مجلهٔ محیط شناسی ،سال سی و پنجم،شمارهٔ ۵۰ تابستان ۸۸،صفحهٔ ۱۵-۲۶

جای پای بوم شناختی(ای-اف) به عنوان شاخص سنجش پایداری اجتماعات

چکیده

با انتشار گزارش برانت‌لند، موضوع توسعهٔ پایدار وارد مباحث و جهت‌گیری‌های دولت‌ها و تجارت‌جهانی شد و تلاش‌های زیادی برای ارائه تعریفی دقیق از مفهوم پایداری انجام گرفت. برای قابل اندازه‌گیری شدن این مفهوم و عملیاتی‌شدن ایدهٔ شهر پایدار، یک روش کمی جدید موردنیاز بود، بنابراین روشی به نام «جای پای بوم شناختی» (ای-اف) ارائه شد. روش (ای-اف) توسط پروفسور ویلیام ریز و دکتر ماتیس واکرناگل در اوائل دههٔ ۱۹۹۰ ارائه شد. این روش، شاخص توسعهٔ منابع است‌که تقاضای منابع انسانی را به مقدار زمینی که برای تولید منابع، تفکیک CO_2، و یا دفع مواد زاید لازم است، تبدیل می‌کند. در این زمینه، ریز و واکرناگل پایداری را به زبان ساده به منزلهٔ زندگی مسالمت‌آمیز و در حد ظرفیت طبیعت تعریف کرده‌اند. (ای-اف) اصولاً، به عنوان روشی ساده و مناسب برای مقایسهٔ پایداری استفاده از منابع در بین جمعیت‌های متفاوت، شناخته می‌شود. این روش هم اکنون به صورت گسترده‌ای به عنوان شاخص توسعهٔ پایدار استفاده می‌شود. (ای-اف) مصرف منابع را با مساحت زمین مورد نیاز برای به پایدار رساندن آن معادل‌سازی می‌کند و این امکان را فراهم می‌کند که با یک میانگین‌گیری، بتوان سرانهٔ (ای-اف) منطقه، یا کشور را با میانگین جهانی مقایسه کرد. سرانجام مصرف این جمعیت‌ها به سطحی از کرهٔ زمین قابل تبدیل است. این سطح، سپس با مقدار دقیق مساحت منطقه‌ای که جمعیت در آن ساکن هستند، مقایسه می‌شود، و درجهٔ ناپایداری براساس تفاوت بین مساحت زمین موجود و زمین مورد نیاز (بر مبنای توان اکولوژیک) قابل محاسبه است. به عبارت ساده، جمعیت ناپایدار به جمعیت‌هایی گفته می‌شود که مقدار(ای-اف) آنها از مقدار زمین در اختیارشان بیشتر است. همچنین نشان داده شده است که (ای-اف) می‌تواند برای طراحی و برنامه‌ریزی خطومشی‌های آینده نیز مورد استفاده قرار گیرد. به‌طوری‌که (ای-اف) محاسبه شده براساس این روش، تبدیل به ابزارهای آموزشی و برنامه‌ریزی مهمی شده‌اند که ناپایداری مصرف جهانی را بخوبی نشان می‌دهند.

کلید واژه

جای پای بوم‌شناختی- توسعهٔ پایدار- مصرف منابع- مساحت سرزمینی-معادل‌سازی -روش(ای-اف)

سرآغاز

ناپایداری توسعهٔ جوامع بشری در دو قرن اخیر (پس از انقلاب صنعتی) و پیامدهای زیانبار آن که تابعی از متغیرهای جمعیت، سرانه و الگوی مصرف است، توجه به اصل پایداری را هر چه بیشتر مورد تأکید قرار می‌دهد. با بروز ضایعات زیست‌محیطی و کاهش سطح عمومی زندگی، بویژه در جوامع شهری طی یک الی دو دههٔ گذشته، رهیافت توسعهٔ پایدار به عنوان مهم‌ترین موضوع دههٔ آخر قرن بیستم، از سوی سازمان ملل مطرح شد(کاظمی و محمدی،۱۳۸۰). کاربرد اصطلاح توسعهٔ پایدار برای اولین بار در اواسط دههٔ ۱۹۷۰ به خانم «باربارا وارد» و کتاب معروف او با عنوان «تنها یک زمین» نسبت داده می‌شود (بدری، ۱۳۷۶).

نویسنده مسئول:تلفن: ۰۹۱۳۳۵۹۰۶۵۹

E-mail: msaraei@yazduni.ac.ir

با مطرح شدن مفهوم پایداری، این مبحث در میان دولت‌ها و برنامه‌ریزان سراسر جهان گسترش یافت، و تلاش‌های زیادی برای مشخص کردن مفهوم پایداری صورت گرفت(Wackernagel & yount, 2000).

اما این اصطلاح به‌طور رسمی در سال ۱۹۸۷ توسط کمیسیون برانت‌لند[1] در گزارش «آینده مشترک ما[2]» مطرح شد. رایج‌ترین تعریف توسعهٔ پایدار در کنفرانس ریو بیان شده است، که عبارت است از «تأمین نیازهای نسل کنونی، بدون به مخاطره انداختن ظرفیت‌های نسل آتی در برآوردن نیازهایشان» (حسین‌زاده دلیر، ۱۳۸۳ ؛ مینایی ،۱۳۷۴)

با معرفی توسعهٔ پایدار به جامعهٔ علمی جهان، تحقیق برای ابداع شاخص‌هایی که بتوانند در این زمینه تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان را به‌طورکلی و دانشمندان محیط زیست را به طور خاص یاری دهند، در حال گسترش و پیشرفت بوده است.

