

## **Ecological Intensity of Well-Being, A New Approach to Measuring Sustainable Development in Iran**

**Zahra Rouhani Neghab<sup>\*</sup>, Taghi Ebrahimi Salari<sup>\*\*</sup>  
Narges Salehnia<sup>\*\*\*</sup>, Mehdi Jabbari Nooghabi<sup>\*\*\*\*</sup>**

### **Abstract**

Sustainability is basically an exchange challenge that shows environment is under pressure to improve the human's quality of well-being. Some of the introduced indicators, such as ecological footprint, environmental sustainability, environmental performance and human development, have received more attention. However, the lack of a comprehensive index that considers both economic and environmental criteria to measure sustainability can be seen. This subject seems to have been considered in the ecological intensity of well-being. Dietz, Rosa and York first introduced the index in 2012, defining it as the per capita pressure imposed on the environment for each unit of human well-being to measure sustainable development. For the first time in Iran, this study calculates the value of this index for the years 1996 to 2017 for Iran and predicts it for the years 2018 to 2022 using ARMA models and R software. The results show that despite the increase in the ecological footprint over the past three decades, the value of the EIWB has been almost halved, which indicates the improvement of life expectancy during this period.

**Keywords:** Ecological Intensity of Well-Being, Sustainability, Ecological Footprint, Iran, Well-Being.

**JEL Classification:** O1, O2, Q4, Q5.

\* Ph.D. Student, Energy Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran,  
zahra.rouhanineghab@mail.um.ac.ir

\*\* Associate Professor, Department of Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran,  
(Corresponding author), ebrahimi@um.ac.ir

\*\*\* Assistant professor, Department of Energy Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad,  
Iran, n.salehnia@um.ac.ir

\*\*\*\* Associate Professor, Department of Statistics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran,  
jabbarinm@um.ac.ir

Date received: 2022/08/16, Date of acceptance: 2022/09/26





## شدت اکولوژیکی به زیستن،

### رویکردی نوین در سنجش توسعه پایدار در ایران

زهرا روحانی نقاب\*، تقی ابراهیمی سالاری\*\*

نرگس صالح نیا\*\*\*، مهدی جباری نوقابی\*\*\*\*

#### چکیده

پایداری اصولاً چالشی مبادله‌ای است که نشان می‌دهد انسان برای بهبود کیفیت به زیستن بر محیط زیست فشار تحمیل می‌کند. از میان شاخص‌های معرفی شده برخی هم‌چون شاخص ردپای اکولوژیکی، پایداری محیط زیست، عملکرد محیط زیست، و توسعه انسانی از توجه بیش تری برخوردار بوده‌اند. با وجود این، کماکان فقدان شاخصی جامع که معیارهای اقتصادی و زیست محیطی هر دو را برای سنجش پایداری در نظر بگیرد، به چشم می‌خورد. به این خلاء در «شاخص شدت اکولوژیکی به زیستن» (EIWB)<sup>۱</sup> توجه شده است. دایتز و دیگران برای اولین بار این شاخص را معرفی می‌کنند و آن را به عنوان سرانه فشاری که به ازای هر واحد به زیستن انسان به محیط زیست تحمیل می‌شود، برای سنجش توسعه پایدار تعریف می‌کنند. این شاخص هم‌زمان به فشار وارد بر محیط زیست و تغییر در کیفیت زندگی انسان توجه می‌کند. اولین بار در ایران، مطالعه حاضر مقدار این شاخص را برای سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۷ برای ایران محاسبه و برای سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ با استفاده از مدل‌های ARMA و نرم‌افزار R پیش‌بینی می‌کند.

\* دانشجوی دکتری گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

zahra.rouhanineghab@mail.um.ac.ir

\*\* استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران (نویسنده مسئول)

ebrahimi@um.ac.ir

\*\*\* استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، n.salehnia@um.ac.ir

\*\*\*\* استاد گروه آمار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، jabbarinm@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴



نتایج نشان می‌دهد که با وجود افزایش ردپای اکولوژیکی طی حدود سه دهه گذشته مقدار شاخص EIWB تقریباً نصف شده است که حاکی از بهبود وضعیت امید به زندگی طی این دوره بوده است.

**کلیدواژه‌ها:** پایداری، ردپای اکولوژیکی، به‌زیستن، شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستن، ایران.

**طبقه‌بندی JEL:** O1, O2, Q4, Q5.

## ۱. مقدمه

در قرون گذشته جوامع بشری با بهره‌گیری از فرایندها و نظریه‌های توسعه با رویکردی شتابان به دنبال دستیابی به جامعه‌ای توسعه‌یافته و مدرن بوده‌اند. استفاده از منابع طبیعی، به‌منزله یکی از منابع تولید، همواره از ارکان اساسی فعالیت‌های توسعه‌محور در این مسیر بوده است. اگرچه در ابتدای مسیر پی‌آمدهای بیرونی (externalities) منفی حرکت در مسیر توسعه، که بیش‌تر آن‌ها مربوط به مشکلات زیست‌محیطی است، از چشم بشر دور مانده است، مشاهده شدت اثرات آن بر زندگی انسان در قرن اخیر لزوم توجه به این مسئله را خاطر نشان می‌کند.

با مروری اجمالی بر نظریه‌های اقتصادی درمی‌یابیم که اقتصاد منابع طبیعی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای تولید در بخش صنعت، از جمله عوامل تسهیل‌کننده فرایندهای بخش خدمات، عاملی رفاهی در بخش خانگی، و نیز ابزاری سیاستی و سیاسی کلیدی و تعیین‌کننده در سطوح اقتصاد ملی و بین‌المللی جوامع محسوب می‌شود. بسیاری از اقتصاددانان محیط‌زیست بر این باورند که با وجود نقش مهم منابع در بهبود شرایط زندگی در کشورها، مصرف این منابع مشکلات سلامتی و زیست‌محیطی را ایجاد کرده است که نمی‌توان به آن بی‌توجه ماند (Mayer 2014). جوامع بشری با مصرف منابع از طریق فعالیت‌های توسعه‌محور اثرات مخربی بر محیط‌زیست وارد کرده‌اند که این فرایندها خود تضادی در این زمینه در دنیا پدید آورده‌اند. در واقع، منابع طبیعی ازسویی به‌عنوان پیش‌نیازی برای یک زندگی مدرن، توسعه اقتصادی، و توسعه انسانی شناخته می‌شوند و ازسوی دیگر، پی‌آمدهای بیرونی دارند (Min and Rao 2017).

روبه‌رویی جوامع با این مسئله یعنی فعالیت‌هایی که ازطرفی برای یک زندگی خوب و به‌زیستن (well-being) اساسی و ضروری‌اند و ازسوی دیگر با آن تیشه به ریشه محیط‌زیست و در واقع خودشان زده‌اند، نه‌تنها توجه اقتصاددانان بلکه طرف‌داران محیط‌زیست، سیاست‌گذاران، و نیز سیاست‌مداران را به‌خود جلب کرده است. جرد دایاموند (Diamond Jared)، برنده جایزه

شدت اکولوژیکی به زیستن، ... (زهره روحانی نقاب و دیگران) ۶۳

پولیتزر، در کتاب *فروپاشی*<sup>۲</sup> (1396) نتایج منفی حاصل از این فعالیت‌ها را، که مشکلات زیست‌محیطی به هم‌راه داشته‌اند، به فرایندهایی تعبیر می‌کند که یا جوامع بشری از گذشته با آن‌ها روبه‌رو بوده‌اند یا در دوران اخیر ایجاد شده‌اند. او فرایندهایی را که انسان، از گذشته تا کنون، به دلیل فعالیت‌هایش با آن روبه‌رو بوده است به هشت گروه جنگل‌زدایی و تخریب زیست‌بوم، معضلات خاکی - فرسایش (erosion)، شورشدن خاک، و کاهش حاصل‌خیزی (fertility) - مسائل مدیریت آب، شکار بیش از حد (over hunting)، ماهی‌گیری فراتر از نیاز (over fishing)، تأثیر گونه‌های جدید در گونه‌های بومی، رشد جمعیت انسانی، و افزایش تأثیر سرانه مردم (ردپای اکولوژیکی) تقسیم می‌کند و در ادامه بیان می‌کند که دسته دیگری از این فرایندها نیز امروزه به مشکلات زیست‌محیطی افزوده شده است. تغییرات آب‌وهوایی، انباشت مواد شیمیایی سمی در محیط‌زیست، کمبود انرژی، و بهره‌برداری کامل انسان از ظرفیت فتوسنتتیک (photosynthetic capacity) زمین (اکسیژن‌زایی گیاهان ناشی از فتوسنتز) را در زمره معضلات جوامع امروزی ذکر می‌کند که به این فرایندها افزوده می‌شوند (دایاموند ۱۳۹۶: ۸۹-۱۱۰).

توجه انسان به محیط‌زیست و درک لزوم به‌کارگیری سیاست‌های موردنیاز برای حفظ آن، به مطرح‌شدن مفهوم پایداری (sustainability) توسط اقتصاددانان، بوم‌شناسان، و طرفداران محیط‌زیست در سال‌های ۱۹۵۰ منجر شده که در سال‌های بعد از آن به بسیاری از علوم دیگر نیز وارد شده است. هم‌چنین، از بعد از سال‌های ۱۹۷۰ تاکنون فعالیت‌های بی‌شماری در قالب برگزاری اجلاس‌ها و نیز مطالعات علمی قابل‌توجه در این زمینه شکل گرفته است. کنفرانس توسعه و محیط‌زیست سازمان ملل متحد در سال ۱۹۹۲ در ریودوژانیرو، به‌عنوان اولین مجمع بین‌المللی، و توافق‌نامه اقلیمی پاریس، که می‌توان از آن به‌عنوان آخرین فعالیت بین‌المللی در این زمینه نام برد، از مهم‌ترین این فعالیت‌ها هستند که به تعریف مفهوم پایداری و ارائه راه‌حل برای دسترسی به توسعه پایدار می‌پردازند که آن را با پایداری یکسان در نظر می‌گیرند.

پزی (Pezzy 1985) شصت تعریف را در این زمینه ذکر کرده است و بیان می‌کند که یکی از بهترین مفاهیم ارائه‌شده از پایداری را می‌توان گزارش معروف برانت‌لند (Brundtland 1987) دانست. این مفهوم که تعریف موردنظر مطالعه حاضر نیز است، توسعه‌ای را پایدار می‌داند که در آن نیازهای نسل حاضر را بدون آسیب‌رساندن به نیازهای نسل آینده تأمین کند. کولا (۱۳۹۴) و پیرس و دیگران (Pearce et al. 1990) اظهار داشته‌اند که گزارش برانت‌لند باعث شهرت مفهوم توسعه پایدار در بین متخصصان شده و راه را برای اصلاحات دیگر باز

کرده است و وین‌پنی (Winpeny 1991) اشاره می‌کند که تعریف مناسب از توسعه پایدار را می‌توان به صورت هدف مقدس اقتصاد محیط‌زیست دانست.

بعد از توجه به پایداری و تعریف آن، در سال ۱۹۹۶ شاخصی تحت عنوان ردپای اکولوژیکی (ecological footprint) برای اندازه‌گیری آن مطرح شد (Jorgenson 2007). ردپای اکولوژیکی میزان فشار (stress) ناشی از مصرف منابع طبیعی توسط انسان بر محیط‌زیست است که شامل مصرف انرژی، مصرف محصولات جنگلی، مصرف محصولات کشاورزی و دام‌داری، مصرف محصولات دریایی، و مقدار زمین استفاده‌شده برای فضای زندگی و زیرساخت‌هاست (Dietz et al. 2009). لذا برای دستیابی به توسعه پایدار لزوم توجه به ردپای اکولوژیکی در کنار بهبود کیفیت زندگی انسان از مبانی مهمی است که ریس (Rees)، استاد دانشگاه بریتیش کلمبیا، واکرناگل (Wackernagel)، و دیگر دانش‌آموختگان این دانشگاه در سال ۱۹۹۶ مطرح می‌کنند.

بعد از مطرح‌شدن ردپای اکولوژیکی مطالعات قابل توجهی در این زمینه انجام می‌شود و نظریه ریس و واکرناگل مورد بررسی بیش‌تر و تأیید قرار می‌گیرد. در این بین، می‌توان به مطالعاتی هم‌چون کیتزس و دیگران (Kites et al. 2007)، وایدمن و دیگران (Wiedmann et al. 2006)، و واکرناگل (Wackernagel 2002, 2004) اشاره کرد. ورود ادبیات مربوط به ردپای اکولوژیکی به اقتصاد محیط‌زیست و توجه هم‌زمان به کیفیت زندگی انسان، به ایجاد مفهوم جدیدی در این حوزه توسط دایتز و دیگران (Dietz et al. 2012) به نام «شدت اکولوژیکی به‌زیستن انسان» منجر می‌شود. مقاله آن‌ها برای اولین بار این مفهوم را ارائه می‌دهد و آن را به عنوان سهم سرانه ردپای اکولوژیکی به امید به زندگی در بدو تولد تعریف می‌کند. در واقع، «شدت اکولوژیکی به‌زیستن انسان» سرانه فشاری است که به‌ازای هر واحد به‌زیستن (بهبود کیفیت زندگی / well-being) انسان به محیط‌زیست تحمیل می‌شود.

