نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۱۰۵۰-۱۰۳۵

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 4, Winter 2019, p. 1035-1050

روند تغییرات زمانی ردپای اکولوژیکی غذا در ایران و ارزیابی سناریوهای آینده

مهدی نصیری محلاتی[1*]، علیرضا کوچکی[1] و سرور خرم‌دل[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۱۲

نصیری محلاتی، م.، کوچکی، ع.، و خرم دل، س. ۱۳۹۷. روند تغییرات زمانی ردپای اکولوژیکی غذا در ایران و ارزیابی سناریوهای آینده. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۰۵۰-۱۰۳۵.

چکیده

در این پژوهش روند تغییرات ردپای اکولوژیکی غذا و کل، ظرفیت زیستی و کمبود اکولوژیکی ایران در فاصله سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۰ شمسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و بر اساس روندهای بدست آمده مقدار این شاخص‌ها برای سال ۱۴۰۴ شمسی پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد که ردپای کل و ردپای غذای کشور در طی دوره مطالعه به ترتیب به میزان ۳/۳ و ۲/۹ درصد در سال افزایش یافته و با تداوم این روند تا سال ۱۴۰۴ شمسی به‌ترتیب به ۳/۳۴ و ۱/۰۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر خواهند رسید. ظرفیت زیستی کشور در سال ۱۳۹۲ معادل ۰/۸۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بدست آمد که کمتر از ظرفیت زیستی جهان (۱/۸ هکتار جهانی بر نفر) و میانگین خاورمیانه و آسیای مرکزی (۰/۹۲ هکتار جهانی بر نفر) می‌باشد. از کل ظرفیت زیستی کشور ۴۷٪ مربوط به اراضی زراعی و ۳۰ درصد مربوط به جنگل‌ها و مراتع می‌باشد. تغییرات زمانی ظرفیت زیستی کشور روندی افزایشی با شیبی اندک دارد و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۴۰۴ شمسی به ۰/۸۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برسد. کمبود اکولوژیکی کشور (تفاضل ردپای اکولوژیکی از ظرفیت زیستی) که در سال ۱۳۷۰ معادل ۰/۷ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بوده با رشد سالانه ۵/۹ درصدی در سال ۱۳۹۲ شمسی به ۱/۹ هکتار جهانی رسید و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۴۰۴ شمسی به ۲/۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر افزایش یابد. تعادل بین میزان مصرف و تولید مواد غذایی و ردپای غذای کشور در سال ۱۴۰۴ شمسی بر اساس چهار سناریو مبتنی بر مقادیر مختلف مصرف فرآورده‌های دامی (گوشت و لبنیات) مورد ارزیابی قرار گرفت. در تمامی سناریوها با افزایش مصرف فرآورده‌های دامی عدم تعادل بین تولید و مصرف شدیدتر شد و در نتیجه شاخص خودکفایی غذایی کشور کاهش و ردپای غذا افزایش یافت. نتایج نشان داد که افزایش کارآیی مصرف منابع (آب و نیتروژن) به میزان ۲۰٪ نسبت به مقدار فعلی باعث بهبود شاخص خود کفایی شده و ردپای اکولوژیکی غذا را در کلیه سناریوهای آینده به میزان قابل توجهی کاهش خواهد داد.

واژه‌های کلیدی: خودکفایی غذایی، ضریب جینی، ظرفیت زیستی، کمبود اکولوژیکی

مقدمه

در طی سه دهه گذشته تقاضای روز افزون انسان برای غذا و سایر خدمات و بهره‌برداری شدید از منابع طبیعی پیآمدهای اکولوژیکی نگران‌کننده‌ای را به همراه داشته است (Moore et al., 2012). تیلمن و همکاران (Tilman et al., 2001) نشان دادند که چنان‌چه استفاده انسان از منابع طبیعی با روند فعلی ادامه یابد تا سال ۲۰۵۰ میلادی باید 10^9 هکتار از اکوسیستم‌های طبیعی جهان به زمین زراعی تبدیل شود. در این راستا محققین بدنبال دستیابی به معیارهایی برای ارزیابی شدت بهره‌برداری از منابع و ارتباط آن با پایداری بوم‌نظام‌ها در مقیاس ملی و جهانی هستند. از میان معیارهای مختلفی که به این منظور ارائه شده دو شاخص بیش از بقیه مورد توجه قرار گرفته است: زوال تنوع زیستی که بر اساس شدت از بین رفتن غنای گونه‌ای ارزیابی می‌گردد و شدت بهره‌برداری از منابع طبیعی جهان که با شاخصی موسوم به ردپای اکولوژیکی[2] سنجیده می‌شود (Wackernagel et al., 2004). ردپای اکولوژیکی هر فرد یا جمعیت مقدار کل مساحت مورد نیاز برای تأمین غذا و پوشاک، ساخت و ساز (مسکن، جاده، صنعت) و جذب ضایعات حاصل از فعالیت‌های آن جمعیت می‌باشد که بر حسب هکتار به ازاء هر نفر بیان می‌شود (Wackernagel & Yount, 2000). بر اساس گزارش صندوق

۱ و ۲- به ترتیب استاد و دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: mnassiri@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i4.40525

2- Ecological footprint

www.SID.ir

Archive of SID

حمایت از حیات وحش (WWF, 2012) ردپای اکولوژیکی جهان در سال ۲۰۱۰ برابر ۱۸/۲ میلیارد هکتار جهانی بوده است که مقدار سرانه آن ۲/۷ هکتار جهانی به ازاء هر نفر می‌باشد.

از سوی دیگر، ظرفیت زیستی[1] مفهوم دیگری است که همراه با ردپای اکولوژیکی ابزاری برای شناخت پایداری اکوسیستم‌ها می‌باشد. ظرفیت زیستی عبارتست از مجموع مساحت اراضی یک منطقه جغرافیایی که از نظر تولید بیوماس و جذب ضایعات قابلیت مطلوبی داشته باشد (Kitzes & Wackernagel, 2009). بر اساس این تعریف بیابان‌ها و کویرها و اراضی غیربارور فاقد ظرفیت زیستی می‌باشند، بنابراین، ظرفیت زیستی یک کشور الزاماً معادل مساحت واقعی آن نخواهد بود (Wackernagel & Silverstein, 2000). بر اساس گزارش WWF در سال ۲۰۱۰ میلادی ظرفیت زیستی جهان معادل ۱۲ میلیارد هکتار جهانی بوده است که با احتساب جمعیت جهان در این سال، مقدار سرانه آن ۱/۸ هکتار جهانی می‌باشد (WWF, 2012). بطور کلی، اگر ردپای اکولوژیکی بزرگتر از ظرفیت زیستی باشد، کمبود اکولوژیکی[2] و اگر کوچکتر از ظرفیت زیستی باشد باقیمانده اکولوژیکی[3] ایجاد می‌شود (Siche et al., 2008). بر اساس گزارش WWF، این تفاوت برای سال ۲۰۱۰ میلادی در حدود ۰/۹+ هکتار جهانی بوده است. به عبارت دیگر، مقدار زمین لازم برای تأمین نیازهای حیاتی هر فرد ۰/۹ هکتار بیشتر از سرانه ظرفیت زیستی جهان بوده است، در نتیجه برای تأمین نیازهای جمعیت جهان به سیاره‌ای ۵۰ درصد بزرگتر از زمین نیاز است. این کمبود را در مقیاس زمانی نیز می‌توان توصیف کرد، بدین صورت که به ازای هر سال بهره‌برداری از منابع جهان با شدت فعلی، کره زمین به ۱/۵ سال زمان نیاز دارد تا منابع قابل تجدید مصرف شده بوسیله مردم جهان را بازسازی کرده و دی اکسیدکربن حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی را ترسیب کند (Butchart et al., 2010).

محاسبه ردپای اکولوژیکی همراه با ظرفیت زیستی اطلاعات مفیدی را در مورد شدت بهره‌برداری از منابع و وضعیت پایداری محیطی فراهم می‌سازد (Kissinger & Rees, 2010) و از این‌رو، در طی دو دهه اخیر موضوع بسیاری از مطالعات بوده است. بوچارت و همکاران (Butchart et al., 2010) و کیتزس و همکاران (Kitzes et al., 2008) ردپای اکولوژی را در مقیاس جهانی برآورد کرده و وضعیت پایداری بوم‌نظام‌ها را مورد بررسی قرار دادند و شبکه جهانی ردپا نیز اطلس ردپای اکولوژیکی را تدوین کرده است (Ewing et al., 2009).

فان فورن و سمیتس (van Vuuren & Smeets, 2000) ردپای اکولوژیکی کشورهای بنین، بوتان و کاستاریکا را محاسبه و با کشور هلند مقایسه کردند. باگلیانی و همکاران (Bagliani et al., 2008) پایداری محیطی استان سیه نا در کشور ایتالیا را با محاسبه ردپای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی و با تغییر مقیاس از کل استان به شهرستان‌ها و سپس به روستاها مطالعه کرده و نشان دادند که کمبود اکولوژیکی این استان تنها ۰/۰۶ هکتار جهانی به ازای هر نفر بوده و توزیع مکانی آن با تغییر مقیاس از روستاها به کل استان تغییر نمی‌کند. نتایج این تحقیق نشان داد که ۳۳/۸ درصد از ردپا مربوط به تولید غذا می‌باشد.

