنوعی باشد، بنابراین، ردپای بوم‌شناختی بالا و در پی آن کسری پیش‌آمده برای این نوع کشورها در حوزه خلیج فارس قابل انتظار است. ردپای بوم‌شناختی کشورهای جهان سوم کمتر است. افزون بر این، کشورهایمانند استرالیا، کانادا، نیوزلند و برزیل مازاد بوم‌شناختی قابل توجهی دارند، البته ظرفیت زیستی بالا و تراکم جمعیت نسبتاً کم آنها، به حفظ طبیعت کمک می‌کند.

جدول ۱. ردپای بوم‌شناختی زمین و ظرفیت زیستی سرانه (هکتار جهانی)

کشورهای منتخب در سال ۲۰۱۱

کشور	جمعیت (میلیون نفر)	ردپای بوم‌شناختی	ظرفیت زیستی	مازاد (کسری) بوم‌شناختی
امارات	۶/۲	۱۰/۷	۰/۸	-۹/۹
قطر	۱/۱	۱۰/۵	۲/۵	-۸
دانمارک	۵/۴	۸/۳	۴/۹	-۳/۴
آمریکا	۳۰۸/۷	۸	۳/۹	-۴/۱
کانادا	۳۲/۹	۷	۱۴/۹	۷/۹
استرالیا	۲۰/۹	۶/۸	۱۴/۷	۷/۹
کویت	۲/۹	۶/۳	۰/۴	-۵/۹
هلند	۱۶/۵	۶/۲	۱	-۵/۲
نروژ	۴/۷	۵/۶	۵/۵	-۰/۱
نیوزلند	۴/۲	۴/۹	۱۰/۸	۵/۹
کره جنوبی	۴۸	۴/۹	۰/۳	-۴/۶
ژاپن	۱۲۷/۴	۴/۷	۰/۶	-۴/۱
برزیل	۱۹۰/۱	۲/۹	۹	۶/۱
ایران	۷۲	۲/۷	۰/۸	-۱/۹
ترکیه	۷۳	۲/۷	۱/۳	-۱/۴
چین	۱۳۳۶/۶	۲/۲	۱	-۱/۲

مأخذ: گزارش توسعه انسانی (۲۰۱۱)

۳. پیشینه پژوهش

سنجش ردپای بوم‌شناختی در ایران نظر طیف وسیعی از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. بررسی اجمالی این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تمام این پژوهش‌ها ماهیت کلان داشته و اهمیت آن در بخش‌های مختلف اقتصادی مورد توجه قرار نگرفته است. برای نمونه می‌توان به مطالعه سرایی و عبدالحمید زارعی (۱۳۹۰) اشاره کرد که در سطح ملی انجام‌شده و پایداری منابع بوم‌شناختی ایران از انقلاب تا سال ۱۳۸۰ براساس شاخص ردپای بوم‌شناختی زمین نشان می‌دهد. با توجه به شرایط خاص جغرافیایی و محیطی در این مطالعه، در سال ۱۳۸۰ ردپای بوم‌شناختی زمین برای هر ایرانی ۲/۴ است که حدود ۷ درصد بیشتر از مصرف جهانی است. با توجه به ظرفیت زیستی سرانه ۰/۸ هکتاری ایران، سرانه کسری بوم‌شناختی معادل ۱/۶ هکتار برآورد می‌شود که بسیار نزدیک به رقم متناظر ۱/۹ هکتار گزارش توسعه انسانی سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۱ است. همچنین، بر اساس گزارش ردپای ملی (گزارش سیاره زندگی، ۲۰۰۱)، ردپای بوم‌شناختی جهان در سال مشابه ۲/۳ هکتار بوده که کسری بوم‌شناختی معادل ۰/۴ هکتار برای هر فرد ساکن روی کره زمین به همراه دارد.

پژوهش قابل اشاره در سطح شهری، مطالعه حسین‌زاده و ساسان‌پور (۱۳۸۵) در مورد بررسی عوامل مؤثر بر پایداری و ناپایداری توان اکولوژیک شهر تهران با روش ردپای بوم‌شناختی زمین براساس داده سال ۱۳۸۱ است. در این پژوهش، حوزه مصرف ساکنان تهران بر مبنای تقسیم‌بندی واگرناگل و نیز زمین به‌کار رفته براساس اطلاعات ردپای ملی (گزارش سیاره زندگی، ۲۰۰۳) به‌دست آمد. بر اساس نتایج، ردپای بوم‌شناختی سرانه تهران و ایران به ترتیب ۳/۷۹ و ۱/۹۸ هکتار است. در واقع، ردپای بوم‌شناختی هر فرد ساکن در تهران ۱/۸۱ هکتار بیش از رقم متناظر در سطح ملی بوده و نیز سرانه ردپای بوم‌شناختی تهرانی‌ها بیش از ۲/۵ برابر ظرفیت زیستی این شهر است. در پژوهش صمدپور و فریادی (۱۳۷۸) نیز آثار محیط‌زیستی افزایش تراکم جمعیتی و ساخت و سازهای شهری، به‌ویژه بلند مرتبه‌سازی در محله الهیه تهران در سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۴ با محاسبه ردپای بوم‌شناختی بررسی شد. در این مقاله، مقایسه روند تغییرات کاربری زمین در محله یادشده نشان می‌دهد، در دوره زمانی مورد مطالعه زمین‌های ساخته‌شده ۲/۵ برابر افزایش یافته و به دنبال آن، زمین‌های سبز به میزان ۱/۷ برابر کاهش یافته است. در این پژوهش، محاسبه ردپای بوم‌شناختی بر مبنای روش

واکرناگل و ریس (۱۹۹۶) برای ۶ گروه مصرفی برق، آب، غذا، گرمایش حاصل از گازهای طبیعی، میزان CO_2 ناشی از حمل و نقل و مقدار زباله تولیدی صورت گرفته، و یافته‌ها نشان می‌دهد که میزان زمین به کار رفته برای تأمین نیازهای مصرفی ساکنان این محله در سال ۱۳۸۴ بیش از پنج برابر مساحت محله الهیه و $1/6$ برابر کل مساحت شهر تهران بود.

در پژوهش عرب یزدی و همکارانش (۱۳۸۸)، ردپای بوم‌شناختی آب ایران بر مبنای داده صادرات و واردات ۳۱ محصول کشاورزی شامل غلات (گندم، جو، ذرت و برنج)، محصولات صنعتی (چغندر قند، نیشکر، پنبه، توتون و تنباکو)، میوه‌ها (پرتقال، انگور، انار، سیب، انواع آلو، پسته، گردو، بادام، موز و کیوی)، دانه روغنی (سویا و آفتابگردان)، حبوبات (انواع لوبیا، عدس، نخود و ماش)، صیفی‌جات (سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی) و نباتات علوفه‌ای (ذرت علوفه‌ای، سورگوم و یونجه، چای و خرما) در سال ۱۳۸۵ محاسبه شده که مقدار آن ۱۰۴ مترمکعب است. همچنین، در این پژوهش از اصطلاح آب مجازی یعنی آب نهفته در هر واحد محصولات کشاورزی و یا آب مصرف شده برای تولید آن استفاده می‌شود. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد، در سال ۱۳۸۵ کشور با واردات خالص آب مجازی و کسر صادرات آب مجازی، بدون در نظر گرفتن راندمان آبیاری ۱۲ و بر مبنای راندمان آبیاری ۶۰ درصد، ۲۰ میلیارد مترمکعب از منابع داخلی خود را ذخیره کرده که اگر قرار بود این مقدار محصول در داخل کشور تهیه شود، لازم بود ۱۱۲ میلیارد مترمکعب آب در کشاورزی مصرف شود که چنین مقداری در دسترس نیست.

پژوهش‌های پیش‌گفته، واقعیت‌هایی را در خصوص مازاد یا کسری بوم‌شناختی زمین در ایران آشکار می‌کند. نخست آنکه هر چه از لایه اقتصاد ملی به لایه اقتصاد منطقه‌ای و شهری نزدیک می‌شویم، کسری بوم‌شناختی سرانه بیشتر می‌شود، مصداق بارز آن، ردپای بوم‌شناختی تهران در برابر ردپای بوم‌شناختی اقتصاد ملی است. دوم، روش کلان واکرناگل مبنای سنجش بوده و ردپای بوم‌شناختی سرانه در سطح بخش‌های مختلف ایران مورد توجه قرار نگرفته است. سوم، نتایج ردپای بوم‌شناختی در سطح ملی در ایران بسیار نزدیک به رقم متناظر در گزارش توسعه انسانی سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۱ است.