درواقع، این‌طور به نظر می‌رسد که این مطالعه با محاسبه شاخص جدید شدت اکولوژیکی به‌زیستی به دنبال مطرح‌کردن ادبیات جدیدی در زمینه توسعه پایدار است. هنوز مطالعات محدودی در این زمینه به چشم می‌خورد که به مطرح‌کردن و استفاده از این شاخص جدید پرداخته باشند. مقالات مایر (Mayer 2017)، که با عنوان «نهادهای دموکراتیک و شدت انرژی به‌زیستی» به بررسی اثر نهادهای سیاسی بر شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستی می‌پردازد و نیز پژوهش یورگنسون و دایتز (Jorgenson and Dietz 2015)، با عنوان «رشد اقتصادی شدت اکولوژیکی به‌زیستی انسان را کاهش نمی‌دهد»، که اثر رشد اقتصادی را بر شدت اکولوژیکی بررسی می‌کنند، از زمره مطالعاتی هستند که در این زمینه مطرح شده‌اند.

شدت اکولوژیکی به زیستن، ... (زهره روحانی نقاب و دیگران) ۶۵

همان‌طور که در مقالات متعددی که دایتز و دیگران در این زمینه ارائه داده‌اند، اشاره شده است، وضعیت اندازه‌گیری پایداری مشکل دارد و هیچ مجموعه شاخصی وجود ندارد که مورد پذیرش جهانی و پشتوانه نظری قانع‌کننده داشته باشد. جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای آن دقیق و دردست‌رس باشد، و هم‌چنین در سیاست‌گذاری‌ها تأثیرگذار باشد. بیش‌تر تلاش‌ها برای عملیاتی کردن توسعه پایدار بر توسعه رفاه انسانی با پایدار نگاه داشتن زیست‌کره متمرکز است. از این رو، همان‌طور که پاریس و کی‌تس (Pariss and Kates 2003) اشاره کردند، اقدامات توسعه پایدار باید آن‌چه را قرار است پایدار بماند و نیز آن‌چه را باید توسعه یابد، در نظر بگیرد. لذا آن‌ها سعی دارند در شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستی این تمرکز را اتخاذ کنند (Dietz et al. 2009: 115).

این‌طور به نظر می‌رسد که در معرفی شاخص جدید تمامی شاخص‌های گذشته ارزیابی و سعی شده است محدودیت‌های شاخص‌های گذشته رفع شود تا پیشرفت سریع‌تری حاصل آید. برای مثال، در شاخص پایداری زیست‌محیطی (ESI) مؤلفه‌های سیستم زیست‌محیطی شامل معیارهایی از کیفیت هوا (شامل معیارهای غلظت  $SO_2$  شهری، غلظت  $NO_2$  شهری، و غلظت ذرات معلق کل شهری)، کمیت آب، کیفیت آب، تنوع زیستی، و مقدار زمین تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی است. این تلاش‌ها برای توسعه معیارهای سنجش پایداری ارزش زیادی در جمع‌آوری و ارزیابی داده‌های موجود دارد، اما چندین مشکل در این رویکرد وجود دارد (Pariss and Kates 2003). اول به‌عنوان یک تجزیه و تحلیل دقیق از داده‌ها در اسناد گزارش شاخص پایداری زیست‌محیطی ۲۰۰۲ داده‌های گم‌شده زیادی وجود دارد (Abayomi et al. 2002). داده‌ها عموماً در میان کشورهای ثروت‌مند کامل است، زیرا آن‌ها معمولاً نظام‌های گزارش آماری توسعه‌یافته‌ای دارند و در واقع محاسبه برای کشورهای کم‌تر توسعه‌یافته در بیش‌تر مواقع ممکن است مشکل‌ساز باشد. دوم، استفاده گسترده از متغیرهایی که فقط در سال‌های اخیر در دست‌رس‌اند به این معنی است که هرگز نمی‌توان مجموعه داده‌ها را در زمان به عقب گسترش داد و بنابراین، اگر هدف یک اقدام پایدار و کمک به نظارت و برنامه‌ریزی برای آینده باشد، مشکلی نیست، اما برای تحلیل مقایسه‌ای و علی این مسئله مهمی است.

ثالثاً، معیارهایی که در مقیاس‌های کل و در نهایت شاخص پایداری ترکیب می‌شوند، معمولاً برای اهداف دیگر جمع‌آوری می‌شوند و برای بسیاری از آن‌ها یک اجماع بین‌المللی در مورد نحوه جمع‌آوری و جدول‌بندی داده‌ها وجود ندارد. در نتیجه، چنین شاخص‌هایی

در برابر تغییرات در نحوه تعریف و جمع‌آوری اقدامات مستقیم توسط سازمان‌هایی که آن‌ها را توسعه می‌دهند آسیب‌پذیرند. لذا هرچه مؤلفه‌های اندازه‌گیری بیش‌تر باشد، احتمال این‌که تغییرات در مؤلفه‌ها قابلیت مقایسه را در طول زمان از بین ببرد، بیش‌تر می‌شود.<sup>۳</sup> با توجه به ویژگی‌های مطرح‌شده، شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستن سعی دارد با رفع محدودیت‌های دیگر شاخص‌ها روشی مناسب با داده‌هایی قابل‌دست‌رس و اندازه‌گیری ارائه دهد که بتواند هم‌زمان از داده‌های سال‌های گذشته بهره‌برده و برای سیاست‌گذاری در آینده نیز کاربردی باشد.

بدون شک مسائل زیست‌محیطی و توجه به پایداری برای تمامی کشورها حائز اهمیت است، اما اهمیت آن برای کشورهای در حال توسعه به دلیل شرایط نامناسبی که در زمینه مباحث زیست‌محیطی دارند بیش‌تر است. برای اطلاع بیش‌تر در زمینه توسعه پایدار کشورها یکی از شاخص‌هایی که می‌توان به آن توجه کرد، شاخص اهداف توسعه پایدار (index sustainable development goals) معرفی‌شده سازمان ملل از سال ۲۰۱۵ است. با توجه به این شاخص، کشورها می‌توانند خود را با سایر کشورهایی که در سطوح مشابهی از توسعه اقتصادی کلی هستند و نیز با کل جهان، با بهترین و بدترین عملکردها، مقایسه کنند. با توجه به این شاخص، امتیاز هر کشور عددی بین صفر تا صد است و هر عدد میزان درصد پیشرفت در جهت توسعه پایدار را نشان می‌دهد. براساس گزارش سال ۲۰۲۲ مربوط به این شاخص، ایران با ۶۸.۵۹ درصد رتبه ۱۸۸م را در میان ۱۵۷ کشور به خود اختصاص داده است. (<https://www.sdgindex.org>).

عدد مربوط به این شاخص و نیز رتبه ایران نشان می‌دهد که هنوز گام‌های زیادی در جهت دستیابی به توسعه پایدار مورد نیاز است. انجام مطالعات و بررسی بیش‌تر مباحث مرتبط با توسعه پایدار، پایداری، و ارائه راه‌کارهایی برای دستیابی به شرایط بهتر زیست‌محیطی از اقداماتی است که می‌توان انجام داد. لذا با توجه به خلئی که در این زمینه در میان مطالعات موجود مشاهده شده است، این مطالعه قصد دارد تا برای اولین بار در ایران به بیان، بررسی، و محاسبه این شاخص بپردازد. لذا در ادامه ابتدا در بخش ادبیات موضوع مبانی نظری و پیشینه‌ای از مطالعات مرتبط ارائه خواهد شد. شاخص‌های توسعه پایدار در بخش سوم تبیین می‌شوند. بخش چهارم روش محاسبه شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستن و محاسبه آن برای ایران را گزارش می‌کند. در نهایت، به ارائه جمع‌بندی و پیش‌نهادهایی در بخش پایانی پرداخته می‌شود.



## ۲. ادبیات موضوع

این روزها توسعه پایدار به کلیدواژه‌ای پرتکرار در هر دو دنیای دانشگاهی و تجاری تبدیل شده است. پایداری در دهه‌های گذشته در مقالات دانشگاهی و برنامه‌های درسی دانشکده‌ها تا اتاق‌های هیئت‌مدیره مقامات محلی، شرکت‌ها، و دفاتر روابط عمومی مطرح شده است. در واقع متأسفانه، پایداری در تئوری به یک مفهوم مد روز تبدیل شده است، اما اجرای آن توسط شرکت‌های بزرگ، دولت‌های محلی، یا ملی بسیار پرهزینه است. آنچه کم‌تر بدان پرداخته شده است، تکامل مفهوم پایداری است. اگرچه ممکن است تاریخچه و تکامل یک مفهوم بی‌اهمیت به‌نظر برسد، می‌تواند به ما در پیش‌بینی روندها و نقص‌های آینده کمک کند. این مسئله هم‌چنین به ما کمک خواهد کرد تا اطمینان حاصل کنیم که قرن ۲۱ «قرن پایداری» خواهد بود (Elkington 1997: 18). در ادامه، سعی شده است تا بر روند شکل‌گیری توسعه پایدار، ریشه‌های آن در میان نظریه‌های مطرح اقتصادی، و شاخص‌های اندازه‌گیری آن مروری شود و انتقادهای وارد شده بیان شوند.

### ۱.۲ مبانی نظری روند شکل‌گیری و ردپای تاریخی اقتصاد محیط‌زیست و

#### توسعه پایدار

برخی از مهم‌ترین مبانی اقتصاد محیط‌زیست را در نوشته‌های اقتصاددانان کلاسیک می‌توان یافت، هرچند پایه‌های اصلی اقتصاد محیط‌زیست از زمان اقتصاددانان نئوکلاسیک به بعد پی‌ریزی شده‌اند (پرمن و دیگران ۱۳۹۴). هایلبرونر (۱۳۹۳) در کتاب *بزرگان اقتصاد*<sup>۴</sup> بیان می‌کند همان‌طور که مسئله رشد دست‌کم به زمان آدام اسمیت (Adam Smit) بازمی‌گردد و شناخت قدرت و دست‌یابی به بازرگانی بزرگ و گسترده از مارکس ریشه گرفته‌اند، مالتوس (Maltous) به اهمیت موضوع محیط‌زیست توجه می‌کند، زیرا در پس فلسفه تیره‌وتار او این عقیده نهفته بود که ما کم‌کم این خاک حاصل‌خیز را از دست می‌دهیم. این درحالی است که برخی آن را به نوشته‌های آدام اسمیت استناد می‌دهند. لذا در سیر تاریخی اقتصاد محیط‌زیست می‌توان اقتصاددانان کلاسیک هم‌چون اسمیت، مالتوس، ریکاردو (Ricardo)، و جان استوارت میل (John Stuart Mill) را پایه‌گذاران اصلی و اولیه اقتصاد محیط‌زیست دانست.

تا اواخر قرن نوزدهم، نظریاتی اقتصاد کلاسیک را به‌نقد کشیدند و در آن تغییراتی ایجاد کردند که بعدها به اقتصاد نئوکلاسیک معروف شد. به‌طور کلی نظریات نئوکلاسیک‌ها به

تأکید و توجه بیش‌تر بر ساختار و اهمیت کارآیی به‌جای فعالیت اقتصادی منجر شد و سطح فعالیت‌های اقتصادی و رشد آن از نظر آن‌ها مغفول ماند (پرمن و دیگران ۱۳۹۴). دو پژوهش دیگر در ادامه فعالیت نئوکلاسیک‌ها انجام می‌شود که بخش مهمی از اقتصاد نوین محیط‌زیست را نتیجه می‌دهد: نظریه تعادل عمومی نئوکلاسیک‌ها توسط والر اس (Walras) و نظریه تعادل جزئی آلفرد مارشال (Marshall 1890: 28-40).

هم‌زمان با تحولات انجام‌شده در نظریات اقتصاددانان، که به برخی از آنان هم‌چون مارشال، والر اس، ریکاردو، و... اشاره شد، در سال‌های بعد از ۱۹۵۰ اصول و مبانی اساسی فیزیک و بیولوژی نیز در توسعه دانش بوم‌شناختی و نظام نوین علوم زیستی نقش مهمی برعهده می‌گیرد، مسئله پایداری اکوسیستم‌ها در مرکز توجه قرار می‌گیرد، و علوم ذکرشده نیز درخصوص کاربردهای مختلف اصل تعادل مواد به‌نحو جدی در اقتصاد محیط‌زیست وارد شدند. تمام دیدگاه‌های جدید در مجموع به محدودیت‌های رشد تأکید دارند و برای اولین بار احتمال این‌که یک فرایند نتواند پایدار باشد، در قالب سه نظریه اخلاقی، اکولوژیکی، و اقتصادی مطرح می‌شود. لذا تعاریف زیادی برای پایداری مطرح می‌شود که پنج دسته زیر می‌تواند آن‌ها را در بر بگیرد:

- وضعیت پایدار وضعیتی است که در آن مطلوبیت در طول زمان رو به کاهش نباشد.
- وضعیت پایدار وضعیتی است که در آن مصرف در طول زمان رو به کاهش نباشد.
- وضعیت پایدار وضعیتی است که در آن منابع به‌نحوی بهره‌برداری شوند که فرصت‌های تولید برای آیندگان حفظ شود.
- وضعیت پایدار وضعیتی است که در آن منابع به‌نحوی بهره‌برداری شوند که درآمد پایدار از به‌کارگیری منابع حفظ شود.
- وضعیت پایدار وضعیتی است که حداقل شرایط برای ثبات اکوسیستم‌ها و توانایی مقابله اکوسیستم با شوک‌ها را در طول زمان فراهم کند (پرمن و دیگران ۱۳۹۴: ۱۰۰-۱۰۵).