فلینت (Flint, 2001) ردپای اکولوژیکی دانشگاه نیوکاسل در کشور استرالیا را محاسبه کرده و نشان داد که مساحت اراضی لازم برای تأمین نیازها و دفع ضایعات در این دانشگاه ۲۶ برابر کل مساحت پردیس دانشگاهی است. در این مطالعه اراضی لازم برای دفع ضایعات بیشترین سهم را در ردپای اکولوژیکی دانشجویان داشت. لی و همکاران (Li et al., 2008) نیز مجموعه دانشگاهی شمال شرقی چین را بررسی کردند، نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که ردپای سرانه دانشجویان این دانشگاه در حدود ۵۰ برابر بیشتر از مساحت واقعی موجود برای هر نفر است. به علاوه، در این دانشگاه نیز زمین لازم برای دفع ضایعات مهمترین جزء ردپای اکولوژیکی بود.

مرور این مطالعات نشان می‌دهد که محاسبه ردپای اکولوژیکی در مقیاس‌های مختلف از کل جهان، تا یک کشور و حتی یک مجموعه آموزشی امکان‌پذیر بوده و در هر مورد اطلاعات مفیدی را درباره پایداری محیطی منطقه مورد بررسی فراهم می‌سازد. بخش عمده پژوهش‌های مربوط به ردپای اکولوژیکی در آمریکای شمالی، اروپا و کانادا انجام شده و نتایج انتشار یافته در مورد کشورهای در حال توسعه نسبتا اندک می‌باشد و در کشور ایران نیز مطالعاتی جامعی در این زمینه صورت نگرفته است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) با تجزیه و تحلیل وضعیت تولید و مصرف مواد غذایی در کشور ردپای غذای ایران را معادل ۰/۸۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برآورد کردند و نشان دادند که گوشت و لبنیات بیشترین سهم را در این ردپا به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به اهمیت موضوع هدف از اجرای این پژوهش برآورد ظرفیت زیستی و کمبود اکولوژیکی کشور، ارزیابی روند تغییرات زمانی این شاخص‌ها و بررسی وضعیت آینده ردپای غذای ایران در ارتباط با الگوهای مختلف مصرف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منابع داده‌ها: اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه ردپای اکولوژیکی غذا در ایران شامل میزان تولید، واردات و صادرات غلات، روغن، حبوبات، شیر و لبنیات، گوشت و سایر گروه‌های مواد غذایی از پایگاه وزارت جهاد کشاورزی، وزارت بازرگانی، معاونت برنامه‌ریزی

1- Biocapacity
2- Ecological deficit
3- Ecological reminder

www.SID.ir

Archive of SID

استانداری و نیز آمار و اسناد انتشار یافته در بانک‌های اطلاعاتی کشور جمع‌آوری شد.

محاسبه ردپای اکولوژیکی غذا: روش محاسبه ردپای اکولوژیکی توسط محققین مختلف توصیف شده است (برای مثال، اوینگ و و همکاران (Ewing et al., 2010) و کیتزس و همکاران (Kitzes et al., 2009). در این مطالعه ردپای اکولوژیکی غذای کشور به‌ترتیبی که کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) ارائه کردند برآورد گردید. بطور خلاصه، ردپای غذا شامل مجموع مساحت لازم برای تأمین نیاز مصرفی هر یک از گروه‌های مواد غذایی بر حسب هکتار جهانی است. هر هکتار جهانی مساحتی از اراضی است که عملکرد آن معادل میانگین عملکرد اراضی جهان باشد (Monfreda et al., 2004). بدیهی است که قابلیت تولید اراضی مختلف با هم یکسان نبوده و در نتیجه مساحت آنها قابل مقایسه نمی‌باشد. برای رفع این مشکل مساحت محاسبه شده برای هر نوع محصول باید به واحد هکتار جهانی تبدیل شود. این عمل یعنی معادل‌سازی مساحت اراضی با استفاده از ضرایب تبدیل[1] (f_e) مربوط به هر نوع کاربری زمین انجام شد، (Hails et al., 2006). به این ترتیب، ردپای اکولوژیکی غذا از معادله (۱) محاسبه شد:

$$EF = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{C_i}{Y_i} \times f_{e,i}\right) \qquad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، EF: ردپای اکولوژیکی غذا (هکتار جهانی) تعداد گروه‌های مواد غذایی (غلات، گوشت، لبنیات و غیره)، C_i: میزان مصرف محصول i (تن)، Y_i: میانگین جهانی عملکرد محصول i (تن در هکتار) و $f_{e,i}$: ضریب تبدیل محصول i (هکتار جهانی بر هکتار) می‌باشد. میزان مصرف هر گروه از محصولات غذایی (C_i) معادل مجموع تولید و واردات منهای صادرات آن محصول است. در معادله ۱ جملات داخل پرانتز ردپای مربوط به هرگروه مواد غذایی است و با تقسیم کردن آن بر جمعیت کشور ردپای سرانه (هکتار جهانی بر نفر) برآورد شد.

محاسبه ظرفیت زیستی: ظرفیت زیستی برابر است با مجموع اراضی کشور (آبی و خشکی) که دارای توانایی تولید بیولوژیکی بوده و در تولید یا دفع ضایعات بطور مطلوبی قابل استفاده باشند (Kitzes & Wackernagel, 2009). این اراضی ممکن است جنگل، مرتع، زمین زراعی و دریا باشند. بنابراین، ظرفیت زیستی برابر است با مجموع مساحت اراضی فوق بر حسب هکتار جهانی (معادله ۲) به صورت زیر محاسبه شد:

$$BC = \sum_{i=1}^{n} a_i \times f_{e,i} \times f_{y,i} \qquad \text{معادله (۲)}$$

که در آن، BC: ظرفیت زیستی کشور (هکتار جهانی)، a_i: مساحت هر یک از انواع اراضی بر حسب هکتار (برای مثال، جنگل یا مرتع)، $f_{e,i}$: ضریب تبدیل مساحت اراضی به هکتار جهانی و $f_{y,i}$: ضریب عملکرد مربوط به هر نوع از اراضی می‌باشد. لازم به ذکر است که ضریب عملکرد نسبت عملکرد محصول تولید شده در هر نوع از اراضی در کشور (Y_L) به میانگین عملکرد جهانی آن (Y_G) است ($f_{y,i} = \frac{Y_L}{Y_G}$). در محاسبات از کل ظرفیت زیستی مساحتی معادل ۱۲ درصد برای حفظ تنوع زیستی کسر شده و باقیمانده به عنوان ظرفیت زیستی واقعی در نظر گرفته می‌شود (Wackernagel & Rees, 1996). با تقسیم کردن ظرفیت زیستی کشور بر جمعیت، ظرفیت زیستی سرانه (هکتار جهانی بر نفر) بدست می‌آید.

سناریوهای آینده: بررسی وضعیت مصرف و ردپای غذایی کشور در آینده بر اساس سناریوهای CERES انجام شد. این سناریوها شامل چهار گروه است که وضعیت آینده را بر اساس الگوی رشد جمعیت، توسعه اقتصادی، اجتماعی و تکنولوژیکی، تغییرات محیطی و ابعاد سیاسی توصیف می‌کند. مسلم است که همه احتمالات ممکن در آنها لحاظ نشده است، ولی در مجموع پوشش قابل قبولی از شرایط آینده را ارائه می‌دهند (Ferng, 2002). خلاصه وضعیت پیش‌بینی شده در این سناریوها بصورت زیر است (IMAGE team, 2001):

A_1b: رشد سریع اقتصاد و تکنولوژی و رشد کند جمعیت. مصرف بیشتر گوشت به دلیل بالا رفتن درآمد سرانه، افزایش بهره‌وری در کشاورزی، افزایش چشمگیر تولید غلات و علوفه.

A_2: رشد اقتصادی و تکنولوژیکی نسبتاً کند، درآمد سرانه کم و رشد زیاد جمعیت، افزایش اندک مصرف گوشت و تولید غلات و علوفه.

B_1: تأکید بر توسعه پایدار، رشد تکنولوژی زیاد، درآمد سرانه زیاد و رشد نسبتا کند جمعیت، مصرف بیشتر گوشت و افزایش تولید غلات و علوفه ولی کمتر از A_1b.

B_2: تداوم وضع فعلی در رشد تکنولوژی و درآمد سرانه، رشد جمعیت زیاد ولی کمتر از A_2، افزایش مصرف گوشت و تولید غلات و علوفه در حد متوسط. در واقع، این سناریو در نقطه میانی سناریوهای قبلی قرار دارد.

بطور کلی، در این سناریوها وضعیت غذا در آینده بر اساس میزان مصرف فرآورده‌های دامی (گوشت و لبنیات) توصیف شده است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2019) نیز با ارزیابی ردپای اکولوژیکی غذا در ایران نشان دادند که در حدود ۴۸ درصد ردپای غذای کشور مربوط به گوشت و لبنیات می‌باشد و در نتیجه تغییر در میزان مصرف این گروه غذایی بشدت بر ردپا تأثیر خواهد گذاشت. بنابراین، در این پژوهش افزایش میزان مصرف فرآورده‌های دامی بر

1- Equivalence factor

www.SID.ir

Archive of SID

اساس سناریوهای استاندارد جهانی به عنوان مبنایی برای محاسبه ردپای غذای کشور در آینده بکار گرفته شد.

بر اساس سناریوهای CERES میانگین جهانی سهم فرآورده‌های دامی (گوشت و لبنیات) از کل غذای مصرفی در حال حاضر ۱۶ و در خاورمیانه ۱۱ درصد است و میزان رشد آن نسبت به سال ۲۰۰۰ میلادی طی ۲۵ سال در A_1b معادل ۲۷ درصد، در A_2 معادل ۲۱ درصد، در B_1 برابر با ۲۲ درصد و در B_2 برابر با ۲۵ درصد بوده و برای خاورمیانه در سناریوهای فوق به ترتیب ۲۹، ۱۸، ۲۲ و ۲۶ درصد می‌باشد (IMAGE team, 2001). در حال حاضر، میانگین سهم این مواد در ایران معادل ۱۵/۷ درصد کل غذای مصرفی می‌باشد (Koocheki et al., 2019) که به مراتب بیشتر از خاورمیانه بوده و تقریباً مشابه میانگین جهان است. با این وجود محاسبه تغییرات ردپای غذای کشور بر اساس الگوی پیش‌بینی شده مصرف فرآورده‌های دامی در خاورمیانه نسبت به شرایط فعلی انجام شد.