در ادامه، مشاهده می‌کنیم که مطالعات انجام‌شده در خارج کشور تصویر متفاوتی را نشان می‌دهد. برای نمونه، بیکنل و همکاران (۱۹۹۸) ضمن بررسی نارسایی‌های سنجش ردپای بوم‌شناختی در سطح کلان تلاش می‌کنند تا برای نخستین بار ردپای بوم‌شناختی را در چارچوب الگوی داده-ستانده سنجش کنند. بیکنل و همکاران در پژوهش خود، ردپای بوم‌شناختی کل نیوزلند را با استفاده از اطلاعات کاربری زمین و ترکیب ضریب فزاینده انرژی به کار رفته در چارچوب جدول داده-ستانده ۸۰ بخشی محاسبه کردند.

فرنگ (۲۰۰۱) ضمن اشاره به برخی نارسایی‌های روش پیشنهادی بیکنل و همکارانش، برای برآورد ردپای بوم‌شناختی مرتبط با فعالیت‌های تولیدی، به جای ضریب فزاینده تجمیع شده زمین در سنجش ردپای بوم‌شناختی از ضریب فزاینده ترکیبی زمین استفاده می‌کند.

در کار پژوهشی لنزن و مورای (۲۰۰۱)، ضمن محاسبه ردپای بوم‌شناختی استرالیا براساس کاربری واقعی زمین در چارچوب داده-ستانده، روش بیکنل و همکارانش اصلاح و روش جدیدی برای محاسبه این شاخص ارائه می‌دهند. در این روش، زمین‌هایی که بنا بر دلایل مختلف مانند درجه شوری، اسیدی بودن و فشردگی خاک، ازدحام علف هرز و هجوم حیوانات تخریب و بدون استفاده شده، از محاسبه کنار گذاشته می‌شود. همچنین، علاوه بر اعمال کاربری واقعی زمین، گازهای گلخانه‌ای غیر از CO₂ و منابع انتشار غیر از مصرف انرژی نیز در روش محاسبه در نظر گرفته شد. برای این روش محاسبه، یک چارچوب داده-ستانده تک ناحیه، ایستا و اندکی بسته به کار می‌رود، و گازهای گلخانه‌ای ملی و حساب ردپای بوم‌شناختی با تمایز واردات، مصرف داخلی، صادرات، اندازه و موقعیت خانواده تنظیم شده است. سرانه ردپای بوم‌شناختی حاصل از این پژوهش ۶/۴ هکتار بیش از حالت با احتساب زمین‌های تخریب شده است.

لنزن و مورای (۲۰۰۳) در پژوهش دیگری نشان می‌دهند چگونه می‌توان تحلیل داده-ستانده را برای محاسبه ردپای بوم‌شناختی ملی و ناحیه‌ای به منظور تجزیه حساب ردپا در لایه‌های تولید و تبیین کمی رابطه بین مصرف خانوار و جمعیت، سنجش ردپای بوم‌شناختی را گسترش داد.

بررسی اجمالی مطالعات خارج کشور اهمیت سنجش ردپای بوم‌شناختی در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی را نشان می‌دهد که تاکنون مورد توجه پژوهشگران در ایران

قرار نگرفته است. در این پژوهش تلاش می‌کنیم، فصل جدیدی از کاربرد جدول داده-ستانده را در سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین و همچنین، سرانه ردپای بوم‌شناختی زمین در سطح بخش‌های مختلف و به دنبال آن در کل اقتصاد در ایران باز نماییم.

۴. الگوی داده ستانده ردپای بوم شناختی

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

الف- در جدول داده-ستانده متعارف فرض می‌شود، تمام نهاده‌های واسطه‌ای (تولید داخلی و واردات) بر مبنای فرض رقابتی بودن واردات، توسط بخش‌های داخلی (بومی) تولید می‌شود. با این وضعیت امکان تفکیک سهم ارزش‌افزوده و اشتغال بین تولید داخلی و واردات واسطه‌ای وجود ندارد.

ب- همچنین، فرض می‌شود، کل واردات یک متغیر برونزاست و مقدار آن بستگی به اندازه تقاضای واسطه‌ای و تقاضای نهایی داخلی ندارد. در این حالت، واردات خنثی بوده و هیچ نقشی در ارزش‌افزوده و اشتغال ایفا نمی‌کند (Pei, Oosterhaven & Dietzenbacher, 2004).

بر اساس فروض پیش‌گفته، کاربرد جدول داده-ستانده متعارف در حوزه‌های تجارت بین‌الملل و همچنین در ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی (زمین و آب) به دو علت اصلی نامناسب است. نخست آنکه، سنجش ردپای بوم‌شناختی منابع طبیعی هم منشأ داخلی دارد و هم منشأ خارجی. منشأ داخلی، مقدار زمین به‌کار رفته در تولید کالاها و خدمات داخلی است که بخشی از آن توسط جمعیت آن کشور و بخشی دیگر به صورت صادرات در کشورهای دیگر مصرف می‌شود. دوم آنکه، تمام بخش‌های اقتصادی خودکفا نیستند. یعنی برای تأمین نیازهای مصرف داخلی، بخش‌ها در فرایند تولید خود نیاز به واردات دارند. واردات کالاها و خدمات خارج از کشور مورد بررسی تولیدشده و در فرایند این تولید، زمین و یا آب نیز استفاده شده است. سنجش ردپای بوم‌شناختی با توجه به ظرفیت زیستی و همچنین سنجش مازاد و یا کسری منشأ داخلی و خارجی را به‌طور همزمان مورد توجه قرار می‌دهد.

بنابراین، بررسی کمی سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین منوط به شناخت کافی جدول داده- ستانده است. با توجه به جایگاه واردات و فرض رقابتی بودن آن در جدول داده- ستانده، سه نوع جدول وجود دارند.

در جداول داده- ستانده نوع اول و دوم، واردات واسطه‌ای و واردات نهایی با ارقام متناظر داخلی ادغام شده و با توجه به دو فرض اساسی این نوع جداول، سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین با منشأ داخلی و خارجی در تأمین مصرف نهایی جامعه انسانی مشخص امکان‌پذیر نیست. بنابراین، باید جدول نوع سوم را به کار برد که در آن واردات به واردات واسطه‌ای و واردات نهایی تفکیک شده و به صورت سطری در جدول منظور می‌شود. مرور اجمالی بر جداول داده- ستانده تهیه شده در ایران نشان می‌دهد که اهمیت این نوع جداول و کاربرد آنها در شرایط ویژه اقتصادی به تازگی مورد توجه پژوهشگران و نهادهای پژوهشی در ایران قرار گرفته است (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۱؛ بانویی، ۱۳۹۱؛ پاشا، بانویی و بهرامی، ۱۳۹۱).

جدول ۲، ساختار کلی یک جدول داده-ستانده نوع سوم با تفکیک واردات را نشان می‌دهد. 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 ردپای بوم‌شناختی زمین داخلی و خارجی قرار گیرد.

جدول ۲. ساختار کلی جدول داده-ستانده با تفکیک واردات

بخش j	بخش‌ها			مصرف نهایی		ستانده (تولید داخلی)
	بخش ۱	بخش ۲	بخش ۳	تقاضای نهایی 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
واردات بخش ۱	M_{11}	M_{12}	M_{13}	M_{f1}	.	M_1
واردات بخش ۲	M_{21}	M_{22}	M_{23}	M_{f2}	.	M_2
واردات بخش ۳	M_{31}	M_{32}	M_{33}	M_{f3}	.	M_3
واردات	M_1	M_2	M_3	M_f	.	M
ارزش افزوده	V_1	V_2	V_3			
داخلي (توليد)	X_1	X_2	X_3			
مساحت زمین (هکتار)	L_1	L_2	L_3			

روابط ریاضی جدول بالا در سنجش ردپای بوم‌شناختی به صورت زیر بیان می‌شود
 Wackernagel, et. ۱۹۹۹؛ Ferng, ۲۰۰۱؛ Bicknell, Ball, Cullen & Bigsby, ۱۹۹۸)
 & Patterson, ۲۰۰۴؛ Wiedmann, Minx, Barrett & Wackernagel, ۲۰۰۶؛ al,
 (Hubacek & Giljuim, ۲۰۰۳؛ McDonald

بر مبنای جدول ۲، ماتریس ضرایب داده- ستانده مستقیم داخلی که با نماد d_{ij} بیان شده، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$[d_{ij}] = D = \begin{bmatrix} \frac{D_{11}}{X_1} & \dots & \frac{D_{13}}{X_3} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{D_{31}}{X_1} & \dots & \frac{D_{33}}{X_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

ماتریس بالا مبنای محاسبه ماتریس ضریب فزاینده تولید داخلی و یا ماتریس معکوس لئونتیف^۱ (I-D) قرار می‌گیرد.

$$(I - D)^{-1} = [a_{ij}] = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{bmatrix} \right\}^{-1} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{bmatrix} \quad (۲)$$

ماتریس بالا ضرایب فزاینده تولید داخلی را نشان می‌دهد. جمع ستونی این ماتریس بیان می‌کند که نیاز مستقیم و غیرمستقیم تولید برای افزایش یک واحد تقاضای نهایی آن بخش در کل اقتصاد چه میزان است.