در این زمینه، سه نوع نظریه را می‌توان تشخیص داد:

۱- شاخص‌های به‌هم پیوستهٔ توسعهٔ پایدار که مثال‌هایی از این روش، شاخص[3](ISEW) برای محاسبهٔ هزینه‌های چندگانه مصرف‌کننده توسط ضریب جینی، شاخص[4](GPI) که توسط کلیف‌کوب برای محاسبه اوقات فراغت و هزینه‌های بیکاری ارائه شده است و بانک جهانی شاخص "ثروت ملت‌ها" است(Ecotec-uk, 2001).

۲- یک چارچوب ارزیابی جامع که اخیراً ارائه و بسط یافته است و به طور سازمان‌یافته شاخص‌هایی از این سیستم منتج شده‌اند. مثال این روش، گزارش گروه بالاتن است(Meadows, 1998).

۳- مجموعه‌ای از شاخص‌های توسعهٔ پایدار مبنی بر توافق کلی و بدون جامعیت، که این نیز اخیراً در حال گسترش است مانند پروژهٔ کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل متحد[5](UN.CSD) در زمینه شاخص توسعهٔپایدار (این کمیسیون شاخص‌های استانداردی را برای محاسبهٔ توسعهٔ پایدار به کشورهای جهان ارائه می‌دهد)، پروژه پایداری سیاتل و شاخص جای‌پای بوم‌شناختی[6] (این شاخص برای محاسبهٔ مقدار نیاز انسان به منابع اکولوژیکی و برآورد پایداری، یا عدم پایداری مصرف جمعیت‌ها در سطح ملی، منطقه‌ای و محلی ارائه شده است).

از مهم‌ترین اهداف شاخص‌های توسعهٔ پایدار، این‌است‌که بتوان آنها را در مورد هدایت تصمیمات توسعهٔ جدید، مورد استفاده قرار داد (فرجام، ۱۳۸۵). بنابراین مهم‌ترین جنبه توسعهٔ پایدار، مدیریت منابع است. در گذشته، تمرکز مدیریت منابع بیشتر روی منابع تجدیدناپذیر (مانند انرژی و فلزات) بوده است. اخیراً توجهات به سوی استفاده از منابع تجدیدپذیر مختلف (بویژه زمین و آب) تغییر یافته است (RIVM/UNEP, 1997).

در این میان جای پای بوم‌شناختی در سال ۱۹۹۶ به وسیله پروفسور ویلیام ریز و دکتر ماتیس واکرناگل مطرح شد و بسرعت به عنوان شاخص توسعهٔ پایدار مورد پذیرش قرار گرفت. این شاخص امروزه در بسیاری از کشورها، در سطوح ملی و محلی استفاده می‌شود. شاخص جای‌پای بوم‌شناختی، روشی یکپارچهٔ مصرف منابع طبیعی و جذب ضایعات است. بدین‌ترتیب این شاخص، ابزاری محاسباتی برای منابع بوم‌شناختی است. EF در چند سال گذشته، مکرراً به عنوان شاخص بالقوه برای تخمین پیامدهای محیطی الگوهای تولید و مصرف استفاده شده است، و همچنین ما را قادر می‌سازد که کمبودها و منابع را به‌طور دقیق مشخص سازی(Barret, et al., 1999) .

شاخص جای پای بوم‌شناختی (EF) به طور واضحی نشان می‌دهد که در کدام ناحیه و کجا، انسان بر روی منابع طبیعی فشار وارد می‌کنند. در واقع این شاخص اندازه‌گیری مقدار استفاده اشخاص، سازمان‌ها، شهرها، مناطق، کشورها، و یا کل جمعیت انسانی از منابع طبیعی است.

بدین ترتیب اندازه‌گیری جای‌پای فعلی و سپس محاسبهٔ آن برای سبک زندگی خانوارهای مختلف و نیز خط‌مشی‌های دولتی، مؤثرترین روش برای محاسبهٔ نیازهای زندگی است(Wilson, & Aneilski, 2004).

بدین ترتیب EF نه فقط برای تخمین فضای استقرار با توجه به نواحی مورد نیاز برای پایداری بشر امروزی استفاده می‌شود بلکه در مورد بررسی راهبردهای مختلف برای آینده نیز ابزار مناسبی است. EF ابزار مناسبی برای اندازه‌گیری نسبت پیشرفت پایداری جوامع نیز است. بنابراین پایداری در این شاخص، به معنی دستیابی به زندگی راضی‌کننده، بدون تحمیل به ظرفیت اکولوژیک بیشتر سیاره است (2003 ,Redefining progress).

به‌طورکلی بیشترین توجه به شاخص EF توسط سازمان‌های زیست‌محیطی و آموزشی صورت می‌گیرد، با این وجود دانشمندان، تصمیم‌گیرندگان و سیاستمداران به طور فزاینده‌ای درحال روی آوردن به این روش هستند (Van Vuuren, 1999).

از زمانی‌که فرمول EF در سال ۱۹۹۶ ارائه شد، برخی محققان به این روش انتقاد کرده‌اند، اما به‌طورکلی این شاخص را به منزلهٔ ابزار

برنامه‌ریزی، آموزشی و تعیین‌کنندهٔ خط مشی آینده تأیید کرده‌اند (Van den,1999 & Moffat, 2000 & Lenzen, 2003).

ما در این مقاله در پی آن هستیم تا روش‌شناسی و نحوهٔ تبدیل منابع مصرفی به واحد مساحت این شاخص را معرفی کنیم.

ادبیات تحقیق

روش‌های زیادی برای اندازه‌گیری واکنش ما در برابر طبیعت وجود دارد، که یکی از آنها، شاخص جای‌پای بوم شناختی (EF) است. در واقع یک جای‌پا، اندازه‌گیری تقاضای پیوسته بوم‌شناختی در ارتباط با فعالیت‌های انسانی در ناحیهٔ بوم‌شناختی به منظور تأمین منابع مصرفی و جذب مواد زاید تولید شده، با فناوری رایج است(Kitzes, 2006). چندین سازمان قبلاً محاسبه EF را در سطوح مختلف فردی و شهری تا سطح جهانی استفاده کرده‌اند (Milieudienst & Wackernagel, 1998).