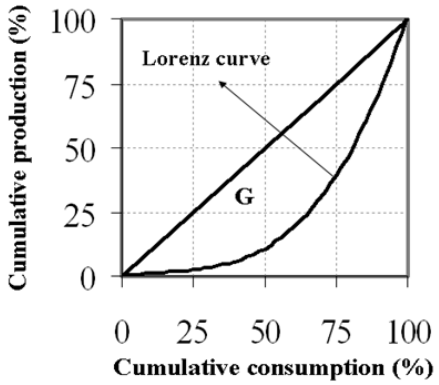
بطور کلی، ردپای غذا نحت تأثیر سه عامل الگوی مصرف، اندازه جمعیت و کارآیی استفاده از منابع قرار دارد (Wackernagel et al., 2004). در این مطالعه تأثیر میزان مصرف بر ردپا بر اساس سناریوهای فوق و برای جمعیت کشور در سال ۱۴۰۴ شمسی (۲۰۲۵ میلادی) در محاسبات منظور شد. به علاوه کارآیی استفاده از آب و نیتروژن در دو حالت شامل تداوم تولید با کارآیی فعلی و افزایش آن به میزان ۲۰ درصد در محاسبه ردپای غذا لحاظ گردید.

تغییر الگوی مصرف غذا از مصرف مستقیم غلات به فرآورده‌های دامی به نوبه خود باعث افزایش مصرف غیرمستقیم غلات شده و تعادل فعلی بین تولید و مصرف و به بیان دیگر، خودکفایی کشور را تحت تأثیر قرار خواهد داد. تعادل بین تولید و مصرف غذا در آینده با محاسبه ضریب جینی مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۱). نسبت سطح محصور بین منحنی و خط قطری به کل مساحت بین خط قطری و محورهای مختصات به ضریب جینی (G) موسوم است و مقدار آن که بین یک و صفر تغییر می‌کند، شدت انحراف از حالت تعادل را مشخص می‌سازد. چنانچه رابطه بین درصدهای تجمعی مصرف و تولید بصورت خط ۱:۱ (خط قطری) باشد، تعادل کامل بین این دو برقرار است و G برابر صفر خواهد بود. در صورت انحراف رابطه دو متغیر از خط قطری، مصرف با تولید متعادل نمی باشد در نتیجه مقدار G از صفر بیشتر شده و به سمت یک میل می‌کند. حداکثر عدم تعادل شرایطی خواهد بود که G برابر با ۱ شده و منحنی لورنز بر محورهای x و y منطبق شود.

نتایج و بحث

تغییرات زمانی ردپای اکولوژیکی

ردپای اکولوژیکی کشور در فاصله سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ میلادی (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ شمسی) به طور چشمگیری افزایش یافته و از ۱/۶ به ۲/۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر رسیده است (شکل ۲). این افزایش معادل ۰/۰۵۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر در سال (۳/۳ درصد در سال می‌باشد) و تداوم آن باعث خواهد شد تا ردپای اکولوژیکی کشور تا سال ۱۴۰۴ شمسی به ۳/۳۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برسد (شکل ۲). در طی این دوره ردپای غذای ایران نیز سالانه ۰/۰۱۶ هکتار جهانی به ازاء هر نفر افزایش یافت. در حال حاضر ۰/۸۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۴۰۴ به ۱/۰۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برسد (شکل ۲).



شکل ۱- منحنی لورنز و سطح محصور بین منحنی و خط قطری

ضریب جینی نسبت این سطح به کل مساحت بین خط قطری و محورهای x و y می‌باشد.

Fig. 1- Lorenz curve and area between curve and diagonal line

Gini coefficient is the ratio of this area and the total area between diagonal lines and coordinate lines.

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2019) نشان دادند که ردپای غذا در ایران حدود ۳۲ درصد از ردپای کل را شامل می‌شود، یافته‌های این تحقیق نیز نشان می‌دهد که این نسبت در طی دوره مطالعه تقریباً ثابت مانده است. بطور کلی، ردپای اکولوژیکی شامل سه جزء اصلی یعنی غذا، ساخت و ساز و ضایعات (معمولاً بر حسب کربن تولیدی محاسبه می‌شود) می‌باشد و ردپای غذا اراضی زراعی، مراتع، جنگل‌ها و آب‌های ماهیگیری را در بر می‌گیرد (Global Footprint Network, 2011). ساخت و ساز (مسکن، جاده‌ها و نظایر آن) سهم اندکی از ردپای کل بوده (کمتر از پنج درصد) و بنابراین، بخش عمده مساحت مورد نیاز برای تأمین نیازهای جوامع مربوط به زمین‌هایی می‌شودکه برای ترسیب کربن حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی لازم است و این مساحت اصطلاحاً ردپای کربن نامیده می‌شود (Gan et al., 2012). لازم به ذکر است که جنگل‌ها مهمترین سهم را در رپای کربن دارند و هر هکتار جهانی قادر است تا دی اکسید کربن حاصل از مصرف ۱۴۵۰ لیتر نفت را جذب کند

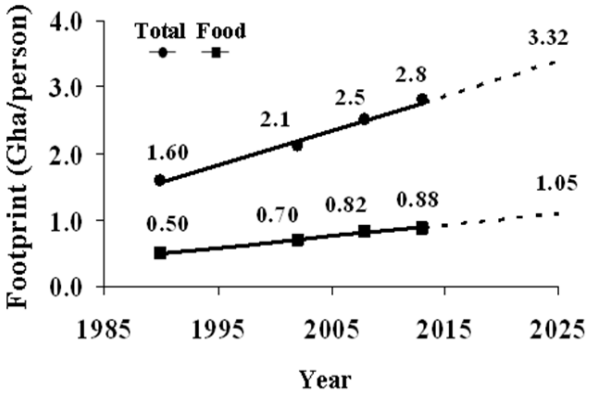
www.SID.ir

Archive of SID

(WWF, 2012). اطلاعات اندکی در مورد ردپای کربن کشور در اختیار می‌باشد، شبکه جهانی ردپا (Global Footprint Network, 2010) ردپای کربن ایران در سال ۲۰۰۸ میلادی را ۱/۶۳ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برآورد کرده است که در حدود ۶۵ درصد از ردپای کل می‌باشد.

ظرفیت زیستی

نتایج این تحقیق نشان داد که از ۱۶۵ میلیون هکتار مساحت کشور ۱۳۱/۴ میلیون هکتار (۷۹/۶ درصد) آن دارای قابلیت تولید بیولوژیکی است و ظرفیت زیستی این اراضی معادل ۷۱/۶ میلیون هکتار جهانی می‌باشد (جدول ۱). در محاسبات ۱۲ درصد از کل ظرفیت زیستی جهت حفظ تنوع زیستی در نظر گرفته می‌شود (Wackernagel & Rees, 1996) و باقیمانده آن یعنی۶۳ میلیون هکتار جهانی، ظرفیت زیستی واقعی کشور است که با احتساب جمعیت ایران در سال انجام این مطالعه (۱۰۶ X ۷۷/۳ نفر) ۰/۸۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر تخمین زده می‌شود. از کل ظرفیت زیستی کشور ۳۳/۹ میلیون هکتار جهانی مربوط به اراضی زراعی است، البته اراضی حاشیه‌ای که دیم‌زارها را نیز در بر می‌گیرند علی‌رغم مساحت زیاد، دارای ظرفیت زیستی کوچکی هستند که ناشی از پایین بودن ضریب عملکرد این اراضی است. بر اساس میانگین جهانی عملکرد اراضی زراعی حاشیه‌ای (FAO, 2012) ضریب عملکرد این زمین‌ها در کشور ۰/۵۵ بدست آمد (جدول ۱)، در حالی‌که این ضریب برای اراضی زراعی اصلی در حدود ۰/۹ بود. به عبارت دیگر، عملکرد اراضی حاشیه‌ای کشور در حدود ۵۰ درصد میانگین جهانی است، در حالی‌که در اراضی اصلی به ۹۰ درصد میانگین عملکرد جهانی می‌رسد. به‌علاوه، مراتع و جنگل‌های کشور نیز به ترتیب با ضریب عملکرد ۰/۴ و ۰/۵ از ظرفیت زیستی پایینی برخوردارند در حالی‌که عملکرد آب‌های ماهیگیری کشور بالاتر از میانگین جهانی است (جدول ۱).



شکل ۲- روند تغییرات ردپای اکولوژیکی کل و غذا در کشور در فاصله سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ میلادی (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ شمسی) و پیش‌بینی رشد آن تا سال ۲۰۲۵ میلادی (۱۴۰۴ شمسی) که با رگرسیون برون‌یابی شده است.

داده‌های سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ از WWF (سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۲ میلادی) و هایلز و همکاران (Hails et al., 2006) استخراج شده و ردپای سال ۲۰۱۳ میلادی مربوط به نتایج این تحقیق است.

Fig. 2- Time trend of total and food ecological footprint of Iran between 1990-2013 and predicted trend by 2025 extrapolated using regression

Data points of 1990-2008 were extracted from. WWF (2002) and Hails et al. (2006) and for 2012 is the results of this research.

بطور کلی، ظرفیت زیستی ایران (۰/۸۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر در مقایسه با سایر کشورها نسبتاً کوچک و کمتر از نصف متوسط جهانی است. بر اساس گزارش صندوق حمایت از حیات وحش (WWF, 2012) ظرفیت زیستی جهان در سال ۲۰۱۰ میلادی معادل ۱/۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر و میانگین آن در کشورهای توسعه یافته ۳/۰۵، در کشورهای در حال توسعه ۱/۴۸ و در خاورمیانه و آسیای مرکزی ۰/۹۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بوده است که همگی بزرگتر از ایران می‌باشند.