گام بعدی، محاسبه نیازمستقیم زمین به کار رفته ناشی از افزایش تولید است. برای این منظور لازم است که ضرایب مستقیم زمین محاسبه شود:

$$[\Phi_j] = [L_1 \quad \dots \quad L_3] \begin{bmatrix} \frac{1}{X_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{1}{X_3} \end{bmatrix} = [\Phi_1 \quad \dots \quad \Phi_3] \quad (۳)$$

عناصر Φ_j نشان می‌دهد، به ازای ارزش یک واحد تولید در بخش j ام چه میزان نیاز مستقیم به زمین است. سپس، با ضرب ضرایب مستقیم زمین در ماتریس ضرایب فزاینده تولید داخلی، نیاز مستقیم و غیرمستقیم زمین یا ماتریس ضرایب فزاینده زمین^۱ به دست می‌آید:

$$[\beta_{ij}] = \begin{bmatrix} \Phi_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \Phi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \quad (۴)$$

^۱. Land Multiplier Matrix

β_{ij} در رابطه ۴، ماتریس ضریب فزاینده زمین هر بخش را نشان می‌دهد، یعنی هر بخش به ازای ارزش یک واحد تقاضای نهایی محصولات داخلی خود چه میزان به طور مستقیم و غیرمستقیم نیاز به زمین دارد.

با پیش ضرب ماتریس ضرایب فزاینده زمین در رابطه ۴ در ماتریس قطری تقاضای نهایی، ماتریسی η_{ij} به دست می‌آید. جمع سطری عناصر آن، مقدار زمین مورد نیاز مستقیم و غیرمستقیم هر بخش را برای تأمین تقاضای نهایی داخلی جمعیت نشان می‌دهد:

$$[\eta_{ij}] = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DF_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & DF_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \eta_{11} & \dots & \eta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \eta_{31} & \dots & \eta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

با تقسیم رقم به دست آمده در هر بخش بر جمعیت، مقدار سرانه ردپای بوم‌شناختی زمین که منشأ داخلی دارد، به دست می‌آید.

۱.۴. پیوند ردپای بوم‌شناختی با تجارت بین‌الملل

مطالب بخش پیشین فقط محاسبه زمین به کار رفته در تأمین مصرف نهایی داخلی را نشان می‌دهد و بدین ترتیب ماهیت ردپای بوم‌شناختی زمین منشأ داخلی دارد. در یک اقتصاد باز، تجارت بین‌الملل به شکل واردات و صادرات نقش کلیدی در مصرف منابع برای تولید کالاها و خدمات صادراتی و وارداتی ایفا می‌کند. بنابراین لازم است، منابع (زمین) به کار رفته در تولید کالا و خدمات صادراتی و وارداتی در ردپای بوم‌شناختی منظور شود.

رابطه ۶، مقدار زمین داخلی مورد نیاز مستقیم و غیرمستقیم به کار رفته در تولید کالا و خدمات صادرات برای تأمین تقاضای خارجی را با نماد $[e_i]$ نشان می‌دهد. برای این منظور با پیش ضرب ماتریس ضرایب فزاینده زمین در ماتریس قطری صادرات، مقدار مستقیم و غیرمستقیم زمین به کار رفته داخلی در تولید کالاها و خدمات صادرات برای تأمین نیازهای اقتصاد دیگر جهان به صورت زیر به دست می‌آید:

$$[e_i] = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \dots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \dots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & E_3 \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_3 \end{bmatrix} \quad (6)$$

e_i در این رابطه مشخص می‌کند که بخش i ام به منظور تولید صادرات کالاها و خدمات چه میزان به طور مستقیم و غیرمستقیم نیاز به زمین دارد.

در مقایسه با سنجش تقاضای خارجی زمین در چارچوب جدول داده-ستانده، سنجش نیازهای مستقیم و غیرمستقیم زمین به کار رفته در تولید کالاها و خدمات واردات به دلایل زیر پیچیده‌تر است؛ نخست آنکه ماهیت و جایگاه واردات در نظام حسابداری داده-ستانده بایستی مشخص شود. واردات کالاها از نظر ماهیت به دو نوع واردات رقابتی و واردات غیررقابتی تقسیم شده که در سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین‌های به کار رفته در واردات، فرض واردات رقابتی بودن مبنای اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. فقط در چارچوب این فرض، زمین‌های به کار رفته در واردات قابل سنجش است؛ چرا که در این چارچوب، فرض برابری تکنولوژی موجود در کشور واردکننده را با کشورهای دیگر صادرکننده که ریشه در نظریه‌های تجارت بین‌الملل دارد، فراهم می‌کند (Dietzenbacher, ۲۰۱۱). دوم، با توجه به تمرکز در نظام حسابداری جدول داده-ستانده، همانند ساختار جدول ۲، تفکیک واردات به دو گروه واردات واسطه‌ای و سایر واردات امکان‌پذیر است. با این شرایط زمین مورد استفاده در هر گروه از واردات قابل سنجش بوده و بدین ترتیب مفهوم ردپای بوم‌شناختی زمین را برجسته‌تر می‌کند. سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین در خصوص واردات بر دو نوع است؛ نوع اول مقدار زمینی است که در تولید کالاها و خدمات کشورهای دیگر به کار رفته و به عنوان واردات کالای نهایی در داخل کشور توسط جمعیت آن کشور مصرف می‌شود. نوع دوم مقدار زمین به کار رفته در تولید کالاها و خدمات واردات است که به صورت واسطه‌ای در فرایند تولید بخش‌ها استفاده می‌شود.

با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده زمین در ماتریس قطری واردات مصرفی، نیاز مستقیم و غیرمستقیم زمین به کار رفته در تولید این نوع کالاها و خدمات به صورت زیر به دست می‌آید:

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

m_i^f در این رابطه، مقدار زمین مستقیم و غیرمستقیم مورد نیاز در تولید واردات مصرفی بخش i را نشان می‌دهد که در تأمین مصرف داخلی استفاده می‌شود.

همانند رابطه ۷، با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده زمین در ماتریس قطری واردات واسطه‌ای بین بخشی رابطه زیر 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 در رابطه ۸، شامل مقدار زمین مستقیم و غیرمستقیم به کار رفته در تولید کالا و خدمات واردات واسطه‌ای بخش اُم است که در فرایند تولیدی توسط بخش داخلی اُم استفاده می‌شود. این تولید یا در داخل مصرف‌شده و یا اینکه صادر می‌شود.

نسبت تقاضای نهایی داخلی به تولید هر بخش معیاری برای زمین به کار رفته واردات واسطه‌ای در تأمین مصرف داخلی در نظر گرفته می‌شود. سپس، با پیش‌ضرب این ماتریس در ماتریس قطری نسبت تقاضای نهایی داخلی به تولید، مقدار زمین خارجی به کار رفته در فرآیند کالاها و خدماتی به دست می‌آید که در داخل مصرف شده است. در رابطه ۹، $\frac{DF_i}{X_i}$ نشان می‌دهد به ازای چه نسبتی از کالا و خدمات تولیدی، در داخل کشور مصرف می‌شود که DF_i تقاضای نهایی داخلی و X_i تولید بخش است.

$$[m_i^d] = \left\{ \begin{bmatrix} m_1^1 & \dots & m_3^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_1^3 & \dots & m_3^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{DF_1}{X_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{DF_3}{X_3} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 \\ \vdots \\ m_3 \end{bmatrix} \quad (9)$$

m_i^d نشان می‌دهد که چه میزان زمین مستقیم و غیرمستقیم به کار رفته در واردات واسطه‌ای در جهت تأمین مصرف داخلی مورد نیاز است.