از جمله تحقیقاتی که با روش جای پای بوم‌شناختی انجام گرفته بدین قرار است: در سطح جهانی، گزارش سالانهٔ سیارهٔ زنده[۷] توسط WWF ارائه شده است. در این پروژه جای پای بوم‌شناختی و ظرفیت زیستی کلیهٔ کشورهای جهان به طور سالانه شامل زمین کشاورزی، مرتع، جنگل، کربن، فوت‌پرینت زمین ساخته شده و تولید زیستی دریا با استفاده از اطلاعات سازمان ملل بررسی شده‌است. اندازه‌گیری EF یک مرکز توریستی در هیمالیا (Sinclair, & Cole, 2002)؛ تحلیل EF شهر ازیکس[۸] - شرق انگلیس (Vergoulas, & simmons,2004)؛ کاربرد EF در دو ناحیهٔ شهری ایرلند(Walsh, & others, 2006)؛ EF کینگستون (Birch, 2006). در ایران نیز رساله دکتری، خانم فرزانه ساسان‌پور با عنوان "بررسی پایداری کلانشهر تهران با روش جای پای بوم شناختی" در همین ارتباط است (ساسان‌پور، ۱۳۸۵).

تعاریف شاخص جای‌پای بوم‌شناختی

تاکنون تعاریف متعددی از سوی دانشمندان برای شاخص جای پای بوم‌شناختی ارائه شده است که به قرار زیر است:

۱- شاخص جای‌پای بوم‌شناختی بیشتر به عنوان روشی ساده و ظریف برای مقایسهٔ پایداری منابع مورد استفاده در میان جمعیت‌های مختلف استفاده می‌شود(Rees, 1992).

۲- شاخص جای پای بوم‌شناختی همچنین به منزلهٔ مقدار زمین مورد نیاز برای مصرف جمعیت و جذب مواد زاید آنها نیزتعریف شده است (Wackernagel, & Rees, 1996).

۳- شاخص جای پای‌بوم‌شناختی نشان‌دهندهٔ برخوردی است که هر یک از ما به واسطهٔ شیوه‌های زندگی‌مان به طبیعت و سیاره داریم.

۴-شاخص جای پای‌بوم‌شناختی اندازه‌گیری کل زمین‌های مولد اکولوژیک مورد نیاز برای تولید مداوم منابع مصرفی و جذب و تبدیل مواد زاید تولید شده توسط جمعیت یک ناحیه است.

۵- کل اکرهایی[۹] که برای تولید منابع مصرفی جمعیت و جذب مواد زاید تولید شده معادل EF آن جمعیت است(Cheal Ryu,2005).

۶- EF گردآوری ماتریسی است‌که در آن مشخص شده که چه مقدار از مساحت زمین به چه نوع مصارفی اختصاص یافته است. به منظور محاسبهٔ سرانهٔ EF ، کل مساحت زمین‌ها جمع و به جمعیت تقسیم می‌شود، و سرانه به هکتار جهانی (Gha) داده می‌شود.

طبقه‌بندی زمین در روش EF

ریز و واکرناگل (۱۹۹۳، ۱۹۹۶) الگویی برای محاسبه EF با استفاده از ماتریس مصرف- کاربری اراضی ارائه داده‌اند که شامل:

الف – طبقه‌بندی‌های مصرف که عبارتند از: غذا، خانه، حمل و نقل، کالاهای مصرفی، خدمات و مواد زاید.

ب – طبقه‌بندی کاربری اراضی که به‌طورکلی شامل شش جزء جداگانه است. و کلیهٔ کالاها و خدمات مصرفی که انسان در طول زندگی استفاده می‌کند، باید در این شش جزء گنجانده شود (در ادامه فرمول آن ارائه می‌شود) (Cheal Ryu, 2005).

۱- زمین کشاورزی: مساحت زمینی که برای تولید محصولاتی که افراد جامعه مصرف می‌کنند مورد نیاز خواهد بود.

۲- زمین انرژی(CO_2 جذب): مساحت جنگلی که برای جذب CO_2 ناشی از مصرف سوخت به طور مستقیم و غیرمستقیم، توسط افراد جامعه مورد نیاز خواهد بود. این مورد بیشترین بخش از EF کشورهای اروپایی را شامل می‌شود.

۳-زمین مرتع: مساحت مرتعی که برای پرورش دام مورد نیاز و تولیداتشان، برای جمعیت منطقه، یا کشور مورد نیاز خواهد بود.

۴-زمین جنگلی: مساحت جنگلی که برای تولید چوب و کاغذ، مورد نیاز خواهد بود.

۵-پهنه‌های آبی: مساحت دریایی که برای تولید ماهی و غذاهای دریایی، برای جمعیت منطقه یا کشور مورد نیاز خواهد بود.

۶-ناحیهٔ ساخته شده: مساحت زمینی که برای ساخت‌وساز ساختمان‌ها و زیرساخت‌های سکونتگاهها موردنیاز خواهد بود.

اطلاعات در مورد زمین ساخته شده معمولا اندک است و بیشتر از طریق تفسیر عکس‌های ماهواره‌ای انجام می‌شود(شکل شماره۱) (world Wild Fund for Nature, 2000).

شکل شمارهٔ(۱): جای پای بوم شناختی

مجموع زمین‌های مورد نیاز در طبقه‌بندی‌های فوق، مقدار کل EF جامعه را نشان می‌دهد. تقاضا برای هر کدام از این زمین‌ها با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

صادرات واردات + مقدار تولید = مقدار زمین مورد نیاز

بدین ترتیب تقاضا برای زمین کشاورزی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

صادرات آن کالاها واردات کالاهای کشاورزی + کل محصول تولید شده = مقدار زمین مورد نیاز برای کشاورزی، مقدار کل تولید محصول با تقسیم به میانگین محصول جهانی، به دست می‌آید. این محاسبه برای کل محصولات تکرار می‌شود.