در شکل ۳ ظرفیت زیستی کشور برای هر یک از انواع کاربری اراضی ارائه و با میانگین جهان و آسیا (خاورمیانه و آسیای مرکزی) مقایسه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- انواع کاربری اراضی همراه با ضرایب معادل و ضرایب عملکرد مربوط به هر کاربری برای محاسبه ظرفیت زیستی کشور

Table 1- Land use types with equivalence factors and yield factors for each land use for calculation of total biocapacity

اراضی زراعی حاشیه‌ای Marginal croplands	مساحت ($ha \times 10^6$) Area ($ha \times 10^6$)	ضریب معادل Equivalence factor ($Gha.ha^{-1}$)	ضریب عملکرد Yield factor	ظرفیت زیستی ($Gha \times 10^6$) Biocapacity ($Gha \times 10^6$)
اراضی زراعی اصلی Original croplands	10.0	1.8	0.55	9.9
مراتع Rangelands	12.3	2.2	0.89	24.0
جنگل‌ها Forests	70.0	0.48	0.40	13.4
آب‌های ماهیگیری Fishing ground	12.5	1.4	0.5	8.8
اراضی ساخت و ساز Built up lands	22.6	0.36	1.15	9.3
کل Total	4.0	2.2	0.7	6.2

اراضی دیم در گروه اراضی زارعی حاشیه‌ای قرار گرفته‌اند.

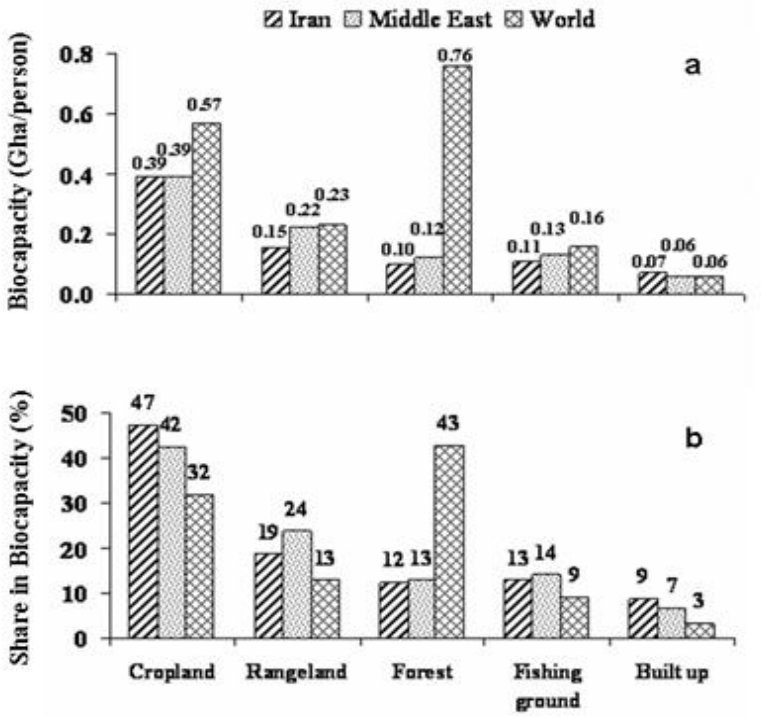
مقدار ضرایب معادل برای هر کاربری به نقل از هایلز و همکاران (Hails et al., 2006)

ضرایب عملکرد برای هر کاربری نسبت میانگین عملکرد کشور به میانگین عملکرد جهانی است، میانگین‌های جهانی به نقل از (FAO, 2012).

Drylands are included in marginal croplands.

The value of equivalence factors from Hails et al. (2006).

Yield factor is national yield: global yield ratio, global yields from FAO (2012).



شکل ۳- مقایسه اجزای ظرفیت زیستی ایران (a) و سهم هر یک از اجزا در ظرفیت زیستی (b) با میانگین خاورمیانه و داده‌های خاورمیانه و جهان از WWF, 2012

Fig. 3- Comparison of the components (a) and share of each component in total biocapacity of Iran (b) with the average of Middle East and world. World and Middle East data from WWF, 2012

www.SID.ir

Archive of SID

ظرفیت زیستی اراضی زراعی ایران (۰/۳۹ هکتار جهانی بر نفر) مشابه آسیا و کمتر ازمیانگین جهان است (شکل 3a)، در حالی‌که سهم این اراضی در ظرفیت زیستی کل کشور (۴۷ درصد) ۵ درصد بیشتر از آسیا و ۱۵ درصد بیشتر از متوسط جهانی است (شکل 3b). دلیل این امر پایین بودن ظرفیت زیستی جنگل‌های ایران (۰/۱ هکتار جهانی بر نفر) در مقایسه با میانگین جهانی (۰/۷۶ هکتار جهانی بر نفر) می‌باشد، وضعیتی که در خاورمیانه و آسیای مرکزی نیز مشهود است. ظرفیت زیستی مراتع کشور نیز تا حدودی کمتر از خاورمیانه و جهان است، ولی این ظرفیت در مورد آب‌های ماهیگیری و اراضی ساخت و ساز تفاوت چشمگیری با میانگین جهان و خاورمیانه ندارد (شکل 3a).

بطور کلی، بالاترین ظرفیت زیستی مربوط به مناطقی از جهان است که دارای مراتع و جنگل‌های وسیع و بارور می‌باشند (FAO, 2003). برای مثال، در خاورمیانه و آسیای مرکزی بالاترین ظرفیت زیستی (۳/۴۹ هکتار جهانی بر نفر) مربوط به کشور ترکمنستان است که ۵۸ درصد آن مربوط به مراتع می‌باشد (WWF, 2012). در مقابل در کشورهای بیابانی عراق و اردن که کمترین ظرفیت زیستی منطقه را دارند (۰/۲۴ هکتار جهانی بر نفر) سهم مجموع جنگل‌ها و مراتع در ظرفیت زیستی به ترتیب ۲۵ و ۱۳ درصد است (Global Footprint Network, 2011). در آفریقا علی‌رغم وجود بیابان‌های گسترده، ظرفیت زیستی ۱/۵۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر است و جنگل‌ها و مراتع ۶۰ درصد آن را تشکیل می‌دهند. در این قاره کشور گابن دارای بزرگترین ظرفیت زیستی جهان است (۲۸/۷۲ هکتار جهانی بر نفر) که سهم جنگل‌ها و مراتع از این ظرفیت به ترتیب ۷۲ و ۱۷ درصد می‌باشد (WWF, 2012). در کانادا نیز ظرفیت زیستی بسیار بزرگ بوده (۱۴/۹۲ هکتار جهانی بر نفر) و جنگل‌ها ۵۶ درصد آن را بخود اختصاص داده‌اند، در حالی‌که سهم اراضی زراعی در ظرفیت زیستی این کشور تنها ۱۹ درصد است (Kissinger, 2013).

در بین انواع کاربری‌های موثر در ظرفیت زیستی بجز اراضی مربوط به ساخت و ساز بقیه در تولید غذا نقش دارند (Kissinger & Rees, 2010) البته سهم جنگل‌ها بسته به منطقه متغیر است. در مقیاس جهانی ۴۰-۳۰ درصد از کل تولیدات غذایی از جنگل تأمین می‌شود و سهم این اراضی در برخی مناطق آفریقا، آسیا و آمریکای جنوبی بیش از ۵۰ درصد نیز گزارش شده است (MEA, 2005). اگرچه بنظر می‌رسد که در ایران جنگل‌ها جایگاه عمده‌ای در تولید غذا ندارند، ولی در این تحقیق ظرفیت زیستی موثر در تولید مواد غذایی با احتساب جنگل‌ها ۰/۷۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برآورد گردید. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) ردپای اکولوژیکی غذای کشور را در سال ۱۳۹۲ معادل ۰/۸۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بدست آوردند که بر این اساس کمبودی برابر با ۰/۱۳ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برای تأمین غذای مردم ایران وجود دارد.

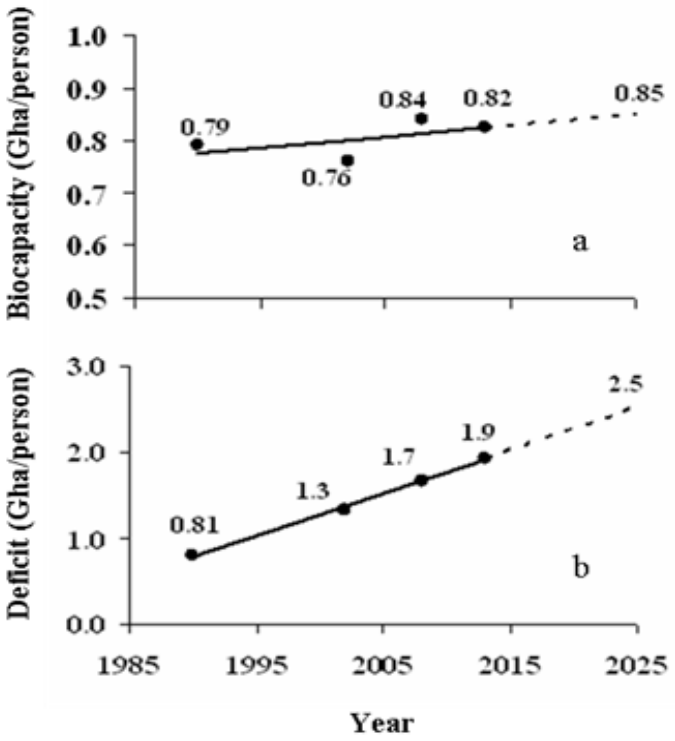
تغییرات زمانی ظرفیت زیستی و کمبود اکولوژیکی