تفاوت بین میزان زمین به کار رفته در واردات متشکل از واردات مصرفی و واسطه‌ای و مقدار زمین به کار رفته در صادرات، وضعیت تراز تجاری بوم‌شناختی زمین را در سطح بخش‌های مختلف کشور نشان می‌دهد، در صورتی که مقدار زمین به کار رفته در کالا و خدمات واردات بیشتر از مقدار زمین به کار رفته در کالا و خدمات صادرات باشد، کسری تراز تجاری بوم‌شناختی زمین در سطح بخش آشکار می‌شود. عکس آن، مازاد تجاری بوم‌شناختی زمین را نشان می‌دهد. رابطه ۱۰، تراز تجاری بوم‌شناختی زمین را نشان می‌دهد:

$$[EF_i] = \begin{bmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_3 \end{bmatrix} - \left\{ \begin{bmatrix} m_1^f \\ \vdots \\ m_3^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m_1^d \\ \vdots \\ m_3^d \end{bmatrix} \right\} = \begin{bmatrix} EF_1 \\ \vdots \\ EF_3 \end{bmatrix} \quad (10)$$

EF_i در رابطه ۱۰، بخش اُم را نشان می‌دهد، بر مبنای این رابطه می‌توان مازاد تجاری و کمبود تجاری بوم‌شناختی زمین را در سطح بخش‌های اقتصادی محاسبه کرد. حال،

اگر مقدار زمین مورد استفاده داخلی را با زمین واردات جمع کنیم، حاصل آن ردپای بوم‌شناختی کل زمین در سطح بخش‌ها به صورت زیر به دست می‌آید:

$$[TEF] = \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_3 \end{bmatrix} + \left\{ \begin{bmatrix} m_1^f \\ \vdots \\ m_3^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m_1^d \\ \vdots \\ m_3^d \end{bmatrix} \right\} = \begin{bmatrix} TEF_1 \\ \vdots \\ TEF_3 \end{bmatrix} \quad (11)$$

که در آن، TEF_i ردپای بوم‌شناختی کل در بخش i ام را نشان می‌دهد.

همچنین، با تقسیم هر یک از مقادیر ردپای بوم‌شناختی زمین به کار رفته در سطح بخش‌های مختلف بر جمعیت کشور در سال یادشده، سرانه ردپای بوم‌شناختی در سطح بخش‌های اقتصادی به دست می‌آید. از مجموع ردپای بوم‌شناختی کل بخش‌ها، ردپای بوم‌شناختی در سطح ملی به دست می‌آید.

۵. داده‌ها و نتایج تجربی

در این پژوهش، از دو نوع پایه‌های آماری استفاده کردیم؛ نخست، جداول داده-ستانده بخش در بخش با فرض تکنولوژی بخش سال ۱۳۸۰ و بهنگام شده آن در سال ۱۳۸۵ (بانوئی، بزازان، میرزایی و کرمی، ۱۳۹۱؛ مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۱)، نوع دوم، اطلاعات زمین قابل بهره‌برداری به منظور احداث ساختمان برای سکونت و کشت محصول در سطح کشور.

بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در جدول ۳، مساحت کل زمین خاکی ایران ۱۶۲۸۸۵۰۰۰ هکتار است، با توجه به مساحت بیابان و کویرها در سال ۱۳۸۰ با مساحت ۳۴۵۳۹۰۰۰ هکتار یعنی ۲۱ درصد مساحت کل زمین خاکی کشور است، این رقم در سال ۱۳۸۵ به ۳۲۵۷۹۶۳۱ هکتار و ۲۰ درصد تغییر یافت. زمین قابل استفاده در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۱۲۸۳۴۶۰۰۰ هکتار برابر ۷۹ درصد و ۱۳۰۲۷۵۳۶۹ برابر ۸۰ درصد مساحت کل زمین خاکی ایران است. این مقدار مساحت ۶ نوع زمین کشاورزی، مرتع، جنگل و زمین ساخته‌شده شامل زمین صنعتی، زمین اختصاص یافته به احداث ساختمان و زمین به کار رفته برای بخش‌های دیگر خدماتی است.

متناسب با آمار و اطلاعات زمین در سطح بخش‌های اقتصادی، جداول داده-ستانده به صورت ۶ بخش شامل بخش کشاورزی (بجز دامپروری و جنگلداری)، دامپروری، جنگلداری، صنعت و معدن، ساختمان و خدمات تجمع می‌شود. زمین اختصاص یافته به

هر بخش مبنی بر کاربری زمین در این بخش‌هاست، یعنی بخش‌هایی که از یک نوع زمین استفاده می‌کنند، در یک بخش قرار می‌گیرند.

بر اساس این تقسیم‌بندی، بخش کشاورزی شامل بخش زراعت، باغداری، ماهیگیری و خدمات کشاورزی است که برای فعالیت‌هایشان از زمین کشاورزی، باغ و زمین شیلات استفاده می‌کنند. اطلاعات مربوط به این نوع زمین از آمارنامه کشاورزی مربوط به وزارت جهاد کشاورزی استخراج شده است. بنا بر آمارنامه کشاورزی وزارت کشاورزی، مقدار زمین کشاورزی که به کشت و تولید محصول کشاورزی، میوه و یا پرورش ماهی و میگو اختصاص یافته، در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۱۳۶۳۵۲۹۵ و ۱۶۴۳۷۵۳۰ هکتار و سهم آن از کل زمین قابل بهره‌برداری در این سال‌ها به ترتیب ۱۱ و ۱۳ درصد است (آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵).

همچنین، آمار مربوط به زمین به‌کار رفته در بخش جنگلداری بنا بر اطلاعات آمارنامه کشاورزی به صورت جنگل در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۱۲۶۴۳۸۳۵ و ۱۴۲۰۲۵۵۹ هکتار و سهم آن از کل زمین قابل کشت در این سال‌ها به ترتیب ۱۰ و ۱۱ درصد است. افزون بر این، زمین به‌کار رفته در فعالیت دامپروری شامل بخش دامداری، مرغداری، پرورش کرم ابریشم، زنبورداری و شکار مرتع بود که در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۹۰۷۱۵۰۰۰ و ۸۶۱۰۳۹۴۰ هکتار و سهم آن از کل زمین قابل کشت در این سال‌ها به ترتیب ۷۱ و ۶۶ درصد است (آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵).

بخش دیگر، بخش صنعت و معدن شامل واحدهای صنعتی و معادن فلزی و غیرفلزی است که زمین اختصاص یافته به فعالیت‌های این بخش شامل زمین واگذار شده به شهرک و نواحی صنعتی و همچنین نواحی مربوط به استخراج انواع مواد معدنی است که از آمارنامه وزارت صنعت، معدن و تجارت با عنوان عملکرد تفصیلی صنعت و معدن و سایت سازمان نظام مهندسی معدن، زمین به‌دست آمده است. مقدار زمین به‌کار رفته در این بخش در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۶۵۱۶۴۲ و ۱۲۶۹۲۰۵ هکتار و سهم آن از کل زمین قابل کشت در هر دو سال یک درصد است (عملکرد تفصیلی صنعت و معدن وزارت صنعت و معدن و تجارت، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵).

بخش دیگر، بخش ساختمان مسکونی و غیرمسکونی توزیع شده در سطح کشور است. به دلیل ناکافی بودن اطلاعات، مساحت حریم قانونی شهرها مبنای محاسبه

مساحت زمین اشغال شده برای احداث ساختمان قرار می‌گیرد؛ به طوری که بنابر توزیع نسبت جمعیت شهری و روستایی از کل جمعیت، مساحت این نوع زمین به‌دست می‌آید. حریم شهرها در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ به‌طور یکسان ۷۲۶۴۰ هکتار است. با توجه اینکه در سال ۱۳۸۰، تنها ۶۵ درصد جمعیت کشور شهرنشین بودند، بنابراین، ۶۵ درصد مساحت اشغال‌شده برای ساختمان به‌منظور سکونت و خدمات‌رسانی در شهرها و معادل حریم شهری بوده و بدین ترتیب، کل مساحت اشغال‌شده توسط بخش ساختمان در سطح کشور (شهر و روستا) در این سال، ۱۱۱۷۵۴ هکتار است. بنابراین، از آنجا که ۶۸ درصد جمعیت کشور در سال ۱۳۸۵ شهرنشین بود، این مساحت در این سال، ۱۰۶۸۲۴ هکتار و سهم آن از کل زمین قابل کشت در هر دو سال ۰/۱ درصد است (وب‌سایت شرکت مادر تخصصی عمران و بهسازی شهری ایران، وزارت راه و شهرسازی).

بخش‌های دیگر در یک بخش با عنوان سایر خدمات که شامل بخش نفت، گاز و برق است، تجمیع شده‌است. زمین به‌کار رفته توسط این بخش‌ها مابه‌التفاوت کل زمین قابل کشت و سکونت کشور و زمین‌های محاسبه در بالا بوده که در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ به‌ترتیب ۱۰۷۴۶۸۵۱ و ۱۲۱۵۵۵۷۶ هکتار و سهم آن از کل زمین قابل کشت در این سال‌ها به ترتیب ۸ و ۹ درصد است. جدول ۳، اطلاعات زمین به‌کار رفته در اقتصاد کشور در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ را برحسب مساحت نشان می‌دهد.