روش شناسی

از زمانی‌که روش EF توسط بنیانگذاران آن یعنی ریز و واکرنگال ارائه شد، کتاب‌های زیادی در روش‌شناسی آن ارائه شده است (Wackernagel, Rees,1996 & Chambers, et al., 2000).

به طور کلی دو نظریه مشخص برای محاسبهٔ شاخص جای پای بوم‌شناختی(EF) وجود دارد.

۱-روش قیاسی، یا ترکیبی: این روش توسط بنیانگذاران مفهوم EF – ویلیام ریز و ماتیس واکرناگل– با استفاده از کل داده‌های اقتصادی کشور برای محاسبهٔ EF ملی ارائه شده است.

۲-روش استقرایی، یا تفضیلی: این روش توسط سیستم مشاوره‌ای انگلیسی «BFF[10]»گسترش یافته است، و EF جمعیت‌های منطقه‌ای، تولیدات، کارخانه‌ها و خانواده‌ها را محاسبه می‌کند. در زیر، روش‌شناسی و مفهوم هر دو نظریه توضیح داده می‌شود.

روش قیاسی یا ترکیبی

هدف از این روش، استفاده از داده‌های استاندارد شده بین‌المللی برای رسیدن به یک EF دقیق است. این روش توسط WWF[11] و با استفاده از اطلاعات سازمان ملل در مورد تولیدات کشاورزی، تولیدات جنگلی، مساحت زمین ساخته شده و تجارت، برای کلیهٔ کشورها استفاده شده است. در روش قیاسی به دلیل این‌که سازمان‌ها و مناطق از طریق داده‌های تجارت ملی محاسبه می‌شوند، از آن به عنوان روش بالا به پایین نام می‌برند. علت توجه به کشورها نیز بدان علت بوده که در این روش نیازی به شناسایی این‌که کدام یک از بخش‌ها، کارخانه‌ها، یا مناطق دارای منابع ویژه، چه مقدار مساحت دارند و یا آلودگی ایجاد کرده‌اند، نیست و همچنین نیازی به آگاهی داشتن از کاربرد موردهای مطالعاتی نیست. برای مثال محققان برای تخمین EF جامعه یا محل، با تخمین EF ملی شروع می‌کنند و سپس آن را با شاخص‌های موجود و مناسب محلی مانند جمعیت، درآمد خانواده، هزینه‌های خانواده، میانگین مساحت خانه، استفاده از برق و تولید مواد زاید تطبیق می‌دهند (Ecotec-uk, 2001).

روش استقرایی یا تفضیلی

این روش برای ارزیابی جمعیت(منطقه‌ای)، یا تولید است، و طبقه‌بندی‌های مصرف در آن به ترتیب اجزا تفکیک شده‌اند. این روش اجازه می‌دهد تا فعالیت‌هایی مانند مسافرت با ماشین و غیره توسط EF محاسبه شود. در این روش داده‌های بیشتری نسبت به روش ترکیبی لازم است و معمولاً مجموعهٔ آمارهای ملی برای جریان‌های مواد و انرژی در سطح منطقه‌ای وجود ندارد. روش استقرایی به مقدار زیادی به اطلاعات تجاری و تبدیل تولیدات جمعیت به مصرف متکی است. اما اطلاعات مربوط به تولید، مصرف، یا تجارت در سطح منطقه‌ای به آسانی موجود نیست. اما این امکان وجود دارد که شهرداری‌ها بتوانند شروع به جمع‌آوری اطلاعات مربوط به کالاها و خدمات تولیدی و همچنین داده‌های تجاری در قلمرو تحت نفوذشان در مقایسه با سطح ملی کنند. اساس روش استقرایی، تحلیل چرخهٔ زندگی با موردهای مصرفی و غیره در آن است. این روش، روش‌شناسی پایین به بالا دارد، بدین صورت که

ابتدا مقدار فعالیت انجام شده به واسطه جمعیت تعیین می‌شود؛ سپس این فعالیت‌ها به انرژی و کاربری‌های اراضی اصلی (جدول شمارهٔ ۱) تبدیل

جدول شمارهٔ (۱): موارد جزئی ملاحظه شده در روش استقرایی

برق (تولید داخلی)	گاز (تولید داخلی)	برق (غیره)	گاز (غیره)	مسافرت با ماشین
مسافرت با اتوبوس	مسافرت با هواپیما	حمل ونقل جاده‌ای	حمل ونقل ریلی	حمل ونقل دریایی
حمل ونقل هوایی	محصولات غذایی	تولید چوب	مواد زاید بازیافت شده (شیشه)	مواد زاید بازیافت شده (کاغذ و کارت)
مواد زاید بازیافت شده (فلزات)	مواد زاید بازیافت شده (کامپوزیت)	مواد زاید بازیافت شده (دیگر)		آب
مواد زاید (دیگر)	مواد زاید (خانـــــگی)			مواد زاید (تجاری)

(Simmons, et al., 2000)

می‌شوند و سرانجام به واحد مساحت جهانی تبدیل می‌شوند، تا اجازه مقایسه با سایر بخش‌ها، سازمان‌ها و مناطق را بدهد.

این روش تصویر کامل‌تری از برخوردهای مربوط به تولید مواد و نیز تفاوت معنی‌داری بین تولیدات اولیه (تولیدات کشاورزی و معدنی) و تولیدات ثانویه(تولیدات صنعتی) را می‌دهد.مثلاً برای محاسبهٔ EF کاغذ، در کشور در روش قیاسی، ما باید اطلاعاتی در مورد کل میزان مصرف آن داشته باشیم. اما در مقابل در روش استقرایی، ما نیاز به به این شناخت داریم که چه بخش‌هایی، مصرف کاغذ را برای چه هدفی به کار برده‌اند.