ظرفیت زیستی ایران درطی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ میلادی (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ شمسی) به طور جزیی افزایش یافته و با رشدی معادل ۰/۱۶ درصد در سال از ۰/۷۹ به ۰/۸۲ هکتار جهانی به ازاء هر نفر رسیده است و پیش‌بینی می‌شود با تداوم این روند خطی تا سال ۲۰۲۵ میلادی (۱۴۰۴ شمسی) به ۰/۸۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برسد (شکل 4a). تفاضل ردپای اکولوژیکی (شکل ۲) و ظرفیت زیستی (شکل 4a) شاخصی از شدت بهره‌برداری از منابع می‌باشد که ممکن است منفی (کمبود اکولوژیکی) یا مثبت (مازاد اکولوژیکی) بوده و از طریق آن می‌توان پایداری بوم‌نظام‌ها را مورد ارزیابی قرار داد (Ewing et al., 2010). نتایج نشان داد که در کشور کمبود اکولوژیکی قابل توجهی وجود دارد و این کمبود در طی ۲۳ سال (طی سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۹۰ میلادی) با رشدی معادل ۵/۹ درصد در سال از ۰/۸۱به ۱/۹ هکتار جهانی به ازاء هر نفر رسیده و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵ میلادی (۱۴۰۴ شمسی) به ۲/۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر برسد (شکل 4b).

افزایش کمبود اکولوژیکی کشور طی دوره مطالعه به دلیل افزایش ردپای اکولوژیکی است، زیرا ظرفیت زیستی در این دوره تغییر قابل توجهی نداشته و تا حدودی افزایش نیز یافته است. چنین وضعیتی در مقیاس جهانی نیز مشاهده می‌شود، زیرا ظرفیت زیستی کل جهان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ میلادی به مقدار ۱/۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر ثابت ماند، در حالی‌که کمبود اکولوژیکی جهان در طی این دوره ۱۰ ساله از ۰/۴ به ۰/۹ هکتار جهانی به ازاء هر نفر افزایش یافته است (Butchart et al., 2010). بنابراین، برای تأمین نیازهای جمعیت جهان در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ به ترتیب به سیاره‌ای ۲۲ و ۵۰ درصد بزرگتر از کره زمین نیاز خواهد بود. بر این اساس، در حال حاضر برای تأمین نیازهای مردم ایران مساحتی ۲/۳ برابر مساحت کشور لازم است که تا سال ۱۴۰۴ به ۲/۹ برابر افزایش خواهد یافت (شکل ۴).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- روند تغییرات ظرفیت زیستی و کمبود اکولوژیکی کشور در فاصله سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۲ میلادی (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ شمسی) و پیش‌بینی رشد آن تا سال ۲۰۲۵ (۱٤۰٤ شمسی) برون‌یابی شده با رگرسیون

داده‌های سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ میلادی از هیلز و همکاران (Hails et al., 2006) و WWF (WWF, 2002; WWF, 2012) استخراج شده و ردپای سال ۲۰۱۲ مربوط به نتایج این تحقیق است.

Fig. 4- Time trend of biocapacity and ecological deficit of Iran between 1990-2013 and predicted trend by 2025 extrapolated using regression

Data points of 1990-2008 were extracted from Hails et al. (2006) and WWF (2002; 2012) and for 2012 is the results of this research.

در سال ۲۰۱۰ میلادی میانگین کمبود اکولوژیکی درخاورمیانه و آسیای مرکزی ۱/۳۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بوده و کشورهای قطر و کویت به ترتیب با ۹/۶ و ۹/۳ هکتار جهانی به ازاء هر نفر بالاترین کمبود اکولوژیکی جهان را بخود اختصاص دادند، در همین سال کشور آفریقایی گابن بیشترین مازاد اکولوژیکی جهان به میزان ۲۶/۸ هکتار جهانی به ازاء هر نفر را دارا بود (WWF, 2012).

به اعتقاد واکرنیجل و ریس (Wackernagel & Rees, 1996) جامعه پایدار جامعه‌ای است که نیازهای خود را تنها از اراضی موجود در قلمرو یا منطقه خود تأمین کند و در نتیجه کمبود اکولوژیکی نداشته باشد. البته این دیدگاه مورد انتقاد اقتصاد دانان قرار گرفته است، زیرا در صورت پذیرش این سیاست برای دستیابی به توسعه پایدار، تجارت جهانی متوقف خواهد شد (Moffat, 2000). بنابراین، با تغییر الگوهای مصرف جوامع بدلیل افزایش درآمد سرانه بروز کمبود اکولوژیکی اجتناب‌ناپذیر بنظر می‌رسد (Kitzes & Wackernagel, 2009).

کمبود اکولوژیکی را از دو طریق می‌توان جبران کرد (Monfreda et al., 2004; Wiedmann & Lenzen, 2007): واردات از سایر مناطق که نتیجه آن کمبود تجارت اکولوژیکی[1] است. برای مثال، کشورهایی نظیر گابن که ظرفیت زیستی آنها بزرگتر از ردپای اکولوژیکی است. مازاد اکولوژیکی خود را به کشورهایی نظیر قطر یا کویت که با کمبود شدید اکولوژیکی مواجهند صادر می‌کنند، در نتیجه نوعی کسری در تجارت منابع اکولوژیکی برای کویت و قطر بوجود خواهد آمد، زیرا ردپای اکولوژیکی صادرات برای کشور واردکننده محاسبه می‌شود. راه‌حل دوم بهره‌برداری بیشتر از منابع محلی است که باعث تخلیه شدید سرمایه‌های طبیعی یا اصطلاحاً زیاده‌روی اکولوژیکی[2] خواهد شد. زیاده‌روی در واقع نشان‌دهنده وضعیتی است که در آن سرعت مصرف منابع بیشتر از سرعت بازسازی منابع تخلیه شده باشد (White, 2007). باید توجه داشت که بکارگیری هر یک از این دو راه‌حل برای جبران کمبود اکولوژیکی در

1- Ecological trade deficit
2- Ecological overshoot

www.SID.ir

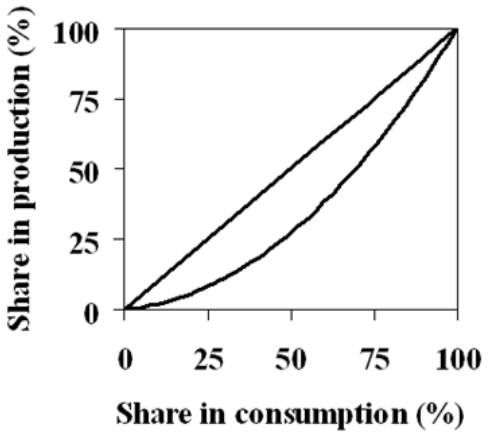
Archive of SID

نهایت، باعث بروز زیاده‌روی در مقیاس بزرگتر خواهد شد. برای مثال، صمدپور (Samadpour, 2006) نشان داد که ردپای اکولوژیکی منطقه الهیه در تهران ۲/۵ برابر ردپای شهر تهران است، این منطقه نیازهای خود را در وهله اول از شهر تهران تأمین می‌کند، در نتیجه زیاده‌روی ساکنین این منطقه به تهران وارد می‌شود. در مقیاس بزرگتر، شهر تهران (از جمله منطقه الهیه) نیازهای خود را از مناطق مختلف کشور وارد کرده و مازاد نهران به تمامی ایران تحمیل می‌شود. در بزرگترین مقیاس، ایران برای جبران کمبود اکولوژیکی نیازهای خود را از سراسر جهان تأمین می‌کند که در نهایت باعث تجمع مازاد اکولوژیکی در جهان خواهد شد.

در سال‌های اخیر محققین بالا بردن کارآیی استفاده از منابع را به عنوان راهکار دیگری برای کاهش کمبود اکولوژیکی مورد توجه قرار داده‌اند (Kitzes et al., 2009). در بوم نظام‌های زراعی بالابردن عملکرد از طریق افزایش مصرف منابع ردپای انرژی و در نتیجه کل ردپای اکولوژیکی را افزایش داده و کمبود اکولوژیکی را عمیق‌تر خواهد کرد، در حالی‌که افزایش عملکرد بدون مصرف نهاده بیشتر و از طریق افزایش کارآیی استفاده از نهاده‌ها باعث جبران کمبود اکولوژیکی می‌شود (Khan & Hanjra, 2008). به نظر می‌رسد که این روش راهکاری مؤثر و بوم‌سازگار برای کاهش ردپای اکولوژیکی کشور در سال‌های آینده باشد.

تأثیر افزایش کارایی استفاده از منابع بر تعادل تولید و مصرف غذا

در شکل ۵ منحنی لورنز برای توصیف رابطه بین تولید و مصرف مواد غذایی کشور در سال ۱۳۹۲ شمسی ارائه شده است.



شکل ۵- منحنی لورنز و سطح محصور زیر منحنی (ضریب جینی) برای توصیف تعادل بین تولید و مصرف مواد غذایی در کشور بر اساس داده‌های سال ۲۰۱۳ (۱۳۹۲)

Fig. 5- Lorenz curve and area under the curve (Gini coefficient) which describes the relation between food production and consumption in the country, based on 2013 data

یادآوری می‌شود که درصورت انحراف منحنی از خط قطری، مصرف با تولید متعادل نمی‌باشد و شاخصی که به ضریب جینی (G) موسوم است شدت انحراف از حالت تعادل را مشخص می‌سازد. در سال ۱۳۹۲ شمسی ضریب جینی بین تولید و مصرف ۰/۲۸ برآورد شد که نشان‌دهنده ۲۸ درصد انحراف از خط قطری است.