با بررسی دقیق این تعاریف مشاهده می‌شود که این تعاریف لزوماً تعاریفی متضاد نیستند و حتی می‌توان برخی از آن‌ها را در یک وضعیت خلاصه کرد، اما همان‌طور که بیان شد، پزی بیان می‌کند که یکی از بهترین مفاهیم ارائه‌شده از پایداری را می‌توان گزارش معروف برانت‌لند (Brundtland 1987) دانست که در آن توسعه‌ای را پایدار می‌داند که نیازهای نسل حاضر را بدون آسیب‌رساندن به نیازهای نسل آینده تأمین کند. در واقع، این‌طور به‌نظر می‌رسد که برسر

شدت اکولوژیکی به زیستن، ... (زهره روحانی نقاب و دیگران) ۶۹

این تعریف در میان مطالعات اجماع نظر وجود دارد. لذا مطالعه حاضر نیز با توجه به مقاله دایتز و دیگران (Dietz et al. 2012) که شاخص رد پای اکولوژیکی به زیستن را معرفی می‌کنند و این تعریف را مدنظر قرار داده‌اند، برای پایداری بهره می‌برد.

با مطرح شدن مفاهیم پایداری و توسعه پایدار از دهه ۱۹۷۰ توجه به پایداری در قالب برنامه‌های سیاسی در سطح ملی و بین‌المللی، به ویژه برپایی سلسله همایش‌های بین‌المللی، آشکار شد. اجلاس سازمان ملل متحد در استکهلم درباره محیط زیست انسانی به ایجاد نهاد برنامه زیست محیطی سازمان ملل متحد و مجموعه‌ای از سازمان‌های ملی حفاظت از محیط زیست در بسیاری از کشورها منجر می‌شود. کنفرانس توسعه و محیط زیست سازمان ملل متحد (United Nations Environmental Programme/ UNEP) در سال ۱۹۹۲ در ریودوژانیرو به نام «کنفرانس زمین» شناخته شده است و بزرگ‌ترین کنفرانسی است که تاکنون تشکیل شده است که حقوق و تعهدات جامعه بین‌الملل و کشورها را در قبال محیط زیست اعلام می‌کند.

در نهایت، در سال ۲۰۱۵ توافق نامه پاریس، با توجه به تحولات به وجود آمده در نتیجه مذاکرات و توافق‌های گذشته، شکل می‌گیرد. در این روی داد، تمامی کشورها از جمله تولیدکنندگان سوخت‌های فسیلی به کاهش گازهای گل‌خانه‌ای متعهد می‌شوند. این توافق نامه اعضا را متعهد می‌کند که از سال ۲۰۲۰ اجرای مفاد آن را به منظور جلوگیری از تأثیر گسترده فعالیت‌های مخرب انسانی در سیستم آب و هوایی در برنامه‌های خود قرار دهند.

لذا بعد از مطرح شدن مفهوم پایداری یا توسعه پایدار از دهه ۱۹۷۰ بیش تر تلاش‌ها برای یافتن مفهوم و بسط آن در اغلب اجلاس‌ها و کنفرانس‌ها شکل گرفته است. در بخش پیشینه تحقیق، به مطالعات شکل گرفته در این زمینه پرداخته می‌شود و در بخش «اندازه‌گیری پایداری» درباره تلاش‌هایی سخن گفته می‌شود که در زمینه اندازه‌گیری توسعه پایدار بوده‌اند.

## ۲.۲ اندازه‌گیری پایداری

پس از ارائه مفهوم پایداری، مسئله دستیابی به آن مورد توجه قرار می‌گیرد. دست‌رسی به پایداری نیازمند اندازه‌گیری و ارزیابی است. لذا یکی از مباحث مطرح در این سال‌ها نحوه اندازه‌گیری پایداری است. در این زمینه، تاکنون چندین شاخص معرفی شده‌اند و ابزارهای ارزیابی پایداری در حال افزایش‌اند. برای شیوه‌های ارزیابی پایداری طبقه‌بندی‌های متعددی صورت گرفته است که یکی از آنها تقسیم‌بندی سینگ و دیگران (Singh et al. 2009) است که در ادامه ارائه می‌شود.

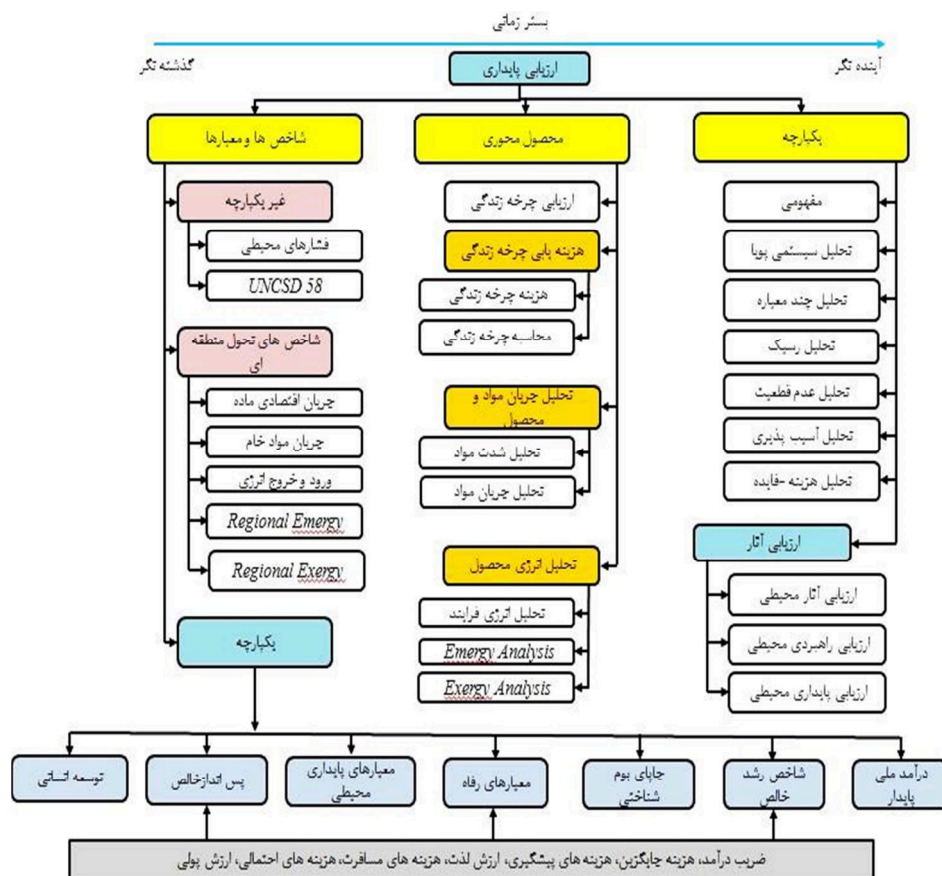
۱. **ارزیابی پایداری براساس شاخص‌ها (indicators/indices):** برای ارزیابی پایداری در این رویکرد از یک یا چند شاخص و الگو استفاده می‌شود. این شیوه اقدامات ساده و اولیه‌ای را برای ارزیابی در نظر دارد که غالباً به صورت کمی به منظور بیان وضعیت اقتصادی، اجتماعی، یا توسعه محیطی در سطح منطقه‌ای و ملی به کار گرفته می‌شوند. در مواردی نیز چندین شاخص با یکدیگر ترکیب می‌شوند و پایداری از طریق شاخص‌ها و معیارها اندازه‌گیری و محاسبه می‌شود، به طوری که روند آن از گذشته تا حال پی‌گیری می‌شود. در نهایت، با درک این روند امکان بینشی کوتاه‌مدت برای تصمیمات مرتبط با آینده فراهم می‌آید (نسا و دیگران، ۲۰۰۷).

۲. **ارزیابی پایداری تولیدمحور (product related):** شیوه‌ای از ارزیابی زیست‌محیطی است که عمدتاً به برابری پایداری فعالیت‌ها و اقدامات اجرایی توجه دارد و بیش‌تر در حوزه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی کاربرد دارد. در مجموع، در این شیوه جریان‌های مرتبط با تولید، مصرف کالا و خدمات، و نتایج زیست‌محیطی آن‌ها ارزیابی می‌شود. در واقع، در این روش میزان استفاده از منابع و اثرهای زیست‌محیطی طی زنجیره تولید یا از طریق چرخه عمر محصول ارزیابی می‌شود. هدف اصلی در این شیوه، شناسایی ناکارآمدی سطوح مختلف برنامه ریزی، مدیریت و اجرا، و نیز شناسایی خطرهای ناشی از اثرهای زیست‌محیطی است که نتیجه آن کمک به تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری برنامه‌های توسعه‌ای است.

۳. **ارزیابی یک‌پارچه پایداری (integrated):** این شیوه بر ابزارها و شیوه‌هایی از ارزیابی متمرکز می‌شود که کل سیستم را به لحاظ پایداری در ابعاد مختلف سنجش می‌کند. این شیوه از ارزیابی، برخلاف دو شیوه قبلی، یک‌پارچه و نظام‌مند و به دلیل همه‌جانبه‌نگری پروژه‌محور است و می‌تواند در سطح محلی و منطقه‌ای کاربرد داشته باشد. در این چهارچوب ابزارهای ارزیابی یک‌پارچه بر برنامه‌ریزی متمرکز دارند و اغلب اشکالی از طرح‌های مختلف را با خود به همراه دارند. بسیاری از ابزارهای ارزیابی یک‌پارچه مبتنی بر روش تجزیه و تحلیل نظام‌مند و یک‌پارچه شامل ابزارهایی گسترده برای مدیریت مسائل پیچیده است (شکل ۱).

در این شکل، که از مقاله سینگ و دیگران (Singh et al. 2009) استخراج شده و در بسیاری از مطالعات از جمله در کتاب جمعه‌پور (۱۳۹۲) به آن اشاره شده است، مفاهیم زیادی ارائه شده است که این مفاهیم و صورت اولیه این شکل در مقاله بری و دیگران (Barry et al. 2007) مشاهده می‌شود. بسیاری از عناوین به فارسی برگردانده شده‌اند، به جز دو مفهوم Emergy و Exergy. در توضیح این دو عنوان این‌طور گفته شده است که تجزیه و تحلیل انرژی می‌تواند با

استفاده از روش‌های مختلف اندازه‌گیری انرژی انجام شود، همانند Energy و Exergy. هر دو این شکل‌های تحلیل از روش‌های تحلیل پیشرفته‌ترند، زیرا هم کیفیت و هم کمیت انرژی را در نظر می‌گیرند. انرژی سیستم حداکثر مقدار کار مکانیکی است که می‌توان آن را استخراج کرد. تجزیه و تحلیل انرژی نمای کلی را از اثربخشی استفاده از منابع ارائه و نشان می‌دهد که در کجا تلفات رخ می‌دهد و در کجا می‌توان پیشرفت‌های فناورانه را برای افزایش بهره‌وری انرژی انجام داد. «در ادامه توضیح می‌دهند که مثال‌های زیادی از این تحلیل‌های منطقه‌ای انرژی و انرژی در سوئد، ژاپن، و آمریکا انرژی و انرژی وجود دارد که همه منابع برای بهبود شرایط بهره‌وری انرژی به‌کار گرفته شده‌اند» (ibid.: 501-502).



شکل ۱. چهارچوب یک پارچه ارزیابی پایداری

منبع: سینگ و دیگران (Singh et al. 2009)

هریک از روش‌های سنجش پایداری نیازمند به‌کارگیری ابزارهایی برای جمع‌آوری داده‌ها هستند، به‌طوری‌که با یافتن این ابزارها طریقه تعیین و انتخاب معیارها و شاخص‌ها امکان‌پذیر می‌شود. انتخاب معیارها و شاخص‌ها برحسب هدف و رویکرد مطالعه و ابزاری که برای سنجش پایداری انتخاب می‌شود متفاوت است و دامنه و سطح پوشش مختلفی دارد. از طرفی، با توجه به تفاوت دیدگاه‌ها و به‌موازات تکوین و تکامل پارادایم توسعه پایدار و به‌دنبال آن تعریف و شناسایی شاخص‌های توسعه پایدار روش‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری و سنجش شاخص‌های توسعه پایدار مطرح شده‌اند (Singh et al. 2009: 197-199).

امروزه شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی پایداری به‌وجود آمده و در مسیر دستیابی به توسعه پایدار در ابعاد مختلف اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی بسط و گسترش یافته‌اند. یکی از مهم‌ترین آن‌ها شاخص‌های ارزیابی زیست‌محیطی‌اند که هرچند از پشتوانه نظری قوی و علمی برخوردارند، در عمل با موانع و چالش‌های فراوانی مواجه‌اند.

یکی از دسته‌بندی‌هایی که به نظر جامع‌تر و نزدیک‌تر به موضوع این مطالعه می‌رسد، تقسیم‌بندی محمود جمعه‌پور در کتاب برنامه‌ریزی محیطی و پایداری شهری و منطقه‌ای است. این کتاب شاخص‌های پایداری را به هفت دسته زیر تقسیم کرده است:

۱. شاخص‌های توسعه:

الف. شاخص توسعه انسانی؛

ب. شاخص رفاه پایدار و اقتصادی.

۲. شاخص‌های مبتنی بر اقتصاد و بازار:

الف. پس‌انداز واقعی و خالص؛

ب. تولید خالص ملی سبز.

۳. شاخص‌های مبتنی بر اکوسیستم:

الف. شاخص عملکرد پایداری؛

ب. روش‌شناسی بوم‌شاخص؛

ج. شاخص سیاره زنده؛

د. ردپای اکولوژیکی.

شدت اکولوژیکی به‌زیستن، ... (زهره روحانی نقاب و دیگران) ۷۳

۴. شاخص پایداری مبتنی بر محصول:

الف. شاخص چرخه زندگی؛

ب. شاخص پایداری فورد، محصول اروپا.

۵. شاخص‌های توسعه پایدار برای شهرها:

الف. شاخص پایداری شهری؛

ب. شاخص پایداری برای تایپه (تایوان)؛

ج. شاخص توسعه شهر؛

د. شاخص جهت‌یاب پایداری؛

ه. شاخص پایداری شهرها؛

و. شاخص عملکرد اکوسیستم شهری؛

ز. شاخص عملکرد محیط‌زیست؛

ح. شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیست.