در محاسبهٔ CO_2 با استفاده از روش قیاسی، ما فقط به مقدار کل انتشار CO_2 در کشور نیاز داریم، اما در روش استقرایی ما باید بدانیم میزان انتشار CO_2 در هر بخش چه مقدار است.

سیمونز عقیده دارد که روش استقرایی، نباید به عنوان مدل کامل و جایگزینی برای روش قیاسی، یا ترکیبی تصور شود، بلکه هر دو دارای مزایا و معایبی هستند. برای مثال در روش استقرایی،EFهای جزئی برای کارها و تولیدات بیشمار محاسبه شود، اما ابهام زیادی دارد. درحالی‌که در روش قیاسی با این‌که نتایج آن دارای ارزش زیادی است، اما بیشتر در مورد کلیات است و برای جزئیات قابل اطمینان نیست.

بدین ترتیب با ترکیب کاربرد (که از ویژگی‌های روش استقرائی است) و دقت (از ویژگی‌های روش قیاسی است) به روش تلفیقی می‌رسیم. اما باید توجه داشت که اصل مهم در این تلفیق، درجهٔ اهمیت روش استقرایی در مقابل روش قیاسی است(ECOTEC-UK,2001).

مزایای استفاده از شاخص EF

۱- با استفاده از واحد اندازه‌گیری یکسان در سطح جهانی، مقایسهٔ نواحی برای بارگذاری اکولوژیک آسان شده است.

۲- EF مفهومی جاری است‌که می‌توان آن را با دیگر روش‌ها مانند GDP[12] و HDI[13] مقایسه کرد.

۳- EF را می‌توان در همه سطوح فضایی و بخش‌های فعالیتی استفاده کرد.

۴- مشکلاتی در دستیابی به داده‌ها و روش‌شناسی وجود دارد، اما محققان در این زمینه در حال پیشرفت هستند. و به طور پیوسته این شاخص بهنگام و بهبود می‌یابد.

۵- EF به ما نشان می‌دهد که در آینده باید چه کار انجام دهیم، همچنین خط مشی‌هایی برای تغییر مقولات اصلی مصرف فعلی را بیان می‌کند. این شاخص ظرفیت زیستی جهانی موجود را نیز به ما نشان می‌دهد(Moffat, 2000).

معایب شاخص EF

۱- این شاخص بیشتر روی مسائل کمی تأکید دارد و کمتر مسائل کیفی را در نظر می‌گیرد.

۲- شاخص EF تغییر فناوری را نادیده می‌گیرد.

۳- این شاخص همچنین منابع زیرزمینی را نادیده می‌گیرد.

۴- این شاخص در سطح منطقه‌ای بیشتر روی احتمالاتی است‌که اتفاق می‌افتد، که قسمتی از آن ناشی از کمبود اطلاعات در سطح محلی و منطقه‌ای است(Moffat, 2000).

نحوهٔ محاسبهٔ شاخص جای پای بوم‌شناختی

برای محاسبهٔ شاخص EF باید به روش زیر اقدام کرد:

مرحلهٔ اوّل- محاسبهٔ مقدار سرانه EF موردهای مصرفی مختلف، با استفاده از رابطهٔ زیر:

رابطهٔ(۱) $$A_i = C_i / Y_i = (P_i + I_i + E_i) / (Y_i + N)$$

که i= نوع مورد مصرفی

Y_i =میانگین سالانهٔ تولیدی مورد مصرفی i از نواحی تولید بیولوژیکی $\left(Kg/hm^2\right)$

C_i = مقدار سرانه مورد مصرفی i

A_i = مقدار تبدیل شده سرانه EF مورد مصرفی i

P_i = مقدار تولید سالانه مورد مصرفی i

I_i = مقدار واردات مورد مصرفی i

E_i = مقدار صادرات مورد مصرفی i

N = تعداد جمعیت

مرحلهٔ دوم محاسبهٔ EF با استفاده از رابطه زیر:

رابطهٔ(۲)

$$ef = \sum r_j A_i = \sum_{j1}^{6} r \left(P_i + I_i - E_i\right) / \left(Y_i \cdot N\right)$$

ef= سرانه EF (H برای هر نفر)

r_j = ضریب تعادل[۱۴](جدول شماره ۲).

جدول شمارهٔ (۲): ضریب تعادل و بازدهی انواع شش گانه کاربری اراضی در شاخص EF

کاربری اراضی	ضریب تعادل	ضریب بازدهی
زمین کشاورزی	۲/۱	۰/۹۸
زمین مرتع	۰/۵	۱/۸۱
زمین جنگل	۱/۴	۰/۸۲
پهنه‌های آبی	۰/۴	۳/۳۹
نواحی ساخته شده	۲/۲	۰/۹۸
زمین انرژی	۱/۴	–

(Wackernagel, et al., 2005)

کل جمعیت در ناحیه عبارت است از:

رابطهٔ(۳) $$EF = N \times (ef)$$

EF: ef کل جمعیت است.

N: تعداد جمعیت

مرحلهٔ سوم - محاسبهٔ ظرفیت تحمل بوم‌شناختی:

ظرفیت تحمل بوم شناختی، حداکثر جمعیتی است‌که به وسیلهٔ منابع محدود ناحیه تأمین می‌شوند، به‌طوری‌که تولید اکولوژیک ناحیه دچار آسیب نشود. در محاسبهٔ ظرفیت تحمل بوم‌شناختی کشورها، یا مناطق مختلف، نه تنها ظرفیت بوم‌شناختی زمین کشاورزی، مرتع، جنگل، ناحیهٔ ساخته شده و پهنه‌های آبی به طور گسترده‌ای مختلف است، بلکه بازدهی بوم‌شناختی نیز به طور چشمگیری مختلف است. بدین ترتیب، نواحی تولید اکولوژیکی کشورها و مناطق مختلف نمی‌توانند به طور مستقیم مقایسه شوند. بنابراین به تطبیق انواع زمین نیاز داریم.