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2019) نیز نشان دادند که در این سال ضریب خودکفایی مواد غذایی (نسبت تولید به مصرف) در کشور در حدود ۰/۸۷ است، یعنی مصرف ۱۳ درصد بیشتر از تولید می‌باشد. واضح است که با توجه به افزایش پیش‌بینی شده برای ردپای اکولوژیک کشور (شکل ۲)، ضریب جینی در طی دهه آینده تغییر خواهد کرد و انتظار می‌رود که با افزایش تقاضا برای مواد غذایی به دلیل پیشی گرفتن مصرف از تولید این ضریب نیز افزایش یابد.

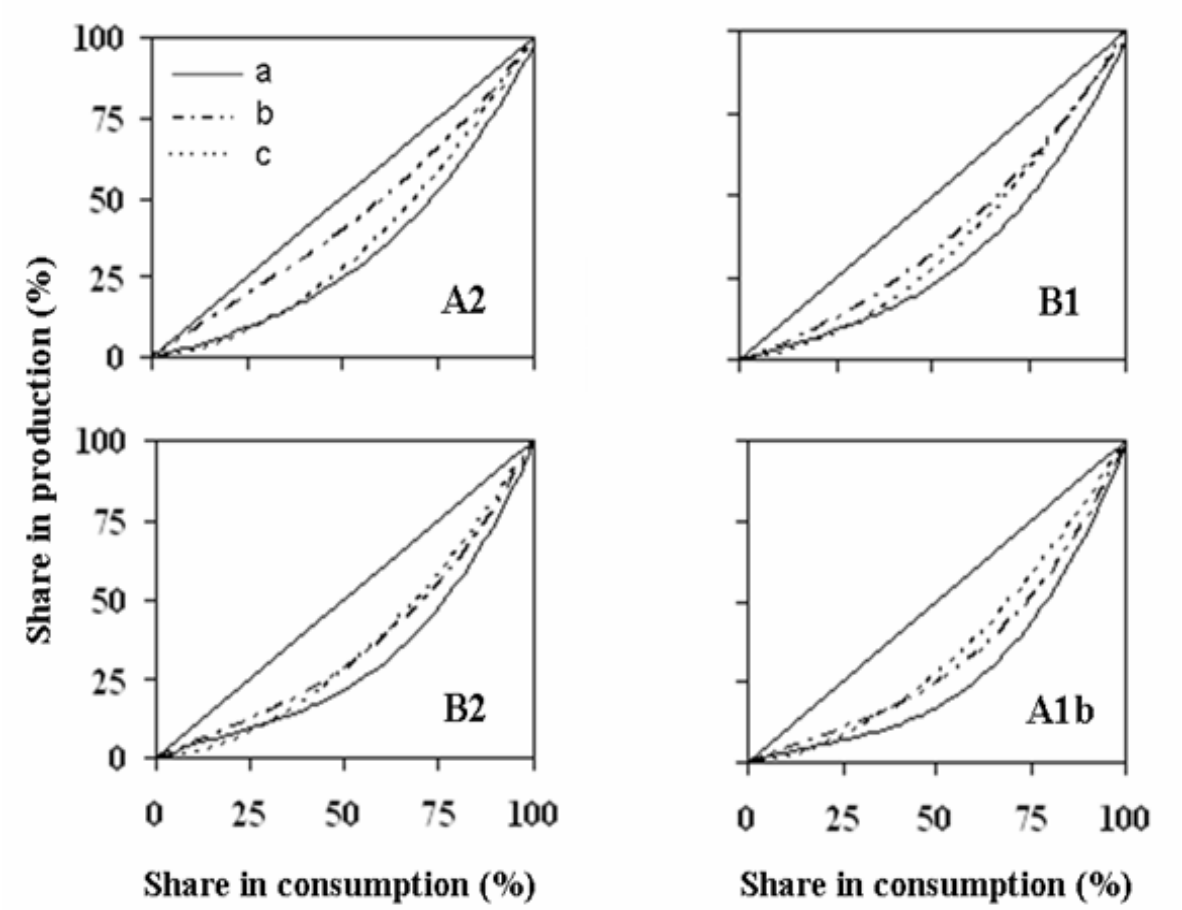
در شکل ۶ منحنی لورنز برای سال ۱۴۰۴ شمسی تحت چهار سناریوی مختلف برآورد شده و در هر سناریو تداوم تولید با کارآیی فعلی استفاده از منابع و نیز تولید با ۲۰ درصد افزایش کارآیی مصرف آب و نیتروژن محاسبه و نتایج با منحنی مربوط به سال ۲۰۱۳ (G=۰/۲۸) مقایسه شده است، ضریب جینی (G) و شاخص خودکفایی یا نسبت تولید به مصرف مواد غذایی (SSI)[1] مربوط به هر سناریو نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج نشان داد که افزایش کارآیی تأثیر قابل توجهی بر ضریب جینی دارد، در سناریوی A_2 (۱۸ درصد افزایش مصرف فرآورده‌های دامی) مقدار G به ۰/۳ رسید، در حالی‌که با افزایش کارآیی مصرف منابع ضریب جینی به ۰/۱۸ کاهش یافت که نشان‌دهنده تعادل بیشتر بین مصرف و تولید است و نتیجه آن، افزایش شاخص خودکفایی (SSI) کشور ۰/۹۱ خواهد بود (جدول ۲). در سناریوی B_1 (۲۲ درصد افزایش مصرف گوشت و لبنیات) G برابر ۰/۳۴ و SSI معادل ۰/۷۷ بدست آمد و با افزایش کارآیی مقدار این دو شاخص به ترتیب به ۰/۲۷ و ۰/۸۹ رسید. در سناریوی B_2 (۲۶ درصد افزایش مصرف فرآورده‌های دامی) افزایش کارآیی ضریب جینی را کاهش داد، بطوری‌که این ضریب و شاخص خودکفایی غذایی کشور در سال ۲۰۰۴ تقریباً مشابه سال ۲۰۱۳ میلادی حفظ خواهد شد (جدول ۲ و شکل ۶). در سناریوی A_1b (۲۹ درصد افزایش مصرف فرآورده‌های دامی) مقدار G معادل ۰/۴۰ بود و افزایش کارآیی این ضریب را به ۰/۳۲ کاهش داد و در نتیجه SSI نیز از ۰/۷۰ به ۰/۷۸ رسید.

1- Self sufficiency index

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- منحنی لورنز و سطح محصور زیر منحنی (ضریب جینی) در سناریوهای مختلف مصرف غذا در سال ۲۰۲۵ میلادی (١٤٠٤ شمسی) پیش‌بینی در دو شرایط انجام شده: (b) تداوم تولید با کارآیی فعلی، (c) تولید با ۲۰ درصد افزایش کارآیی

در هر سناریو نتیجه با منحنی بدست آمده برای سال ۲۰۱۳ میلادی (a) مقایسه شده است.

مقدار ضرایب جینی در جدول ۲ ارائه شده اند.

Fig. 6- Lorenz curve and area under the curve (Gini coefficient) for different food consumption scenarios for 2025 Predictions were made under two future situations: (b) current resource use efficiency, (c) 20% increase in efficiency for each scenario the results are compared with the curve calculated for 2013. Value of Gini coefficients are shown in Table 2.

جدول ۲- مقادیر ضریب جینی (G) و شاخص خودکفایی (SSI) در سناریوهای مختلف آینده محاسبه شده با کارآیی استفاده از منابع به میزان فعلی و ۲۰ درصد افزایش آن

Table 2- Values of Gini coefficient (G) and self sufficiency index (SSI) under different future scenarios calculated with the current resource use efficiency and with 20% increment

سناریوهای آینده Future scenarios	کارآیی فعلی Current efficiency		افزایش کارآیی Increased efficiency	
	G	SSI	G	SSI
B_1	0.34	0.74	0.27	0.89
A_1b	0.40	0.70	0.32	0.78
B_2	0.32	0.79	0.28	0.87
A_2	0.30	0.80	0.18	0.91

www.SID.ir

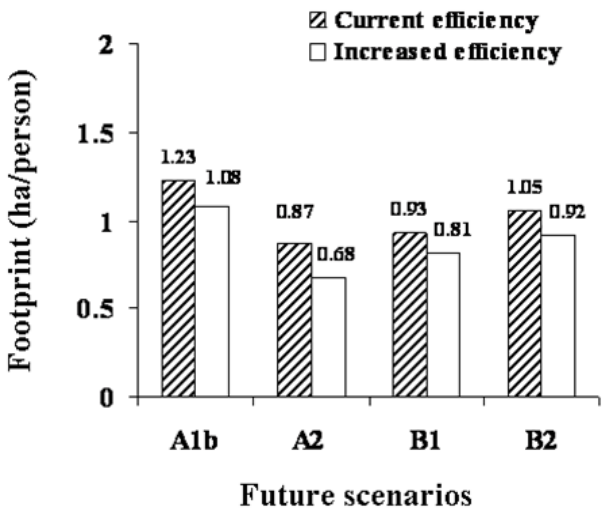
Archive of SID

این نتایج مؤید آن است که تا سال ۱۴۰۴ شمسی افزایش مصرف گوشت و لبنیات عدم تعادل بین تولید داخلی و مصرف را نسبت به شرایط فعلی بیشتر می‌کند، ولی افزایش کارآیی استفاده از منابع بسته به سناریوی آینده، این وضعیت را به میزان قابل ملاحظه‌ای تعدیل خواهد کرد.