۶. شاخص‌های محیط‌زیست برای صنعت:

الف. قطب‌نمای زیست‌محیطی

ب. شاخص اکولوژیک.

۷. شاخص‌های اجتماعی و کیفیت زندگی

الف. شاخص جامعه پایدار (جمعه‌پور ۱۳۹۲: ۲۲۱-۲۲۸).

در ادامه برخی از این شاخص‌ها، که در حیطه کشوری محاسبه می‌شوند و بر اهمیت آن‌ها بیش‌تر تأکید شده است، به‌صورت مختصر توضیح داده می‌شوند و به شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستن در بخش بعدی به‌طور مفصل پرداخته می‌شود.

## ۱.۲.۲ شاخص توسعه انسانی (HDI)

شاخص توسعه انسانی در سال ۱۹۹۰ به‌عنوان مقیاس جدیدی از توسعه و اندازه‌گیری آن جوامع در نظر گرفته شد. این شاخص مبتنی بر این ایده اساسی است که لازمه دستیابی به زندگی بهتر، علاوه بر داشتن درآمد بالاتر، پرورش و بسط استعدادها و ظرفیت‌های

انسانی است. در واقع، HDI یک اندیکس ترکیبی خالص است که متوسط موفقیت یک کشور را در سه جنبه اساسی توسعه اندازه می‌گیرد: طول عمر، دانش، و استاندارد مناسب زندگی. طول عمر با امید به زندگی در بدو تولد اندازه‌گیری می‌شود. دانش با ترکیبی از نرخ باسوادی بزرگسالان و نسبت ثبت‌نام خالص ترکیبی از آموزش ابتدایی، متوسطه، و دانشگاهی (میانگین سال‌های تحصیل) اندازه‌گیری و استاندارد زندگی با GDP سرانه یا درآمد اندازه‌گیری می‌شود. مقدار شاخص توسعه انسانی عددی بین صفر و یک است و با توجه به این شاخص، کشورهای جهان به چهار دسته تقسیم می‌شوند: کشورهای با توسعه انسانی بسیار بالا ( $HDI > 0.9$ )، کشورهای با توسعه انسانی بالا ( $0.8 < HDI < 0.9$ )، کشورهای با توسعه انسانی متوسط ( $0.5 < HDI < 0.8$ )، و کشورهای با توسعه انسانی پایین ( $HDI < 0.5$ ) (علیخانی و دیگران ۱۳۸۹).

#### ۲.۲.۲ شاخص پایداری محیط‌زیست (ESI)

این شاخص میزان تلاش کشورها در جهت مدیریت محیط‌زیست و ظرفیت جوامع برای ارتقای عملکرد زیست‌محیطی به سمت شاخص‌های دستورکار ۲۱ توسعه پایدار را نمایان می‌کند. رتبه‌بندی و امتیازدهی (ESI) با مقایسه موضوع‌هایی در قالب پنج گروه شامل نظام‌های محیط‌زیستی، کاهش فشارهای محیط‌زیستی، کاهش آسیب‌پذیری انسانی، ظرفیت‌های اجتماعی- نهادی، و نظارت جهانی در قالب ۲۱ شاخص و ۷۶ متغیر صورت می‌گیرد (ستوده و پوراصغر سنگاچین ۱۳۸۹).

#### ۳.۲.۲ شاخص عملکرد محیط‌زیست (EPI)

با ایرادهایی که گزارش پایداری محیط‌زیست (ESI) براساس تحقیقات صاحب‌نظران و پژوهش‌گران سراسر جهان، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، در سال ۲۰۰۵ مطرح کرد، شاخص‌ها و متغیرها بازنگری شد و گزارش مزبور در سال ۲۰۰۶ با عنوان «گزارش شاخص عملکرد محیط‌زیست (EPI)» براساس متغیرها و شاخص‌های جدید منتشر شد. تفاوت این شاخص با شاخص پایداری محیط‌زیست در محدودتر بودن متغیرها و تأکید بیش‌تر بر عملکرد کشورها در زمینه محیط‌زیست است. شاخص عملکردی محیط‌زیست بر دو هدف اصلی حفاظت از محیط‌زیست شامل کاهش فشارهای محیط‌زیستی بر سلامت انسان، ارتقای وضعیت زیست‌بوم‌ها، و مدیریت صحیح منابع طبیعی تأکید دارد. این دو مؤلفه توسط شانزده شاخص



شدت اکولوژیکی به زیستن، ... (زهره روحانی نقاب و دیگران) ۷۵

در شش زمینه بهداشت محیط، کیفیت هوا، کیفیت منابع آب، کیفیت منابع طبیعی مولد، تنوع زیستی و زیست‌گاه، و انرژی پایدار اندازه‌گیری می‌شوند. در این شاخص‌ها، امتیاز و رتبه هر کشور با تعیین اهداف نهایی، مطلوب کمی، و تعیین فاصله هر کشور از آن‌ها مشخص می‌شوند (Dietz et al. 2009: 114).

## ۴.۲.۲ شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیست (EVI)

شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیست در زمره اولین ابزارهای سنجش پایداری است که در دهه ۹۱ مطرح شده و به سرعت گسترش یافته است. این شاخص عددی و بدون بُعد است که وضعیت آسیب‌پذیری محیط‌زیست کشورها را نشان می‌دهد. هدف اصلی طرح این شاخص ارائه روشی سریع و استاندارد برای تعیین آسیب‌پذیری کشورها در همه حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی، و محیط‌زیست و شناسایی و اولویت‌بندی مهم‌ترین اقداماتی است که باید در هر یک از این حوزه‌ها برای دستیابی به توسعه پایدار انجام داد. برای ساختن این شاخص ترکیبی از ۵۲ شاخص فرعی استفاده می‌شود که از این تعداد، ۲۳ شاخص در شاخص‌های خطر، یک شاخص استواری، و دوازده شاخص نیز با عنوان شاخص‌های خسارت وارد شده بر محیط‌زیست طبقه‌بندی می‌شوند. از نظر موضوعی نیز شاخص‌ها در قالب پنج گروه متغیرهای آب‌وهوایی و اقلیمی، زمین‌شناسی، جغرافیایی، منابع و خدمات طبیعی، و جمعیت انسانی طبقه‌بندی می‌شوند (ستوده و پوراصغر سنگاچین ۱۳۸۹).

## ۵.۲.۲ شاخص ردپای اکولوژیکی

شاخص ردپای اکولوژیکی (جاپای بوم‌شناختی) از جمله شاخص‌هایی است که در سال‌های اخیر در سطح جهانی مطرح است و به‌عنوان معیاری برای نشان‌دادن وضعیت پایداری اکولوژیکی استفاده شده است (جمعه‌پور ۱۳۹۲). در اوایل دهه ۱۹۹۱ اصطلاح ردپای اکولوژیکی با عبارت آستانه تحمل مناسب نخستین بار در رساله دکتری ماتیس واکرناگل مطرح شد. سپس، این اصطلاح توسط واکرناگل و ویلیام ریس (1996) در کتاب *ردپای اکولوژیکی شناختی ما: کاهش تأثیر انسان در روی زمین در مجامع علمی رایج شد*.

برای پایداری بوم‌شناختی، مسئله آستانه تحمل (ظرفیت برد) با طرح این پرسش اساسی مطرح شد که در صورت حفظ کارکرد کنونی اکوسیستم، آیا موجودی سرمایه طبیعی باقی‌مانده برای تأمین منابع مصرفی و جذب ضایعات تولیدی نسل‌های آتی کافی است؟ به‌طور 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. سرانجام این‌که طبیعت تا چه حد قادر به تحمل فشار بشر است (بانوئی و دیگران ۱۳۹۲).

در روش ردپای اکولوژیکی، میزان نیاز سالیانه یک کشور، یک شهر، یا یک خانواده براساس مقدار زمین و دریای مولد (از نظر بوم‌شناختی) محاسبه می‌شود که با فناوری‌های موجود تمامی نیازهای آن‌ها را به‌طور همیشگی تأمین کند. در واقع، این روش منطقه پشتیبان پایداری هر سکونتگاه انسانی را با آن سکونتگاه برآورد می‌کند. این برآورد نشان می‌دهد که به چه مقدار از سطح زمین و دریاها دارای قدرت تولید طبیعی برای پاسخ به نیازهای حیاتی و سبک زندگی ساکنان آن‌ها نیاز است (ساسان‌پور ۱۳۹۱: ۲۹۲).

امروزه شاخص ردپای اکولوژیکی در بسیاری از کشورهای جهان در سطوح ملی و محلی استفاده می‌شود. این شاخص، روش یک‌پارچه مصرف منابع طبیعی و جذب ضایعات است و به‌طور روشنی نشان می‌دهد که در کدام ناحیه و کجا بر منابع طبیعی فشار وارد می‌شود (سرایی و زارعی ۱۳۸۸). این روش ابزاری است که به تدوین برنامه‌های درازمدت و پایداری زندگی یاری می‌رساند و نه تنها اهداف و راهبردهای آینده را در جلوگیری از تخریب‌ها و نابرابری‌های مادی بیان می‌کند، بلکه تصمیم‌گیری‌های نهادی را در مسیر و مجرای درستی هدایت می‌کند (ارجمندنیا ۱۳۸۰). پیام اصلی ردپای اکولوژیکی «توسعه پایدار» است که خود فراتر از تغییر شکلی ساده است. تغییر و تحول ساختاری و بنیادی در جامعه صنعتی در گرو تغییر رویکرد هم‌سو با ملاحظات بوم‌شناختی است (حسین‌زاده دلیر و ساسان‌پور ۱۳۸۷).

این شاخص از این‌رو می‌تواند شاخص پایداری به‌شمار رود که ردپای اکولوژیکی هزینه‌های بوم‌شناسی تأمین تمام کالاها و خدمات جمعیت مصرفی انسان را محاسبه می‌کند و نشان می‌دهد که مردم نه تنها به‌طور مستقیم برای تولیدات کشاورزی، احداث جاده‌ها، ساختمان‌سازی، و غیره به زمین نیاز دارند، بلکه به‌طور غیرمستقیم نیز کالا و خدمات موردنیاز انسان‌ها از زمین تأمین می‌شود. واحد اندازه‌گیری ردپای اکولوژیکی هکتار جهانی است. هکتار جهانی با کمک دو عامل ارزیابی می‌شود: ضریب بازده که متوسط بازده ملی هر هکتار پهنه زمین را با متوسط بازده جهانی همان نوع زمین مقایسه می‌کند و شاخص تعادل که بهره‌وری نسبی میان انواع مختلف پهنه‌های زمین و آب را نشان می‌دهد.

## ۶.۲.۲ شدت اکولوژیکی به زیستن انسان

یکی از شاخص‌هایی که اخیراً برای اندازه‌گیری پایداری معرفی شده است، شاخص «شدت اکولوژیکی به زیستن انسان» است. این شاخص برای اولین بار توسط دایتز و دیگران (Dietz et al. 2012) مطرح شد و در تکمیل کار پژوهشی آن‌ها که در سال ۲۰۰۹ انجام شده است، ارائه شد. آن‌ها شاخص شدت اکولوژیکی به زیستن را به‌عنوان سهم سرانه ردپای اکولوژیکی به امید به زندگی در بدو تولد تعریف می‌کنند. از آن‌جا که شاخص مذکور، شاخص جدید مطرح شده و مورد بحث مطالعه حاضر است در بخشی مجزا به‌طور مفصل به آن پرداخته می‌شود.

## ۳. پیشینه تحقیق

مطالعات اندکی در زمینه شاخص جدید شدت اکولوژیکی به زیستن به چشم می‌خورد، اما در دهه‌های اخیر محققان بسیاری به مطالعه توسعه پایدار، بررسی عوامل مؤثر در آن، و ارائه شاخص‌های مربوط پرداخته‌اند. پیشینه تحقیق حاضر به مروری بر مطالعات انجام‌شده در زمینه پایداری و توسعه پایدار به‌طور مختصر و بیش‌تر مطالعات انجام‌شده در زمینه شاخص جدید و ردپای اکولوژیکی انسان، که یکی از دو جزء مهم آن است، اختصاص داده شده است. اولین مطالعه شکل‌گرفته در زمینه توسعه پایدار بعد از شکل‌گیری کمیسیون برانت‌لند توسط هرمان دالی (Daly 1990) است. دالی در مقاله «به‌سوی برخی اصول عملیاتی توسعه پایدار» توضیح می‌دهد که باوجود این‌که اصطلاح توسعه پایدار در ادبیات مرتبط وارد شده، مفهوم آن هنوز مبهم باقی مانده است. او تفاوت بین رشد و توسعه را این‌گونه تشریح می‌کند:

رشد به‌معنای افزایش طبیعی در اندازه از طریق اضافه‌کردن به مواد اولیه تولید است، درحالی‌که توسعه به‌معنای گسترش ظرفیت‌ها با دست‌یابی به یک موقعیت کامل‌تر، بزرگ‌تر، یا بهتر می‌باشد، پس به‌طور خلاصه رشد افزایش کمی در مقیاس فیزیکی است و حال این‌که توسعه بهبود کیفی است (Daly 1990).

بکرمن (Beckerman 1992) به ارتباط بین رشد اقتصادی و محیط‌زیست، با تأکید بر کشورهای در حال توسعه، می‌پردازد. در مطالعه بکرمن تضاد بین رشد و محیط‌زیست، رشد اقتصادی و محدودیت منابع، جدی بودن اثر گاز گل‌خانه‌ای، هزینه‌های جلوگیری از گرم‌شدن کره زمین، مسئله رشد، و محیط‌زیست در کشورهای در حال توسعه و بحران بین‌المللی

محیط‌زیست تحلیل می‌شوند. در نهایت، بکرمن نتیجه می‌گیرد که رشد پایدار یا اصولاً به‌لحاظ اخلاقی دفاع‌نشدنی است یا کاملاً غیرعملی است و در واقع، رشد اقتصادی همواره مشکلات زیست‌محیطی به‌هم‌راه دارد. ارو و دیگران (Arrow et al. 1995) با دیدگاهی خوش‌بینانه‌تر از بکرمن به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و محیط‌زیست می‌پردازند و ارتباط بین فعالیت اقتصادی و ظرفیت دوام و انعطاف‌پذیری محیط‌زیست را تبیین می‌کنند. آن‌ها توضیح می‌دهند که دلیل این ادعا، که افزایش درآمد و رشد به افزایش کیفیت محیط‌زیست منجر می‌شود، وجود منحنی L شکل معکوس است. در واقع، برای کشورهای ثروت‌مند بعد از نقطه بیش‌ترین رشد به توجه بیش‌تر به محیط‌زیست و صرف هزینه برای بهبود آن منجر می‌شود. در واقع، افزایش آلودگی به‌صورت اثر جانبی رشد اقتصادی در مراحل اولیه آن در نظر گرفته می‌شود.

روبرت و گریمز (Roberts and Grimes 1997) از اولین کسانی هستند که به بررسی کمی در زمینه توسعه پایدار پرداخته‌اند. مطالعه آن‌ها با معرفی منحنی کوزنتس، که توسط گروسمن و کروگر (Grossman and Krueger 1993) برای بیان نابرابری و توسعه مطرح شده است، رابطه بین شدت آلودگی دی‌اکسیدکربن و توسعه اقتصادی را برای سال‌های ۱۹۶۲ تا ۱۹۹۱ با استفاده از منحنی کوزنتس (Kuznets Curve) برای سه گروه کشور با درآمد پایین، متوسط، و بالا بررسی می‌کنند. یکی از نتایج مهم این مطالعه این نکته است که محققان بیان می‌کنند عوامل سیاسی و اجتماعی دیگر در این رابطه باید وارد شوند تا وجود منحنی کوزنتس دقیق‌تر بررسی شود. داسگوپتا و دیگران (Dasgupta et al. 2002) در مقاله «در مقابله با منحنی کوزنتس» به مروری انتقادی بر ادبیات مطرح‌شده در زمینه ارتباط بین توسعه اقتصادی و محیط‌زیست با تأکید بر منحنی کوزنتس می‌پردازند. آن‌ها در دو بعد مسائلی که در مطالعات مربوط به منحنی کوزنتس وجود دارد و انتقاداتی که در زمینه این منحنی ارائه شده است، مباحثشان را تبیین می‌کنند.

در این دوران از اولین مطالعات داخلی، که در زمینه توسعه پایدار به‌چشم می‌خورد، مطالعه نظری حسن مطیعی لنگرودی (۱۳۸۰) است. لنگرودی ضمن تشریح اهمیت توجه به رشد اقتصادی بیان می‌کند که رشد تنها وسیله برای رسیدن به هدف توسعه انسانی است. او با مطرح کردن دیدگاه اسلام در خصوص عدالت اجتماعی بین مفهوم توسعه و عدالت اجتماعی ارتباط برقرار می‌کند. او نتیجه می‌گیرد که برای رسیدن به توسعه و عدالت اجتماعی در جامعه، به انسان‌های تکنولوژیک‌ی - اقتصادی دارای بیش‌های اجتماعی - فرهنگی نیاز است، زیرا بهره‌وری‌های اقتصادی زمینه‌ساز رشد و ایجاد رفاه در جامعه می‌شود، درحالی‌که درکنار آن

شدت اکولوژیکی به زیستن، ... (زهره روحانی نقاب و دیگران) ۷۹

بینش فرهنگی، اجتماعی، و سیاسی انسان‌ها به توسعه دست می‌یابد. فرزام و دیگران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای نظری و مروری به مقایسه تطبیقی - تحلیلی روش‌های سنجش توسعه پایدار می‌پردازند. آن‌ها با تأکید بر این نکته که از زمان پیدایش مفهوم پایداری هنوز اجماع کاملی در خصوص شاخص‌های تبیین‌کننده پایداری به وجود نیامده است، شاخص‌هایی را ارائه می‌دهند که تاکنون معرفی شده‌اند و در مرحله بعد، با استفاده از روش تحلیلی - تطبیقی و با استفاده از اطلاعات ۱۳۰ کشور، رابطه هریک از روش‌های اندازه‌گیری را، که در قالب شاخص‌های ترکیبی ارائه شده‌اند، با استفاده از ضرایب هم‌بستگی بین هریک از روش‌ها به وسیله نرم‌افزار SPSS تعیین می‌کنند، آن‌ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند، و نقاط اشتراک و تفاوت‌های آن‌ها را مشخص می‌کنند. در این بررسی تبیین می‌شود که آن دسته از شاخص‌ها که بیش‌تر ارکان اقتصادی و اجتماعی توسعه پایدار را در کانون توجه خود قرار می‌دهند، پایداری ضعیف و آن دسته از شاخص‌ها که از منظر پایداری زیست‌محیطی نگاه می‌کنند، پایداری قوی را بررسی می‌کنند.

دسته دیگری از مطالعات که معرفی شاخص جدید را در بر دارند با مطالعه دایتز و دیگران (Dietz et al. 2009) آغاز می‌شود. آن‌ها در مقاله «بازنگری پایداری با ارتباط بین به زیستن انسان و اثرات زیست‌محیطی» به دنبال پاسخی برای محاسبه پایداری‌اند و بیان می‌کنند که یکی از نکاتی که در مطالعات به آن کم‌تر توجه شده، این موضوع است که با استفاده از منابع اقتصادی، طبیعی، و انسانی کارآمدی یک کشور بر بهبود به زیستن انسان اثرگذار است. آن‌ها با استفاده از مدل به‌زیستی کارآمد (Efficient Well-Being/ EWB) توجه را از این‌که آیا یک ملت پایداری دارد به این‌که یک ملت چه قدر در تولید به زیستن برای انسان کارآمدی دارد، تغییر می‌دهند. البته به نظر نویسندگان، سؤال مؤثرتر و قابل کنترل‌تری است. این مطالعه برای ۱۳۵ کشور در سال ۱۹۹۹ با استفاده از تابع تولید تصادفی (Stochastic Frontier Production Model/ SFPM) و روش حداقل مربعات معمولی برآورد شده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که کنترل سرمایه‌های فیزیکی و انسانی و بهره‌برداری از محیط‌زیست اثر خالصی بر به زیستن ندارد. در واقع، پیش‌نهاد می‌کند که بهبود در به زیستن می‌تواند بدون اثرات منفی بر محیط‌زیست به دست آید. هم‌چنین، برای برخی کشورها نتایج نشان می‌دهد که امکان بهبود پایداری در کارآمدی با استفاده از منابع طبیعی و انسانی در جهت تولید به زیستن وجود دارد.

دایتز و دیگران (Dietz et al. 2012) در ادامه مطالعه سال ۲۰۰۹، با استفاده از مفهوم به زیستن و کارآمدی زیست‌محیطی، شاخص جدیدی را ارائه می‌دهند و رابطه کوزنتس را بران آن

بررسی می‌کنند. شدت زیست‌محیطی به‌زیستن انسان (Environmental Intensity of Human Well-Being/ EIWB) معرفی می‌شود که به‌عنوان نسبت ردپای اکولوژیکی سرانه هر ملت به متوسط امید به زندگی در بدو تولد است. شدت زیست‌محیطی به‌زیستن انسان، به‌جای محاسبه مقدار انرژی مصرف‌شده یا مقدار گاز گل‌خانه‌ای تولیدشده به‌ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی، مقدار فشار تحمیل‌شده بر محیط‌زیست به‌ازای هر واحد به‌زیستن انسان را محاسبه می‌کند. دایتز و یورگنسون (Dietz and Jorgenson 2014) با نوشتن مقاله‌ای نظری با عنوان «به‌سوی دیدگاه جدیدی از توسعه پایدار: به‌زیستن انسان و فشار زیست‌محیطی» با بهره‌گیری از مطالعات گذشته‌شان و با اشاره به مقاله لمب و دیگران (Lamb et al. 2014) به‌دنبال معرفی دیدگاه جدیدی برای شاخص پایداری‌اند. آن‌ها بیان می‌کنند که ارتباط بین به‌زیستن انسان و فشار فعالیت‌های اقتصادی بر محیط‌زیست همواره مرکز چالش‌های زیست‌محیطی بوده است. آن‌ها نشان می‌دهند که کشورهای متعددی می‌توانند، درحالی‌که فشار کمی بر محیط‌زیست تحمیل می‌کنند، به سطوح بالای به‌زیستن انسان دست یابند.

یورگنسون و دایتز (Jorgenson and Dietz 2015) در ادامه موضوع جدیدی که برای معرفی شاخص جدید پایداری ارائه می‌دهند، شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستن را مطرح می‌کنند و اثر رشد اقتصادی بر آن را برای ۴۵ کشور در دو گروه کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه بررسی می‌کنند. این مطالعه برای سال‌های ۱۹۶۱-۲۰۰۰ و سال ۲۰۰۳ برای چهارده کشور توسعه‌یافته و ۳۱ کشور کم‌تر توسعه‌یافته، با استفاده از رگرسیون سری‌های زمانی، مقطعی، و هم‌چنین مدل خطای استاندارد شده تابلویی (Panel-Corrected Standard Errors/ PCSE)، برآورد انجام می‌دهد. نتایج کلی این مطالعه بیان می‌کند که حرکت درجهت پایداری نمی‌تواند محصول جانبی رشد اقتصادی در نظر گرفته شود. در عوض، پایداری به تلاش‌هایی از قبیل تغییر در الگوی مصرفی، تغییر فناوری تولید، و افزایش به‌زیستن انسان بدون افزودن بر فشار محیط‌زیستی نیاز دارد. در ادامه، مایر (Mayer 2017) نقش نهادهای سیاسی را بر شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستی به‌عنوان شاخصی برای توسعه پایدار بررسی می‌کند. او از متغیرهای رقابت سیاسی، قانون‌گذاران انتخاب‌شده، مدیران انتخاب‌شده، هزینه‌های نظامی، صادرات مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، و تولید سرانه برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ استفاده می‌کند. نتایج نشان می‌دهند که مصرف انرژی فشار زیست‌محیطی را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. هم‌چنین، نتایج حاکی از این است که اثر خالص دموکراسی بر محیط‌زیست نزدیک به صفر است و هم‌زمان که به افزایش کارایی منجر نمی‌شود، مقدار آن را نیز کاهش نمی‌دهد.

شدت اکولوژیکی به زیستن، ... (زهرا روحانی نقاب و دیگران) ۸۱

صفرعلی زاده و دیگران (۱۳۹۷)، در مطالعه «تحلیل کارآیی نسبی کشورهای خاورمیانه از لحاظ شاخص های توسعه پایدار»، به تحلیل کارآیی سیزده کشور خاورمیانه طی سال های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ از طریق ۳۲ شاخص اقتصادی، اجتماعی، و زیست محیطی می پردازند. روش انجام پژوهش توصیفی - تحلیلی و از نوع کاربردی است. برای تجزیه و تحلیل داده ها از مدل های برنامه ریزی کمی خطی ناپارامتریک تحلیل پوششی داده ها، مدل آنتروپی شانون، و نرم افزار dea slover استفاده شده است. در نهایت، نتایج این پژوهش نشان می دهد که بیش از ۶۰ درصد کشورهای خاورمیانه، از لحاظ شاخص های توسعه پایدار، سطح عملکرد متوسط، طی سال های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲، دارند.

هیل و دیگران (Hill et al. 2019) با بیان این که کیفیت هوا بر سلامتی افراد اثرگذار است، با بررسی مشکلات اقلیمی از جمله کیفیت هوا بر امید به زندگی افراد، به عنوان شاخص به زیستن، به نابرابری درآمدی می پردازند. نتایج حاکی از این است که ایالت هایی که آلودگی بیش تری دارند، سطح امید به زندگی کم تری دارند. نویسندگان در پایان اعلام می کنند که این تحقیق تنها دری به سوی مطالعات مربوط به بررسی اثرات کیفیت زیست محیطی و هوا بر به زیستن می گشاید و بررسی بیش تر این دسته از متغیرها و نیز سایر متغیرها از جمله سیستم های اقتصادی، سلامتی، و محیط زیستی توصیه می شود. کاردوسو و دیگران (Cardoso et al. 2020) به بررسی شدت اکولوژیکی به زیستن انسان در سطح محلی برای کشور برزیل می پردازند. آن ها برای ارزیابی این که چگونه دو عامل اجتماعی - اقتصادی (ثروت مندی و نابرابری درآمدی) روند EIWB را در ۵۵۶۴ شهرداری توضیح می دهد، از مدل های رگرسیون فضایی با مناطق و اندازه جمعیتشان استفاده کرده اند. یافته های این مطالعه نشان می دهد که مقادیر متنوعی از EIWB در سراسر برزیل وجود دارد. لذا ارزیابی EIWB در سطح محلی می تواند دیدگاه دقیق تری را در قبال چالش های مرتبط با توسعه پایدار در سطوح مختلف ژئوپلیتیک به تصمیم گیرندگان و ذی نفعان ارائه دهد.

#### ۴. روش شناسی مطالعه

##### ۱.۴ محاسبه شاخص شدت اکولوژیکی به زیستن انسان

همان طور که گفته شد، شاخص ردپای اکولوژیکی به زیستن در سال های اخیر مطرح شده و به دلیل در نظر گرفتن اجزای مربوط به توسعه پایدار به عنوان شاخصی برای سنجش آن در نظر

گرفته شده است. در واقع، «شدت اکولوژیکی به زیستن انسان» سرانه فشاری است که به ازای هر واحد به زیستن (بهبود کیفیت زندگی) انسان به محیط زیست تحمیل می شود.

نویسندگان مقاله مذکور توضیح می دهند که این شاخص جدید با الگوبرداری از شاخص مربوط به شدت انرژی، که حاصل تقسیم کربن و یا انرژی بر تولید ناخالص داخلی است، ساخته شده است. بدین ترتیب که به جای صورت میزان فشار و به جای مخرج کسر از به زیستن استفاده می کنند. برای میزان فشار از میزان نرمال شده ردپای اکولوژیکی و برای به زیستن از امید به زندگی در بدو تولد در رابطه نهایی برای محاسبات کمی در این رابطه استفاده شده است. شاخص ردپای اکولوژیکی یکی از ارکان کلیدی این شاخص است که به تفصیل در بخش گذشته ارائه شده است.

دایتز و دیگران (Dietz et al. 2009) رابطه محاسبه شاخص اکولوژیکی به زیستن را به شکل زیر ارائه می دهند:

$$EIWB = \left( \frac{EFPC+d}{LE} \right) \times 100 \quad ۱.$$

که در آن، EFPC ردپای اکولوژیکی سرانه و LE امید به زندگی در بدو تولد است.  $d$  کمیت مربوط به نرمال سازی شاخص است که به صورت زیر محاسبه می شود:

$$d = \left( \frac{s_f \times m_l}{s_l} \right) - m_f \quad ۲.$$

اجزای این کمیت  $m_f, s_f, m_l, s_l$  به ترتیب مقدار انحراف معیار شاخص امید به زندگی، میانگین شاخص امید به زندگی، انحراف معیار شاخص ردپای اکولوژیکی، و میانگین شاخص ردپای اکولوژیکی سرانه است.

در مطالعات بعدی به تکمیل مطالعاتشان و مطرح کردن این شاخص برای توسعه پایدار می پردازند (Dietz and Jorgenson 2014). برای این شاخص مقدار مشخص و تعیین شده ای ارائه نشده است تا با محاسبه آن به تقسیم بندی کشورها پرداخت، اما مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده اثرگذاری بیش تر انسان بر محیط زیست و کاهش میزان به زیستن است. افزایش مقدار این شاخص به مفهوم رتبه های پایین در توسعه پایدار و بالعکس است.

ردپای اکولوژیکی خود شامل مصرف پنج بخش منابع توسط انسان است. مصرف انرژی، مصرف محصولات جنگلی، مصرف محصولات کشاورزی، مصرف غذای دریایی، و زمین استفاده شده برای فضای زندگی و زیرساخت ها اجزای این شاخص اند. شاخص ردپای



شدت اکولوژیکی به زیستن، ... (زهرا روحانی نقاب و دیگران) ۸۳

اکولوژیکی سرانه از سایت شبکه ردپای جهانی (Global Footprint Network)<sup>۵</sup> و امید به زندگی در بدو تولد از بانک داده‌های شاخص‌های بانک جهانی (WDI) برای تمام کشورها قابل استخراج است.

## ۲.۴ روش مدل‌سازی آرما و پیش‌بینی متغیرها

همان‌طور که اشاره شد، برای محاسبه شاخص شدت اکولوژیکی به زیستن از دو متغیر ردپای اکولوژیکی و امید به زندگی استفاده می‌شود. در این تحلیل، با توجه به این که متغیر ردپای اکولوژیکی تا سال ۲۰۱۷ و متغیر امید به زندگی نیز تا سال ۲۰۱۹ در دسترس بوده‌اند، ابتدا برای هر یک از این متغیرها با استفاده از روش مدل‌سازی سری زمانی آرما تا سال ۲۰۲۲ پیش‌بینی انجام شده است.

مدل خودهم‌بسته میانگین متحرک (Autoregressive Moving-Average/ ARMA) مدلی است که برای سنجش و پیش‌بینی مقادیر آتی سری‌های زمانی استفاده می‌شود. این مدل‌ها به صورت رابطه کلی زیر نوشته می‌شوند:

$$X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i}$$

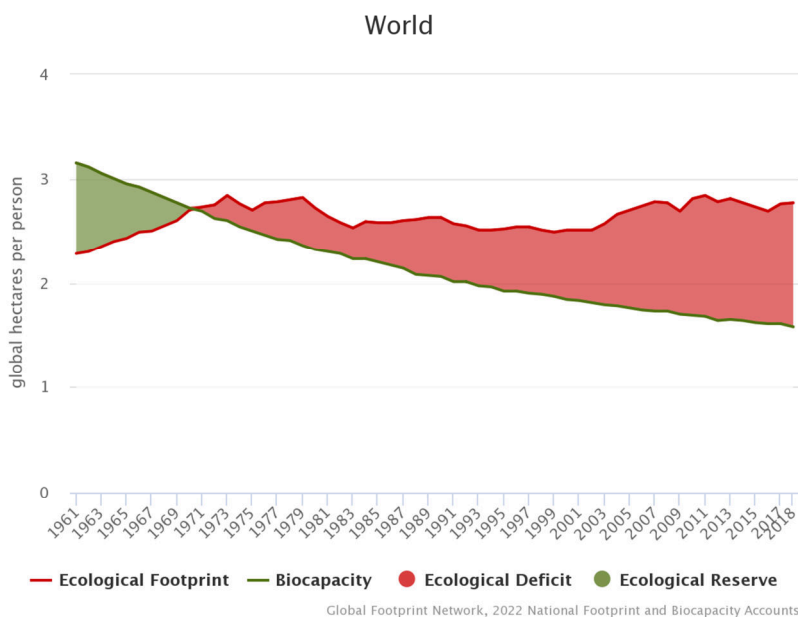
در این رابطه که برای مدل ARMA(p,q) نوشته شده است، اجزای رابطه به این شکل تعریف می‌شوند:  $X_t$  متغیر وابسته (متغیری که قصد پیش‌بینی مدل برای آن وجود دارد)؛  $\varepsilon_t$  مقدار خطای مدل؛ P مرتبه خودهم‌بستگی؛ q مرتبه میانگین متحرک.

برای برآورد این مدل‌ها از روش حداقل مربعات یعنی مینیمم کردن مقادیر خطای مدل استفاده می‌شود و برای یافتن مقادیر مناسب p و q می‌توان از رسم نمودار توابع خودهم‌بستگی نسبی (Partial Autocorrelation Function) برای p و رسم نمودار توابع خودهم‌بستگی (Autocorrelation Function) برای q بهره جست. در واقع، روش تعیین بهترین مدل در سری زمانی آرما بررسی نمودارهای خودهم‌بستگی و خودهم‌بستگی جزئی مدل و مقایسه مدل‌های ممکن، با استفاده از شاخص‌های AIC و BIC (Bayesian Information Criterion/ BIC) بوده است که هر دو از معیارهای ارزیابی مدل هستند که علاوه بر میزان درست‌نمایی (Likelihood) به تعداد پارامترها و تعداد مشاهدات نیز توجه دارند و برای انتخاب مدل استفاده می‌شوند. همچنین، برای استفاده از مدل آرما ایستابودن مدل بررسی می‌شود و اگر به ایستاکردن مدل نیاز باشد با تفاضل‌گیری این کار انجام می‌گیرد (گجراتی ۱۴۰۰).

در این مطالعه، برای هریک از متغیرهای ردپای اکولوژیک و امید به زندگی، به صورت مجزا مدل آرما برازش داده شده و این روند با استفاده از بسته‌های نرم‌افزاری TSA و Forecast در نرم‌افزار R انجام شده است. پس از برازش مدل مقادیر موردنظر تا سال ۲۰۲۲ پیش‌بینی شده است. در ادامه، به کمک مقادیر این دو متغیر مقدار شاخص EIWB محاسبه شده است.

### ۵. نتایج: توسعه پایدار در ایران از منظر شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستن

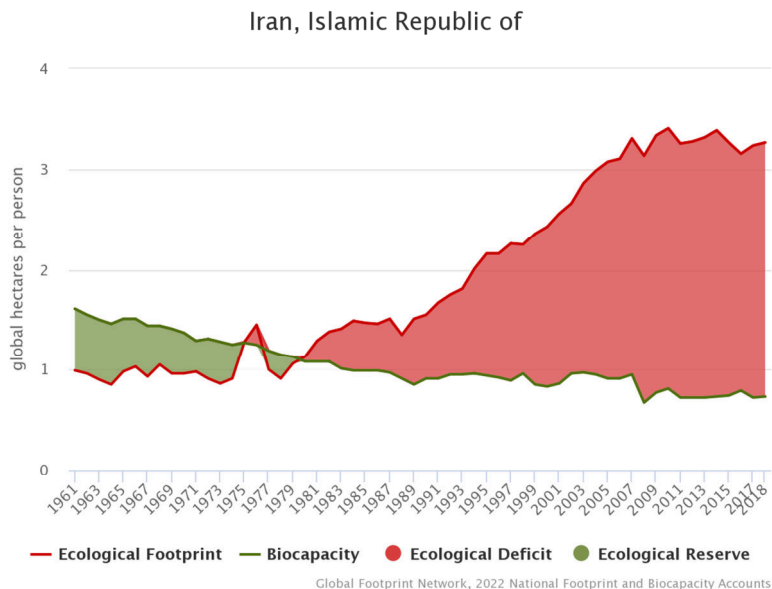
در قرن حاضر دستیابی به توسعه پایدار از اهداف بلندمدت هر جامعه‌ای است. در ایران برای دستیابی به این هدف، براساس سند چشم‌انداز ۱۴۰۴، جایگاه اول اقتصادی علمی و فناوری در سطح منطقه در نظر گرفته شده است. دستیابی به این هدف نیازمند توجه به هر دو بُعد توسعه از منظر شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستن است. بدین منظور، مطالعه حاضر مقدار این شاخص را برای ایران برای چند دهه گذشته محاسبه و نتایج را در ادامه تحلیل می‌کند. با مراجعه به شبکه ردپای جهانی می‌توان میزان ردپای اکولوژیکی در جهان و کشورهای موردنظر را دنبال کرد. در ادامه، دو نمودار مربوط به این شاخص در جهان و ایران ارائه می‌شوند.



نمودار ۱. ردپای اکولوژیکی در جهان

منبع: شبکه ردپای جهانی

شدت اکولوژیکی به زیستن، ... (زهرا روحانی نقاب و دیگران) ۸۵



## نموار ۲. ردپای اکولوژیکی در ایران

منبع: شبکه ردپای جهانی

مؤلفه‌های نمودارهای ۱ و ۲ بدین قرارند: ردپای اکولوژیکی: Ecological Footprint؛ ظرفیت زیستی: Biocapacity؛ کسری اکولوژیکی: Ecological Deficit؛ مازاد اکولوژیکی: Ecological Reserve.

همان‌طور که از نمودارها مشخص است، بعد از دهه ۱۹۷۰ همواره جهان با کسری اکولوژیکی مواجه بوده و ردپای اکولوژیکی انسان بر کره زمین رو به افزایش است. میانگین ردپای ایران حدود ۰.۵ هکتار جهانی بیش از مقدار جهانی آن است که نشان‌دهنده اثرگذار بودن بیش‌تر ایران بر زیست‌محیط در مقایسه با متوسط جهانی است که در دهه اخیر بر سرعت آن افزوده شده است.

حال، باتوجه به شاخص ردپای اکولوژیکی و در نظر گرفتن به زیستن و امید به زندگی، ابتدا پیش‌بینی داده‌ها برای سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ باتوجه به پراکنش داده‌های سال‌های ۱۹۹۶-۲۰۱۷ و مدل ARMA انجام شده و توابع خودهم‌بستگی این دو متغیر و نیز خروجی نهایی مدل بر مبنای روش تعیین بهترین مدل در سری زمانی آرما، که براساس آن‌ها برآوردها انجام شده است، در پیوست ارائه شده است. خروجی‌ها نشان می‌دهند که امید به زندگی

ARIMA(3,1,1) و ردپای اکولوژیک ARIMA(0,1,0) هستند؛ یعنی در برآوردهای انجام شده متغیر امید به زندگی با یکبار تفاضل گیری ایستا شده و متغیر ردپای اکولوژیکی ایستا از مرتبه صفر است. در خروجی‌ها مرتبه  $p$  و  $q$  به دست آمده و باتوجه به مدل نهایی پیش‌بینی داده‌ها انجام شده است. شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستن در نهایت با استفاده از رابطه ارائه شده در روش‌شناسی محاسبه شده و مقدار آن در کنار مقادیر دو متغیر دیگر در پیوست ارائه شده است. در زیر خلاصه‌ای از خروجی‌های مربوط به پیش‌بینی داده‌ها و نموداری از مقادیر EIWB ارائه شده است (نمودار ۳) که با استفاده از نرم‌افزار R به دست آمده است.

جدول ۱. ضرایب مربوط به برآورد مدل ARIMA برای LE

متغیر	ar1	ar2	ar3	ma1	drift
ضریب	۲/۳۷۴۷	-۲/۰۵۹۱	۰/۶۴۸۸	۰/۵۶۴۷	۰/۳۳۸۱
انحراف معیار	۰/۱۹۶۹	۰/۳۶۲۴	۰/۲۰۰۴	۰/۱۸۷۱	۰/۰۴۸۰

منبع: خروجی‌های حاصل از R در محاسبات مطالعه حاضر

جدول ۲. مقادیر مربوط به معیارهای انتخاب مدل برای LE

AIC	AICc	BIC	sigma <sup>2</sup>	log likelihood
-۱۴۷/۵	-۱۴۲/۲۵	-۱۴۰/۶۹	۰/۰۰۰۳۰۷۸	۷۹/۷۵

منبع: خروجی‌های حاصل از R در محاسبات مطالعه حاضر

جدول ۳. ضرایب مربوط به برآورد مدل ARIMA برای EF

متغیر	drift
ضریب	۰/۱۰۸۹
انحراف معیار	۰/۰۳۰۰

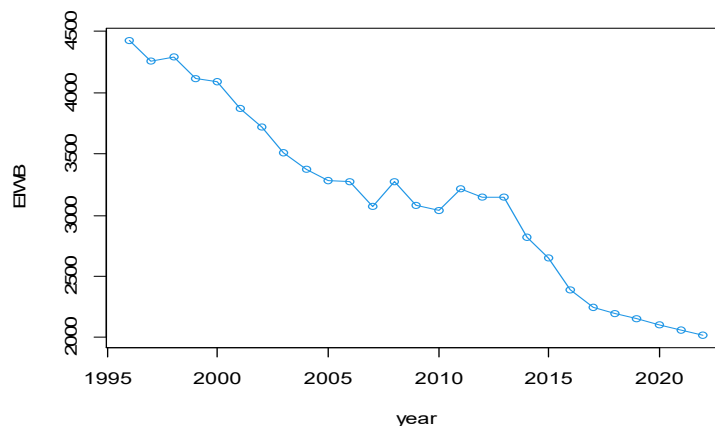
منبع: خروجی‌های حاصل از R در محاسبات مطالعه حاضر

جدول ۴. مقادیر مربوط به معیارهای انتخاب مدل برای EF

AIC	AICc	BIC	sigma <sup>2</sup>	log likelihood
-۱۹/۷۲	-۱۹/۰۶	-۱۷/۶۳	۰/۰۱۹۸۷	۱۱/۸۶

منبع: خروجی‌های حاصل از R در محاسبات مطالعه حاضر

شدت اکولوژیکی به زیستن، ... (زهرا روحانی نقاب و دیگران) ۸۷



نمودار ۳. شاخص شدت اکولوژیکی در ایران  
منبع: نمودار حاصل از خروجی R در محاسبات مطالعه حاضر

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در حدود سه دهه گذشته مقدار شاخص شدت اکولوژیکی به زیستن در ایران به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است. اگرچه مقدار ردپای اکولوژیک در این سالها افزایش یافته، بهبود امید به زندگی طی این سالها توانسته است تأثیر مثبت در روند این شاخص بگذارد، به نحوی که مقدار این شاخص پایداری را بیش از صد درصد کاهش داده است.

## ۶. نتیجه گیری

بعد از مطرح شدن لزوم توجه به محیط زیست از نیم قرن گذشته تاکنون، پیشرفت‌های زیادی در خصوص ارتباط بین زیست محیط و اقتصاد حاصل شده است. ارائه تعاریف کلیدی، مطرح شدن معیارهای اندازه گیری، و راه کارهای بهبود وضعیت محیط زیست از آن دسته اند. با در اولویت قرار گرفتن توسعه پایدار و لزوم توجه به آن در اتخاذ سیاست های کلان اقتصادی، زیست محیطی، و سیاسی کمی کردن این پارادایم اهمیت بیش تری می یابد. شاخص هایی هم چون توسعه انسانی، پایداری محیط زیست، عملکرد محیط زیست، و رد پای اکولوژیکی به دلیل جامع تر بودن نسبی جایگاه ویژه ای در بین شاخص های معرفی شده می یابند، اما همان طور که در مطالعه حاضر بیان شد، محدودیت هایی در شاخص های پیشین وجود دارد که سعی شده است در شاخص شدت اکولوژیکی به زیستن رفع شود.

لذا دایتز و دیگران (Dietz et al. 2012) با معرفی شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستن، با در نظر گرفتن اثرات اکولوژیکی و به‌زیستن انسان به‌طور هم‌زمان، شاخص‌های توسعه پایدار را گسترش می‌دهند. این‌گونه به‌نظر می‌رسد که یکی از مسیرهای بالقوه برای وجود یک رابطه پایدار با اکوسیستم و در واقع نزدیک‌تر شدن به توسعه پایدار کاهش «شدت اکولوژیکی به‌زیستن انسان» است؛ یعنی فشاری که به‌ازای هر واحد به‌زیستی انسان به محیط‌زیست تحمیل می‌شود. در واقع درک رابطه بین به‌زیستن و فشاری که فعالیت اقتصادی بر محیط‌زیست وارد می‌کند، چالش اصلی تحقیقات پایداری است. شاخص جدید با در نظر گرفتن این دو در کنار هم نتایجی مهم ارائه می‌دهد که در مطالعات آینده تأثیرگذار است. محاسبه و تحلیل این شاخص می‌تواند به این پرسش پاسخ دهد که آیا کشورها می‌توانند به سطوح بالایی از به‌زیستن دست یابند، در حالی که فشار نسبتاً کمی بر محیط‌زیست وارد می‌کنند؟ از آن‌جاکه تمایل کشورهای کم‌آینده برای افزایش انتشار گازهای گل‌خانه‌ای در مسیر توسعه یک نقطه انسداده در مذاکرات بین‌المللی آب‌وهواست، این یافته که انتشار گازهای گل‌خانه‌ای از بهبود به‌زیستن جداست، نه تنها یک علاقه علمی است، بلکه می‌تواند به بحث‌های سیاستی نیز کمک کند.

مطالعه حاضر سعی دارد تا شکاف مطالعاتی موجود در زمینه شاخص‌های اندازه‌گیری پایداری را رفع کند و یک ارزیابی کمی در این زمینه انجام دهد و برای اولین بار در ایران شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستن را محاسبه کند. ابتدا پیش‌بینی داده‌ها برای سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۲۲ با استفاده از مدل‌های ARMA و نرم‌افزار R برای به‌روزرسانی داده‌های شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستی انجام شده است. سپس، مقدار این شاخص با استفاده از داده‌های مربوط به امید به زندگی و ردپای اکولوژیک برای سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۲۲ محاسبه و در پیوست ارائه شده است.

اطلاعات مرتبط با ردپای اکولوژیکی نشان می‌دهند که در مقیاس جهانی همواره کره زمین با کسری اکولوژیکی روبه‌رو بوده است و ایران نیز نه تنها از این قاعده مستثنا نبوده که میزان این کسری به مقدار قابل‌توجهی بیش‌تر از مقدار جهانی آن است. اما نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که اگرچه ردپای اکولوژیکی در ایران در حدود سه دهه گذشته رو به افزایش بوده است، مقدار شاخص شدت اکولوژیکی به‌زیستن در ایران به مقدار قابل‌توجهی کاهش یافته است. از آن‌جاکه شاخص EIWB در کنار ردپای اکولوژیک امید به زندگی را نیز به‌عنوان معیاری از به‌زیستن در نظر می‌گیرد، می‌توان گفت این متغیر توانسته است طی این سال‌ها تأثیر مثبت در روند این شاخص بگذارد، به‌نحوی که مقدار شاخص پایداری را بیش از صد درصد کاهش داده است.

## شدت اکولوژیکی به‌زیستن، ... (زهره روحانی نقاب و دیگران) ۸۹

در نهایت، باتوجه‌به این موضوع که EIWB یک شاخص برای توسعه پایدار و پایداری است، نتایج می‌توانند به سیاست‌گذاران کمک کنند تا با تحلیل این شاخص بر چگونگی تأثیرگذاری در پایداری تمرکز کنند. با این حال، باید در نظر گرفت که موفقیت در سیاست‌گذاری‌ها به تطبیق آن‌ها با شرایط خاص اکولوژیکی، سیاسی، و اقتصادی کشورهای مورد نظر متکی است. در این مطالعه، با ارزیابی نتایج اتخاذ شده این گونه به نظر می‌رسد که برای بهبود شرایط موجود، که باتوجه‌به شاخص مورد مطالعه کاهش فشار بر زیست محیط و نیز افزایش کیفیت به‌زیستن را در بر دارد، باید آگاهی‌های بیش‌تری درباره جنبه‌های اکولوژیکی و اجتماعی - اقتصادی توسعه کسب کرد. در گام بعد، در نظر گرفتن این مورد در اتخاذ هرگونه سیاست کلان اقتصادی توصیه می‌شود. رشد اقتصادی بدون کسب رتبه قابل قبول در زمینه محیط‌زیست در جهان امروزی جایگاهی ندارد.

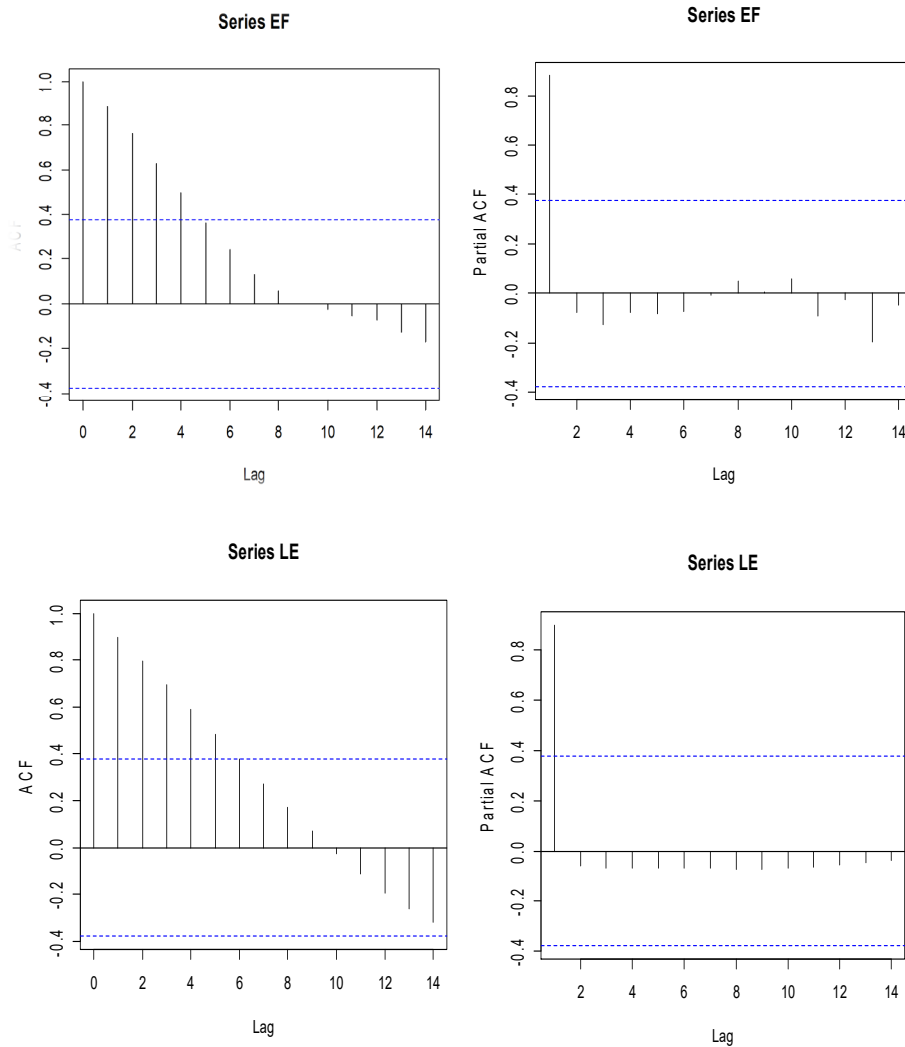
کاهش شاخص اکولوژیکی به‌زیستن می‌تواند از طریق ردپای اکولوژیک و نیز افزایش امید به زندگی انجام شود. در میان پنج جزء تشکیل‌دهنده ردپای اکولوژیک در ایران می‌توان به کنترل و کاهش مصرف انرژی اشاره کرد که شامل سوخت‌های فسیلی است. اگرچه سیاست‌های موجود در این زمینه در قوانین و اسناد بالادستی مانند سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف، سند ملی راه‌برد انرژی کشور تا افق ۱۴۱۴، سند چشم‌انداز وزارت نیرو ۱۴۰۴، و دیگر برنامه‌ها قرار گرفته است، تحقق آن مستلزم برنامه‌ریزی یک‌پارچه انرژی در کشور با رویکرد توسعه پایدار است، چراکه موفقیت در برنامه‌ریزی انرژی فرایندی مستمر و نظام‌مند است که به نهادی متمرکز برای برنامه‌ریزی و نظارت بر اجرای دقیق آن نیاز دارد. در زمینه بخش دیگر شاخص پایداری و امید به زندگی می‌توان به تأثیر عوامل اقتصادی، اجتماعی، و محیطی مؤثر در آن در کنار هزینه‌های سلامت اشاره کرد. مطالعات انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد که بهبود شرایط درآمدی، بهداشتی، و زندگی به بالارفتن امید به زندگی منجر می‌شود (متقی ۱۳۹۳: ۱۹۶).

در پایان، معتقدیم این مطالعه بدون محدودیت نیست، درحالی‌که جدیدترین شاخص معرفی شده برای اندازه‌گیری پایداری استفاده شده است و مؤلفه‌های اندازه‌گیری به‌طور گسترده‌ای از پذیرفته‌شده‌ترین معیارهای اندازه‌گیری‌اند، مطالعات بیش‌تر برای اعمال کمیت‌های دیگر برای اندازه‌گیری به‌زیستن مانند نرخ مرگ‌ومیر نوزادان، نرخ مرگ‌ومیر زیر پنج روز، نرخ فقر، یا معیارهای جدید دیگر پیش‌نهاد می‌شود. هم‌چنین، در زمینه ردپای اکولوژیکی پیش‌نهاد می‌شود که جزئیات بیش‌تری در رابطه با ردپای انسان مانند ردپای هسته‌ای اضافه

شود. بررسی عوامل مؤثر در پایداری باتوجه به شاخص جدید و هم‌چنین پیش‌بینی EIWB باتوجه به اهمیت مسائل زیست‌محیطی، که کشورها در قرن حاضر با آن مواجه‌اند، می‌تواند مکمل خوبی برای این مطالعه باشد.

## پیوست

### پیوست ۱: نمودارهای نرم‌افزار مربوط به مدل توابع خودهم‌بستگی





شدت اکولوژیکی به زیستن، ... (زهرا روحانی نقاب و دیگران) ۹۱

### پیوست ۲: خروجی های نرم افزار مربوط به مدل ARMA

Series: LE\_var  
 ARIMA(3,1,1) with drift  
 Coefficients:  
 ar1 ar2 ar3 ma1 drift  
 2/3747 -2/0591 0/6488 0/5647 0/3381  
 s.e. 0/1969 0/3624 0/2004 0/1871 0/0480  
 sigma^2 = 0/0003078: log likelihood = 79/75  
 AIC=-147/5 AICc=-142/25 BIC=-140/69  
 ME RMSE MAE MPE MAPE MASE  
 Training set 0/002030484 0/01519468 0/007570057 0/003093207 0/01061799  
 0/02207853  
 ACF1  
 Training set -0/00546299

Series: EF\_var  
 ARIMA(0,1,0) with drift  
 Coefficients:  
 drift  
 0/1089  
 s.e. 0/0300  
 sigma^2 = 0/01987: log likelihood = 11/86  
 AIC=-19/72 AICc=-19/06 BIC=-17/63  
 Training set error measures:  
 ME RMSE MAE MPE MAPE MASE ACF1  
 Training set 8/676777e-05 0/1343891 0/09806982 -0/4146158 3/198089 0/6981014  
 0/1485231

### پیوست ۳: داده ها و محاسبات مربوط به شاخص شدت اکولوژیکی به زیستن

year	LE	EF	EIWB
1996	68/791	2/017763	4428/987
1997	69/139	2/108518	4254/858
1998	69/471	2/098661	4290/662
1999	69/813	2/19519	4117/569
2000	70/176	2/218298	4091/039
2001	70/553	2/352732	3873/303
2002	70/921	2/458764	3721/238
2003	71/265	2/614192	3513/149
2004	71/592	2/730108	3375/964
2005	71/917	2/820423	3279/382

year	LE	EF	EIWB
2006	72/257	2/835497	3273/939
2007	72/626	3/031636	3074/296
2008	73/027	2/861429	3271/178
2009	73/457	3/056039	3076/939
2010	73/905	3/107268	3040/627
2011	74/352	2/955427	3211/971
2012	74/776	3/032055	3144/78
2013	75/162	3/042924	3146/232
2014	75/502	3/404048	2822/447
2015	75/796	3/640497	2647/206
2016	76/047	4/040477	2391/362
2017	76/271	4/304048	2250/125
2018	76/479	4/412918	2199/326
2019	76/677	4/521789	2150/752
2020	76/87495	4/63066	2104/46
2021	77/0843	4/739531	2060/536
2022	77/31435	4/848401	2019/012

## پی‌نوشت‌ها

۱. برگرفته‌شده از رساله دکتری زهرا روحانی نقاب.
2. Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed.
۳. برای اطلاعات بیشتر، بنگرید به مجموعه مقالات دایتز و دیگران ۲۰۰۹-۲۰۱۷.
4. The Worldly Philosopher: The Lives, Times and Ideas of the Great Economic Thinkers.
5. <<https://www.footprintnetwork.org>>.

## کتاب‌نامه

- ارجمندنی، اصغر (۱۳۸۰)، «محیط‌زیست: جایای بوم‌شناختی، ریافتی نو در ارزیابی تأثیر انسان بر محیط‌زیست»، فصل‌نامه مدیریت شهری و روستایی، ش ۶.
- بانویی، علی‌اصغر و دیگران (۱۳۹۲)، «سنجش ردپای بوم‌شناختی زمین در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران با استفاده از رویکرد جدول داده-ستانده»، فصل‌نامه سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی، ش ۱.

شدت اکولوژیکی به زیستن، ... (زهره روحانی نقاب و دیگران) ۹۳

پرم، راجر، یو ما، و جیمز مک گیل ری (۱۳۹۴)، *اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی*، ترجمه حمیدرضا ارباب، تهران: نی.

پوراصغر سنگاچین، فرزاد، اسماعیل صالحی، و محمدرضا مثنوی (۱۳۸۹)، «مقایسه تطبیقی - تحلیلی روش های سنجش توسعه پایدار»، *پژوهش های محیط زیست*، س ۱، ش ۱.

جمعه پور، محمد، حسن حاتمی نژاد، و سارا شهانواز (1392)، «بررسی وضعیت توسعه پایدار شهرستان رشت با استفاده از روش جای پای اکولوژی»، *نشریه پژوهش های انسانی*، دوره ۴۵، ش ۳، پیاپی ۸۵

حسین زاده دلیر، کریم و فرزانه ساسان پور (۱۳۸۵)، «روش جای پای اکولوژیکی در پایداری کلان شهرها با نگرشی بر کلان شهر تهران»، *فصل نامه تحقیقات جغرافیایی*، ش ۳.

خسرویگی، رضا و دیگران (۱۳۹۰)، «سنجش و ارزیابی پایداری در مناطق روستایی با استفاده از تکنیک تصمیم گیری چندمتغیره فازی - تاپسیس»، *فصل نامه پژوهش های روستایی*، س ۲، ش ۱.

دایاموند، جرد (۱۳۹۶)، *فروپاشی: چگونه جوامع راه فنا یا بقا را برمیگزینند*، ترجمه فریدون مجلسی، تهران: نو.

ساسان پور، فرزانه (۱۳۹۱)، *بررسی پایداری کلان شهر تهران با روش جای پای بوم شناختی*، رساله دکتری، تبریز: دانشگاه تبریز.

ستوده، احد و فرزاد پوراصغر سنگاچین (۱۳۸۹)، «بررسی گزارش های شاخص پایداری و عملکرد محیط زیست در سال های ۲۰۰۵، ۲۰۰۶، و ۲۰۰۷ و جایگاه ایران»، *نشریه محیط زیست و توسعه*، ش ۱.

سرای، محمد و فرشاد زارعی (۱۳۸۸)، «جای پای بوم شناخت، EF به عنوان شاخص سنجش پایداری اجتماعات»، *مجله محیط شناسی*، دوره ۳۵، پیاپی ۵۰.

صفرعلی زاده، اسماعیل، رباب حسین زاده، و مجید اکبری (۱۳۹۷)، «تحلیل کارآیی نسبی کشورهای خاورمیانه از لحاظ شاخص های توسعه پایدار»، *فصل نامه برنامه ریزی منطقه ای*، س ۸، پیاپی ۲۹.

کولا، ارحان (۱۳۹۴)، *اقتصاد منابع طبیعی، محیط زیست، و سیاست گذاری ها*، ترجمه سیاوش دهقانیان و فرخ دین قزلی، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.

متقی، سمیرا (۱۳۹۳)، «عوامل مؤثر بر امید به زندگی در کشورهای منتخب اسلامی (براساس گروه های همگن درآمدی)»، *پژوهش نامه اقتصادی*، پیاپی ۵۵.

مطیعی لنگرودی، سیدحسن (۱۳۸۰)، «راهبردهایی در ارتباط با تحقق عدالت اجتماعی و توسعه پایدار»، *مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران*، پیاپی ۱۵۷.

هایل برونر، رابرت (۱۳۹۳)، *بزرگان اقتصاد: زندگی، زمانه، و عقاید فیلسوفان این جهانی*، ترجمه احمد شهسا، علمی و فرهنگی.

- Abayomi, K. A., A. Gelman, and T. Srebotnjak (2002), "Imputing Missing Values", in: *2002 Environmental Sustainability Index*, World Economic Forum (ed.), Yale Center for Environmental Law and Policy, and Center for International Earth Science Information Network, Geneva, Switzerland: Global Leaders of Tomorrow World Economic.
- Arrow, Kenneth et al. (1995), "Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment", *Ecological Economics*, vol. 15, no. 2.
- Barry, Ness et al. (2007), "Categorising Tools for Sustainability Assessment", *Ecological Economics*, vol. 60, no. 3.
- Beckerman, Wilfred (1992), "Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment?", *World Devpment*, vol. 20, no. 4.
- Cardoso da Silva, José Maria, Han Li, and Luís Claudio Fernandes Barbosa (2020), "The Ecological Intensity of Human Well-Being at the Local Level", *Environmental and Sustainability Indicators*, vol. 8, no. 100061: <<https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100061>>.
- Daly, H. (1990), "Toward Some Operational Principles of Sustainable Development", *Ecological Economics*, vol. 2, no. 1: <doi:10.1016/0921-8009(90)90010-R>.
- Daly, H. (2008), *A Steady-State Economy*, UK Sustainable Development Commission.
- Dasgupta, P. and G. M. Heal (1974), "The Optimal Depletion of Exhaustible Resources", *Review of Economic Studies, Symposium*, vol. 41.
- Dasgupta, S., B. Laplante, and H. Wang (2002), "Confronting the Environmental Kuznets Curve", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 16.
- Dietz, Th. and A. K. Jorgenson (2013), *Structural Human Ecology: New Essays in Risk, Energy, and Sustainability*, Pullman: Washington State University Press.
- Dietz, T. and A. K. Jorgenson (2015), "Towards a New View of Sustainable Development: Human Well-Being and Environmental Stress", *Environ Res Lett*, vol. 9, no. 3.
- Dietz, Th., E. A. Rosa, and R. York (2009), "Environmentally Efficient Well-Being: Rethinking Sustainability as the Relationship between Human Well-Being and Environmental Impacts", *Human Ecology Review*, vol. 16, no. 1, Society for Human Ecology.
- Dietz, Th., E. A. Rosa, and R. York (2012), "Environmentally Efficient Well-Being: Is there a Kuznets Curve?", *Applied Geography*, vol. 32, 21e28.
- Elkington, J. (1999), *Cannibals with Forks: Triple Bottom Line of 21st Century Business*, Gabriola Island, BC, Canada: New Society Publishers.
- Gray, L. C. (1913), "Rent Under the Assumption of Exhaustibility", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 28.
- Grossman, G. M. and A. B. Krueger (1993), "Economic Growth and the Environment", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 110, no. 2.

شدت اکولوژیکی به‌زیستن، ... (زهرا روحانی نقاب و دیگران) ۹۵

- Hill, Terrence D. et al. (2019), "Air Quality and Life Expectancy in the United States: An Analysis of the Moderating Effect of Income Inequality", *SSM - Population Health*, vol. 7, no. 100346.
- Hotelling, Harold (1931), "The Economics of Exhaustible Resources", *Journal of Political Economy*, vol. 39, no. 2.
- Jorgenson, A. K. and T. J. Burns (2007), "The Political-Economic Causes of Change in the Ecological Footprints of Nations, 1991–2001: A Quantitative Investigation", *Social Science Research*, vol. 36.
- Jorgenson, A. K. and T. Dietz (2015), "Economic Growth does not Reduce the Ecological Intensity of Human Well-Being", *Sustain Science*, vol. 10.
- Kitzes, J. et al. (2007), "Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts", *Science for Environment & Sustainable Society*, vol. 4, no. 1e9.
- Lamb, William F. and Julia K. Steinberger (2018), "Human Well-Being and Climate Change Mitigation", *WIREs Clim Change*, vol. 8, no. 6, e485.
- Mayer, Adam (2017), "Democratic Institutions and the Energy Intensity of Well-Being: A Cross-National Study", *Mayer Energy, Sustainability and Society*, vol. 7, no. 1.
- Min, J. and N. D. Rao (2017), "Estimating Uncertainty in Household Energy Footprints", *Journal of Industrial Ecology*:  
<doi:10.1111/jiec.1267>.
- Parris, T. W. and R. W. Kates (2003), "Characterizing and Measuring Sustainable Development", *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 28.
- Pearce, D. W., E. Barbier, and A. Markkyanda (1991), "Sustainable Development: Economics and the Environment in the Third World", Edward Elgar, Aldershot.
- Pezzey, J. (1992), "Sustainability: An Interdisciplinary Guide", *Environmental Values*, vol. 1, no. 4.
- Roberts, J. T. and P. E. Grimes (1997), "Carbon Intensity and Economic Development 1962–1971: A Brief Exploration of the Environmental Kuznets Curve", *World Development*, vol. 25, no. 2.
- Singh, H. et al. (2007), "Energy Consumption Pattern of Wheat Production in India", *Energy*, vol. 32, no. 10.
- Singh, R. K. et al. (2009), "An Overview of Sustainability Assessment Methodologies", *Ecological Indicators*, vol. 9.
- Wackernagel, M. et al. (2002), "Tracking the Ecological Overshoot of the Human Economy", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 99, United States.
- Wackernagel, M. et al. (2004), "Calculating National and Global Ecological Footprint Time Series: Resolving Conceptual Challenges", *Land Use Policy*, vol. 21.
- Wiedmann, T. et al. (2006), "Allocating Ecological Footprints to Final Consumption Categories with Input-output Analysis", *Ecological Economics*, vol. 56.

William F. Lamb and Julia K. Steinberger (2017), "Human Well-Being and Climate Change Mitigation", *WIREs Clim Change*, no. e485: <doi:10.1002/wcc.485>.

Winpenny, J. T. (1991), *Policy Appraised and the Environment: A Guide for Government Departments*, London: HMSO.

Winpenny, J. T. (1991), *Values for the Environment*, London: HMSO.