اختلافات بین تولید منطقه‌ای و میانگین تولید جهانی می‌تواند با «ضریب بازدهی» تصحیح شود. برای محاسبهٔ دقیق باید ۱۲٪ از ناحیه تنوع زیستی را زمانی‌که ظرفیت تحمل بوم شناختی محاسبه می‌شود، کم کرد.

در نتیجهٔ فرمول محاسبه سرانه ظرفیت تحمل بوم‌شناختی عبارت خواهد بود از:

رابطهٔ(۴) $$ec = a_j \times r_j \times y_j$$

« M

ec: سرانهٔ ظرفیت تحمل بوم‌شناختی (H برای هر نفر)

a_j: سرانهٔ ناحیهٔ تولید بیولوژیکی

r_j: ضریب تعادل

y_j: ضریب بازدهی[۱۵]

بنابراین محاسبهٔ ظرفیت تحمل بوم شناختی عبارت خواهد بود از:

رابطهٔ(۵) $$EC = N \times (ec)$$

EC: ظرفیت تحمل بوم شناختی منطقه‌ای جمعیت است

N: تعداد جمعیت

مرحلهٔ چهارم- محاسبهٔ کاهش، یا افزایش بوم‌شناختی

اگر در محاسبه، EF بیشتر از ظرفیت تحمل بوم‌شناختی منطقه باشد، کمبود بوم‌شناختی وجود خواهد داشت. ولی درصورتی‌که EF کمتر

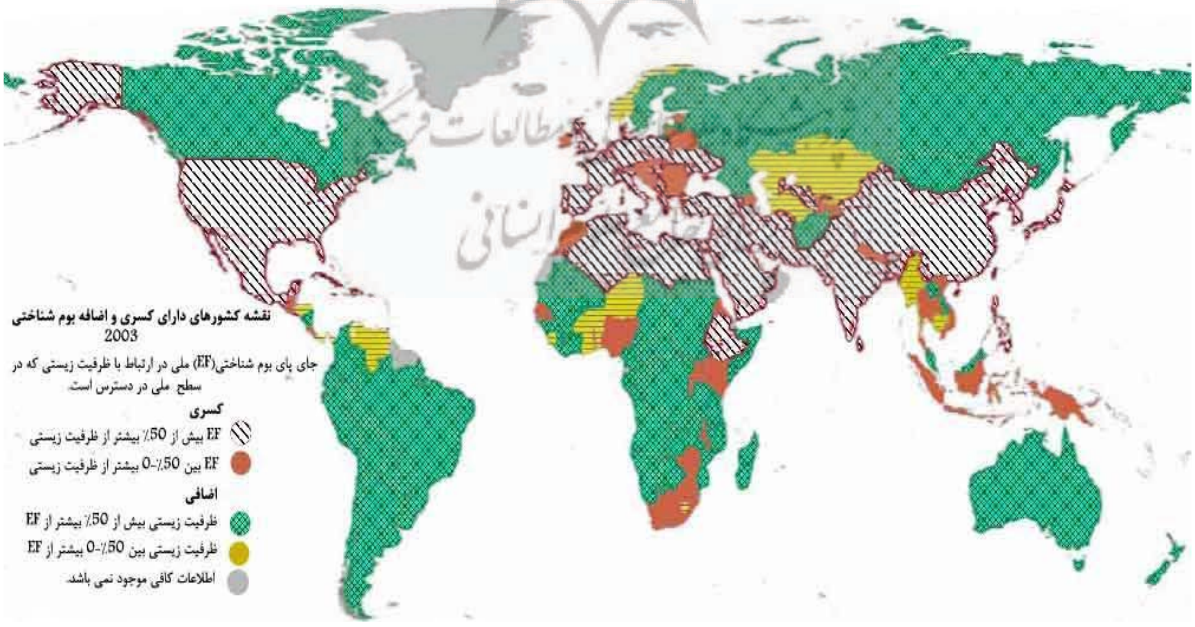
از ظرفیت تحمل بوم‌شناختی منطقه باشد، افزایش بوم‌شناختی وجود خواهد داشت(جدول شماره ۳ و نقشه شماره ۱)(Zhang, 2005).

جدول شمارهٔ (۳): EF و ظرفیت زیستی تعدادی از کشورهای مختلف جهان

کشور	کل EF	سرانه EF (هکتار/	ظرفیت زیستی	کاهش یا افزایش
جهان	۱۴۰۷۳	۲/۲	۱/۸	-۰/۴
ایالات متحده امریکا	۲۸۱۹	۹/۶	۴/۷	-۴/۸
چین	۲۱۵۲	۱/۶	۰/۸	-۰/۹
هند	۸۰۲	۰/۸	۰/۴	-۰/۴
روسیه	۶۳۱	۴/۴	۶/۹	-۲/۵
ژاپن	۵۵۶	۴/۴	۰/۷	-۳/۶
برزیل	۳۸۳	۲/۱	۹/۹	۷/۸
ایران	–	۲/۴	۰/۸	-۱/۶
آلمان	۳۷۵	۴/۵	۱/۷	-۲/۸
فرانسه	۳۳۹	۵/۶	۳/۰	-۲/۶
انگلستان	۳۳۳	۵/۶	۱/۶	-۴
مکزیک	۲۶۵	۲/۶	۱/۷	-۰/۹
کانادا	۲۴۰	۷/۶	۱۴/۵	۶/۹
ایتالیا	۲۳۹	۴/۲	۱/۰	-۳/۱

Living planet report (2006)

نقشهٔ شمارهٔ (۱): نقشهٔ کشورهای دارای کسری و اضافه بوم‌شناختی



Living planet report (2006)

همچنین می‌توان با این مدل نیز در حرکت استقرایی مقدارEF را به‌دست آورد.