جدول ۳. مساحت زمین‌های به‌کار رفته در اقتصاد کشور (هکتار)

سال ۱۳۸۵	سال ۱۳۸۰	زمین
۱۶۴۳۷۵۳۰	۱۳۶۳۵۲۹۵	کشاورزی (بجز دامپروری و جنگلداری)
۸۶۱۰۳۹۴۰	۹۰۷۱۵۰۰۰	دامپروری
۱۴۲۰۲۵۵۹	۱۲۴۶۳۸۳۵	جنگلداری
۱۲۶۹۲۰۵	۶۵۱۶۴۲	صنعت و معدن
۱۰۶۵۵۹	۱۱۱۴۷۷	ساختمان
۱۲۱۵۵۵۷۶	۱۰۷۳۸۷۵۱	خدمات
۱۳۰۲۷۵۳۶۹	۱۲۸۳۴۶۰۰۰	کل زمین قابل کشت
۳۲۵۷۹۶۳۱	۳۴۵۳۹۰۰۰	کویرها و بیابان
۱۶۲۸۸۵۰۰۰	۱۶۲۸۸۵۰۰۰	کل زمین خاکی

مأخذ: آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، عملکرد تفصیلی صنعت و معدن وزارت صنعت و معدن و تجارت، وب‌سایت سازمان نظام مهندسی معدن، وب‌سایت شرکت مادر تخصصی عمران و بهسازی شهری ایران، وزارت راه و شهرسازی.

بر اساس مبانی نظری بخش پیشین، پایه آماری مربوط به جدول داده- ستانده و همچنین کاربری زمین در ۶ بخش اقتصادی، ردپای بوم‌شناختی زمین به کار رفته در تولید کالا و خدمات مصرف داخلی و صادرشده، ردپای بوم‌شناختی زمین محصولات واسطه‌ای و نهایی وارداتی، تراز تجاری بوم‌شناختی، ردپای بوم‌شناختی کل و سرانه در سطح بخش‌ها و کل اقتصاد در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ را محاسبه و بررسی می‌کنیم.

جدول ۴، مقدار زمین موردنیاز مستقیم برای تولید یک میلیون ریال محصول توسط هر بخش در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ را نشان می‌دهد. برای نمونه، بخش جنگلداری برای تولید الوار و چوب به ارزش یک میلیون ریال به‌طور مستقیم در سال ۱۳۸۰ به ۵/۷ و در سال ۱۳۸۵ به ۳/۱ هکتار زمین نیاز دارد. این مقدار زمین برای تولید محصولات کشاورزی (بجز دامپروری و جنگلداری) به همین میزان ارزش در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۰۷ هکتار است. این مقادیر در بخش دامپروری به ترتیب ۱/۷۶ و ۰/۶۶ هکتار و برای سایر خدمات نیز به ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۰۱ را نشان می‌دهد. در نهایت، ضرایب مستقیم زمین در کل اقتصاد برای تولید به ارزش یک میلیون ریال در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۶/۶ و ۳/۸ هکتار است.

جدول ۴. ضرایب مستقیم زمین (هکتار)

بخش‌ها	سال ۱۳۸۰	سال ۱۳۸۵
کشاورزی (بجز دامپروری و جنگلداری)	۰/۱۵	۰/۰۷
دامپروری	۱/۷۶	۰/۶۶
جنگلداری	۵/۷	۳/۱
صنعت و معدن	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
ساختمان	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴
خدمات	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
کل	۶/۶	۳/۸

مأخذ: بر اساس جدول ۳ و جدول داده- ستانده سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ و با استفاده از رابطه ۳، محاسبه شده است.

جدول ۵، ضریب فزاینده زمین هر بخش را نشان می‌دهد، یعنی هر بخش در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ برای تأمین تقاضای نهایی داخلی خود به ارزش یک میلیون ریال به‌طور مستقیم و غیرمستقیم چه میزان زمین استفاده می‌کند. به‌طور مثال، برای تأمین تقاضای نهایی به ارزش یک میلیون ریال بخش کشاورزی در سال ۱۳۸۰، ۰/۲۳ هکتار زمین مستقیم و غیرمستقیم است. گسترش زمین‌های کشاورزی و پیشرفت تکنولوژی

صنعت کشاورزی تا سال ۱۳۸۵ باعث شد، نیاز فعالان این بخش برای تولید محصول با همین ارزش در سال ۱۳۸۵، این رقم تا ۰/۱ هکتار کاهش یابد. پس از زمین کشاورزی، مراتع بیشترین سهم را در تولید محصولات کشاورزی دارد. زمین اشغال‌شده برای ساخت و ساز ساختمان و ارائه خدمات کمترین نقش را در تولید محصولات کشاورزی دارد که به منظور فراهم کردن تسهیلات لازم برای ذخیره یا نقل و انتقال مواد اولیه یا محصولات کشاورزی است یا اینکه احداث ساختمان به ارزش یک میلیون ریال در سال ۱۳۸۰، به ۰/۰۰۱ هکتار زمین نیاز دارد، البته برای تولید به همان میزان ارزش ساختمان در سال ۱۳۸۵ این نیاز به زمین تا ۰/۰۰۰۴ هکتار کاهش یافت. این نیاز به زمین در بخش سایر خدمات در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۰۱ هکتار است. در نهایت، ضرایب فزاینده زمین در کل اقتصاد برای تولید به ارزش یک میلیون ریال در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۸/۴ و ۴/۱ هکتار است.

جدول ۵. ضریب فزاینده زمین (هکتار)

بخش‌ها	سال ۱۳۸۰	سال ۱۳۸۵
کشاورزی (بجز دامپروری و جنگلداری)	۰/۲۳	۰/۱
دامپروری	۲/۳	۰/۸
جنگلداری	۵/۸	۳/۲
صنعت و معدن	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲
ساختمان	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴
خدمات	۰/۰۴	۰/۰۱
کل	۸/۴	۴/۱

مأخذ: بر اساس جدول ۳ و جدول داده- ستانده سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ و با استفاده از رابطه ۴، محاسبه شده است.

جدول‌های ۶ و ۷ به ترتیب ردپای بوم‌شناختی زمین بخش‌ها به تفکیک زمین به کار رفته برای تولید کالا و خدمات به‌منظور مصرف داخلی، صادرات و واردات در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ را نشان می‌دهد. در این جدول‌ها، ستون ۱، بر مبنای رابطه ۵، به ردپای بوم‌شناختی زمین به کار رفته در تولید کالا و خدماتی اشاره دارد که در داخل کشور توسط هر بخش تولید و مصرف‌شده و رقم کلی آن نیز مجموع زمین به کار رفته برای تأمین مصرف داخلی در کل اقتصاد را نشان می‌دهد. همچنین، ستون ۲، ارقام حاصل از رابطه ۶ را بیان می‌کند که ردپای بوم‌شناختی زمین لازم برای تولید محصولات صادرشده و مجموع آن نیز برای کل اقتصاد است. همچنین، ستون ۳ و ۴، به ترتیب بنابر رابطه ۷ و

۹، زمین به کار رفته برای تولید کالا و خدمات وارداتی را بیان می‌کند. ستون ۳، ردپای بوم‌شناختی زمین برای واردات نهایی و ستون ۴، ردپای بوم‌شناختی زمین برای واردات واسطه‌ای، همچنین مجموع این ارقام، زمین به کار رفته را در سطح کلان نشان می‌دهد. با استفاده از رابطه ۱۱، ستون ۵، ردپای بوم‌شناختی کل هر بخش و مجموع آنها ردپای بوم‌شناختی کل کشور و ستون ۶ سرانه آن را نشان می‌دهد. در ستون ۷، براساس رابطه ۱۰، تراز تجاری بوم‌شناختی در سطح بخشی و کلان مشاهده می‌شود.

یافته‌ها نشان می‌دهد که ردپای بوم‌شناختی کل زمین داخلی از ۱۱۴ میلیون و ۷۵۱ هزار و ۸۵۳ هکتار در سال ۱۳۸۰ به ۱۰۸ میلیون و ۲۴۶ هزار و ۷۶ هکتار در سال ۱۳۸۵ رسیده است. این تغییر نشان می‌دهد، تقاضای داخلی از زمین کشور ۶ درصد کاهش یافته و این تغییر عمدتاً معطوف به کاربری مراتع است، البته با توجه به گستره مراتع در سطح کشور قابل انتظار بود که معمولاً دستخوش تغییر کاربری می‌شود. همچنین، کاربری زمین کشاورزی و جنگل‌ها در این مدت افزایش یافته، اما بیشترین تغییر در به‌کارگیری زمین صنعتی صورت گرفته که می‌تواند حاکی از گسترش شهرک‌های صنعتی در حاشیه شهرها باشد.

براساس آمار بخش صادرات، تقاضای خارجی از زمین‌های داخلی ایران ۶۲ درصد افزایش یافته، به طوری که در سال ۱۳۸۰ که مقدار ردپای بوم‌شناختی زمین صادراتی ۱۳ میلیون و ۵۷۲ هزار و ۲۴۸ هکتار بوده، در سال ۱۳۸۵، تا ۲۲ میلیون و ۲۹ هزار و ۹۳۶ هکتار تغییر کرده است. این افزایش تقاضای خارجی برای همه نوع زمین‌های ایران رخ داده، اما این ارقام در زمین‌های صنعتی، مرتع و جنگل چشمگیر بود. در ارزیابی این نوع ردپا توجه به دو نکته ضروری است؛ نخست آنکه به دلیل ضعف کشور به لحاظ پوشش جنگلی و نیز نوع درختان این جنگل‌ها که معمولاً از گونه‌های نادر هستند و تجدید آنها سال‌ها به طول می‌انجامد، باید بررسی شود که کاربری جنگل‌ها برای محصولات صادرشده به چه صورت است؛ چرا که معمولاً صادرات معطوف به چوب و الوار یعنی مواد اولیه است و این امر موجب تخریب زود هنگام جنگل‌ها می‌شود. نکته دوم در خصوص به‌کارگیری زمین کشاورزی و صنعتی است، زیرا با توجه به رقابت کشورهای صنعتی برای بهره‌برداری از زمین کشورهای دیگر به منظور تولید محصولات استراتژیک کشاورزی و یا محصولات صنایع آلاینده به منظور حفظ منابع طبیعی خود باید بررسی شود که چه نوع محصولاتی در این زمین‌ها تولید می‌شود، لازم است

محصولاتی که با استفاده از این زمین تولید می‌شود، کمترین هزینه زیست‌محیطی را به کشور تحمیل کند.

جدول ۶. جزییات ردپا و تراز تجاری بوم‌شناختی در سال ۱۳۸۰ (هکتار)

بخش‌ها	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)
کشاورزی (بجز دامپروری و جنگلداری)	۱۱۹۳۰۳۳۹	۱۷۰۵۰۵۶	۱۶۹۴۸۲۶	۱۳۲۷۶۶۴	۱۴۸۶۲۵۲۸	۰/۳۳	۱۲۲۷۲۳۳
دامپروری	۸۲۹۶۵۷۲۳	۷۷۴۹۳۷۸	۱۰۹۵۲۸۴۴	۹۱۰۳۹۷۲	۱۰۳۰۲۲۵۳۹	۱/۵۸	۱۳۳۰۷۵۳۸
جنگلداری	۱۰۸۷۶۵۱۵	۱۵۸۷۳۲۰	۱۶۷۰۸۳۶	۳۳۲۰۲۷۶	۱۴۸۶۷۶۲۸	۰/۳۳	۲۴۰۳۷۹۳
صنعت و معدن	۵۷۸۷۰۰۱	۷۲۹۴۱	۱۲۰۲۹۱	۹۶۴۹۱	۷۹۵۴۸۳	۰/۰۱	۱۴۳۸۴۱
ساختمان	۱۰۸۸۸۰	۲۵۹۷	۵۳۴	۳۶۵	۱۰۹۷۸۰	۰/۰۰۲	-۱۶۹۷
خدمات	۸۲۹۱۷۹۵	۳۴۵۵۰۵۶	۳۸۳۵۹۷	۲۴۴۰۸۴	۸۹۱۹۴۷۷	۰/۱۴	-۱۸۱۳۳۷۴
جمع	۱۱۴۷۵۱۸۵۳	۱۳۵۷۲۲۴۸	۱۴۸۲۲۹۳۰	۱۳۰۰۲۶۵۲	۱۴۲۵۷۷۴۳۵	۲/۱۸	۱۴۲۵۳۳۳۴

مأخذ: بر اساس جدول ۳ و جدول داده- ستانده سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ و با استفاده از روابط ۵، ۶، ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱ محاسبه شده است.

جدول ۷. جزئیات ردپا و تراز تجاری بوم‌شناختی در سال ۱۳۸۵ (هکتار)

بخش‌ها	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)٪	(۶)	(۷)
کشاورزی (بجز دامپروری و جنگلداری)	۱۴۲۴۱۳۳۳	۲۱۹۶۱۶۴	۱۵۷۴۷۷۱	۱۰۶۳۰۷۷	۱۶۸۷۹۱۸۱	۰/۴۴	۴۴۱۶۸۴
دامپروری	۷۲۶۱۶۷۵۱	۱۳۴۸۷۸۷۲	۱۲۸۱۴۱۴۱	۱۲۲۵۴۳۷۵	۹۷۶۸۵۲۶۷	۱/۳۹	۱۱۵۸۰۶۴۴
جنگلداری	۱۱۷۷۷۳۳۶	۴۴۲۵۲۱۳	۲۰۶۲۶۱۸	۲۱۹۷۱۳۴	۱۶۰۳۸۰۸۸	۰/۲۲	۱۸۳۵۵۳۹
صنعت و معدن	۱۰۰۷۵۶۶	۲۶۱۶۳۹	۳۰۱۷۶۰	۲۶۳۱۴۹	۱۵۷۳۴۷۵	۰/۰۲	۳۰۳۲۷۰
ساختمان	۱۰۳۵۶۷	۲۹۹۲	۵۱۵	۴۰۴	۱۰۴۴۸۷	-۰/۰۱	-۲۰۷۲
خدمات	۸۴۹۹۵۲۳	۳۶۵۶۰۵۶	۴۱۳۰۴۸	۳۰۰۸۳۰	۹۲۱۳۴۰۱	۰/۱۳	-۲۹۴۲۱۷۸
جمع	۱۰۸۳۴۶۰۷۶	۳۲۰۲۹۹۳۶	۱۷۱۶۷۸۵۳	۱۶۰۷۸۹۷۰	۱۴۱۴۹۲۸۹۹	۲/۱۷	۱۱۲۱۶۸۸۷

مأخذ: بر اساس جدول ۳ و جدول داده-سنانه سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ و با استفاده از روابط ۵، ۶، ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱ محاسبه شده است.

یافته‌های سال ۱۳۸۰ نشان می‌دهد که ۸۹ درصد زمین‌های داخلی که به منظور تولید کالا و خدمات مصرف‌شده در داخل و مابقی آن برای تولید محصولات صادرشده، به کار رفته است. همچنین، ۸۳ درصد زمین‌های داخلی در سال ۱۳۸۵ برای تولید

کالاها و خدمات مصرفی در داخل مرزهای کشور به کار رفته و بقیه به منظور تأمین تقاضای خارجی‌ها بهره‌برداری شده است.

واردات زمین به کار رفته در تولید کالای نهایی، رشد ۱۶ درصدی را برای ردپای بوم‌شناختی این نوع زمین رقم زده تا مقدار ۱۴ میلیون و ۸۲۲ هزار و ۹۳۰ هکتار ردپا در سال ۱۳۸۰ به مقدار ۱۷ میلیون و ۱۶۷ هزار و ۸۵۳ در سال ۱۳۸۵ برسد. این افزایش تقاضا برای زمین صنعتی، جنگل و مرتع بوده و در حوزه زمین کشاورزی کاهش را نشان می‌دهد. برای ردپای بوم‌شناختی بخش واردات زمین به کار رفته در تولید کالاهای واسطه، افزایش ۲۴ درصدی حاصل شده که ناشی از کاهش کاربری زمین کشاورزی و جنگل و افزایش قابل توجه کاربری مراتع و زمین صنعتی است. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، ردپای بوم‌شناختی جنگل به کار رفته در تولید کالاهای صادراتی افزایش یافته، این مطلب با توجه به کاهش ردپای بوم‌شناختی جنگل در بخش واردات حاکی از هجوم تقاضای این نوع زمین حاصلخیز از سوی خارجیان معطوف به جنگل‌های کشور است.

مقایسه ردپای بوم‌شناختی زمین به کار رفته در کالای صادراتی و وارداتی نشان می‌دهد، ایران در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ کسری تجاری بوم‌شناختی دارد، البته مقدار آن از ۱۴ میلیون و ۲۵۳ هزار و ۳۳۴ هکتار به ۱۱ میلیون و ۲۱۶ هزار و ۸۸۷ هکتار افزایش یافته، این کسری نشان می‌دهد که ایران بیش از آنکه از زمین خارج از قلمرو خود بهره‌مند شود، خارجیان را در بهره‌برداری از زمین‌های حاصلخیز خود شریک کرده است. حال آنکه این زمین‌ها برای چه نوع محصولاتی به کار می‌رود، قابل تأمل بوده، چرا که کشور ایران همواره با مشکل کم‌آبی و کمبود خاک حاصلخیز مواجه بوده و این استفاده بی‌رویه و روزافزون از خاک حاصلخیز در آینده‌ای نه چندان دور کشور را به بحران‌های زیست‌محیطی و فرسایش خاک سوق می‌دهد.

ردپای بوم‌شناختی کل زمین کشور، در سال ۱۳۸۰، ۱۴۲ میلیون و ۵۷۷ هزار و ۴۳۵ هکتار و مقدار سرانه آن ۲/۱۸ است. ۸۰ درصد این نیاز از سوی زمین داخلی تأمین و بقیه نیاز در قالب کالا و خدمات واردات توسط زمین‌های خارجی تأمین شده است. ردپای کل با کاهش یک درصدی در سال ۱۳۸۵ به ۱۴۱ میلیون و ۴۹۲ هزار و ۸۹۹ هکتار در سال ۱۳۸۵ رسیده و مقدار سرانه ۲/۱۷ است. براساس آمار، سهم زمین داخلی در تأمین تقاضای زمین در این سال تا ۷۷ درصد کاهش یافته است.

همان‌طور که پیشتر اشاره شد، مقایسه ردپای بوم‌شناختی با ظرفیت زیستی، شاخصی است که وضعیت منطقه مورد مطالعه را به لحاظ پایداری مصرف منابع طبیعی می‌سنجد. از آنجا که در قالب جدول داده-ستانده نمی‌توان ظرفیت زیستی را محاسبه کرد، بنابراین، مقدار سرانه آن در سطح کلان بر اساس اطلاعات ردپای ملی (گزارش سیاره زندگی) استخراج می‌شود که به ترتیب ۰/۷ و ۱ هکتار است.

مقایسه ظرفیت زیستی سرانه با مقدار ردپای بوم‌شناختی سرانه ایران در سال ۱۳۸۰ نشان می‌دهد، کشور معادل ۱/۵ هکتار جهانی کسری بوم‌شناختی دارد، این کسری در سال ۱۳۸۵ کمتر شده، چرا که ایران به طور همزمان شاهد کاهش ردپای بوم‌شناختی سرانه و افزایش ظرفیت زیستی سرانه - که می‌تواند ناشی از تغییر کاربری زمین و یا تغییر بازدهی زمین باشد- بود، این کاهش به ۱/۱۷ هکتار جهانی رسید.

مقایسه ردپای بوم‌شناختی زمین سال ۱۳۸۰ به دست آمده در این پژوهش که بر مبنای الگوی داده-ستانده است، با نتیجه مطالعه سرایی و عبدالحمید زارعی (۱۳۹۰) که ماهیت کلان دارد، نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد و سرانه ردپای بوم‌شناختی زمین در این پژوهش ۰/۲۲ هکتار کمتر است. البته، دلیل این اختلاف می‌تواند علاوه تفاوت روش محاسبه، به دلیل استفاده از پایگاه داده‌های متفاوت نیز باشد.

۶. نتیجه‌گیری

در این پژوهش تلاش کردیم، ضمن معرفی شاخص ردپای بوم‌شناختی، ردپای بوم‌شناختی زمین را با استفاده از جدول داده-ستانده سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی ایران محاسبه کنیم. براساس نتایج، در سال ۱۳۸۰ سهم هر فرد ساکن ایران از زمین‌های حاصلخیز داخل ایران ۰/۷ هکتار است، این در حالی است که برای تولید کالا و خدمات مصرف‌شده توسط هر ایرانی، معادل ۲/۱۸ هکتار زمین به کار رفته است. با توجه به میزان مساحت گسترده و وسیع مراتع در سطح کشور، بخش قابل توجهی از این زمین‌های به کار رفته در فرآیند تولید، از این نوع زمین تشکیل می‌شود. همچنین، پس از مراتع، زمین کشاورزی و جنگل‌ها بیشترین سهم را در تأمین زمین‌های مورد نیاز داشتند. مقایسه ردپای بوم‌شناختی و ظرفیت زیستی کشور در سال ۱۳۸۰ نشان می‌دهد، هر فرد ساکن در دورن مرزهای جغرافیایی ایران تقریباً ۱/۵ هکتار بیش از سهم واقعی خود از زمین‌های حاصلخیز سطح کشور استفاده

کرده و از این نظر کشور برای تأمین تقاضای این افراد با کسری بوم‌شناختی مواجه شده است، یعنی استفاده از زمین باید بیش از توانایی زمین برای بازتولید منابع طبیعی باشد. افزون بر این، نتایج بررسی آمار سال ۱۳۸۵ نشان می‌دهد، هرچند ایران همچنان با مسأله کسری بوم‌شناختی دست به گریبان است، اما مقدار آن کاهش یافته است. این کاهش مقدار کسری بوم‌شناختی می‌تواند ناشی از دلایل متفاوتی مانند افزایش جمعیت کشور و تغییر کاربری زمین داشته باشد. در واقع، کسری بوم‌شناختی اشاره به این امر دارد که کشور همچنان از مسیر توسعه پایدار خارج است و از زمین بیش از توانایی آن برای بازتولید منابع و جذب ضایعات استفاده می‌کند. این استفاده ناپایدار در شرایطی است که ایران به عنوان کشوری کم آب ممکن است خیلی زودتر از پیش‌بینی‌ها، با از دست دادن زمین‌های حاصلخیز خود، درگیر بحران‌های زیست محیطی شود.

با استفاده از نتایج این پژوهش، راهکارهای زیر را برای بهره‌برداری بهینه از زمین‌های کشور پیشنهاد می‌کنیم:

۱. **اصلاح الگوهای کشاورزی:** تقاضای بخش کشاورزی، به عنوان یکی از حساس‌ترین بخش‌های مشترک اقتصاد و محیط‌زیست، پس از ازدیاد جمعیت، افزایش یافته، بر همین اساس مقدار کم زمین‌های کشاورزی دیگر پاسخگوی تقاضای پیش‌آمده نیست و این امر به تغییر کاربری مراتع منجر شده، به طوری که مراتع زیادی با تغییر کاربری، به عنوان زمین کشاورزی مورد بهره‌برداری قرار گرفته، بدین شکل مقدار مساحت زمین‌های کشاورزی به طور چشمگیری افزایش یافته است. ادامه چنین روند تغییر کاربری زمین، کشور را در آینده با فرسایش خاک مواجه می‌کند، بنابراین انتظار می‌رود مسئولان برای حفظ کیفیت خاک زمین‌های کشاورزی، ضمن اصلاح شیوه‌های مدیریتی تغییر کاربری زمین، بخشی از این تقاضا را از طریق واردات تأمین کند و یا اینکه حجم صادرات محصولات کشاورزی را بکاهد. راهکارهای دیگر پیشنهادی می‌تواند تغییر شیوه‌های کشاورزی باشد که از طریق تغییر ساختار ژنتیک دانه گیاهی، هدایت آن به سمت کشاورزی ارگانیک و یا بهره‌گیری از تکنولوژی دوستدار محیط‌زیست در این صنعت، فرسایش خاک را حداقل کند.

۲. شاخص‌سازی برای تراز تجاری بوم‌شناختی: ضمن ارزیابی تراز تجاری اقتصادی، تراز تجاری بوم‌شناختی نیز باید مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرد. مثلاً برخی از صنایع آلاینده‌اند و معمولاً کشورهای صنعتی درصددند، محصولات این صنایع را از طریق واردات از کشورهای دیگر تأمین کرده و بدین صورت اثرات جانبی تولید این محصولات را که به پیامدهای زیست‌محیطی منفی مانند آلودگی خاک یا تغییر کاربری زمین منجر می‌شود، به کشور مبدأ واگذار کنند.
۳. تحقق عدالت بین نسلی: همان‌طور که مشاهده شده است، با ترکیب ردپای بوم‌شناختی با جدول داده-ستانده مشخص شد، هر بخش چه میزان زمین بر است. با هر بار تهیه و تدوین جدول داده-ستانده، محاسبه شاخص می‌تواند با اطلاعات به‌روزتر و معتبرتر سیاست‌گذاران را در جهت کاربری و تخصیص درست و حفظ زمین مانند محدود کردن فعالیت‌های زمین‌بر و آلاینده یاری کند، بدین ترتیب عدالت بین نسلی به عنوان یکی از اهداف توسعه پایدار محقق شود. همچنین، ادغام این شاخص با سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند در تدوین برنامه آمایش سرزمین به کار رفته و رویکرد بهتری از تغییر کاربری زمین ارائه دهد.

۷. منابع

- آل یاسین، احمد. (۱۳۸۶). تقابل منابع سیاره زمین با الگوهای توسعه و مصرف. انتشارات دانشگاه تهران، جامعه مهندسان مشاور ایران.
- بانویی، علی اصغر. (۱۳۹۱). ارزیابی شقوق مختلف نحوه منظور کردن واردات و روش‌های تفکیک آن با تأکید بر جدول متقارن سال ۱۳۸۰. فصلنامه سیاست‌گذاری اقتصادی، شماره ۸، صص ۷۴-۳۱.
- بانویی، علی اصغر؛ بزازان، فاطمه، میرزایی و کرمی، مهدی. (۱۳۹۱). سنجش اهمیت بخش‌های اقتصاد منطقه‌ای بر مبنای پیوندهای فضایی: مطالعه موردی استان گلستان. پژوهشنامه علوم اقتصادی، شماره ۱۱، صص ۶۰-۳۵.
- پاشا زانوس، پگاه؛ بانویی، علی اصغر و بهرامی، جاوید. (۱۳۹۱). تحلیل‌های سیاستی نقش واردات در سنجش اهمیت بخش‌های اقتصاد ایران. پژوهشنامه بازرگانی (زیر چاپ).

- حسین‌زاده دلیر، کریم و ساسان‌پور، فرزانه. (۱۳۸۵). روش چاپای اکولوژیکال (بوم‌شناختی) در پایداری کلانشهرها با نگرشی بر کلانشهر تهران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۳ (پیاپی ۸۲)، صص ۱۰۱-۸۳.
- رضوانی، محمدرضا؛ سلمانی، محمد؛ قنبری‌نسب، علی و باغبانی، حمیدرضا. (۱۳۸۹). چاپای بوم‌شناختی؛ رویکردی نو برای سنجش اثرات زیست‌محیطی (مفهوم، کاربرد و سنجش آن)، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۰، زمستان، صص ۱۶۶-۱۴۵.
- سرایی، محمدحسین و عبدالحمید زارعی، فرشاد. (۱۳۹۰). بررسی پایداری منابع بوم‌شناختی با استفاده از شاخص جای پای بوم‌شناسی: مورد ایران. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیست و دوم، شماره یک (پیاپی)، صص ۹۷-۱۰۶.
- صمدپور، پریمه و فریادی، شهرزاد. (۱۳۷۸)، تعیین ردپای اکولوژیکی در نواحی شهری پرتراکم و بلندمرتبه (نمونه مورد مطالعاتی: محله الهیه تهران). مجله محیط‌شناسی، سال سی و چهارم، شماره ۴۵، صص ۷۲-۶۳.
- عربی یزدی، اعظم؛ علیزاده، امین و محمدیان، فرشاد. (۱۳۸۸). بررسی ردپای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). شماره ۴. صص ۱-۱۵.
- مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. (۱۳۹۰). ارزیابی روش‌های جاری کشور در تفکیک انواع واردات با توجه به نتایج جدول داده-ستانده و مشاهدات اقتصاد کلان. شماره مسلسل ۱۲۱۶۷.
- مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. (۱۳۹۱). پایه‌های آماری بهنگام‌سازی جدول داده-ستانده برای سال ۱۳۸۵. شماره مسلسل ۱۲۴۵۳.
- وزارت جهاد کشاورزی. (۱۳۸۱). آمارنامه کشاورزی: سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور برنامه‌ریزی، اقتصادی و بین‌المللی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.
- وزارت جهاد کشاورزی. (۱۳۸۶). آمارنامه کشاورزی: سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور برنامه‌ریزی، اقتصادی و بین‌المللی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.
- وزارت صنعت، معدن و تجارت. (۱۳۸۱). عملکرد تفصیلی صنعت و معدن ۱۳۸۰. تهیه شده توسط معاونت برنامه‌ریزی، توسعه و فناوری، دفتر آمار و اطلاع‌رسانی.
- وزارت صنعت، معدن و تجارت (۱۳۸۶). عملکرد تفصیلی صنعت و معدن ۱۳۸۵. تهیه شده توسط معاونت برنامه‌ریزی، توسعه و فناوری، دفتر آمار و اطلاع‌رسانی.

- Brundtland Report. Report on the World Commission on Environment and Development. United Nations General Assembly Resolution 42/187. 11 December 1987.
- Bicknell, K.B., Ball, R.J., Cullen, R. & Bigsby, 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. pp:149-160.
- Daily, G. & Ehrlich, P.(1992).Population, Sustainability and the Earth's Carrying Capacity. *Bioscience*. Vol. 42 No. 10.pp: 761-771.
- Dietzenbacher, E. (2011). A Correct Method to Determine the Factor Content of Trade.19th International IO conference, Alexandria, U.S.A, 13-17 June.
- Ferng, J.(2001). Using Composition of Land Multiplier to Estimate Ecological Footprints Associated with Production Activity. *Ecological Economics*, No 37. pp: 159-172.
- Gilman, R.(1996). Sustainability.URL.:<http://www.context.org/ICLIB/DEFS/AIADef.htm>.
- Hubacek, K. & Giljum, S. (2003). Applying Physical Input-Output Analysis to Estimate Land Appropriation (Ecological Footprint) of International Trade Activities. *Ecological Economics*, Vol 44. pp: 137-151.
- Hubacek, K. & Sun, L. (2001). A Scenario Analysis of China's Land and Land Cover Change: Incorporating Biophysical Information into Input-Output Modeling. *Structural Change and Economic Dynamics*. NO. 12. pp: 367-397.
- Human Development Report 2011. <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2011/download/>
- Lenzen, M. & Murray, S. (2001). A Modified Ecological Footprint Method and its Application to Australia .*Ecological Economics*, No 37. pp: 229-255.
- Lenzen, M. & Murray, S. (2003). The Ecological Footprint - Issues and Trends. ISA Research Paper 01-03. The University of Sydney.
- Living Planet Report 2008 (2009). Gland: WWF International.
- McDonald, G. W.& Patterson M. G.(2004).Ecological Footprints and Interdependencies of New Zealand Regions. *Ecological Economics* .No. 50. pp:49- 67.
- Monfreda, C., Wackernagel, M.& Deumling, D.(2004).Establishing National Natural Capital Accounts Based on Detailed Ecological Footprint and Biological Capacity Assessments. *Land Use Policy* 21(3). pp: 231-246.

- Pei, J. Oosterhaven, J. & Dietzenbacher, E. (2012). How Much Do Exports Contribute to China's Income Growth. *Economic Systems research* . Vol 24. No. 3. pp: 275-284.
- Rees, W. E.(1992). *Ecological Footprints & Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves out*. *Environment & Urbanization*. Vol 4. No. 2. pp: 120-130.
- Rees, W. (1996). *Revisiting Carrying Capacity: Area-based Indicators of Sustainability*. *Population & Environment*. Vol. 17. pp: 195-215.
- Rees, W. E.(2012). *Ecological Footprint, Concept of*. Chapter in 'Encyclopedia of Biodiversity' (2nd Ed). Published by Academic Press, San Diego.
- Suh, S. (2004). *A Note on the Calculus for Physical Input-Output Analysis & Its Application to Land Appropriation of International Trade Activities*. *Ecological Economics*, Vol 48. pp: 9-17.
- United Nations Conference on Environment and Development (UNCED): *The Earth Summit*. June 3-14 1992. Rio de Janeiro, United Nations.
- 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.
- Wackernagel, M. & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, BC and Philadelphia, PA.
- Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Linares, A. C., Falfan, I. L., Garcia, J. M., Guerrero, A. S. & Guerrero, G. S.(1999). *National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept*. *Ecological Economics*, No. 29. pp: 375-390.
- Wiedmann, T., Minx, J., Barrett J. & Wackernagel, M. (2006). *Allocating Ecological Footprints to Final Consumption Categories with Input-Output Analysis*. *Ecological Economics*. No. 56. pp: 28-48.
- سایت شرکت مادر تخصصی عمران و بهسازی شهری ایران، وزارت راه و شهرسازی؛
<http://www.udro.org.ir/>
- سایت سازمان نظام مهندسی معدن؛ <http://www.ime.org.ir>
- سایت شبکه ردپای جهانی؛ <http://www.footprintnetwork.org>