در گزارش سازمان خواروبار جهانی (FAO, 2006) ذکر شده است که وضعیت غذایی حال و آینده جهان تابع میزان تولید و مصرف غلات و فرآورده‌های دامی می‌باشد و بنابراین، ارزیابی‌های جهانی بر این دو گروه غذایی متمرکز است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2019) نشان دادند با وجودی‌که سهم گوشت و لبنیات در کل غذای مصرفی کشور ۱۵/۵ درصد می‌باشد، ولی این گروه‌های غذایی ۴۷ درصد از ردپای غذا را بخود اختصاص داده‌اند. پایین بودن کارآیی تبدیل علوفه به گوشت و مصرف بیشتر آب و انرژی در تولید محصولات دامی علل اصلی این امر می‌باشند، زیرا مصرف آب برای تولید گوشت (۱۵۰۰۰–۴۰۰۰ لیتر بر کیلوگرم) به مراتب بیشتر از غلات (۲۰۰۰–۱۰۰۰ لیتر بر کیلوگرم) است. به علاوه، برای تولید مقدار مساوی کالری از گوشت در مقایسه با غلات به ۲/۵ تا ۱۰ برابر انرژی بیشتر نیاز است (Molden et al., 2007). برآوردها نشان می‌دهد که در حدود یک سوم غلات تولید شده در جهان در تعلیف دام بکار برده می‌شود (de Fraiture et al., 2007) و افزایش مصرف محصولات دامی تقاضا برای غلات در تغذیه دام را تشدید می‌کند. نتیجه این امر که در یافته‌های این تحقیق نیز مشاهده شد عدم تعادل بین تولید و مصرف غذا و کاهش خودکفایی غذایی خواهد بود. بالابردن کارآیی استفاده از منابع در تولید محصولات زراعی راهکار مناسبی برای افزایش عملکرد بدون نیاز به نهاده یا سطح زیر کشت بیشتر می‌باشد (Gerbens-Leenes & Nonhebel, 2002). خان و هانجیرا (Khan & Hanjra, 2008) نشان دادند که با افزایش مصرف گوشت ردپای آب و انرژی نیز به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت و نتیجه‌گیری کردند که بالا بردن کارآیی استفاده از آب و سایر نهاده‌ها مؤثرترین روش برای تعدیل این شرایط است.

تأثیر افزایش کارایی استفاده از منابع بر ردپای اکولوژیکی غذا

در شکل ۷ ردپای غذای کشور در سناریوهای مختلف آینده برای سال ۱۴۰۴ شمسی ارائه شده است.



شکل ۷- ردپای اکولوژیکی غذای کشور در سال ۱۴۰۴ شمسی بر اساس چهار سناریوی مختلف مصرف گوشت و لبنیات

محاسبات با کارآیی استفاده از منابع به میزان فعلی و ۲۰ درصد افزایش آن انجام شده است.

Fig. 7- Ecological footprint of food stuffs under different future scenarios for consumption of meat and dairy products

Calculated with the current resource use efficiency and with 20% increment.

بر اساس این نتایج بالاترین ردپای غذا (۱/۲۳ هکتار بر نفر) در سناریوی A_1b و کمترین مقدار آن (۰/۸۷ هکتار بر نفر) در سناریوی A_2 حاصل خواهد شد و دو سناریوی دیگر بین این مقادیر می‌باشد. افزایش کارآیی استفاده از منابع (آب و نیتروژن) ردپای غذا را در تمامی سناریوهای آینده کاهش خواهد داد (شکل ۷)، بطوری‌که حتی در بالاترین میزان افزایش مصرف گوشت و لبنیات (سناریوی A_1b) نیز ردپای غذا به ۱/۰۸ هکتار به ازاء هر نفر می‌رسد که تقریباً مشابه مقدار پیش‌بینی شده برای سال ۱۴۰۴ با رشد فعلی مصرف فرآورده‌های دامی (شکل ۲) می‌باشد. با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد افزایش کارآیی مصرف منابع راهکار مناسبی در جهت کاهش ردپای غذای کشور در آینده باشد. فان فورن و بوومان (van Vuuren & Bouwman, 2005) روند گذشته و آینده ردپای اکولوژیکی در ۱۷ منطقه جغرافیایی جهان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در طی دو دهه آینده ردپای سرانه در قاره آسیا به دلیل افزایش تقاضا برای مواد غذایی و مصرف بیشتر منابع افزایش می‌یابد، در حالی‌که در آفریقا به علت افزایش سریع عملکرد محصولات زراعی در واحد سطح (افزایش کارآیی منابع) ردپای اکولوژیکی سرانه تا حدودی کاهش خواهد یافت. البته بر اساس یافته‌های این تحقیق تفاوت‌های موجود بین ردپای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه تا سال ۲۰۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

میلادی به شکل فعلی باقی خواهد ماند.

نکته قابل توجه در مطالعه فان فورن و بووسان (van Vuuren & Bouwman, 2005) محاسبه ردپای آینده مناطق مختلف بر اساس سناریوهای تغییر اقلیم است. این محققین نشان دادند که بسته به نوع سناریوی تغییر اقلیم، اراضی مورد نیاز برای ترسیب دی‌اکسید کربن مازاد در اتمسفر به ردپای سرانه افزوده شده و در این صورت میانگین ردپای اکولوژیکی جهان در سال ۲۰۲۵ در مطلوب‌ترین و نامطلوب‌ترین وضعیت بین ۲/۴ تا ۴ هکتار جهانی به ازا هر فرد خواهد بود. این در حالی است که تداوم تخریب منابع (به ویژه از بین رفتن جنگل‌های مناطق حاره) ظرفیت زیستی جهان را کاهش داده و در نتیجه کمبود اکولوژیکی فعلی عمیق‌تر خواهد شد.

نتیجه‌گیری

ارزیابی وضعیت پایداری بوم نظام‌ها از طریق برآورد ردپای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی علیرغم برخی کاستی‌ها روشی پذیرفته شده و رایج محسوب می‌شود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ردپای اکولوژیکی غذا و کل کشور در طی دو دهه گذشته روندی افزایشی داشته و پیش‌بینی می‌شود که این روند تا سال ۱۴۰۴ شمسی همچنان تداوم یابد. این در حالی است که ظرفیت زیستی کشور در دهه آینده نسبت به حال حاضر تغییر محسوسی نخواهد کرد و در نتیجه کمبود اکولوژیکی کشور به ۲/۵ هکتار جهانی به ازاء هر نفر خواهد رسید. این وضعیت باعث تشدید فشار بر منابع طبیعی و تنوع زیستی شده و پایداری محیطی را بیش از پیش به مخاطره خواهد انداخت. به علاوه، با افزایش تقاضا برای فرآورده‌های دامی خود کفایی غذایی کشور نیز کاهش می‌یابد. مطالعه وضعیت آینده با سناریوهای مختلف مصرف گوشت و لبنیات نشان داد که افزایش کارآیی مصرف نهاده‌ها (آب و نیتروژن) راهکار مناسبی برای تعدیل این اثرات و کاهش نسبی ردپای غذای کشور می‌باشد. لازم به ذکر است که در سناریوهای مورد بررسی در این پژوهش تأثیر الگوهای رشد جمعیت و تغییر اقلیم در سال ۱۴۰۴ شمسی در نظر گرفته نشده است. بنابراین، انجام مطالعات بیشتر در مورد پیآمدهای این تغییرات بر ردپای اکولوژیکی کشور از جمله اولویت‌های پژوهشی محسوب می‌شود.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهه شماره ۱۴۹۲۰/۱ مورخ ۱۳۸۹/۰۴/۰۱ توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Andersen, P., Lorch, R.P., and Rosegrant, M.W. 2009. World Food Prospects: Critical Issues for the Twenty First Century. Food Policy Report, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.

Bagliani, M., Galli, A., Niccolucci, V., and Marchettini, N. 2008. Ecological footprint analysis applied to a sub-national area: The case of the Province of Siena (Italy). Journal of Environmental Management 86: 354–364

Butchart, S.H., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J.P., Almond, R.E., Baillie, J.E., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K.E., Carr, G.M., Chanson, J., Chenery, A.M., Csirke, J., Davidson, N.C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R.D., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J.F., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M.A., McRae, L., Minasyan, A., Hernandez Morcillo, M., Oldfield, T.E., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J.R., Skolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S.N., Symes, A., Tierney, M., Tyrrell, T.D., Vie, J.C., and Watson, R. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. Science 328(5982): 1164-8.

De Fraiture, C., Wichelns, D., Rockström, J., Kemp-Benedict, E., Eriyagama, N., Gordon, L.J., Hanjra, M.A., Hoogeveen, J., Huber-Lee, A., and Karlberg, L. 2007. Looking ahead to 2050: scenarios of alternative investment approaches. In: Molden, D. (Ed.), Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, Water for Food, and Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Earthscan/International Water Management Institute, London/Colombo.

Ewing, B., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A., Moore, D., and Wackernagel, M. 2009. Ecological Footprint Atlas. Global Footprint Network, San Francisco, California, USA.

Ewing, B., Reed, A., Galli, A., Kitzes, J., and Wackernagel, M. 2010. Calculation Methodology for the National Footprint Accounts, 2010 ed. Global Footprint Network, Oakland.

FAO. 2003. State of the World's Forests 2003. FAO, Rome, Italy.

FAO. 2006. World agriculture: towards 2030/2050 – Interim report. FAO, Rome, Italy.

FAO. 2012. FAOStat: faostat.fao.org/.

Ferng, J.J. 2002. Toward a scenario analysis framework for energy footprints. Ecological Economics 40(1): 53–69.

Flint, K. 2001. Institutional ecological footprint analysis: A case study of the University of Newcastle, Australia. International Journal of Higher Education 2: 48-62.

www.SID.ir

Archive of SID

Gan, Y., Liang, C., Huang, G., Malhi, S.S., Brandt, S.A., and Mupondwa, F.K. 2012. Carbon footprint of canola and mustard is a function of the rate of N fertilizer. International Journal of Life Cycle Assessment 17: 58–68.
Gerbens-Leenes, P.W., and Nonhebel, S. 2002. Consumption patterns and their effect on land required for food. Ecological Economics 42: 185–199.
Global Footprint Network. 2010. Ecological Wealth of Nations Global Footprint Network, San Francisco, California, USA.
Global Footprint Network. 2011. The National Footprint Accounts. Global Footprint Network, San Francisco, California, USA.
Hails, C., Loh, J., and Goldfinger, S. 2006. Living Planet Report. 2006. World Wide Fund for Nature International (WWF), Zoological Society of London (ZSL), Global Footprint Network, Gland, Switzerland.
IMAGE-team. 2001. The IMAGE 2.2 Implementation of the SRES Scenarios. RIVM, Bilthoven, the Netherlands.
Khan, S., and Hanjra, M.A. 2008. Footprints of water and energy inputs in food production- Global perspectives. Food Policy 34(2): 130-140.
Kissinger, M. 2013. Approaches for calculating a nation's food ecological footprint-The case of Canada. Ecological Indicators 24: 366–374.
Kissinger, M., and Rees, W.E. 2010. An interregional ecological approach for modeling sustainability in a globalizing world—reviewing existing approaches and emerging directions. Ecological Modelling 221(21): 2615–2623.
Kitzes, J., and Wackernagel, M. 2009. Answers to common questions in ecological footprint accounting. Ecological Indicators 9: 812–817.
Kitzes, J., Galli, A., Baglianic, M., Barrett, J., Dige, G., Ede, S., Erb, K., Giljum, S., Haber, H., Hails, C., Jolia-Ferrierj, L., Jungwirt, S., Lenzen, M., Lewis, K., Loh, J., Marchettini, N., Messingero, H., Milnek, K., Molesp, R., Monfred, C., Moran, D., Nakano, K., Pyhälät, A., Rees, W., Simmons, C., Wackernagel, M., Wada, Y., Walsh, C., and Wiedmanm, T. 2009. A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts. Ecological Economics 68: 1991–2007.
Kitzes, J., Wackernagel, M., Loh, J., Peller, A., Goldfinger, S., and Cheng, D. 2008. Shrink and share: humanity's present and future Ecological Footprint. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences 363(1491): 467-475.
Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Khorramdel, S. 2019. Ecological footprint of foodstuff (foodprint) in Iran. Journal of Agroecology 10(4): 1023-1034. (In Persian with English Summary)
Lenzen, M., and Murray, S.A. 2001. A modified ecological footprint method and its application to Australia. Ecological Economics 37: 229–255.
Li, G.L., Wang, Q., Gu, X.W., Liu, J.X., Ding, Y., and Liang, G.Y. 2008. Application of the componential method for ecological footprint calculation of a Chinese university campus. Ecological Indicators 8: 75–78.
MEA. 2005. Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being: Synthesis. Washington DC, Island Press for WRI.
Moffat, I. 2000. Ecological footprints and sustainable development. Ecological Economics 32: 359–62.
Molden, D., Oweis, T.Y., Steduto, P., Kijne, J.W., Hanjra, M.A., Bindraban, P.S., Bouman, B.A.M., Cook, S., Erenstein, O., Farahani, H., Hachum, A., Hoogeveen, J., Mahoo, H., Nangia, V., Peden, D., Sikka, A., Silva, P., Turral, H., Upadhyaya, A., and Zwart, S. 2007. Pathways for increasing agricultural water productivity. In: Molden, D. (Ed.), Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, Water for Food, and Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Earthscan/International Water Management Institute, London/Colombo.
Monfreda, C., Wackernagel, M., and Deumling, D. 2004. Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity accounts. Land Use Policy 21: 231–246.
Moore, D., Cranston, G., Reed, A., and Galli, A. 2012. Projecting future human demand on the Earth's regenerative capacity. Ecological Indicators 16: 3- 10.
Samadpour, F. 2006. Assessment of environmental effects and high density urban development with ecological footprint (Case study: district of Elahieh in Tehran city). PhD Thesis, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
Siche, J.R., Agostinho, F., Ortega, E., and Romeiro, A. 2008. Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the energy performance indices. Ecological Economics 66: 628–637.
Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, W.H., Simberloff, D., and Swackhamer, D. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. Science 292(5515): 281–284.
Van Vuuren D.P., and Smeets, E.M.W. 2000. Ecological footprints of Benin Bhutan, Costa Rica, and the Netherlands. Ecological Economics 34:115–30.
Van Vuuren, D.P., Bouwman, L.F. 2005. Exploring past and future changes in the ecological footprint for world regions. Ecological Economics 52: 43-62.

www.SID.ir

Archive of SID

Wackernagel, M., and Rees, W.E. 1996. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. Gabriola Island: New Society Publishers.
Wackernagel, M., and Silverstein, J. 2000. Big things first: focusing on the scale imperative with the ecological footprint. Ecological Economics 32: 391–394.
Wackernagel, M., and Yount, J.D. 2000. Footprints for sustainability: the next steps. Environment, Development and Sustainability 2: 21–42.
Wackernagel, M., White, K.S., and Moran, D. 2004. Using Ecological Footprint accounts: from analysis to applications. International Journal of Environment and Sustainable Development 3(3/4): 293–315.
White, T.J. 2007. Sharing resources: The global distribution of the Ecological Footprint. Ecological Economics 64: 402-410.
Wiedmann, T., and Lenzen, M. 2007. On the conversion between local and global hectares in Ecological Footprint analysis. Ecological Economics 60: 673–677.
WWF. 2002. Living Planet Report 2002. World Wildlife Found Editor.
WWF. 2012. Living Planet Report 2012: Biodiversity, biocapacity and better choices. Gland, Switzerland.

www.SID.ir

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 4, Winter 2019, p. 1035-1050

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۱۰۵۰-۱۰۳۵

Temporal Trends of Ecological Footprint of Foodstuffs in Iran and Evaluation of Future Scenarios

M. Nassiri Mahallati[1]*, A. Koocheki[1] and S. Khorramdel[2]

Submitted: 23-10-2014
Accepted: 03-12-2014

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Khorramdel, S. 2019. Temporal trends of ecological footprint of foodstuffs in Iran and evaluation of future scenarios. Journal of Agroecology. 10(4):1035-1050.

Introduction

Ecological footprint is an index based on the land area needed for basic requirements and also the waste disposal of an individual in a specific geographic location and usually calculated on the basis of area per capita which is normally global hectare (Gha) per capita. Total world ecological footprint for the year 2010 has been estimated to be 18.2 billion Gha with a per capita 2.7 Gha. Biocapacity is another concept which together with footprint sustainability of ecosystems means the whole area of a specific geographic region which has a proper biomass production and waste absorption capacity. Measurement of ecological footprint together with biocapacity provides useful information on the intensity of resource use and the status of environmental sustainability. Evaluation of footprint by national bodies has been emphasized more, rather than the international ones. Footprint for food production also called foodprint is the area required for food production for a population (energy required for transportation and processing is not consider). The purpose of present study was to evaluate production and consumption status of different groups of agricultural foods and to measure the foodprint in Iran. Calculation of biocapacity and ecological deficiency in the country with regards to different consumption pattern was other purpose of this study.

Materials and Methods

Time trends of food and total ecological footprint, biocapacity and ecological deficit of Iran during 1990-2013 were analyzed and based on trend equation the value of these indices were predicted for 2025.

Data was collected for different group of agriculture foods from Ministry of Jihad Agriculture, Ministry of Commerce and also from other published data in official databases in the country.

The effect of the amount of consumption on foodprint was considered on the basis of the above scenarios for the population of the country in year 2050. Furthermore the effect of water and nitrogen use efficiency on foodprint was also considered on the bases of food production in the present pattern and in a condition where these efficiencies are enhanced by 20%. The balance between production and consumption in the future was calculated by Gini coefficient.

Results and Discussion

Results indicate that food and total footprint were increased respectively, by 3.3 and 2.9% per year, during the study period and this trend would be led to 1.05 and 3.34 Gha/person for food and total footprint, respectively. Total biocapacity of the country in 2013 was estimated as 0.82 Gha/person which was lower than the value for world (1.8 Gha/person) and Middle East average (0.91 Gha/person). Croplands accounted for 47% of total biocapacity of the country while forests and rangelands contributed by 30%. During the study period, biocapacity showed a positive trend but with a slow slope toward leading to 0.85 Gha/person in 2025. Ecological deficit of the country (ecological footprint minus biocapacity) which was 0.7 Gha/person in 1990 has increased by 5.9% per year with a value of 1.9 Gha/person in 2013 and predicted to reach 2.5 Gha/person by 2025. The balance between consumption and national food production as well as footprint of food stuffs were analyzed under 4 scenarios based on different level of consumption of meat and dairy. In all scenarios of increase in consumption of animal products, the unbalanced relation of

1- and 2- Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mnassiri@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i4.40525

www.SID.ir

Archive of SID

consumption/production was intensified and resulted in decreased self-sufficiency index and increased footprint of food stuffs.

Conclusion

Foodprint for Iran is 0.88 Gha. For the different group of food the highest foodprint (0.43 Gha per person) is for animal products. Population growth together with increasing per capita income has changed food consumption pattern and hence the demand for more food has caused higher pressure on natural resources and more food to be imported. This is the case in most developing countries. Results showed that enhancement of resource use efficiency (water and nitrogen) by 20% higher than the current values could led to improvement of agricultural self-sufficiency and considerable reduction of footprint in all future scenarios. Our results showed that with increasing efficiency of resource use (water and nitrogen) foodprint can be reduced.

Acknowledgement

This research was funded by Vice Chancellor for Research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Biocapacity, Ecological deficit, Food self-sufficiency, Gini coefficient

www.SID.ir