رابطهٔ(۶) $$EF = \sum a_k \cdot ef_k$$

رابطهٔ(۷) $$ef_k = \sum_{i=1}^{n} \left(c_i / p_i \right)$$

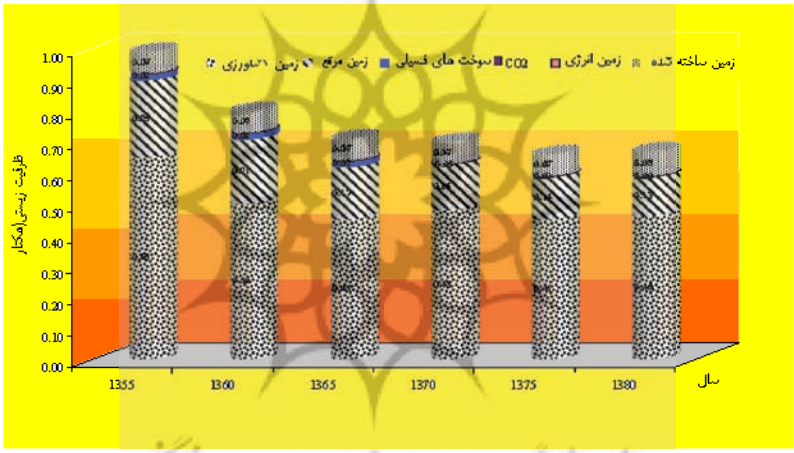
در این مدل ef_k جای پای بوم شناختی زمین نوع k است. ef اشغال شده توسط تولید محصول i که با تقسیم مقدار کالا (c_i)به میانگین محصول زمین (p_i) محاسبه می‌شود.

EF مجموع کل جای پای بوم شناختی است که توسط ضریب تعادل (a_k) و جای پای زمین نوع k محاسبه شده است.

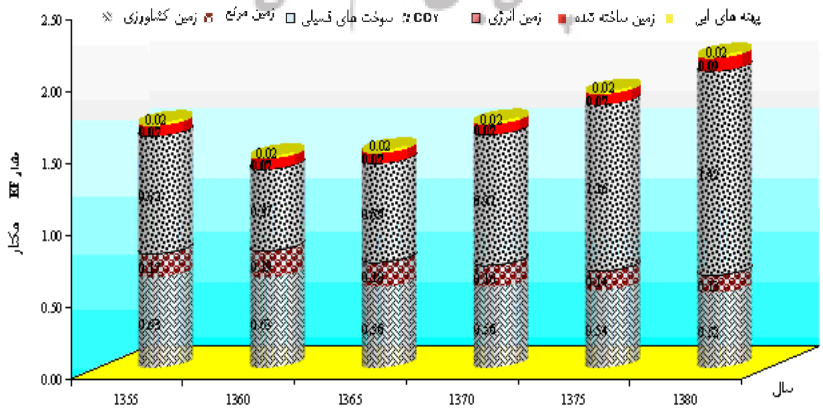
رابطهٔ(۸) EF (gha) =مساحت ناحیه (gha)×ضریب تعادل

نمودار(۱) مشخص می‌سازد که بیشترین مقدار ظرفیت زیستی در ایران (طی سالهای ۱۳۵۵تا۱۳۸۰) مربوط به سال ۱۳۵۵ و به مقدار ۱/۱۶ هکتار برای هر نفر است و کمترین مقدار آن مربوط به سال ۱۳۷۵ و به مقدار ۷۵/. هکتار است. همان‌طورکه نمودار نشان می‌دهد، بیشترین مقدار ظرفیت زیستی مربوط به زمین‌های کشاورزی است.

نمودار شمارهٔ(۱): مقدار ظرفیت زیستی در ایران به تفکیک منابع اکولوژیک



نمودار شمارهٔ(۲): مقدار ظرفیت زیستی در ایران به تفکیک منابع اکولوژیک



با بررسی نمودار شمارهٔ (۲) مشخص می‌شود که بیشترین مقدار مصرف منابع اکولوژیک (EF) مربوط به سال پایانی دورهٔ مورد بررسی یعنی سال ۱۳۸۰ و به مقدار ۲/۱۸ هکتار برای هر نفر است و کمترین آن مربوط به سال ۱۳۶۰ و به مقدار ۱/۴۸ هکتار است.

با مقایسهٔ دو نمودار نمایان می‌شود که ظرفیت زیستی منابع اکولوژیک ایران طی دورهٔ مورد مطالعه و سالهای پایانی دورهٔ مورد بررسی (۱۳۸۰) نقصان می‌یابد؛ اما مقدار EF نسبت به ظرفیت زیستی چنانچه در نمودار شمارهٔ (۲) نیز مشخص است سیری بالعکس طی کرده است، یعنی با رسیدن به سالهای پایانی دورهٔ مورد بررسی مقدار مصرف منابع در حال افزایش است و نمودار حالت صعودی دارد. این حالت مبین عدم پایداری مصرف منابع اکولوژیک در ایران است.

نتیجه‌گیری

شاخص جای‌پای بوم‌شناختی در زمانی‌که جهان به سوی مصرف بی‌رویهٔ منابع غیرقابل‌تجدید روی آورده و همچنین نظریات اقتصاد نئوکلاسیک با تکیه بر رشد، کشورها را به این طرف سوق می‌داد، ارائه شد. این شاخص یکی از روش‌های جدید در اندازه‌گیری مصرف منابع طبیعی توسط جمعیت هر ناحیه، یا کشور و فشار وارده بر نظام اکولوژیک جهان است؛ و توسط کشورهای جهان در مقیاس‌های مختلفی استفاده شده است. با توجه به فقر منابع در جهان و بخصوص در کشورهای گرمسیری، نیمه گرمسیری و نیمه معتدل، این شاخص راه‌حل مناسبی برای مصرف بهینه و پایدارسازی منابع و همچنین درک چگونگی بهره‌برداری از منابع درون کشورها و در نظام جهانی به وجود می‌آورد.

یادداشت‌ها

1-Brandtland
2-Our Common Future
3-Index of Sustainable Economic Welfare
4-Genuine Progress Indicator
5-United Nations Commission on Sustainable Development
6-Ecological Foot print
7-Living Planet Report
8-Essex
۹- هر آکر حدود نیم هکتار است
10-Best foot forward
11-World Wild Fund for Nature
12-Gross Domestic Products
13-Human Development Index
14-Equivalence Factor
15-Yield Factor

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع مورد استفاده

بدری، ع. ۱۳۷۶. توسعهٔ پایدار، مفهوم، ارزش و عمل، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، شمارهٔ پیاپی ۴۴، ص ۴۵.

حسین‌زاده دلیر، ک. ۱۳۸۳. برنامه‌ریزی ناحیه‌ای، سمت؛ تهران، ص ۹۳.

ساسان‌پور، ف. ۱۳۸۵. بررسی پایداری کلانشهر تهران با روش جای پای بوم‌شناختی؛ پایان نامهٔ دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز؛ تبریز.

فرجام، ر. ۱۳۸۵. شاخص‌هایی برای توسعهٔ پایدار در نواحی شهری و طرح ریزی شهرهای پایدار ؛ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان فارس؛ ص ۳۲.

کاظمی،م. ، محمدی، م. ۱۳۸۰. توسعهٔ پایدار شهری، مفاهیم و دیدگاهها؛ فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی؛ شمارهٔ پیاپی۶۲ ؛ ص ۹۶.

مینایی، و. ۱۳۷۴. توسعه پایدار گردشگری؛ ماهنامهٔ اطلاعات سیاسی- اقتصادی؛ شمارهٔ ۹۵-۹۶ ؛ ص ۱۳۴.

Barret,J. , N.,Charret. and R.,Birch.1999. Exploring The Application of the Ecological FootPrint to Sustainable consumption policy. University of York. Stockholm Environment Institute.

.

Birch,R. 2006. The Ecological Footprint of Kingston. Stockholm Environment Institute.

Chambers,N., C.,Simmons and M.,Wackernagel.2000.Sharing Nature's Interest: Ecological footprints as an indicator of sustainability. Earthscan, London.

Cheal ryu,H.2005. Modeling the per Capita Ecological Footprint for Dallas County, Texas: Examining Demographic, Environmental Value, Land-Use, and Spatial. M&S. Dissertation. University of Texas.

Cole,V. , J.,Sinclair.2002. Measuring the Ecological Footprint of a Himalayan Tourist Center. Mountain 5HVHDUFK DQG' HYHORSP HQW 0 RO 1 R 3S ±

Ecotec-uk. 2001. Ecological Footprint. Editor, George Graham. European parliament.

. LJHV- 6 * RGLIQJHU 0 HDVXULQJ 0 DLQ &RXQW\ (FRORJLFDO) RRWSULQW &RXQW RI 0 DLQ &RP P XQLW Development Agency.

/ HQJHQ 0 6KDXQD 7KH(FRORJLFDO) RRWSULQW , VXHVDQG 7UHQGV 8 QLYHUVLW RI 6\GQH

Meadows,D.1998. Indicators and Information Systems for Sustainable Development. A report to the Balaton Group. The Sustainability Institute. Hartland Four Corners. U.S.A.

Milieudienst Amsterdam. Milieuverkenning. 1998. Environment Deparment of Amsterdam City Council. The Netherlands.

Moffat,I.2000. Ecological Footprints and Sustainable Development. Ecological Economics 32. Pp.359-362.

Redefining Progress .2003. Accelerating Sustainability with Local Footprints, Sustainability Program Ecological Footprint Accounts. www.rprogress.org

Rees,W.E.1992. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leave out? Environ. Urban. 4 (2). Pp. 120-130.

5,90 81(3 7KH)XWXUHRI WKH*OREDO(QYLURQPHQW\$0RGHOEDVHG\$QDO\VLV6XSSRUWLQJ81(3¶V)LUVW Global Environmental Outlook.

Simmons,C., K.,Lewis, and J.,Barrett.2000. Two feet - two approaches: a component-based model of ecological footprinting. Ecological Economics 32. Pp. 375-380.

9DQGHQ%HUJK 6SDWLDOVXVWDLQDELOLW\ WUDGHRIIV DQHYDOXDWLRQRI WKHµHFRORJLFDOIRRWSULQW¶ (FRORJLFDO(FRQRPLFV 3S ±

Van Vuuren,D.P. & et al. 1999. The Ecological Footprint of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands. Institute of man and environment.

Vergoulas,G. , C.,Simmons.2004. An ecological footprint analysis of Essex - East England. Essex County Council.

Wackernagel,M. & et al.2005. National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method. Ecological FootPrint Network.

Wackernagel,M. , J.D.,Yount.1998. The ecological footprint: an indicator of progress toward regional sustainability. Environmental Monitoring and Assessment, 51. Pp.511-529.

: DFNHUQDJHO ' 5IFKDUGVRQ +RZ WR FDOFXODWH + RXVHKROG¶V (FRORJLFDO)RRWSULQW\$QDKXDF University of Xalapa and University of Texas (draft).

Wackernagel,M. , W.,Rees.1996. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers.

Walsh,C., et al.2006. The application of the Ecological Footprint in two Irish urban areas: Limerick and Belfast. Irish Geography. Vol. 39(1).Pp. 1-21.

Wilson,J. , M.,Anielski.2004. Ecological Footprint of Canadian municipalities and Region. The Federation of Canadian Municipalities.

World Wide Fund for Nature. 2000. Living Planet Report 2000.

World Wide Fund for Nature. 2006. Living Planet Report 2006.

Zhang,Y.2005. The Change of Ecological Footprint and Its Effect on Sustainable Development in Beijing of China. Chinese Business Review. Vol. 4. No.10.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی