

Biotech-Economics: An Analysis of Economic Assessments and Governance Strategies

Marzieh Asaadi *

Assistant Professor of Economics, Department of Management, Faculty of Humanities and Social Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran

Mohammad Mahdi Lotfi Heravi 

Assistant Professor of Economics, Department of Management, Science and Technology, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

Biotech-Economics is a new concept in the literature on Sustainable Development implying the revision of production processes using renewable bio-resources and technological innovations. Bioeconomic activities have two common features: resource sustainability and economic efficiency towards Sustainable Development Goals. Theoretical foundations related to the transition to Bio-Economics emphasize the Circular Economy as the theoretical-applied model. Given the growing trend of the Bio-Economics in the world, this research pursues two goals. First, explaining the theoretical foundations of Bio-Economics and evaluating the transition process. Second, to provide a framework for identifying and analyzing variables affecting transition, based on the Circular Economy and on the macroeconomic scale. Indicators of Bio-Economics are based upon the three indices of Sustainable Development including economic-social-environmental variables. Empirical research in Bio-Economics shows that due to data limitations and heterogeneity of index measurement methods, statistical analysis methods using cross-sectional data are the most applied methods. Accordingly, using Factor Analysis method and bio-economic data of the European Circle Economy, the variables explaining the transition process have been identified. The results suggest that the most important economic variables of the transition include the share of investment and value added in the Bio-Economics, the biomaterial trade, and the market sentiment index. The effective variables regarding social and environmental indicators include daily calorie per capita, biowaste recycling, organic farming and innovations, respectively. Finally, the necessity of Iran's economy for transition to Bio-Economics was analyzed from two perspectives: Oil Vulnerability Index and Sustainable Development Goals, emphasizing the necessity of the transition to the Bio-Economics.


Keywords: Sustainable Development, Bio-Tech Economics, Circular Economy, Bio-Tech Economics Assessment and Governance, Factor Analysis.

JEL Classification: C54, O44, P28, Q57, R11.


* Corresponding Author: m.asaadi@gu.ac.ir

اقتصاد زیست- فناورانه: تحلیل روش‌های ارزیابی و حکمرانی اقتصادی

استادیار اقتصاد، گروه مدیریت و اقتصاد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه گلستان، گلستان، ایران

مرضیه اسعدی * 

استادیار اقتصاد، گروه اقتصاد و مالی، دانشکده مدیریت، علم و فناوری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

محمد مهدی لطفی هروی 

چکیده

اقتصاد زیست- فناورانه یک مفهوم جدید در ادبیات توسعه اقتصادی پایدار و مبتنی بر بازنگری فرآیندهای تولید با استفاده از منابع زیستی تجدیدپذیر و نوآوری‌های فناورانه است. فعالیت‌های مرتبط با اقتصاد زیستی دو ویژگی مشترک دارند: پایداری منابع و کارایی اقتصادی در جهت اهداف توسعه پایدار. مبانی نظری مرتبط با گذار به اقتصاد زیستی بر الگوی اقتصاد دایره‌ای به عنوان مدل نظری- کاربردی تاکید دارد. با توجه به روند در حال گسترش اقتصاد زیست- فناورانه در جهان، این پژوهش دو هدف را دنبال می‌کند؛ ۱- تبیین مبانی نظری اقتصاد زیست- فناورانه و ارزیابی فرآیند گذار و ۲- فراهم کردن چارچوبی برای شناسایی و تحلیل متغیرهای موثر در گذار مبتنی بر الگوی اقتصاد دایره‌ای و در مقیاس اقتصاد کلان. شاخص‌های سنجش اقتصاد زیست- فناورانه مبتنی بر شاخص‌های سه‌گانه توسعه پایدار شامل اقتصادی- اجتماعی- زیست‌محیطی هستند. مطالعات تجربی اقتصاد زیستی نشان می‌دهد به دلیل محدودیت‌های داده‌ها و ناهمگنی روش‌های اندازه‌گیری شاخص‌ها، روش‌های تحلیل آماری با استفاده از داده‌های مقطعی بیشترین کاربرد را دارند. بر این اساس با استفاده از روش تحلیل عاملی و داده‌های اقتصاد زیستی دایره‌ای اروپا، متغیرهای توضیح‌دهنده فرآیند گذار شناسایی شده است. نتایج نشان می‌دهند مهم‌ترین متغیرهای اقتصادی گذار عبارت است از سهم سرمایه‌گذاری و ارزش افزوده در اقتصاد زیستی، تجارت مواد زیستی و شاخص رویکرد به بازار. متغیرهای شاخص‌های اجتماعی و زیست‌محیطی موثر به ترتیب شامل سرانه کالری روزانه، بازیافت زباله‌های زیستی، کشاورزی ارگانیک و نوآوری‌ها هستند. در نهایت ضرورت اقتصاد ایران در گذار به اقتصاد زیست- فناورانه از دو منظر شاخص آسیب‌پذیری نفتی و روند توسعه پایدار تحلیل شد که نشان‌دهنده ضرورت گذار به اقتصاد زیست- فناورانه است.

کلیدواژه‌ها: توسعه پایدار، اقتصاد زیست- فناورانه، اقتصاد دایره‌ای، سنجش و حکمرانی اقتصاد زیست- فناورانه، تحلیل عاملی.

طبقه‌بندی JEL: C54, O44, P28, Q57, R11

مقدمه

گسترش انقلاب صنعتی و تولید و مصرف انبوه کالاها رشد اقتصادی و تولید ثروت را افزایش داده است، اما به موازات آن دو عامل افزایش جمعیت و محدودیت جدی منابع تولید چالش‌های اقتصادی و زیست‌محیطی فراوانی را در تحقق اهداف توسعه پایدار^۱ (SDG) ایجاد کرده است و در پاسخ کشورهای صنعتی و اقتصادهای نوظهور با توجه به محدودیت‌های جدی الگوهای اقتصاد کلاسیک خطی به معنای فرآیند تولید محصولات در چرخه‌های تجدیدنپذیر و غیرقابل بازیافت، مفهومی جدید در گستره توسعه پایدار به نام اقتصاد زیست-فناورانه^۲ را مطرح کرده که ادبیات نظری و تجربی سنجش و حکمرانی آن در حال تکامل است. این مفهوم براساس برهم پیوندی‌های علم اقتصاد با علوم زیستی و زیست‌محیطی بوده و هدف گسترش فرآیندهای تولیدی بر پایه منابع تجدیدنپذیر را دنبال می‌کند (زاجاسکا و سیودک^۳، ۲۰۱۶ و لوان دوسکی^۴، ۲۰۱۸). بنابراین، مباحث مرتبط با فرآیند گذار به الگوی اقتصادی زیست-فناورانه به جریان اصلی گفتمان رشد و توسعه اقتصادی پایدار تبدیل شده است.

انتقال پایدار به اقتصاد زیستی با هدف پاسخگویی به چالش‌های مهم اقتصادی-اجتماعی-زیست‌محیطی شامل امنیت غذایی، محدودیت منابع طبیعی، کاهش وابستگی به منابع فسیلی و تغییرات آب و هوایی باید مبتنی بر بهره‌وری منابع و فناوری‌های نوآورانه در تعامل با محیط زیست باشد. پژوهش‌های انجام شده در این زمینه استدلال می‌کنند که سیاست‌های گذار مبتنی بر الگوهای اقتصاد زیستی پویا و قابلیت حفظ پایداری منابع تولید از کارایی اقتصادی برخوردار هستند.

مدل نظری-کاربردی گذار، الگوی اقتصاد دایره‌ای^۵ (CE) نامیده می‌شود که سیاست‌های اقتصاد زیستی در اغلب کشورهای جهان از جمله اروپا و چین با اقتصاد دایره‌ای مرتبط و براساس آن سنجیده می‌شوند (گنگ و همکاران^۶، ۲۰۱۲؛ لونکا و

1- Sustainable Development Goal (SDG)

2- Bio-Tech Economy

3- Zawojcka, A. & Siudek, T.

4- Lewandowski

5- Circular Economy

6- Geng, Y. et al.

همکاران^۱، ۲۰۱۸؛ کورادو و ساللا^۲، ۲۰۱۸؛ استگمن و همکاران^۳، ۲۰۲۰ و گوتینگر و همکاران^۴، ۲۰۲۰). دایره‌ای بودن اقتصاد به معنی تولید با فناوری‌های زیستی و با رویکرد استفاده مجدد - بازتولید و بازیافت - با هدف تخصیص بهینه منابع تولید است (گنگ و دوبرستاین^۵، ۲۰۰۸).

این پژوهش ضمن تبیین مفهوم اقتصاد زیست- فناورانه به شناسایی متغیرهای موثر در فرآیند گذار براساس نظریه اقتصاد دایره‌ای پرداخته است. شناسایی این متغیرها به منظور تدوین سیاست‌های گذار به اقتصاد زیست- فناورانه برای همه کشورها و به طور خاص برای اقتصاد ایران به دلیل وابستگی بالا به منابع تجدیدناپذیر و آسیب‌پذیری نفتی از اهمیت زیادی برخوردار است.

هدف مقاله شناسایی و تحلیل متغیرهای توضیح‌دهنده گسترش اقتصاد زیستی و ارائه رهیافت‌های سیاست‌گذاری متناسب برای اقتصاد ایران براساس مطالعات تجربی فرآیند گذار در اتحادیه اروپا است.

از نظر روش‌شناسی این پژوهش مبتنی بر تحلیل‌های استنباط آماری بر پایه مبانی نظری گذار به اقتصاد زیست- فناورانه انجام شده است. به این منظور ابتدا مبانی مفهومی و نظری اقتصاد زیست- فناورانه و فرآیند گذار بررسی شده است.

مطالعات نشان می‌دهند که اصول اقتصاد دایره‌ای بیشترین همسویی را با مراحل گذار به اقتصاد زیست- فناورانه دارد (لونکا و همکاران، ۲۰۱۸). بر این اساس ۴۹ متغیر مرتبط با اقتصاد دایره‌ای در ۲۸ کشور اتحادیه اروپا به عنوان نماگرهای اقتصاد زیستی دایره‌ای تحلیل شده است.

مبانی نظری تاکید می‌کنند که در مسیر گذار به اقتصاد زیستی سه دسته عوامل اقتصادی، اجتماعی- زیست محیطی اهمیت محوری دارند که با استفاده از روش تحلیل عاملی^۶، نقش این متغیرها شناسایی و تحلیل شده است. نتایج تحلیل عاملی نشان می‌دهند که متغیرهای اقتصادی موثر در فرآیند گذار عبارتند از: سهم سرمایه‌گذاری

1- Lonca, G., et al.

2- Corrado, S. & Sala, S.

3- Stegmann, P., et al.

4- Gottinger, A., et al.

5- Geng, Y. & Doberstein, B.

6- Factor Analysis Method

و ارزش افزوده در اقتصاد زیستی، تجارت مواد زیستی و شاخص رویکرد به بازار. از متغیرهای شاخص اجتماعی، سرانه کالری روزانه که نشان‌دهنده کیفیت زندگی است، نقش موثری دارد. در نهایت در میان متغیرهای زیست محیطی می‌توان به بازیافت زباله‌های زیستی، کشاورزی ارگانیک و سهم اختراعات و نوآوری‌ها به عنوان مهم‌ترین متغیرهای موثر در گسترش اقتصاد زیستی در اروپا نام برد.

ایران در گروه کشورهای است که فاقد استراتژی فعال اقتصاد زیستی هستند، اما چالش‌های آسیب‌پذیری نفتی اقتصاد ایران و همچنین تحلیل‌های مبتنی بر آینده‌پژوهی روند توسعه پایدار بر گذار ایران به اقتصاد زیست-فناورانه به عنوان ضرورتی اجتناب‌ناپذیر تاکید می‌کند. با توجه به اینکه نتایج سنجش عملکرد بخش‌های فعالیت مرتبط با اقتصاد دایره‌ای اروپا تاییدکننده سهم این بخش‌ها در گسترش اقتصاد زیستی و توسعه پایدار است؛ بنابراین، اتخاذ سیاست‌های مرتبط با اقتصاد دایره‌ای زیست-فناورانه برای اقتصاد ایران که وابستگی شدید به منابع و درآمدهای نفتی داشته و در معرض آسیب‌های ساختاری به دلایل اقتصادی مانند کاهش قیمت نفت یا شرایط سیاسی مانند تحریم‌ها قرار دارد، اهمیت زیادی دارد (شاکری و همکاران، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵).

مشارکت علمی و نوآوری این پژوهش دو بعد دارد؛ ۱- با توجه به نوظهور بودن مفهوم اقتصاد زیست-فناورانه تلاش شده است در یک نگاه جامع و کلی‌نگر، مبانی نظری و روش‌های ارزیابی گذار به اقتصاد زیست-فناورانه و پیوندهای آن با توسعه پایدار تبیین شود. ۲- با استفاده از روش تحلیل عاملی اکتشافی و داده‌های اقتصاد زیستی کشورهای اتحادیه اروپا، متغیرهای موثر در فرآیند گذار در چارچوب مدل نظری-کاربردی اقتصاد دایره‌ای شناسایی و سعی شده است یک چارچوب تحلیلی برای مولفه‌های موثر در فرآیند گذار در مقیاس اقتصاد کلان فراهم شود.

مطالعات انجام شده در این حوزه محدود به کشورهای در حال گذار است که یا به صورت توصیفی-نظری به بیان مفاهیم مرتبط با اقتصاد زیستی پرداخته‌اند و یا در بخش مطالعات تجربی به تحلیل‌های آماری در مقیاس اقتصاد خرد و صنعت و با شاخص‌های محدودی پرداخته شده است. اقتصاد ایران در گروه کشورهای است که در زمینه گذار به اقتصاد زیستی استراتژی فعال ندارد، اما واقعیت‌های آشکار شده مرتبط با آسیب‌پذیری نفتی ایران و تشدید این روند در صورت ادامه و وضعیت موجود، ضرورت مطالعه تجربه

کشورهای موفق در اقتصاد زیستی به منظور شناسایی عوامل موثر و فراهم کردن چارچوب تدوین سیاست‌های گذار را نشان می‌دهد.

این مقاله در شش بخش تنظیم شده است. مبانی نظری پژوهش به همراه مطالعات انجام شده مرتبط با روش‌های ارزیابی و حکمرانی اقتصادی گذار به اقتصاد زیست-فناورانه در بخش دوم ارائه شده است. بخش سوم روش پژوهش، داده‌ها و متغیرها را بررسی می‌کند. برآوردهای تحلیل عاملی و تحلیل نتایج در بخش چهارم ارائه شده است. ضرورت گذار اقتصاد ایران به اقتصاد زیست-فناورانه نیز در بخش پنجم به اختصار بحث شده است. بخش ششم مطالعه را جمع‌بندی و رهیافت‌های سیاست‌گذاری را مطرح کرده است.

۲- مبانی نظری و مطالعات انجام شده

اقتصاد زیست-فناورانه، یک مفهوم جدید در ادبیات توسعه اقتصادی پایدار است که به بازنگری فرآیند تولید بر پایه منابع زیستی تجدیدپذیر، مواد بازیافتی و انرژی زیستی با در نظر گرفتن محدودیت‌های توسعه پایدار در همه بخش‌های فعالیت مانند کشاورزی و جنگلداری، شیلات، انرژی و بازیافت برای تولید محصولات سالم‌تر، مخاطرات زیست‌محیطی کمتر و مصرف محدودتر منابع آبی می‌پردازد (جام‌پیترو^۱، ۲۰۱۹ و مک کورمیک و کائوتو^۲، ۲۰۱۳).

بخش‌های اصلی فعالیت‌ها در اقتصاد زیست-فناورانه در نمودار (۱) نشان داده شده است که شامل تولیدات پایه‌ای زیست‌محور در زیربخش‌های فعالیت کشاورزی، صنایع غذایی-شیمیایی-مواد و انرژی و سلامت و درمان است (زاجاسکا و سیودک، ۲۰۱۶). مبانی نظری و مطالعات تجربی تاکید دارند که گذار از اقتصاد کلاسیک مبتنی بر سوخت‌های فسیلی به اقتصاد مبتنی بر منابع تجدیدپذیر زیست‌محور با گسترش الگوی اقتصاد دایره‌ای انجام گرفته و اقتصاد زیستی در تطابق کامل با اقتصاد دایره‌ای شناخته شده است (استگمن و همکاران، ۲۰۲۰)، گوتینگر و همکاران، ۲۰۲۰). بر این اساس، برنامه بلندمدت اقتصاد زیست-فناورانه اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۰ تهیه و در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ بازنگری شده است که بر کاربردی بودن الگوی اقتصاد دایره‌ای مبتنی بر فناوری‌های زیستی با هدف تولید محصولات جدید بر پایه منابع تجدیدپذیر و بازیافت

1- Giampietro, M.

2- McCormick, K. & Kautto, N.

شده به عنوان عوامل تولید در بخش های مختلف اقتصاد زیست-فناورانه تاکید می کند (کورادو و سالا، ۲۰۱۸ و لونکا و همکاران، ۲۰۱۸).

شکل ۱. بخش های فعالیت اقتصاد زیست- فناورانه



منبع: زاجاسکا و سیودک، ۲۰۱۶

با توجه به هدف این پژوهش که مطالعه اقتصاد زیست- فناورانه و شناسایی مولفه های تعیین کننده در فرآیند گذار براساس نظریه اقتصاد دایره ای است در این بخش ابتدا مبانی نظری مفهوم اقتصاد زیست- فناورانه و مراحل گذار به آن در چارچوب مدل کاربردی اقتصاد دایره ای تبیین شده است. سپس به بررسی روش های متداول در سنجش و ارزیابی فرآیند گذار پرداخته و روش های حکمرانی تحلیل شده است. در نهایت نیز مطالعات انجام شده و مرتبط با مبانی نظری- کاربردی، روش های اندازه گیری و حکمرانی گذار به اقتصاد زیست- فناورانه ارائه شده است.

۲-۱- مفهوم اقتصاد زیست- فناورانه

مفهوم اقتصاد زیست- فناورانه به عنوان گذار از اقتصاد مبتنی بر منابع تجدیدناپذیر به منابع زیست محور، یک روند بهینه و تکاملی پویا است. بر این اساس، اقتصاد زیست محور زنجیره ای از ارزش آفرینی را شامل می شود که در آن تولید محصولات با استفاده از منابع تجدید پذیر، بازیافت و فناوری های زیست محور انجام شده و زنجیره های جدید ارزش افزوده و تجارت محصولات شکل می گیرند. در این فرآیند، نوآوری های زیست- فناورانه یکی از محورهای اصلی تکامل و پویایی است که اثر قابل توجهی بر کاهش هزینه های تولید و قیمت محصولات دارد. مهم ترین این نوآوری ها، گسترش به کارگیری علم مدیریت داده ها به عنوان ابزار ذخیره سازی و تحلیل است که با افزایش همگرایی

میان فناوری‌های زیستی و سایر فناوری‌ها از مهم‌ترین شتاب‌دهنده‌های نوآوری‌های اقتصاد زیست‌محور محسوب می‌شود (ویاگی^۱، ۲۰۱۶).

ریشه‌های علمی مفهوم اقتصاد زیست-فناورانه و دلایل توسعه آن با سه جنبه نظری مرتبط است؛ ۱- نظریه‌های مرتبط با کارایی اقتصادی منابع که تامین نیازهای استراتژیک شامل آب، غذا و امنیت را اولویت می‌دهد. ۲- نظریه‌های مرتبط با آمایش و برنامه‌ریزی منطقه‌ای برای تعیین زمینه اصلی فعالیت اقتصادی که با رویکردهای زیست‌محیطی و نظریه اقتصاد دایره‌ای سازگار باشد. ۳- نظریه‌های مرتبط با چگونگی دستیابی به اهداف توسعه پایدار که هنوز اصلی‌ترین چالش نظریه‌های رشد اقتصادی بلند مدت است. نظریه‌های مرتبط با علوم زیست‌محیطی و کارایی منابع شامل اقتصاد کشاورزی، الگوهای تجارت مواد غذایی و توسعه پایدار برای اقتصاددانان محیط‌زیست و منابع طبیعی کاملاً شناخته شده است. مسائل مربوط به توسعه منطقه‌ای نیز به صورت گسترده از دیدگاه توسعه کشاورزی و جغرافیای اقتصادی و روستایی بحث شده است. در این نظریه‌ها، تعیین صنعت پایه به منظور انتخاب تخصص منطقه‌ای نقش محوری داشته و اگر برنامه‌های توسعه این مناطق در تلفیق با اصول اقتصاد زیستی نیز باشد، امکان توسعه پایدار را فراهم خواهد کرد (آدامویچ^۲، ۲۰۱۴). بنابراین، با توجه به ضرورت جایگزینی الگوهای کلاسیک اقتصادی در راستای اهداف توسعه پایدار، محور اصلی پژوهش‌های این حوزه بر شناسایی مدل نظری-کاربردی فرآیند گذار به اقتصاد زیستی است.

فعالیت‌های اقتصادی مرتبط با اقتصاد زیستی دو ویژگی مشترک دارند: پایداری منابع و کارایی اقتصادی. بر این مبنا الگوی کاربردی در این چارچوب و در کنار بخش‌های کلاسیک فعالیت اقتصادی، مدل اقتصاد دایره‌ای است که شامل فعالیت‌های سازگار با توسعه پایدار بوده و دو شرط پایداری منابع و کارایی اقتصادی را در گسترش فعالیت‌ها لحاظ می‌کند (گوتینگر و همکاران، ۲۰۲۰).

اقتصاد دایره‌ای ابتدا در مطالعات پیرس و ترنر^۳ (۱۹۹۰) به منظور مدل‌سازی اقتصادی با استفاده از اصول حفظ تعادل مواد مطرح شد که منطبق با اهداف توسعه پایدار و مبتنی

1- Viaggi, D

2- Adamowicz, M.

3- Pearce, D. W. & Turner, R. K.

بر اصول سه گانه کاهش، استفاده مجدد و بازیافت مواد (3R) است. براساس این اصول، ضروری است که فرآیندهای تولیدی با رویکرد استفاده از مواد با قابلیت بازیافت و انرژی‌های تجدیدپذیر بازنگری شوند (حشمتی^۱، ۲۰۱۵). مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که اقتصاد دایره‌ای به دلیل تمرکز بر منابع تجدیدپذیر در چرخه تولید و مصرف از کارایی اقتصادی برخوردار بوده و اهداف توسعه پایدار را تضمین می‌کند (لی در و رشید^۲، ۲۰۱۶).

مهم‌ترین ابعاد کاربردی اقتصاد دایره‌ای را می‌توان مرتبط با مواردی شامل تحول در ساختارهای اقتصادی-تولیدی-تجاری، بازسازی زنجیره تامین با تمرکز بر ویژگی بازیافت پذیری و سیاست‌گذاری‌های حمایتی دولت‌ها در راستای گسترش اقتصاد زیستی دانست. در مطالعاتی که به بررسی اثر اقتصاد دایره‌ای بر توسعه پایدار اقتصادی پرداخته‌اند، دو عامل نوآوری و بازیافت را از عوامل اصلی گسترش اقتصاد دایره‌ای شناسایی کرده‌اند که با افزایش بهره‌وری منابع، نقش موثری در بهبود فرآیندهای تولید ایفا می‌کنند. با توجه به اینکه هدف اصلی در گسترش اقتصاد دایره‌ای دستیابی به اهداف توسعه پایدار است، بنابراین مبانی نظری در اقتصاد دایره‌ای، بازنگری در توسعه اقتصادی را براساس سه گروه شاخص‌های اقتصادی (شامل رشد تولید ناخالص داخلی، میزان اشتغال، سرمایه‌گذاری و تجارت)، شاخص‌های اجتماعی (شامل تغییرات در الگوی مصرف و بهبود کیفیت زندگی) و شاخص اثرات زیست-محیطی (شامل استفاده از منابع بازیافتی، کشاورزی ارگانیک و بهره‌وری آب، شاخص‌های نوآوری در محیط زیست و کاهش آلودگی) انجام می‌دهد (گنگ و همکاران، ۲۰۱۲؛ سو و همکاران^۳، ۲۰۱۳ و حشمتی، ۲۰۱۵).

دو چالش مهم در مطالعات تجربی اقتصاد دایره‌ای وجود دارد؛ ۱- تعیین مرز بین فعالیت‌های اقتصاد زیستی و اقتصاد سنتی و به ویژه اندازه‌گیری فعالیت‌های مرتبط با بخش اقتصاد زیستی و ۲- تدوین مجموعه‌ای از شاخص‌ها برای ارزیابی اثربخشی سیاست‌ها و استانداردهای سیستم طبقه‌بندی و گزارش اندازه‌گیری (گوتینگر و همکاران، ۲۰۲۰).

1- 3R Principles of Circular Economy: Reducing, Reusing & Recycling Material

2- Heshmati, A.

3- Lieder, M. & Rashid, A.

4- Su, B., et al.

مطالعات مرتبط با اقتصاد زیستی در حال افزایش است، با این حال با توجه به اینکه این حوزه تحقیقاتی در حال تکامل بوده و مبتنی بر پیوندهای بین رشته‌ای مختلفی است، چشم اندازی جامع در خصوص مهم‌ترین عوامل موثر در گسترش اقتصاد دایره‌ای زیستی که در حکمرانی اقتصادی باید مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرد، وجود ندارد. همچنین به دلیل تفاوت در راهبردهای گذار و ناهمگنی بنگاه‌ها، صنایع، مناطق و ویژگی‌های آن‌ها به نظر می‌رسد معیارهای سنجش از ناهمگنی قابل توجهی برخوردار باشد (حشمتی، ۲۰۱۵). بنابراین، فقدان یک چارچوب کلان‌نگر در سطح اقتصاد کلان برای تجزیه و تحلیل گذار به اقتصاد زیستی و شناسایی عوامل موثر در گسترش آن، ضرورت انجام این پژوهش را تایید می‌کند.

۲-۲- سنجش و ارزیابی گذار به اقتصاد زیست- فناورانه

ارزیابی گذار به اقتصاد زیستی و روند تکامل آن یکی از سنج‌های اصلی در دستیابی به اهداف توسعه پایدار است (آرو و همکاران^۱، ۲۰۱۲). به دلیل روابط در حال تکامل و متقابل متغیرها در تابع اقتصاد زیست محور با آثار تکاثری، اندازه‌گیری و سنجش اثرات این الگوی نوین اقتصادی یک چالش جدی است؛ زیرا پویایی‌ها و اثرات متقابل باید در تدوین استراتژی‌های گذار مورد نظر قرار گیرند. رویکرد متعارف در سنجش فعالیت‌های اقتصاد کلاسیک استفاده از سیستم حساب‌های ملی است، اما به دلیل تکاملی بودن و درهم‌تنیدگی عوامل موثر در اقتصاد زیستی و همچنین عدم انطباق سیستم طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی متعارف با اصول اقتصاد دایره‌ای، استفاده از روش‌های استاندارد در ارزیابی‌ها امکان‌پذیر نیست (کاردانگ و همکاران^۲، ۲۰۲۱). همچنین به دلیل تنوع و گستردگی فعالیت‌های اقتصاد زیست- فناورانه در سطوح مختلف بنگاه، صنعت و اقتصاد کلان، نمی‌توان از یک روش معیار واحد در اندازه‌گیری گسترش این بخش در روند توسعه استفاده کرد. بنابراین، ضروری است که در مطالعات ارزیابی فرآیند گذار، گام‌ها به درستی و با توجه به مقیاس فعالیت‌ها تبیین شود.

مطالعات نشان می‌دهند گذار از اقتصاد کلاسیک مبتنی بر منابع فسیلی به اقتصاد زیست- فناورانه در چهار مرحله انجام می‌شود. با این وجود باید توجه داشت که تکمیل

1- Arrow, K. J., et al.

2- Kardung, M., et al.

فرآیندهای این گذار به میزان و تنوع منابع و عوامل تولید، زیرساخت‌های اقتصاد و سطح توسعه کشور بستگی دارد (دیتز و همکاران^۱، ۲۰۱۸). نمودار (۲) مراحل گذار و پیشران‌های اقتصاد زیست-فناورانه را نشان می‌دهد. در اولین مرحله گذار^۲ یا (TP1) برنامه دولت‌ها برای انتقال به اقتصاد زیستی از طریق افزایش قیمت نفت یا سایر انواع انرژی، کاهش یارانه‌های انرژی مانند بنزین و سیاست‌های زیست‌محیطی جنبه اجرایی پیدا کرده و با افزایش تقاضا برای جایگزینی منابع فسیلی با منابع زیست‌محور تکامل می‌یابد. دومین مرحله گذار (TP2) بر نوآوری‌های فناورانه تمرکز دارد که باعث افزایش بهره‌وری در بخش‌های اصلی فعالیت اقتصادی زیستی خواهد شد. مرحله سوم (TP3) با افزایش نوآوری و بهره‌وری در سایر بخش‌ها با استفاده از فرآیندهای بازیافت مواد با منشأ زیستی همراه است. همچنین در این مرحله نوآوری‌ها عامل محرک رشد تقاضا و افزایش عرضه مواد اولیه خواهند بود؛ البته تداوم اثر بلندمدت این مرحله به پویایی‌های عرضه، گسترش بازار محصولات و رفتار مصرف‌کننده بستگی خواهد داشت. در مرحله چهارم گذار (TP4) کاربردهای صنعتی فرآیندهای تولید در به‌کارگیری منابع زیست-توده^۳ گسترش خواهد یافت. زیست‌توده عبارت است از پسماندهای تولید که منشأ زیستی داشته و تجزیه پذیر و قابل استفاده مجدد در فرآیند تولید باشند که در نتیجه روش‌های تولید ارزان‌تر و زیست‌محورتر شده و گام مهمی در مسیر حاکمیت پایدار اقتصاد زیستی است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1- Dietz, T., et al.
2- Transition Path
3- Bio-Mass

نمودار ۲. مراحل گذار از اقتصاد کلاسیک به اقتصاد زیست- فناوریانه



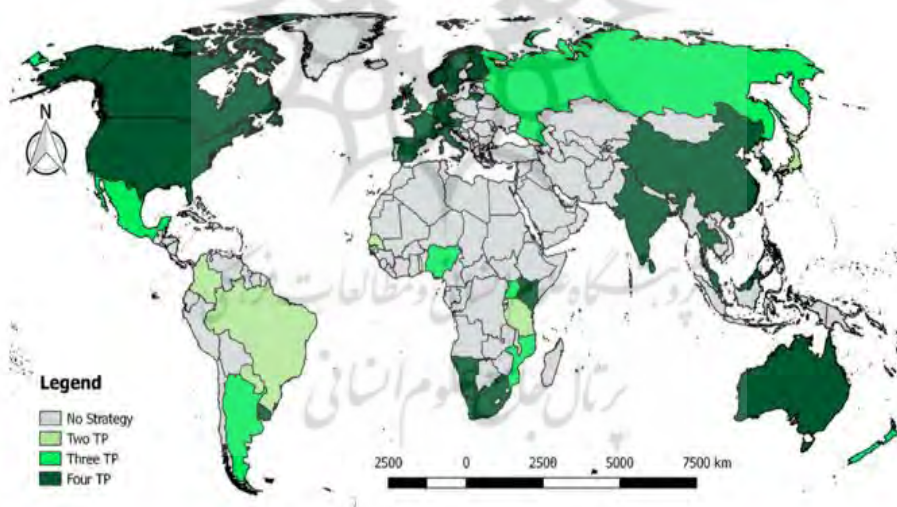
منبع: دیتز و همکاران، ۲۰۱۸

این گام‌ها از طریق ایجاد پنج زنجیره ارزش اجرا می‌شوند؛ زنجیره ارزش اول شامل استفاده از منابع زیست‌محور است که سبب بهره‌وری بالاتر در تولید، کاهش میزان زباله‌های صنعتی، افزایش توسعه‌رو ستایی، افزایش درآمد کشاورزان، کاهش زیست-توده و کاهش فشار بر منابع طبیعی خواهد شد. اهداف زنجیره ارزش دوم با ایجاد محصولات جدید بر مبنای ارزش افزوده ایجاد شده بر پایه ماده اولیه مرحله قبل و بهبود استفاده از فرآورده‌های فرعی و جریان‌های بازیافت زباله‌های مرحله قبل محقق می‌شود. برای این منظور، فناوری‌های نوآورانه شکل می‌گیرد و محصولات نوآورانه نیز توسعه می‌یابد. محصولات حاصل از این زنجیره ارزش به دلیل جایگزینی مواد فسیلی با مواد زیست‌محور، مخاطرات آب‌وهوایی را به‌طور جدی کاهش می‌دهند. زنجیره ارزش سوم از طریق تولید محصولات با ارزش افزوده بیشتر و بر پایه ماده اولیه ایجاد شده در مراحل قبل و با افزایش تولید مواد اولیه و استفاده بهتر از پسماندهای جانبی تولیدات حاصل می‌شود. این محصولات جدید، بهره‌وری تولید را افزایش و پسماندهای صنعتی را کاهش خواهد داد. همچنین فناوری‌های جدید در زمینه کاشت و برداشت محصول، زنجیره‌های حمل‌ونقل و تامین برای محصولات موجود و جدید ایجاد خواهند کرد که با گسترش تجارت مواد زیستی و ارزآوری، فعالیت‌های این بخش‌ها را زنجیره‌وار افزایش می‌دهد. در زنجیره ارزش چهارم، تمرکز بر توسعه زنجیره‌های ارزش براساس فعالیت‌های

بخش‌های جانبی و بازیافت پسماندهای حاصل از منابع مختلف با منشأ زیستی مانند کشاورزی، جنگلداری، مدیریت فاضلاب، زباله‌های آلی شهری و فرآوری مواد غذایی است. اجرای زنجیره پنجم بهبود و پایداری در فرآیندهای تولید و گذار کامل به اقتصاد زیست‌محور را ایجاد می‌کند. بنابراین، طیف گسترده‌ای از محصولات با ارزش افزوده بالاتر و تامین انرژی زیستی از مواد اولیه ایجاد شده و امکان استفاده کامل از زیست‌توده را در چارچوب اقتصاد دایره‌ای فراهم می‌کند (برنات^۱، ۲۰۱۹).

نقشه (۱) وضعیت گذار به اقتصاد زیست-فناورانه را در جهان با توجه به گام‌های چهار مرحله‌ای فرآیند گذار نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است، آخرین گام که تکمیل فرآیند گذار با استقرار فرآیندهای تولید زیست‌محور و افزایش ارزش افزوده مبتنی بر فعالیت‌های این بخش است در کشورهای آمریکای شمالی، اروپای غربی، استرالیا و چین در حال تکامل است. سایر نقاط جهان یا در مراحل اولیه گذار هستند یا مانند ایران هنوز استراتژی مشخصی در این زمینه اتخاذ نکرده‌اند (دیتز و همکاران، ۲۰۱۸).

نقشه ۱. وضعیت گذار به اقتصاد زیست-فناورانه در جهان

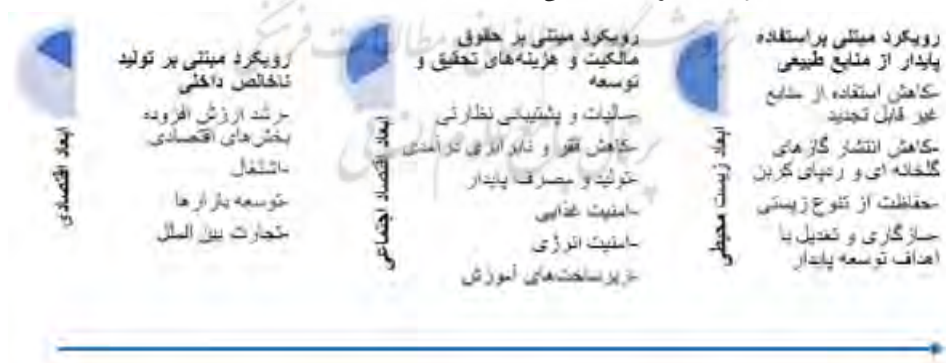


منبع: دیتز و همکاران، ۲۰۱۸

1- Biernat, K.

بعد از تبیین مراحل گذار، نکته مهم دیگر چگونگی ارزیابی است. چارچوب نظری- کاربردی اقتصاد دایره‌ای که منطبق با اهداف توسعه پایدار است، امکان ارزیابی را فراهم می‌کند. این چارچوب در نمودار (۳) نشان داده شده است. براساس مبانی نظری، فرآیند گذار براساس سه شاخص در چارچوب الگوی اقتصاد دایره‌ای و مبتنی بر اهداف توسعه پایدار قابل ارزیابی است. گروه متغیرهای شاخص اول مبتنی بر معیارهای اقتصادی است. شاخص دوم به ارزیابی جنبه‌های اقتصادی- اجتماعی می‌پردازد. شاخص سوم براساس معیار پایداری منابع طبیعی و ابعاد زیست- محیطی است. از بعد اقتصادی، ارزیابی‌ها بر سنجش تغییرات در ارزش افزوده فعالیت‌های اقتصادی، اشتغال، توسعه بازارها و تجارت محصولات زیست‌محور تمرکز دارد. گام‌های بعدی که مربوط به ابعاد اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی است نیز روند متغیرهایی مانند امنیت غذایی و انرژی، هزینه‌های تحقیق و توسعه، بازیافت و آلاینده‌های زیست‌محیطی ارزیابی می‌شود. ارزیابی‌ها با توجه به زنجیره محصول مبتنی بر فناوری‌های اقتصاد زیستی بوده که چرخه عمر محصولات را به عنوان جانشینی برای فرآیندها در نظر گرفته و شامل مراحل تهیه مواد اولیه، تولید محصول، مصرف و بازیافت ضایعات برای تولید محصولات جدید در چرخه زندگی و فعالیت اقتصادی با هدف بهینه‌سازی استفاده از منابع تولید است. این رویکرد، هسته اصلی مدیریت و ارزیابی بخش‌های فعالیت مبتنی بر اقتصاد زیست‌محور است (ویاگی، ۲۰۱۶ و لونکا و همکاران، ۲۰۱۸).

نمودار ۳. فرآیند ارزیابی گذار به اقتصاد زیست- فناورانه



منبع: گزارش ارزیابی سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (FAO)^۱

اندازه‌گیری این شاخص‌های سه‌گانه اقتصاد دایره‌ای در مقیاس‌های اقتصاد خرد شامل رفتار بنگاه‌ها در سطح خوشه‌های صنعتی و پارک‌های علمی-تحقیقاتی و در سطح اقتصاد کلان انجام می‌شود. در سطح اقتصاد خرد بیشتر از دو روش محاسبات ارزش افزوده به روش داده-ستانده و محاسبات اندازه اثر صنعت پایه‌ای استفاده می‌شود. در روش داده-ستانده تغییرات سهم ارزش افزوده بخش‌های فعالیت اقتصاد زیستی محاسبه می‌شود.

هیژمن^۱ (۲۰۱۶) یک مدل داده-ستانده ساده را پیشنهاد می‌کند که سهم ارزش افزوده بخش‌های اقتصاد دایره‌ای را بر اساس نهاده‌ها و ستانده‌ها محاسبه می‌کند. در چارچوب این مدل، فعالیت‌های اقتصادی در دو بخش اول و دوم طبقه‌بندی می‌شود؛ بخش اول به تولید محصولات زیستی دایره‌ای با محوریت فعالیت‌های کشاورزی، جنگلداری و شیلات می‌پردازد و بخش دوم شامل تمام فعالیت‌های اقتصادی بر پایه محصولات بخش زیستی اقتصاد انجام می‌شود. هیژمن (۲۰۱۶) این مدل را برای سنجش سهم بنگاه‌های اقتصاد زیستی در تولید ناخالص ملی هلند به کار برده است. نتایج محاسبات او نشان می‌دهد که بهبود ارزش افزوده کل اقتصاد با لحاظ کردن فعالیت‌های اقتصاد دایره‌ای زیستی کمک قابل توجهی به عبور از بحران مالی ۲۰۰۸ کرده است به گونه‌ای که ارزش افزوده مبتنی بر فعالیت‌های اقتصاد زیستی در طول سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۰۸ از رشد پایداری برخوردار بوده است، اما بخش خدمات مالی که وابسته به اقتصاد زیست‌محور نبوده در دوره بحران مالی دچار کاهش قابل توجهی شده است.

در روش ارزیابی گذار براساس نظریه صنعت پایه که مبتنی بر بحث‌های آمایش منطقه‌ای است، فرض می‌شود که منابع طبیعی در منطقه‌ای وجود داشته باشد که تاکنون بهره‌برداری نشده است؛ بنابراین، استفاده از این منابع اشتغال نیروی کار محلی را ایجاد می‌کند. با ایجاد شغل و افزایش درآمد، تقاضا برای سایر کالاها نیز افزایش خواهد یافت که بخشی از آن با افزایش تولید داخل و بخش دیگر از طریق واردات تامین خواهد شد. از این رو، ارزش افزوده ایجاد شده در اثر به کارگیری این منبع جدید، زنجیره تولید و تجارت سایر محصولات را گسترش خواهد داد که ارزش افزوده بیشتری را در اثر افزایش

1- Heijman, W.

فعالیت‌های اقتصادی ایجاد خواهد کرد (روی و همکاران^۱، ۲۰۰۹). روی و همکاران (۲۰۰۹) کاربرد این روش را در سنجش صنعت ماهیگیری در جزیره نیوفاندلند کانادا^۲ به عنوان تجزیه و تحلیل اثر صنعت پایه ماهیگیری بر افزایش اشتغال و سهم آن در تولید ناخالص داخلی نشان داده‌اند. در مطالعه دیگری، هرالدرسون و کری^۳ (۲۰۱۱) سهم مستقیم صنعت ماهیگیری به عنوان صنعت پایه در ایسلند را معادل ۱۳ درصد از تولید ناخالص داخلی برآورد کردند که با محاسبه سهم سایر زنجیره‌های ارزش، این سهم تا ۲۶ درصد کل تولید ناخالص داخلی افزایش می‌یابد.

در مقیاس صنعت و در مسیر گذار به اقتصاد زیست‌محور، حمایت از تشکیل و گسترش خوشه‌های زیست-فناورانه اهمیت زیادی دارد. این خوشه‌ها معمولاً در مراکز رشد و پارک‌های علم و فناوری وابسته به موسسات آموزش عالی تشکیل شده که با برخورداری از سرمایه انسانی به گسترش و کاربردی کردن علوم زیستی فناوری محور می‌پردازند. توسعه این فناوری‌ها نقش مهمی در گسترش خوشه‌های اقتصاد زیستی از طریق کاهش هزینه تولید محصولات و بهبود کیفیت آن‌ها دارد. همچنین به عنوان یک شاخص، نمایانگر وضعیت نوآوری و نوع فعالیت زیست-فناورانه منطبق با مزیت‌های هر منطقه هستند. بنابراین، افزایش تعداد خوشه‌های مبتنی بر فناوری‌های زیستی یکی از معیارهای سنجش در گذار به اقتصاد زیست‌محور است. برای مثال، بررسی داده‌های ثبت اختراع برای نوآوری در سوخت‌های زیست‌محور نشان‌دهنده افزایش مداوم بوده و تعداد اختراعات ثبت شده در چین و آمریکا به ترتیب بالاترین میزان را دارند در حالی که در آلمان، نوآوری‌ها و خوشه‌های مرتبط با محصولات زیست پزشکی به سرعت در حال گسترش و افزایش سهم در بازارها است (اگلی و همکاران^۴، ۲۰۱۶).

در سطح اقتصاد کلان علاوه بر درن‌ظرف گرفتن نقش بنگاه‌ها و صنایع در فرآیند گذار، سنجش فعالیت‌ها با هدف شناسایی آثار اقتصاد زیستی دایره‌ای براساس شاخص‌های کلان اقتصادی-اجتماعی-زیست‌محیطی انجام می‌شود. با توجه به اثر استقرار و گسترش اقتصاد دایره‌ای بر استفاده بهینه از منابع، گذار به اقتصاد زیست-

1- Roy, N., et al.

2- Newfoundland

3- Haraldsson, G. & Carey, D.

4- Egeli, K. G., et al.

فناورانه فرآیند تولید محصولات را بهینه تر و هزینه فرصت تولید را کاهش خواهد داد. این اثر از طریق ایجاد زنجیره های ارزش جدید و بازارهای بین المللی محصولات زیستی اتفاق افتاده و نقش موثری بر توسعه پایدار خواهد داشت.

جدول (۱) سهم اقتصاد زیست- فناورانه در رشد اقتصادی کشورهای در حال گذار را نشان می دهد. همانطور که ملاحظه می شود سهم اقتصاد زیستی در ارزش افزوده اقتصاد جهانی تا ۳/۶ درصد محاسبه شده است. این جدول همچنین روش های تجربی مورد استفاده برای سنجش اقتصاد زیست- فناورانه را نشان می دهد که شامل محاسبات ارزش افزوده داده- ستانده، اندازه اثر صنعت پایه ای، تحلیل سهم تجارت بین الملل، مدل های تعادل عمومی و ارزیابی براساس داده های اقتصاد دایره ای است. نکته مهمی که در جدول قابل مشاهده است، تفاوت و پراکندگی در روش های اندازه گیری سهم اقتصاد زیستی در میان کشورها است.

جدول ۱. ارزیابی مقایسه سهم اقتصاد زیست- فناورانه در رشد اقتصادی در مطالعات مختلف

کشور	ارزش افزوده - سهم از GDP (درصد)	مدل ارزیابی
آلمان	۷/۶	مدل داده- ستانده
هلند	۶/۶ تا ۷/۲	مدل داده- ستانده
آمریکا	بیش از ۲/۲	مدل IMPLAN (Economic Impact Analysis for Planning)
اتحادیه اروپا	متوسط ۱/۶۵	ارزیابی براساس داده های اقتصاد دایره ای
بلژیک	۱/۸	محاسبات صنعت پایه براساس انرژی و محصولات زیست-پایه
جهان	۳/۶ تا ۳/۲	مدل IMPACT - تعادل جزئی چند متغیره- چند کشوری International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade

منبع: National strategy studies available at <http://bioekonomierat.de/en/international0/>

چند دلیل برای این پراکندگی در روش های اندازه گیری وجود دارد؛ یکی آنکه همانطور که اشاره شد روش استاندارد در مورد جمع آوری و محاسبه داده های مرتبط با فعالیت های اقتصاد زیستی دایره ای وجود ندارد. همچنین به دلیل اینکه اجرای اصول اقتصاد دایره ای در برخی از کشورها به صورت آزمایشی و پایلوت اجرا می شود، بنابراین، از گستردگی ملی برخوردار نیست. به همین دلیل سازوکار نظارت و راستی آزمایی

آمارها نامشخص است. دومین مانع مهم این است که برخی از شاخص‌ها توسط موسسات مختلف، اندازه‌گیری و اعلام می‌شود که چندگانگی در روش‌های محاسبه را ایجاد می‌کند. بنابراین؛ روش‌های تهیه گزارش یکسان و استاندارد نیست (گنگ و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین محصولات جدید فعالیت‌های زیستی هنوز با سیستم‌های متداول طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی و تجارت بین‌الملل انطباق ندارند؛ زیرا به دلیل ناهمگنی و تنوع در ساختار فعالیت‌ها، این سیستم‌ها قادر به ایجاد تمایز بین محصولات زیستی و غیر زیستی نیستند (براکو و همکاران، ۲۰۱۸).

به دلیل اهمیت شناسایی و تبیین شاخص‌های ارزیابی در ایجاد و گسترش ارزیابی گذار به اقتصاد دایره‌ای به نظر می‌رسد رویکرد اصلی در پژوهش‌ها به دو صورت تبیین مفاهیم نظری و شناسایی عوامل موثر در گسترش اقتصاد دایره‌ای است (سو و همکاران، ۲۰۱۳). علاوه بر این، به دلیل پراکندگی در روش‌های اندازه‌گیری، مقطعی بودن داده‌ها و عدم وجود سری‌های زمانی و ماهیت تکاملی ادبیات نظری- کاربردی اقتصاد زیست- فناورانه، مطالعات تجربی در رابطه با روش‌های شناسایی متغیرهای توضیح‌دهنده و ارزیابی گذار، بیشتر از روش‌های تحلیل آمار استنباطی مانند تحلیل همبستگی، تحلیل مسیر، تحلیل عاملی و تحلیل فازی و براساس طبقه‌بندی کشورها از شاخص‌های اقتصاد دایره‌ای و در دسترس بودن داده‌ها در مقیاس اقتصاد خرد یا کلان استفاده کرده‌اند (سو همکاران، ۲۰۱۳ و کاتیسانو و همکاران، ۲۰۱۸).

۲-۳- سیاست‌گذاری و حکمرانی اقتصاد زیست- فناورانه

مطالعات سیاست‌گذاری‌های زیست- فناورانه ضمن تاکید بر نقش حکمرانی اقتصادی در حمایت‌های مالی و گفتمانی در ترویج اقتصاد زیست‌محور به اهمیت نهادسازی‌های حقوقی مانند مالکیت معنوی، حمایت از مصرف‌کننده و حفظ محیط‌زیست همگام با توسعه نوآوری‌ها اشاره کرده‌اند که اجرای صحیح آن‌ها می‌تواند هزینه‌های نظارتی را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. مشارکت دولت بیشتر در سه محور، شامل ایجاد و تطبیق زنجیره‌های جدید ارزش مبتنی بر محصولات زیست- فناورانه، ایجاد و افزایش تقاضای بازار و رقابت در صنایع زیست- فناورانه و سرمایه‌گذاری به منظور پیشرفت

1- Bracco, S., et al.

2- Căuțișanu, C., et al.

تحقیق و نوآوری در محصولات نوآورانه با منشا زیستی انجام می‌شود. همچنین فراهم کردن بازارهای جدید برای تولیدکنندگان زیست-توده موجب توسعه اقتصاد منطقه‌ای و سرمایه‌گذاری‌های بیشتر می‌شود. بر این اساس، برای استقرار و ترویج اقتصاد زیست‌محور، حکمرانی اقتصادی مکانیسم‌گذار را با توجه به شرایط اقتصادی جامعه و منطقه طراحی و مسیر تحول پویا و پایدار در سیستم‌های اقتصادی را پیش‌بینی و قانون‌گذاری می‌کند. جدول (۲) گام‌های لازم حکمرانی اقتصاد زیستی و ابزارهای سیاست‌گذاری دولت‌ها برای استقرار و گسترش اقتصاد زیست-فناورانه را نشان می‌دهد.

جدول ۲. گام‌های سیاست‌گذاری و حکمرانی اقتصاد زیستی

سیاست‌گذاری		برنامه عملیاتی	
اول	گسترش پژوهش برای گذار به اقتصاد زیست‌محور	- تامین بودجه و امکانات برای پروژه‌های تحقیقاتی - ایجاد و گسترش شبکه‌های تحقیقاتی و مشارکت‌های استراتژیک - ارتقاء پیوندهای علم و انتقال فناوری	سیاست‌گذاری
دوم	بهبود رقابت‌پذیری اقتصادی از طریق یارانه‌ها	- حمایت‌های یارانه‌ای-سهمیه‌ای-مالیاتی از اقتصاد زیست‌محور - حمایت‌های یارانه‌ای برای ترویج مصرف زیست‌محور	
سوم	مکان‌یابی صنایع پایه زیست‌محور	- ترویج خوشه‌های صنعت در زمینه زیست‌فناوری - ارتقا و انتقال دانش بین بخش‌های تحقیقاتی و صنعتی - آموزش نیروی کار بخش اقتصاد زیست‌محور - قوانین حمایت از مالکیت معنوی - ارتقای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) در اقتصاد زیست‌محور	
چهارم	سیاست‌گذاری برای افزایش آگاهی اجتماعی	- گفت‌وگوهای اجتماعی برای افزایش آگاهی از اقتصاد زیست‌محور - ترویج مسئولیت‌پذیری اجتماعی برای گذار به اقتصاد زیست‌محور	

منبع: یافته‌های پژوهش

سیاست‌گذاری و قانون‌گذاری در مسیر گذار نه تنها شامل نهادهای اقتصادی و فرآیندهای تولیدی است، بلکه ساختارهای اجتماعی که ممکن است مانع گسترش یک اقتصاد پویای زیست-فناورانه شود را نیز باید لحاظ کرد. همچنین با توجه به اینکه

بسیاری از زنجیره‌های ارزش موجود بر پایه استفاده از منابع فسیلی هستند در مسیر گذار به فرآیندهای زیست‌محور نیاز به گسترش زیرساخت‌های لازم وجود دارد. حکمرانی اقتصادی با حمایت‌های یارانه‌ای، سهمیه‌ای و مالیاتی می‌تواند بنگاه‌های فعال در این بخش را پشتیبانی کند تا رقابت‌پذیری خود را بعد از تحمیل هزینه‌های انتقال به سمت فرآیندهای زیست‌محور از دست ندهند.

گام مهم دیگر در چارچوب سیاست‌گذاری اقتصاد زیستی، مکان‌یابی و حمایت‌های قانونی و آموزشی دولتی برای ایجاد خوشه‌های صنعتی و صنایع پایه مبتنی بر زیست-فناوری و همکاری‌های تحقیقاتی بین‌المللی در راستای جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی است. در نهایت، همانطور که جدول (۲) نشان می‌دهد برای انطباق با تغییرات در ساختارهای تولید و مصرف در مسیر گذار به اقتصاد زیست-فناورانه، ضروری است که گفتمان‌سازی‌های گسترده در سطح جامعه به منظور انتقال اطلاعات صحیح در مورد مزایای محصولات زیست‌محور و ضرورت توسعه پایدار در سیاست‌گذاری‌های دولت‌ها منظور و انجام شود (مک کورمیک و کائوتو، ۲۰۱۳ و دبسی و مک کورمیک، ۲۰۱۵).

۲-۴- مطالعات انجام شده

این بخش به مطالعات انجام شده در رابطه با مطالعات نظری و تجربی اقتصاد زیستی در رابطه با شاخص‌ها، مباحث حکمرانی و روش‌های اندازه‌گیری و ارزیابی گذار پرداخته است. اصطلاح زیست-اقتصاد توسط زیست‌شناس انگلیسی، هرمان رینهایمر^۲ در سال ۱۹۱۳ در کتاب «تکامل از طریق همکاری: یک مطالعه در اقتصاد زیست-شناختی»^۳ مطرح شد. رینهایمر اقتصاد زیستی را به صورت مطالعه چگونگی زندگی و همکاری همه موجودات در چارچوب اقتصاد محیط‌زیست تعریف کرده است. بررسی جنبه‌های مختلف و روند تکامل این مفهوم از سال ۱۹۱۳ تاکنون در مطالعه زاجاسکا و سیودک (۲۰۱۶) ارائه شده است. این مطالعه استدلال می‌کند که کاربرد نظریه‌های بهینه‌سازی رفتارها و تصمیم‌ها به عنوان یک نظریه استاندارد اقتصادی، تنها محدود به رفتار انسان نبوده و این چارچوب برای توصیف رفتار همه موجودات تکامل یافته زنده مناسب است.

1- de Besi, M. & McCormick, K.

2- Reinheimer, H.

3- Evolution by Co-operation: A Study in Bio-Economics

در روند تکاملی، اقتصاد زیست محور به طور رسمی به عنوان یک اقتصاد دانش بنیان در اواخر قرن بیستم مطرح شد و طی ۲۰ سال گذشته، مطالعات گسترده‌ای در تبیین مفاهیم و مولفه‌های آن و همچنین طراحی استراتژی‌های گذار از اقتصاد کلاسیک به اقتصاد زیستی در میان اقتصادهای جهان انجام شده است.

هرینگ و روی^۱ (۲۰۰۷) و استافاس و همکاران^۲ (۲۰۱۳) با مطالعه برنامه استراتژیک اقتصاد زیست- فناوریانه آمریکا و اروپا براساس سه محور منابع زیستی- اقتصاد- نوآوری، مراحل گذار به اقتصاد زیست محور را تبیین کردند. این مراحل شامل مرحله اول: جایگزینی سوخت‌های فسیلی با مواد خام زیستی، مرحله دوم: افزایش بهره‌وری در بخش‌های اصلی فعالیت زیستی، مرحله سوم: افزایش بازدهی در بخش بازیافت زیست- توده و مرحله چهارم: ایجاد ارزش افزوده و افزایش آن با استفاده از فرآیندهای زیستی در مقیاس بزرگ است. این برنامه‌ها دو محور اصلی را دنبال می‌کنند؛ محور اول، مبتنی بر افزایش آگاهی اجتماعی درخصوص گام‌ها و مزایای گذار به اقتصاد زیستی با توجه به معیارهای سنجش فعالیت‌های اقتصادی مانند بهره‌وری و زنجیره‌های ارزش افزوده محصولات جدید و تجارت مواد زیستی به عنوان پیشران‌های اقتصاد است. محور دوم، مبتنی بر حکمرانی اقتصاد زیستی و مکان‌یابی صنایع پایه و پروژه‌های اقتصاد زیست- فناوریانه است.

استافاس و همکاران (۲۰۱۳) و دبسی و مک کورمیک (۲۰۱۵) با مطالعه گسترده پژوهش‌های انجام شده در رابطه با سیاست‌گذاری و حکمرانی اقتصادی برای کشورهای گروه ۷ و به‌ویژه اتحادیه اروپا، استراتژی‌های ضروری برای حمایت از توسعه اقتصاد زیست- فناوریانه را تحلیل کرده‌اند. آن‌ها بر لزوم سیاست‌گذاری حمایتی و نظارتی دولت‌ها که زمینه همکاری و مشارکت تمام کارگزاران اقتصادی را ایجاد کرده و سرمایه‌گذاری برای گسترش زیرساخت‌های لازم جهت تولید محصولات زیست- فناوریانه و تقاضای بازار برای این محصولات را توسعه دهد، تاکید کرده‌اند. در تمامی این استراتژی‌ها، پنج گام اصلی برای کمک به ایجاد چارچوب لازم برای توسعه اقتصاد زیستی وجود دارد؛ گام اول، ایجاد هماهنگی و انسجام بین بخش‌های مختلف سیاست

1- Herring, H. & Roy, R.

2- Staffas, L., et al.

گذاری است. در گام دوم ضروری است اقدامات لازم برای تسهیل همکاری دولت، موسسات تحقیقاتی و صنعتی انجام شود. سومین گام، افزایش ارتباط با جامعه و آگاهی عمومی در مورد فعالیت‌های مبتنی بر اقتصاد زیست‌محور است. گام چهارم، ایجاد و تعمیق بازارهای جدید برای جذب و حمایت از محصولات زیست‌محور است. پنجمین گام نیز بر حمایت‌های مالی و قانونی منسجم از توسعه فعالیت‌های زیست‌محور تاکید دارد. دبسی و مک کورمیک (۲۰۱۵) همچنین به تشکیل خوشه‌های تحقیقاتی و صنعتی و توسعه مشارکت‌های بخش خصوصی و دولتی به عنوان گام‌های تکمیلی در جهت اطمینان از انسجام و تقویت نوآوری در اقتصاد زیستی اشاره کرده‌اند.

مطالعات انجام شده در زمینه گذار به اقتصاد زیستی بر الگوی اقتصاد دایره‌ای به عنوان مدل نظری- کاربردی تاکید دارد. استفن و همکاران^۱ (۲۰۱۵) با بررسی اقتصادهای در حال گذار به اقتصاد زیست- فناورانه نشان داده‌اند که اقتصاد دایره‌ای مدل جایگزین اصلی برای اقتصادی کلاسیک است و فرآیند گذار شامل هزینه‌های بالای ایجاد زیرساخت‌ها است، اما در چهار زمینه استفاده از منابع تولید، حفظ محیط زیست، کارایی اقتصادی و رفاه جامعه مزایای پایدار و بلندمدت ایجاد می‌کند. ضرورت و مزایای اقتصاد دایره‌ای و اهمیت استفاده بهینه بین نسلی از منابع در مورد اقتصاد چین به دلیل رشد اقتصادی و جمعیت بالا از اهمیت بیشتری برخوردار است.

مطالعات اقتصاد زیستی دایره‌ای مرتبط با چین به این مساله اشاره می‌کنند که معجزه اقتصادی چین به قیمت استفاده گسترده از منابع طبیعی انجام شده است؛ بنابراین، سیاست گذار به اقتصاد دایره‌ای از سال ۲۰۰۰ میلادی، سیاست ملی چین برای توسعه پایدار بوده است. یکی از مطالعات جامع در این زمین توسط گنگ و همکاران (۲۰۱۲) در مقیاس استانی برای چین انجام شده است. این مطالعه، تاثیر اجرای اقتصاد دایره‌ای در سطح خرد، صنعت و اقتصاد کلان استان‌های منتخب را تحلیل کرده و نتیجه گرفته است که اقتصاد دایره‌ای منجر به گسترش فرآیندهای تولید با استفاده کمتر منابع طبیعی، کاهش آلودگی و مصرف انرژی شده است. شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی اقتصاد دایره‌ای این مطالعه محدود و با تمرکز بر کاهش استفاده از منابع طبیعی و بازیافت زباله است.

1- Steffen, W., et al.

با توجه به اینکه اقتصاد دایره‌ای یک مفهوم در حال تکامل است، تمرکز بیشتر مطالعات انجام شده بر تکامل سیستم شاخص‌هایی است که ابعاد و آثار اقتصاد دایره‌ای را ارزیابی می‌کنند. به منظور انتخاب شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی، دو موضوع اساسی را باید در نظر داشت؛ ۱- شاخص‌های ارزیابی اقتصاد دایره‌ای مرتبط با شاخص‌های توسعه پایدار هستند؛ زیرا اقتصاد دایره‌ای در ماهیت خود به دنبال دستیابی به اهداف توسعه پایدار بوده و بر محدودیت منابع و کارایی اقتصادی تمرکز دارد. ۲- شاخص‌هایی که می‌توانند عملکرد اقتصاد دایره‌ای را مشخص کنند، مبتنی بر شش اصل شامل چرخه منابع، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، پشتیبانی از خدمات اکوسیستم و سرمایه طبیعی، گسترش مراقبت‌های بهداشتی و رفاهی، حمایت از جامعه و فرهنگ و ایجاد ارزش افزوده هستند (تریکا و همکاران^۱، ۲۰۱۹).

جنبه مهم دیگر در مطالعات انجام شده، روش‌های اندازه‌گیری و سنجش اقتصاد زیستی است. نکته مهم این است که ادبیات تجربی مربوط به ارزیابی اقتصاد دایره‌ای در حال تکامل بوده و بیشتر مطالعات تجربی در این زمینه مرتبط با اندازه‌گیری برنامه‌های اقتصاد زیستی اجرا شده در استان‌های چین است؛ بنابراین، رهیافت‌های محدودی در زمینه آثار در سطح اقتصاد کلان ارائه می‌دهد.

سو و همکاران (۲۰۱۳) و حشمتی (۲۰۱۵) به مرور کامل مطالعات انجام شده در ارتباط با گذار به اقتصاد زیستی دایره‌ای در اقتصاد چین در دو دهه اخیر پرداخته‌اند. پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد مطالعات بر روش‌های شناسایی متغیرهای توضیح‌دهنده تمرکز داشته و بیشتر از روش‌های تحلیل آمار استنباطی مانند تحلیل همبستگی، تحلیل مسیر، تحلیل عاملی و تحلیل فازی و در مقیاس‌های خرد، صنعت و اقتصاد استانی استفاده کرده‌اند.

در مطالعات انجام شده به روش تحلیل عاملی بر اساس برنامه توسعه پایدار هر استان متغیرهای مرتبط با شاخص‌های توسعه اقتصادی-اجتماعی-زیست محیطی مورد استفاده قرار گرفته و برآوردها به روش تحلیل مولفه اصلی (PCA)^۲ انجام شده و مولفه‌های با تاثیرگذاری بالا شناسایی شده‌اند. مولفه‌های مورد تاکید بر اساس نتایج عبارتند از: سهم بخش بازیافت در تولید ناخالص استانی، سهم سرمایه‌گذاری در بخش بازیافت، امنیت

1- Trica, C. L., et al.

2- Principal Component Analysis

غذایی، شاخص‌های آلودگی محیط زیست - آب و هوا، دفع زباله‌ها و انتشار آلاینده‌ها، نوآوری‌ها و کارآفرینی‌های مرتبط با فعالیت‌های بخش اقتصاد زیستی، گسترش پارک‌های علمی - فناوری زیستی و شاخص ثبت اختراعات فناورانه زیست‌محور. در رویکردی دیگر، برخی مطالعات با روش‌های تحلیل سلسه‌مراتبی به بررسی روند توسعه اقتصاد دایره‌ای زیستی در صنایع و استان‌های چین پرداخته و اهمیت همکاری و تشکیل زنجیره‌های ارزش افزوده در بخش‌های مرتبط با اقتصاد زیستی را در موفقیت برنامه‌های در حال اجرا تحلیل کرده‌اند.

در مطالعه گنگ و همکاران (۲۰۲۰) ضمن بررسی برنامه‌های اقتصاد زیستی دایره‌ای اجرا شده در چین، تلاش شده است با تبیین و محاسبه شاخص‌های مرتبط، ابتدا یک سیستم شاخص ملی برای طبقه‌بندی اقتصاد دایره‌ای در چین تدوین شود. سپس بر مبنای این شاخص‌های ملی، ارزیابی برنامه‌های زیست - فناورانه در سطح اقتصاد کلان انجام شود. معیار اصلی که در ارزیابی کلان مورد استفاده قرار گرفته است، نرخ بازدهی بر اساس استفاده از منابع است. سایر متغیرهای مرتبط نیز با فعالیت‌های این بخش مانند کارآفرینی، سهم در تولید و سرمایه‌گذاری، نرخ انتشار آلاینده‌ها در فرآیند تولید امنیت غذایی در تحلیل‌های سطح صنعت و بنگاه ارزیابی شده است و همچنان قابلیت تعمیم در سطح کلان را نداشته‌اند.

کاتیسانو و همکاران (۲۰۱۸) به تحلیل کمی اقتصاد دایره‌ای برای کشورهای گروه سازمان همکاری‌ها و توسعه اقتصادی (OECD)^۱ با استفاده از روش تحلیل عاملی خوشه‌ای و تحلیل مسیر پرداخته‌اند. در این مطالعه آن‌ها از شاخص‌های تولید ناخالص داخلی سرانه، هزینه‌های تحقیق و توسعه، انرژی‌های تجدیدپذیر، پسماندهای شهری و میزان بازیافت زباله‌های شهری به منظور طبقه‌بندی کشورهای OECD در گسترش اقتصاد دایره‌ای استفاده کرده‌اند. همچنین با روش تحلیل مسیر، رابطه علیت ساختاری معنادار بین شاخص‌های اقتصاد دایره‌ای را نتیجه گرفته‌اند. مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد رابطه معناداری میان شاخص‌های توسعه پایدار و اقتصاد دایره‌ای وجود دارد. همچنین نتایج برآوردهای تحلیل مسیر در این مطالعه، رابطه میان رشد اقتصادی و هزینه‌های تحقیق و توسعه، میزان زباله‌های تولید شده و نرخ بازیافت را تایید کرده است.

1- Organization for Economic Co-operation & Development

جمع‌بندی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد به دلیل ماهیت در حال تکامل مفهوم اقتصاد زیست-فناورانه و همچنین به دلیل تفاوت در ساختار اقتصادی کشورهای دارای استراتژی گذار و عدم دسترسی به داده‌ها، خلا جدی در تحلیل‌های آماری و محاسباتی در این زمینه وجود دارد. نکته مشترک در مطالعات انجام شده این است که ۱- همه این مطالعات در ارزیابی گذار از مدل کاربردی اقتصاد دایره‌ای استفاده کرده‌اند. ۲- تاکنون یک مجموعه شاخص مدون و استاندارد پذیرفته شده توسط همه کشورها برای توصیف و ارزیابی عملکرد مدل اقتصاد دایره‌ای تدوین نشده است. فقدان شاخص‌هایی استاندارد شده برای سنجش میزان گسترش اقتصاد دایره‌ای و همچنین تصریح تابع عوامل موثر بر اقتصاد دایره‌ای از مواردی است که در پژوهش‌های انجام شده کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین بررسی روش‌های اندازه‌گیری گسترش اقتصاد زیستی نیز نشان می‌دهد به دلیل محدودیت‌های داده‌ها و ناهمگنی شاخص‌ها، روش‌های تحلیل آماری مبتنی بر استفاده از داده‌های مقطعی بیشترین کاربرد را در این مطالعات داشته‌اند.

با توجه به مبانی نظری و مطالعات انجام شده در این پژوهش تلاش شده است عوامل موثر در گسترش اقتصاد دایره‌ای براساس داده‌های کشورهای اتحادیه اروپا و به روش تحلیل عاملی شناسایی و تحلیل شود. از آنجا که مطالعات تجربی گسترش اقتصاد دایره‌ای شامل مقیاس‌های مختلف استانی-ملی است و قابلیت تعمیم‌پذیری کمتری برای استفاده سایر کشورها را دارد، این مطالعه با در نظر گرفتن شاخص‌های موثر در اقتصاد زیستی و اهداف توسعه پایدار به شناسایی مولفه‌های توضیح‌دهنده شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی براساس داده‌های اقتصاد دایره‌ای کشورهای اتحادیه اروپا پرداخته است که می‌تواند یک چارچوب تحلیلی برای سیاست‌گذاری فرآیند گذار در اقتصاد ایران فراهم کند. با توجه به شاخص‌های متنوع و ناهمگن تجزیه و تحلیل اقتصاد زیستی در مطالعات انجام شده، وجه اصلی اشتراک این شاخص‌ها، تمرکز بر اهداف توسعه پایدار است.

۳- روش شناسی پژوهش

هدف این پژوهش شناسایی متغیرهای موثر بر گسترش اقتصاد دایره‌ای و گذار به اقتصاد زیست-فناورانه است. براساس مبانی نظری، اقتصاد دایره‌ای به عنوان الگوی نظری-کاربردی سنجش مراحل گذار به اقتصاد زیست-فناورانه مورد استفاده قرار می‌گیرد

(لونکا و همکاران، ۲۰۱۸). این الگو در تطابق کامل با اهداف توسعه پایدار طراحی شده است و براساس چارچوب اقتصاد دایره‌ای، متغیرهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مرتبط با فعالیت‌های این بخش به عنوان شاخص‌های ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد. جامعه آماری متشکل از داده‌های اقتصاد کلان ۲۸ کشور اتحادیه اروپا بوده که به عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفته و بیش از ۴۹ متغیر مرتبط با اقتصاد دایره‌ای برای هر یک از آن‌ها جمع‌آوری شده است^۱. روش تحقیق با توجه به مبانی نظری و ماهیت مقطعی بودن داده‌ها، روش تحلیل عاملی در نظر گرفته شده است.

روش تحلیل عاملی یکی از روش‌های تحلیل آماری برای مطالعه روابط میان متغیرها و تجزیه و تحلیل داده‌های مقطعی است. این روش برای اولین بار توسط پیرسون^۲ (۱۹۰۱) و اسپیرمن^۳ (۱۹۰۴) مطرح و بعد از آن به طور گسترده‌ای در مطالعات علمی برای شناسایی تاثیرگذارترین متغیرها در وضعیتی که تعداد متغیرهای مورد بررسی زیاد و روابط بین آن‌ها ناشناخته باشد، استفاده می‌شود. در این روش، متغیرها براساس مبانی نظری در چندین عامل دسته‌بندی شده و هر عامل را می‌توان متغیر جدیدی در نظر گرفت که از ترکیب خطی مقادیر اصلی چند متغیر با اشتراکات مثبتی بر نظریه، برآورد می‌شود. داده‌های اولیه برای تحلیل عاملی، ماتریس همبستگی بین متغیرها است و متغیرهای وابسته از پیش تعیین شده‌ای ندارد. هدف اصلی در روش تحلیل عاملی شناسایی ساختار بین متغیرهای مختلف و تبدیل آن‌ها به تعداد محدودی عامل توضیح‌دهنده است. هر عامل نیز براساس روابط بین متغیرها، اطلاعات خاصی از ارزیابی را منعکس می‌کند. رویکردهای تحلیل عاملی را می‌توان به دو دسته کلی تحلیل عاملی اکتشافی^۴ (EFA) و تحلیل عاملی تاییدی^۵ (CFA) تقسیم کرد. انتخاب میان این دو روش تحلیل عاملی براساس هدف تحلیل داده‌ها و پژوهش است. روش اکتشافی (EFA) در حوزه‌های تحقیقاتی نوظهور که در آن هنوز فرضیه‌های دقیق در رابطه با ساختار داده‌ها وجود ندارد، استفاده شده و در مقایسه با روش تاییدی (CFA) که با هدف آزمون فرضیه انجام

۱- کشورها شامل ۲۷ کشور اتحادیه اروپا و بریتانیا هستند.

2- Pearson
3 Spearman
4- Exploratory Factor Analysis
5- Confirmatory Factor Analysis

می‌شود، نیاز به پیش فرض‌های کمتری دارد. بنابراین، در مطالعات ارزیابی عموماً از روش اکتشافی استفاده می‌شود (مولایک^۱، ۲۰۱۰).

معنادار بودن متغیرهای انتخاب شده در تحلیل عاملی براساس دو آزمون بررسی می‌شود:
 ۱- محاسبه ضریب^۲ KMO که مبتنی بر محاسبه ضریب همبستگی بین متغیرها بوده و مقدار آن در محدوده صفر و یک است. هر چه مقدار آماره آزمون KMO به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان دهنده همبستگی بیشتر میان متغیرها است. در مطالعات تجربی مقادیر آزمون بیشتر از ۰/۷ مناسب بوده و توصیه می‌شود که تفسیر نتایج براساس مقادیر کوچک‌تر تا ۰/۵ با احتیاط انجام شود (مولایک، ۲۰۱۰). دوم

۲- با استفاده از آماره آزمون بارتلت^۳؛ در این آزمون فرض صفر، نبود همبستگی بین متغیرها را آزمون می‌کند. برای اینکه یک برآورد تحلیل عاملی معنادار باشد، لازم است متغیرها همبسته باشند. بنابراین، آزمون بارتلت سعی می‌کند فرضیه صفر مبنی بر اینکه «متغیرها با هم هم‌بسته نیستند» را رد کند. بیان ماتریسی یک مدل تحلیل عاملی در صورتی که n متغیر و m عامل وجود داشته باشد به شکل رابطه (۱) نوشته می‌شود.

$$\begin{cases} X_1 = \lambda_{11}F_1 + \lambda_{12}F_2 + \dots + \lambda_{1m}F_m + e_1 \\ X_2 = \lambda_{21}F_1 + \lambda_{22}F_2 + \dots + \lambda_{2m}F_m + e_2 \\ \vdots \\ X_n = \lambda_{n1}F_1 + \lambda_{n2}F_2 + \dots + \lambda_{nm}F_m + e_n \end{cases} \quad (1)$$

$$X_{n \times 1} = A_{n \times m} F_{m \times 1} + e_{n \times 1}$$

اگر عوامل به طور کامل متغیرهای مشاهده شده را توضیح دهند، آنگاه می‌توان رابطه (۲) را نوشت.

$$\begin{cases} e_1 = e_2 = \dots = e_n = 0 \\ \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = 0 \end{cases} \Rightarrow X_{n \times 1} = A_{n \times m} F_{m \times 1} X_{n \times 1} \quad (2)$$

$$= A_{n \times m} F_{m \times 1} + e_{n \times 1}$$

1- Mulaik, S. A.

2- Kaiser -Meyer -Olkin

3- Bartlett's Test

با توجه به هدف پژوهش که شناسایی ارتباط میان متغیرهای مرتبط با شاخص‌های اقتصاد دایره‌ای است و همچنین توجه به این واقعیت که فرضیه دقیقی در مورد رابطه میان داده‌ها وجود ندارد از روش تحقیق عاملی اکتشافی (EFA) استفاده شده است. به این منظور ابتدا ماتریس کوواریانس متغیرها محاسبه و سپس عامل‌ها از این ماتریس استخراج می‌شوند. محاسبه عامل‌ها به سه روش امکان‌پذیر است: روش مولفه اصلی^۱، حداکثر درستی^۲ و روش عامل یابی محور اصلی^۳.

روش مولفه اصلی، مقادیر بارهای عاملی^۴ را به گونه‌ای برآورد می‌کند که مجموع مقادیر واریانس مشترک حداکثر شود. با این روش عامل‌ها در صد بالاتری از واریانس متغیرهای قابل مشاهده را نشان می‌دهند. روش مولفه‌های اصلی به دلیل اینکه بر مبنای راه حل ریاضی، رابطه تحلیل عاملی را حل می‌کند در کارهای تجربی کاربرد زیادی دارد. در این روش مقدار واریانس تبیین شده به وسیله مولفه که همان مجموع مجذورات بارهای عاملی است، برابر با مقدار ویژه آن مولفه است که با تقسیم مقدار ویژه بر تعداد متغیرها، نسبت واریانس تبیین شده به وسیله آن مولفه به دست می‌آید. مقادیر ویژه و بردارهای ویژه متناظر به ترتیب نزولی از بزرگ‌ترین مقدار به کوچک‌ترین مقدار ویژه انتخاب شده و هر کدام یک ستون از ماتریس بارهای عاملی را تشکیل می‌دهند. برای تسهیل فرآیند تفسیر عامل‌های اولیه، دوران^۵ این عامل‌ها با هدف رسیدن به یک ساختار عاملی ساده که در آن هر کدام از مولفه‌ها در یک عامل قرار گرفته و به صورت دوقطبی نباشند، انجام می‌شود. فرآیند دوران بر اساس معیارهای مختلفی قابل انجام است که یکی از کاربردی‌ترین انواع آن دوران واریماکس^۶ با تمرکز بر حداکثرسازی واریانس مربع بارهای عاملی است و در برآوردهای تحلیل عاملی اکتشافی استفاده می‌شود (کلاین^۷، ۱۳۹۲).

-
- 1- Principal Components
 - 2- Maximum Likelihood
 - 3- Principal Axis Factoring
 - 4- Factor Loades
 - 5- Rotation
 - 6- Varimax Rotation
 - 7- Kline, P.

۳-۱- متغیرها و داده‌ها

به منظور شناسایی عوامل موثر در فرآیند گذار به اقتصاد زیست-فناورانه و با توجه به مبانی نظری موجود، ماتریس داده‌ها برای ۴۹ متغیر و ۲۸ کشور اتحادیه اروپا جمع‌آوری شده و با تحلیل ۳ ماتریس مجزای تحلیل عاملی، عوامل اصلی برای ۳ دسته متغیرهای شاخص اقتصاد دایره‌ای شناسایی شده است. به دلیل مقیاس و ابعاد متفاوت داده‌ها، ابتدا با استفاده از رابطه نرمال‌سازی حداکثر-حداقل^۱، هر یک از متغیرها بین صفر تا یک نرمال شده‌اند که برای تجمیع و موزون‌سازی متغیرها از داده‌های نرمال شده استفاده شده است. فهرست متغیرها در پیوست ارائه شده که در وبگاه آماری اتحادیه اروپا در دسترس است.^۲

به دو دلیل از داده‌های اتحادیه اروپا برای ارزیابی و تحلیل گذار به اقتصاد زیست-فناورانه استفاده شده است؛ دلیل اول، مرتبط با استراتژی اقتصاد زیستی اتحادیه اروپا است که مبتنی بر گسترش فعالیت‌های اقتصاد دایره‌ای در گذار به اقتصاد زیستی است (کاردانگ و همکاران، ۲۰۲۱). همانطور که در مبانی نظری بیان شد، اقتصاد دایره‌ای، الگوی نظری-کاربردی گذار به اقتصاد زیستی است. در این راستا، تجزیه و تحلیل داده‌ها و عوامل پیشران در فعالیت‌های اقتصاد دایره‌ای در ارزیابی گذار به اقتصاد زیست-فناورانه نقش کلیدی دارد. بنابراین، پژوهش حاضر سعی کرده است یک چارچوب تحلیل آماری برای شناسایی و تحلیل عوامل توضیح‌دهنده در گسترش اقتصاد دایره‌ای به عنوان پیشران اقتصاد زیستی فراهم کند. این چارچوب شامل متغیرهای مرتبط با فعالیت‌های اقتصاد دایره‌ای و شاخص‌های توسعه پایدار شامل اقتصاد، اجتماع و محیط زیست است. دلیل دوم مرتبط با محدودیت در دسترس بودن داده‌ها و پراکندگی در رویکردهای آماری در ارزیابی و سنجش سهم اقتصاد زیستی در تولید ناخالص داخلی و سایر متغیرهای اقتصادی است.

در رابطه با محدودیت‌های مرتبط با اندازه‌گیری و ارزیابی سهم اقتصاد زیست-فناورانه همانطور که در مبانی نظری اشاره شد، محدودیت‌هایی وجود دارد که عبارتند از: ۱- این الگوی جدید فعالیت‌های اقتصادی دارای محدودیت‌هایی در سنجش سهم در متغیرهای اقتصادی است. ۲- هنوز روش استاندارد برای ارزیابی و مقایسه بین‌المللی

1- Max-Min Scaling

2- <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>

سهم اقتصاد زیستی در تولید ناخالص داخلی ایجاد نشده است و کشورهای دارای استراتژی فعال در این زمینه به روش های متفاوت و بیشتر بدون انتشار داده ها به ارزیابی سهم اقتصاد زیستی در تولید ناخالص داخلی پرداخته اند. ۳- محصولات و فعالیت های موجود در اقتصاد زیستی با توجه به اولویت های کشورها و مزیت های نسبی در تولید و تجارت بسیار متفاوت است. همچنین محصولات جدید فعالیت های زیست- فناورانه از نظر ساختار و تنوع با سیستم های طبقه بندی متداول ناهمگن هستند. ۴- تعداد زیاد محصولات زیستی و ناهمگنی آنها، ارزیابی فرآیند تکامل اقتصاد زیستی را دشوار می کند. به همین دلیل اکثر مطالعات انجام شده در این حوزه از دیدگاه روش شناسی معطوف به مطالعات توصیفی و تحلیل آماری استنباطی بوده و انجام روش های متعارف اقتصادسنجی به دلایل ذکر شده میسر نیست (براکو و همکاران، ۲۰۱۸). با وجود این محدودیت ها، همچنان نتایج مطالعات تجربی در شناخت و ارزیابی مسیر گذار به اقتصاد زیستی راهگشا خواهد بود؛ به ویژه برای کشورهایی مانند ایران که هنوز استراتژی گذار فعال ندارند.

۴- برآوردهای تحلیل عاملی و تحلیل نتایج

محاسبات تحلیل عاملی با نرم افزار متلب^۱ و برای ۴۹ متغیر منتخب مرتبط با فعالیت اقتصاد دایره ای و برای ۲۸ کشور اروپایی انجام شده است. همانطور که در بخش روش شناسی اشاره شد برای تشخیص کفایت و مناسب بودن داده ها در برآوردهای تحلیل عاملی از آماره آزمون KMO استفاده می شود که براساس ماتریس همبستگی بین متغیرها محاسبه شده است. در شرایطی که آماره آزمون $KMO > 0.7$ باشد، می توان همبستگی بالای متغیرها را نتیجه گرفت. در مطالعات تجربی چنانچه مقدار آماره این آزمون پایین تر از ۰/۷ باشد، ماتریس ضرایب همبستگی بین متغیرها باید مجدد بررسی و متغیرهای با همبستگی پایین از مدل حذف شود و مجدد آماره KMO را محاسبه کرد و روند را باید تا جایی تکرار کرد که شرط مقدار آزمون، تامین شود (مولایک، ۲۰۱۰).

بعد از انجام و تکرار آزمون با هدف پیدا کردن متغیرها با همبستگی بالا و تامین شرط آماره آزمون KMO از میان ۴۹ متغیر اقتصاد دایره ای اتحادیه اروپا - در پیوست فهرست

1- MATLAB

شده است- ۲۸ متغیر با همبستگی بالا انتخاب و با توجه به ماهیت مبتنی بر اهداف توسعه پایدار در سه گروه متغیرهای اقتصادی، اقتصادی- اجتماعی و زیست محیطی قرار گرفته اند. در گام بعدی برای اطمینان از معنادار بودن برآوردهای تحلیل عاملی برای هر سه گروه از متغیرهای انتخاب شده از آزمون بارتلت استفاده شده است. نتایج هر دو آزمون KMO و بارتلت برای مدل های تحلیل عاملی در جدول های (۳) تا (۵) ارائه شده است. براساس آماره KMO می توان کفایت و مناسب بودن داده ها در تحلیل عاملی را برای هر سه گروه شاخص ها نتیجه گرفت. آماره آزمون بارتلت نیز احتمال پذیرش فرض صفر - که عدم وجود همبستگی بین متغیرها است- را اندازه گیری می کند. نتایج این آزمون برای هر سه شاخص نیز فرض صفر را رد کرده و بنابراین، می توان همبستگی بین متغیرها را نتیجه گرفت. با توجه به وجود همبستگی میان متغیرها، می توان با استفاده از روش تحلیل مولفه های اساسی (PCA)، مولفه های توضیح دهنده شاخص های اقتصادی- اجتماعی- زیست محیطی اقتصاد دایره ای را تعیین کرد.

با توجه به هدف پژوهش، ماتریس داده ها برای هر دسته از متغیرها و ۲۸ کشور مورد بررسی جمع آوری شده و برای انجام روش تحلیل عاملی و رسیدن به عوامل نهایی موثر، ماتریس های مربوط به هر دسته از متغیرها تشکیل و عوامل مشترک، اهمیت نسبی هر یک از شاخص ها و سپس بردارهای ویژه برای تمام مقادیر غیر صفر محاسبه شده است. دوران عامل ها با روش واریماکس انجام شده است. بنابراین، با تحلیل سه ماتریس مجزای تحلیل عاملی، عوامل اصلی برای متغیرهای مورد نظر شناسایی و متغیرهای ۲۸ گانه در پنج عامل نهایی تجمیع شدند. نتایج برآوردهای تحلیل عاملی در جدول های (۳) تا (۵) و نمودار (۴) ارائه شده است.

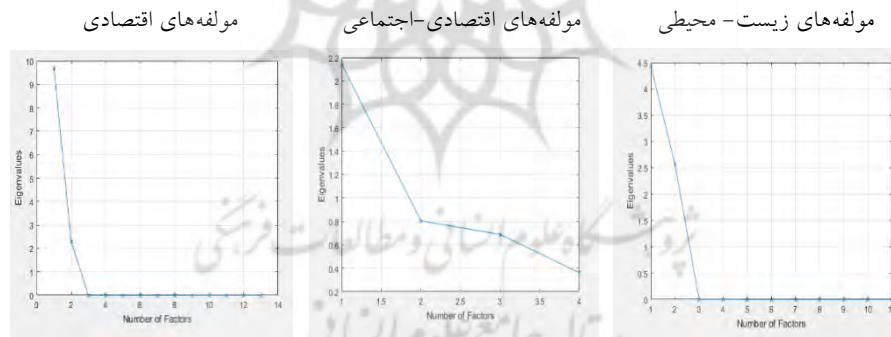
همانطور که در جدول (۳) مشاهده می شود، شاخص عوامل اقتصادی یک ماتریس ۱۳*۲۸، شامل ۲۸ کشور و ۱۳ متغیر است. با توجه به برآورد تحلیل عاملی این ۱۳ متغیر در دو عامل نهایی تجمیع شده اند. شاخص عوامل اقتصادی- اجتماعی در ماتریس ۴*۲۸ تحلیل می شود که شامل ۲۸ کشور و چهار متغیر مطابق با جدول (۴) است و در یک عامل نهایی خلاصه شده است. سومین دسته از عوامل موثر در گذار، شاخص متغیرهای زیست-محیطی است که در ماتریس ۱۱*۲۸ تحلیل شده که شامل ۱۱ متغیر موثر بر

محیط زیست برای ۲۸ کشور منتخب بوده که در دو عامل نهایی تجمیع شده و در جدول (۵) نشان داده شده‌اند.

تعداد مولفه‌های استخراج شده برای هر دسته از عوامل برابر است با تعداد متغیرهای استفاده شده که با رسم نمودار اسکری^۱ می‌توان تعداد بهینه مولفه‌ها را مشخص کرد. در انتخاب تعداد مولفه‌ها از نمودار اسکری قاعده کلی براساس تعداد مقادیر ویژه مولفه‌های بزرگ‌تر از یک تعیین می‌شود (کلاین، ۱۳۹۲).

همانطور که در نمودار (۴) مشاهده می‌شود برای متغیرهای مرتبط با شاخص اقتصادی دو مولفه دارای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک هستند و صددرصد پراکندگی مجموعه داده‌ها توسط این مولفه‌ها تبیین می‌شود. این تعداد برای متغیرهای مرتبط با شاخص اقتصادی-اجتماعی برابر یک است که بیشتر از ۷۳ درصد داده‌ها با این مولفه تبیین می‌شود. برای شاخص عوامل زیست محیطی، دو مولفه وجود دارد که صددرصد پراکندگی داده‌ها را توضیح می‌دهند. سهم هر یک از متغیرها در تبیین واریانس هر مولفه در جدول‌های (۳) تا (۵) مشخص شده است.

نمودار ۴. تعیین تعداد مولفه‌های مدل‌های تحلیل عاملی



براساس نتایج جدول (۳)، ۱۱ متغیر اقتصادی مرتبط با اقتصاد دایره‌ای اتحادیه اروپا شامل نسبت سرمایه‌گذاری، اشتغال و ارزش افزوده در تولید ناخالص داخلی، تجارت زباله‌های زیستی، مصرف حقیقی، نسبت تولید ناخالص داخلی به زمین مصنوعی و به مصرف مواد داخلی، شاخص رویکرد به بازار، تولید ناخالص داخلی به قیمت‌های بازار و

1- Scree Plot

وابستگی به انرژی در عامل اول تجمع شده و حدود ۸۰ درصد تغییرات عوامل اقتصادی موثر در توسعه اقتصاد دایره‌ای را توضیح می‌دهند. عامل دوم شامل دو متغیر در صد کل اشتغال و مانده حساب جاری است که حدود ۲۰ درصد تغییرات در اقتصاد دایره‌ای را توضیح می‌دهند. در میان متغیرهای اقتصادی موثر می‌توان به نسبت سرمایه‌گذاری، صادرات زباله، شاخص رویکرد به بازار و نسبت تولید ناخالص داخلی به زمین مصنوعی به عنوان مهم‌ترین عوامل اقتصادی موثر در اقتصاد دایره‌ای اشاره کرد. این نتیجه منطبق با مبانی نظری در مورد نقش سرمایه‌گذاری (هیژمن، ۲۰۱۶ و گنگ و همکاران (۲۰۱۲)، تجارت مواد زیستی (روی و همکاران، ۲۰۰۹) و بازنگری در فرآیندهای تولید در گسترش اقتصاد زیست- فناورانه است. همچنین رابطه معناداری میان متغیرهای سرمایه‌گذاری و ارزش افزوده با گسترش اقتصاد دایره‌ای و اهداف توسعه پایدار در مطالعه کاتیسانو و همکاران (۲۰۱۸) برای کشورهای OECD گزارش شده است. بنابراین، به منظور گذار به اقتصاد زیست- فناورانه توجه به اثر این متغیرها در گروه عوامل اقتصادی ضروری است.

جدول ۳. نتایج تحلیل عاملی برای متغیرهای اقتصادی

متغیر	عامل اول	عامل دوم	متغیر	عامل اول	عامل دوم
سرمایه‌گذاری / تولید ناخالص داخلی	۰/۹۹۲۱	-	تولید ناخالص داخلی / زمین مصنوعی	۰/۹۷۱۵	-
اشتغال / تولید ناخالص داخلی	۰/۷۳۹۷	-	تولید ناخالص داخلی / مصرف مواد داخلی	۰/۹۶۹۸	-
ارزش افزوده / تولید ناخالص داخلی	۰/۹۴۸۰	-	شاخص رویکرد به اقتصاد	۰/۹۷۲۶	-
واردات زباله	-۰/۹۶۶۱	-	تولید ناخالص داخلی با قیمت‌های بازار	۰/۹۶۸۳	-
صادرات زباله	۰/۹۹۰۴	-	مانده حساب جاری	-	۰/۸۰۵۷
مصرف حقیقی فردی	۰/۹۱۸۴	-	وابستگی به انرژی	۰/۷۵۳۴	-
درصد کل اشتغال	-	۰/۷۷۶۵			
آماره آزمون KMO	۰/۸۳		مقادیر ویژه	۹/۷۰۳۷	۲/۲۹۶۳
آماره آزمون بارتلت (معناداری)	۲۸۸/۱۵ (۰/۰۰)		تغییرات جمعی	۰/۸۰۸۶	۰/۱۹۱۴

منبع: یافته‌های پژوهش

در تحلیل مشابه، براساس نتایج جدول (۴) می‌توان مشاهده کرد که چهار متغیر اقتصادی-اجتماعی مرتبط با اقتصاد دایره‌ای اتحادیه اروپا شامل سرانه کالری روزانه، مصرف انرژی اولیه، سرانه مصرف مواد داخلی و سرانه انرژی‌های تجدیدپذیر در یک عامل تجمع شده و به ترتیب اهمیت حدود ۷۳ درصد تغییرات عوامل اقتصادی-اجتماعی موثر را توضیح می‌دهند. مهم‌ترین متغیر اقتصادی-اجتماعی موثر در اقتصاد زیست-فناورانه سرانه کالری روزانه براساس منبع است. اثر گسترش اقتصاد دایره‌ای بر افزایش امنیت غذایی در استان‌های چین در مطالعه گنگ و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است. بر این اساس به نظر می‌رسد گسترش اقتصاد دایره‌ای اثر معناداری در افزایش امنیت غذایی که یکی از مهم‌ترین اهداف توسعه پایدار است، خواهد داشت.

جدول ۴. نتایج تحلیل عاملی برای متغیرهای اقتصادی-اجتماعی

متغیر	عامل اول	متغیر	عامل اول
سرانه انرژی‌های تجدیدپذیر	-۰/۵۶۴۷	سرانه مصرف مواد داخلی	۰/۷۰۹۰
مصرف انرژی اولیه	۰/۷۸۳۶	سرانه کالری روزانه براساس منبع	۰/۸۴۰۱
مقادیر ویژه	۲/۱۴۱۱	تغییرات جمعی	۷۳/۳۶۶۱
آماره آزمون بارتلت (معناداری)	۶۶/۳۴ (۰/۰۰)	آماره آزمون KMO	۰/۷۳۴۱

منبع: یافته‌های پژوهش

براساس نتایج جدول (۵) مشاهده می‌شود که شش متغیر زیست‌محیطی مرتبط با اقتصاد دایره‌ای اتحادیه اروپا شامل بازیافت زباله‌های زیستی، حق ثبت اختراع، مواد بازیابی شده، آلاینده‌های هوا و گازهای گلخانه‌ای، بهره‌وری آب و مدیریت پسماند به ترتیب اهمیت در عامل اول تجمع شده و حدود ۶۳ درصد تغییرات عوامل اقتصادی موثر را توضیح می‌دهند. عامل دوم شامل پنج متغیر سرانه زباله، منطقه کشاورزی ارگانیک، نسبت تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی، شاخص نوآوری در محیط‌زیست و بخش‌های منبع انتشار گازهای گلخانه‌ای است که به ترتیب اهمیت حدود ۳۷ درصد تغییرات را در اقتصاد دایره‌ای توضیح می‌دهند. در میان متغیرهای زیست‌محیطی موثر می‌توان به بازیافت زباله‌های زیستی، حق ثبت اختراع، مواد بازیابی شده، منطقه کشاورزی ارگانیک و زباله سرانه به عنوان مهم‌ترین عوامل موثر در اقتصاد دایره‌ای اشاره کرد. این نتیجه در مطالعات و مبانی نظری در مورد نقش هزینه‌های تحقیق و توسعه و صنعت بازیافت در گسترش اقتصاد زیست-فناورانه مورد

تاکید جدی است و از دیدگاه سیاست‌گذاری در تدوین استراتژی گذار اهمیت زیادی دارد. نتیجه مشابه در مطالعه گنگ و همکاران (۲۰۱۲) در مقیاس استانی برای چین، استافاس و همکاران (۲۱۰۳) برای کشورهای گروه ۷ و کاتیسانو و همکاران (۲۰۱۸) برای کشورهای OECD گزارش شده است.

جدول ۵. نتایج تحلیل عاملی برای متغیرهای زیست محیطی

متغیر	عامل اول	عامل دوم	متغیر	عامل اول	عامل دوم
منطقه تحت کشاورزی ارگانیک	-	۰/۹۰۳۳	آلاینده‌های هوا و گازهای گلخانه‌ای	-۰/۸۸۵۷	-
حق ثبت اختراع	۰/۹۸۸۲	-	بخشهای منبع انتشار گازهای گلخانه‌ای	-	۰/۵۹۶۹
زیاله سرانه	-	۰/۹۱۳۲	بهره وری آب	۰/۸۷۶۵	-
مواد بازیابی شده	۰/۹۸۱۷	-	مدیریت پسماند	۰/۷۰۶۵	-
بازافت زیاله‌های زیستی	۰/۹۹۶۹	-	شاخص نوآوری در محیط‌زیست	-	۰/۸۰۵۵
R&D درصد تولید ناخالص داخلی	-	۰/۸۰۴۶			
آماره آزمون KMO	۰/۸۳۳۱		مقادیر ویژه	۴/۴۳۳۱	۲/۵۶۶۹
آماره آزمون بارتلت (معناداری)	۳۱۴/۴۶ (۰/۰۰)		تغییرات تجمعی	۶۳/۳۲۹۹	۳۶/۶۷۰۱

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به هدف پژوهش که شناسایی عوامل موثر در فرآیند گذار به اقتصاد زیستی دایره‌ای است، نتایج تحلیل عاملی متغیرهای دسته‌بندی شده در سه شاخص عوامل اقتصادی-اجتماعی-زیست محیطی دو نتیجه را نشان می‌دهند؛ ۱- رابطه همبستگی بین متغیرهای شاخص‌های سه‌گانه وجود داشته و شاخص‌ها نقش توضیح‌دهنده در گسترش اقتصاد دایره‌ای در سطح اقتصاد کلان برای اتحادیه اروپا داشته‌اند. با توجه به اینکه این شاخص‌ها همان معیارهای سه‌گانه دستیابی به اهداف توسعه پایدار هستند، بنابراین، به نظر می‌رسد گسترش اقتصاد دایره‌ای نقش موثری در رشد و توسعه پایدار دارد. ۲- براساس برآوردهای تحلیل مولفه اصلی، مهم‌ترین متغیرهای موثر در گسترش اقتصاد زیستی دایره‌ای عبارتند از: نسبت سرمایه‌گذاری، تجارت زیاله زیستی، شاخص رویکرد

به بازار، نسبت تولید ناخالص داخلی به زمین مصنوعی (عوامل اقتصادی)، امنیت غذایی، سرانه مصرف مواد و انرژی (عوامل اقتصادی-اجتماعی)، بازیافت زباله‌های زیستی، حق ثبت اختراع، مواد بازیابی شده، منطقه کشاورزی ارگانیک و زباله سرانه (عوامل زیست‌محیطی).

باید توجه داشت که به دلیل محدودیت‌های داده و روش تحلیل این مقاله نمی‌تواند علیت‌ها و جهت روابط را در توسعه اقتصاد دایره‌ای زیستی نشان داد، اما شناسایی و تجزیه و تحلیل کمی متغیرها و شاخص‌های مرتبط با گسترش اقتصاد دایره‌ای را امکان‌پذیر کرده است.

۵- حقایق آشکار شده و ضرورت اقتصاد ایران برای گذار به اقتصاد زیست-فناورانه

اقتصاد ایران پیش از مواجهه با همه‌گیری کرونا در اسفند ۱۳۹۸ با خروج آمریکا از برجام در اردیبهشت ۱۳۹۷ در وضعیت رکود تورمی قرار گرفته است. تحریم‌های اقتصادی با هدف محدود ساختن درآمدهای نفتی و تجارت خارجی ایران، تداوم کاهش رشد اقتصادی، مشکلات ساختاری اقتصاد ایران و عدم قطعیت‌ها در فضای حکمرانی و تصمیم‌گیری‌های اقتصادی، وضعیت اقتصاد ایران را شکننده و تاب‌آوری اقتصادی را کاهش داده است (ضیائی‌بیگدلی و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به وابستگی اقتصاد ایران به نفت، هرگونه تغییر در درآمدهای فروش نفت به دلیل شوک‌های اقتصادی یا سیاسی، ناپایداری زیادی را به درآمد خانوارها، فضای کسب و کار و حکمرانی اقتصادی تحمیل می‌کند. بنابراین، چالش اصلی سیاست‌گذاری در اقتصاد ایران برای گذار از این شرایط، اجرای برنامه اقتصاد بدون نفت به موازات اهداف توسعه پایدار است. علاوه بر این، شواهد نظری و به ویژه توجه به تجربه کشورهای صنعتی در مواجهه با بحران مالی ۲۰۰۸، تایید می‌کند که گذار به اقتصاد زیست-فناورانه نقش موثری در تداوم رشد اقتصادی در شرایط بحران و نااطمینانی‌های اقتصادی دارد (هیژمن، ۲۰۱۶ و روی و همکاران، ۲۰۰۹). تحلیل‌ها بر پایه محاسبه شاخص آسیب‌پذیری نفتی و تحلیل‌های آینده‌پژوهی روند توسعه پایدار مبتنی بر محاسبات سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) نشان می‌دهند که تداوم وضعیت فعلی برای اقتصاد ایران امکان‌پذیر نیست.

به دلیل اینکه اقتصاد ایران استراتژی فعالی در زمینه گذار به اقتصاد زیست-فناورانه در چارچوب دستیابی به اهداف توسعه پایدار ندارد، تحلیل وضعیت ایران از منظر مطالعه تجربی گذار به اقتصاد زیستی دایره‌ای امکان پذیر نیست، اما با رویکرد بحث ضرورت اجتناب ناپذیر ایران در راستای دستیابی به اهداف توسعه پایدار و توجه به مبانی نظری که تاکید می‌کند شاخص‌های سنجش توسعه پایدار مبتنی بر اقتصاد زیست-فناورانه است، این بخش تلاش کرده است با بهره‌گیری از دو شاخص آسیب‌پذیری نفتی و بررسی روند آتی توسعه پایدار اقتصاد ایران، ضرورت گذار به اقتصاد زیستی را برجسته کند.

مبانی نظری و تجربی این مطالعه در شناسایی عوامل موثر در گسترش اقتصاد زیستی دایره‌ای اروپا، می‌تواند در تدوین تطبیقی سیاست‌ها و گام‌های گذار اقتصاد ایران نقش موثری ایفا کند.

ارزیابی‌های عملکرد فعالیت‌های اقتصادی معمولاً براساس دو شاخص عملکرد اقتصادی^۱ (EPI) و یا شاخص پیشرفت واقعی^۲ (GPI) انجام می‌شود. شاخص عملکرد اقتصادی با تلفیق داده‌های تورم، بیکاری، کسری بودجه دولت و رشد تولید ناخالص داخلی با استفاده از یک روش میانگین وزنی ریاضی و تبدیل این داده‌ها به یک عدد شاخص، کارآمدی عملکرد اقتصادی را توصیف می‌کند (کاراموف و ریدینگز^۳، ۲۰۱۳). شاخص پیشرفت واقعی برای تحلیل‌های هزینه-منفعت رشد اقتصادی با هدف سنجش رشد اقتصادی در راستای تامین اهداف توسعه پایدار طراحی شده است. در این شاخص مزایای رشد اقتصادی با داده‌های متغیرهای مخارج مصرف خصوصی، مخارج سرمایه‌گذاری، در دسترس بودن کالاها عمومی و گسترش آموزش عالی محاسبه و هزینه‌های مرتبط با جرم، مطلوبیت‌های از دست رفته ناشی از شغل، نرخ بیکاری، میزان بدهی خارجی و هزینه‌های مرتبط با آلودگی هوا و محیط‌زیست از آن کسر می‌شود (کوئیسنسکی و همکاران^۴، ۲۰۱۳). هر دو شاخص توصیف مناسبی از وضعیت اقتصادی در مقایسه با شاخص رشد اقتصادی ارائه می‌کنند، اما در مورد اقتصادهای وابسته به منابع طبیعی و به‌ویژه نفت و گاز، ضروری است تحلیل‌ها با در نظر گرفتن شدت وابستگی فعالیت‌های اقتصادی به منابع طبیعی انجام شود. با

1- Economic Performance Index

2- Genuine Progress Indicator

3- Khramov, V. & Ridings, L. J.

4- Kubiszewski, I., et al.

این رویکرد، شاخص آسیب‌پذیری نفت^۱ (OVI) طراحی شده که می‌تواند سنجشی از سهم نفت در اقتصاد کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت ارائه کند (گوپتا، ۲۰۰۸). این شاخص یک مفهوم چند بعدی است و تاب‌آوری کشورها را در برابر ریسک‌های اقتصادی، عرضه و زیست-محیطی اندازه‌گیری می‌کند که در ریسک‌سنجی عواملی مانند شوک‌های قیمتی نفت و شوک‌های ناشی از عرضه در اثر تنش‌های سیاسی مانند جنگ و تحریم اندازه‌گیری می‌شود.

مهم‌ترین مولفه‌های موثر در محاسبه ریسک اقتصادی و کانال‌های اثرگذاری آن در جدول (۶) تبیین شده است. براساس این مولفه‌ها، شاخص آسیب‌پذیری نفتی اقتصاد ایران برای دوره ۱۳۹۸-۱۳۵۷ محاسبه شده و در نمودار (۵) نشان داده شده و ارتباط میان متغیرهای شاخص نیز در جدول (۷) گزارش شده است.^۳ در محاسبه شاخص ابتدا براساس مبانی نظری متغیرهای مرتبط با مولفه‌های ریسک اقتصادی انتخاب شده و بعد از نرمال‌سازی داده‌ها بین صفر و یک، میانگین وزنی داده‌ها محاسبه شده است (گوپتا، ۲۰۰۸). همانطور که مشاهده می‌شود اقتصاد ایران در برابر شوک‌های ناشی از بحران جنگ، شرایط نااطمینانی بعد از پایان جنگ، کاهش بهای جهانی نفت، رکود جهانی در اثر بحران‌های مالی جهانی که منجر به کاهش تقاضای نفت شده است، تحریم‌های نفتی دهه ۱۳۹۰ و توافق برجام نو سانات جدی نشان داده است. روندی مشابه در مطالعه شاکری و همکاران (۱۳۹۵) گزارش شده است. نکته قابل توجه در نمودار (۵) این است که بالاترین میزان نوسان در اثر نااطمینانی بعد از پایان جنگ در سال ۱۳۶۹ اتفاق افتاده است. بین سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۹۸ همچنان شاخص VOI نو ساناتی داشته است، اما به‌طور میانگین مقدار شاخص کاهشی بوده است. این مساله می‌تواند به دلیل مداخلات سیاست‌گذاری اقتصادی با هدف کاهش آسیب‌پذیری اقتصاد و اقداماتی مانند حساب ذخیره ارزی و صندوق توسعه ملی و واریز بخشی از درآمدهای نفتی به آن در دهه ۱۳۸۰ باشد که سبب کاهش شاخص آسیب‌پذیری نفت شده است. همچنین سیاست متنوع‌سازی درآمدهای صادراتی که در کاهش ریسک اقتصادی موثر بوده است.

1- Oil Vulnerability Index

2- Gupta, E.

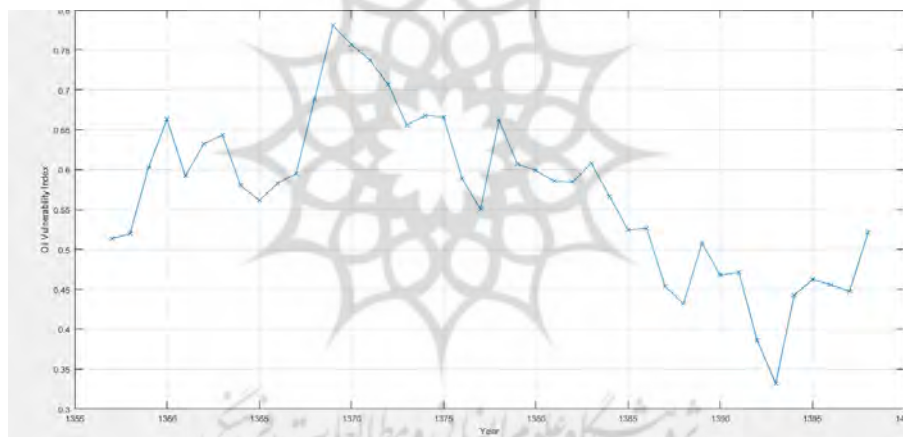
۳- منبع آماری محاسبات شاخص OVI داده‌های سری‌های زمانی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (CBI) است. آخرین مراجعه آماری در اسفند ماه ۱۳۹۹ انجام شده است.

جدول ۶. مولفه‌های سنجش ریسک اقتصادی

شاخص	ارتباط با ریسک اقتصادی	کانال‌های اثر گذاری
سهام هزینه‌های نفت در درآمد ملی	مثبت	- درآمدهای فروش نفت
سهام نفت به ازای هر واحد از تولید ناخالص داخلی	مثبت	- درآمدهای عمومی دولت در بودجه - مخارج دولت
سهام نفت در تقاضای انرژی داخلی	مثبت	- سهم صادرات نفتی در بازرگانی خارجی
سطح توسعه اقتصادی	مثبت	- نرخ ارز
سطح ذخایر خارجی کشور	منفی	- واردات کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای - درآمد سرانه - شاخص برابری قدرت خرید (PPP)

منبع: گوپتا، ۲۰۰۸

نمودار ۵. شاخص آسیب‌پذیری نفت (VOI) اقتصاد ایران



منبع: یافته‌های پژوهش

به منظور تحلیل دقیق‌تر شاخص VOI، همبستگی میان متغیرهای این شاخص محاسبه و در جدول (۷) گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهند که ارتباط مثبت میان افزایش درآمد سرانه و خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی وجود دارد. همچنین افزایش صادرات نفتی با افزایش خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی، واردات مواد اولیه و درآمد سرانه ارتباط مثبت دارد. علاوه بر این، افزایش سهم مصرف نفت در داخل با کاهش صادرات نفتی، کاهش خالص دارایی‌های خارجی بانک مرکزی و کاهش واردات ارتباط دارد. این نتیجه از دیدگاه سیاست‌گذاری اقتصادی مهم است؛ زیرا

تایید کننده وابستگی واردات مواد اولیه، دارایی های خارجی بانک مرکزی و درآمد سرانه به صادرات نفت است. بنابراین، شاخص آسیب پذیری اقتصادی به طور میانگین در طول سه دهه اخیر کاهش یافته است، اما همچنان وابستگی اقتصاد ایران به صادرات نفت بطور جدی وجود دارد و با نوسانات درآمدهای نفتی، رشد اقتصادی و درآمد سرانه به عنوان شاخص های موثر در دستیابی به اهداف توسعه پایدار آسیب دیده است.

جدول ۷. ضرایب همبستگی متغیرهای شاخص آسیب پذیری نفت (VOI) اقتصاد ایران ۱۳۵۷-۱۳۹۸

سهم درآمد نفتی در GDP	سهم درآمد های نفتی در بودجه دولت	سهم نفت در مصرف داخلی	سهم صادرات نفتی از کل صادرات	خالص دارایی های خارجی بانک مرکزی	سهم واردات مواد اولیه از GDP	درآمد سرانه
۱/۰۰	۰/۲۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
		-۰/۴۰	-۰/۷۲	۰/۵۲	-۰/۳۷	۰/۴۰
		۰/۲۸	۰/۰۲	-۰/۳۵	۰/۴۶	۰/۶۱
						۰/۳۹
						-۰/۱۶
						۰/۰۷
						-۰/۱۸

منبع: یافته های پژوهش

بررسی روند آینده توسعه پایدار اقتصادی ایران براساس گزارش مطالعات چشم انداز جهانی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد^۱ (FAO) در سال ۲۰۱۸ که مبتنی بر

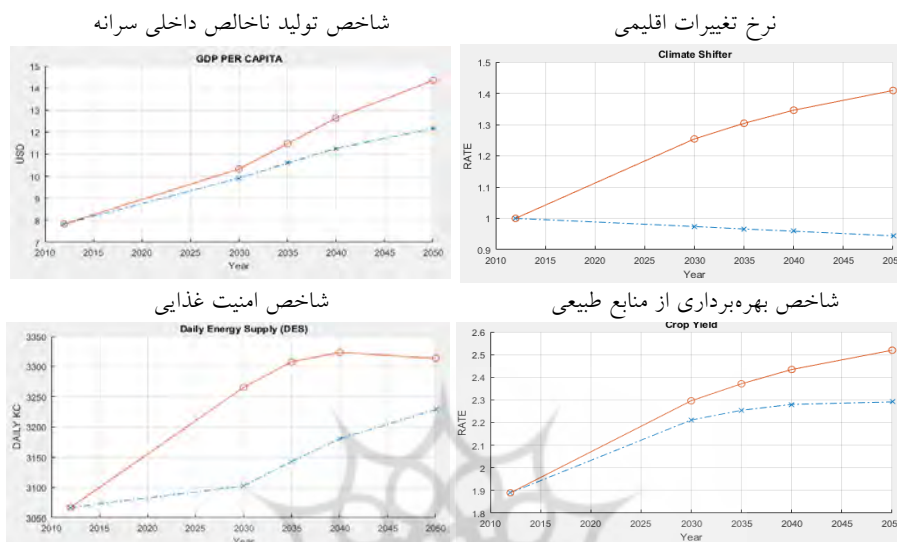
۱- متغیرها و داده های محاسبات برای همه کشورهای جهان و ایران از طریق وبگاه سازمان FAO در لینک زیر قابل دسترس است:

Food & Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/global-perspectives-studies/food-agriculture-projections-to-2050/en/>

داده‌های سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۸ اقتصاد ایران و شاخص‌های اقتصاد کلان، کشاورزی و محصولات دامی، شاخص‌های تعادل بازار، امنیت غذایی، مخاطرات اقلیمی و انتشار گازهای گلخانه‌ای بوده، تایید می‌کند که تداوم استفاده از الگوهای اقتصاد کلاسیک، دستیابی به اهداف توسعه پایدار را تضمین نخواهد کرد. در این گزارش آینده‌پژوهی، دو سناریو تدوین شده است؛ سناریوی اول، چشم‌انداز کشور با فرض ادامه وضعیت فعلی و سناریوی جایگزین، روند متغیرهای اقتصادی با فرض حرکت در جهت اهداف توسعه پایدار را پیش‌بینی کرده است.

نمودار (۶) شاخص‌های اصلی سنجش رشد را در دو حالت ادامه وضعیت فعلی (خط پیوسته) و توسعه پایدار (خط چین) را برای اقتصاد ایران مقایسه کرده است. همانطور که مشاهده می‌شود، ناسازگاری میان تداوم رشد اقتصادی سرانه برای اقتصاد ایران با اهداف توسعه پایدار وجود دارد به این معنا که با حرکت به سمت اهداف توسعه پایدار، رشد اقتصادی بلندمدت کاهش خواهد یافت. براساس این نمودار، مشخص است یک واگرایی فزاینده بین وضعیت موجود و اهداف توسعه پایدار وجود دارد که این فاصله در سال‌های آینده در حال افزایش است. وضعیت مشابه در رابطه با شاخص امنیت غذایی به عنوان متغیر موثر در گذار به اقتصاد زیستی و دو متغیر زیست‌محیطی نرخ تغییرات اقلیمی و شاخص بهره‌برداری از منابع طبیعی مشاهده می‌شود. بنابراین، براساس هر دو معیار شاخص آسیب‌پذیری نفتی و روند آتی توسعه پایدار اقتصاد ایران به نظر می‌رسد که دستیابی به اهداف توسعه پایدار با ادامه روند فعلی ممکن نبوده و مستلزم سیاست‌گذاری برای گذار به اقتصاد زیست-فناورانه است.

نمودار ۶. مقایسه روند شاخص‌های توسعه پایدار در وضعیت کنونی با وضعیت مبتنی بر اهداف توسعه پایدار



منبع: FAO, 2018

۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

این مقاله به تبیین مبانی نظری- کاربردی مفهوم در حال تکامل اقتصاد زیست- فناوریانه در گستره ادبیات توسعه پایدار پرداخته است. به دلیل نقش موثر این مفهوم در دستیابی به اهداف توسعه پایدار از طریق گسترش فعالیت‌های اقتصادی با رعایت دو اصل محدودیت منابع و کارایی اقتصادی و ایجاد درآمد و مشاغل پایدار-به‌ویژه در مناطق کمتر توسعه یافته- اقتصاد زیستی در حال تبدیل به گفتمان مسلط رشد و توسعه پایدار است.

مبانی نظری و مطالعات انجام شده تایید می‌کنند که فرآیند گذار به اقتصاد زیستی از طریق گسترش اقتصاد دایره‌ای به معنای فرآیند تولید با منابع قابل بازیافت و تجدیدپذیر، تکامل می‌یابد.

دو هدف اصلی در این پژوهش دنبال شده است؛ ۱- تبیین مبانی نظری- کاربردی مفهوم اقتصاد زیست- فناوریانه و روش‌های ارزیابی و حکمرانی اقتصادی گذار. ۲- فراهم کردن چارچوبی برای شناسایی و تحلیل متغیرهای موثر در فرآیند گذار مبتنی بر الگوی اقتصاد دایره‌ای. بر این اساس با استفاده از روش تحلیل عاملی اکتشافی و داده‌های کلان

اقتصاد زیستی دایره‌ای ۲۸ کشور اروپایی در حال گذار، مهم‌ترین متغیرهای توضیح‌دهنده فرآیند گذار بر اساس اهداف توسعه پایدار شناسایی شد. در نهایت با محاسبه شاخص آسیب‌پذیری نفتی اقتصاد ایران در چهار دهه اخیر و بررسی روند آتی توسعه پایدار، ضرورت گذار به اقتصاد زیست-فناورانه تحلیل شد.

مشارکت علمی این پژوهش در ادبیات توسعه پایدار دو هدف را دنبال کرده است؛ ۱- تلاش شده است که با نگاه کلی‌نگر مبانی نظری و روش‌های ارزیابی گذار به اقتصاد زیست-فناورانه و پیوندهای آن با توسعه پایدار تبیین شود. ۲- در شناسایی متغیرهای موثر در فرآیند گذار با تحلیل‌های آماری، سعی شده است یک چارچوب تحلیلی برای تعیین مولفه‌های موثر در گسترش اقتصاد زیستی دایره‌ای و در مقیاس کلان فراهم شود. برای این منظور ابتدا مبانی نظری مفهوم اقتصاد-زیست-فناورانه و مراحل گذار به آن در چارچوب مدل نظری-کاربردی اقتصاد دایره‌ای تبیین شد. با توجه به اینکه براساس اهداف توسعه پایدار، مهم‌ترین شاخص‌های سنجش گذار به اقتصاد زیست-فناورانه عبارتند از عوامل اقتصادی-اجتماعی-زیست‌محیطی، بنابراین، متغیرهای مرتبط با این سه شاخص شامل سرمایه‌گذاری، اشتغال، ارزش افزوده، تجارت مواد زیستی، امنیت غذایی و انرژی، بازیافت و آلاینده‌های محیط‌زیستی و هزینه‌های تحقیق و توسعه به عنوان مولفه‌های اصلی اقتصاد دایره‌ای و تکامل فرآیند گذار به اقتصاد زیستی تبیین شد. به دلیل تکاملی بودن عوامل موثر در اقتصاد زیستی و همچنین عدم انطباق سیستم طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی متعارف با اصول اقتصاد دایره‌ای، استفاده از روش‌های استاندارد در ارزیابی‌ها امکان‌پذیر نیست. همچنین به دلیل تنوع و گستردگی فعالیت‌های اقتصاد زیست-فناورانه در سطوح مختلف بنگاه، صنعت و اقتصاد کلان از یک روش معیار در اندازه‌گیری گسترش این بخش در روند توسعه نمی‌توان استفاده کرد. بنابراین، ضرورت توجه به مقیاس فعالیت‌های بخش زیستی در مطالعات ارزیابی فرآیند گذار تبیین شد.

مطالعات انجام شده نشان می‌دهند گذار از اقتصاد کلاسیک مبتنی بر منابع فسیلی به اقتصاد زیست-فناورانه در چهار مرحله انجام می‌شود. با این وجود باید توجه داشت که تکمیل فرآیندهای این گذار به میزان و تنوع منابع و عوامل تولید، زیرساخت‌های اقتصاد و سطح توسعه کشور بستگی دارد.

در بررسی حکمرانی اقتصادی گذار به این مساله اشاره شد که یکی از چالش‌های مهم، هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و تکمیل فرآیند انتقال است که نیازمند حمایت‌های دولتی و حکمرانی اقتصادی در جهت حمایت از رشد اقتصادی زیست-فناورانه است. در این راستا مهم‌ترین ابزارها و مکانیسم‌های در اختیار دولت‌ها برای طراحی و اجرای استراتژی گذار شامل گسترش زیرساخت‌های مبتنی بر اقتصاد زیست‌محور، ایجاد و گسترش بازارهای محصولات بخش‌های فعالیت اقتصاد زیستی، افزایش رقابت‌پذیری محصولات از طریق یارانه‌ها و آگاهی‌رسانی برای افزایش مشارکت اجتماعی در فرآیند گذار است.

در جمع‌بندی مطالعات انجام شده بیان شد که به دلیل ماهیت در حال تکامل مفهوم اقتصاد زیست-فناورانه و تفاوت در ساختار اقتصادی کشورهای دارای استراتژی گذار و عدم دسترسی به داده‌ها، خلا جدی در تحلیل‌های آماری و محاسباتی در این زمینه وجود دارد. همانطور که اشاره شد وجه مشترک مطالعات انجام شده این است که اولاً همه این مطالعات در ارزیابی گذار از مدل نظری-کاربردی اقتصاد دایره‌ای استفاده کرده‌اند. دوم اینکه تاکنون یک مجموعه شاخص استاندارد پذیرفته شده توسط همه کشورها برای توصیف و ارزیابی عملکرد مدل اقتصاد دایره‌ای تدوین نشده است. فقدان شاخص‌هایی استاندارد شده برای سنجش میزان گسترش اقتصاد دایره‌ای و همچنین تصریح تابع عوامل موثر بر اقتصاد دایره‌ای از مواردی است که در پژوهش‌های انجام شده کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین بررسی روش‌های اندازه‌گیری گسترش اقتصاد زیستی نشان داد که به دلیل محدودیت‌های داده‌ها و ناهمگنی شاخص‌ها، روش‌های تحلیل آماری مبتنی بر استفاده از داده‌های مقطعی بیشترین کاربرد را در این مطالعات داشته‌اند. بنابراین، با توجه به مبانی نظری و مطالعات انجام شده، تلاش شد که عوامل موثر در گسترش اقتصاد دایره‌ای براساس داده‌های کشورهای اتحادیه اروپا و به روش تحلیل عاملی اکتشافی شناسایی و تحلیل شود.

به منظور شناسایی عوامل موثر در فرآیند گذار به اقتصاد زیست-فناورانه و با توجه به مبانی نظری موجود، ماتریس داده‌ها برای ۴۹ متغیر و ۲۸ کشور اتحادیه اروپا جمع‌آوری شده و با تحلیل سه ماتریس مجزای تحلیل عاملی، عوامل اصلی برای سه دسته متغیرهای شاخص اقتصاد دایره‌ای شناسایی مورد بررسی قرار گرفت.

روش تحقیق با توجه به ماهیت مقطعی بودن داده‌ها، روش تحلیل عاملی در نظر گرفته شد. بر این اساس، ماتریس داده‌ها برای هر دسته از متغیرها تشکیل و عوامل مشترک، اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌ها و سپس بردارهای ویژه برای تمام مقادیر غیرصفر محاسبه شد. بنابراین، با تحلیل سه ماتریس مجزای تحلیل عاملی، عوامل اصلی برای متغیرهای مورد نظر شناسایی و متغیرهای ۲۸ گانه در پنج عامل نهایی تجمع شدند. در میان متغیرهای اقتصادی موثر می‌توان به نسبت سرمایه‌گذاری، صادرات زباله، شاخص رویکرد به بازار و نسبت تولید ناخالص داخلی به زمین مصنوعی به عنوان مهم‌ترین عوامل اقتصادی موثر اشاره کرد. این نتیجه منطبق با مبانی نظری در مورد نقش سرمایه‌گذاری، تجارت مواد زیستی و بازرگاری در فرآیندهای تولید در گسترش اقتصاد زیست-فناورانه بوده و از دیدگاه سیاست‌گذاری بر نقش موثر این متغیرها تاکید دارد. همچنین مهم‌ترین متغیر اقتصادی-اجتماعی موثر در اقتصاد زیست-فناورانه سرانه کالری روزانه بر اساس منبع شناسایی شد. این نتیجه نیز منطبق با مبانی نظری و در راستای تاکید ادبیات در خصوص نقش متغیرهای اقتصادی-اجتماعی و کیفیت زندگی بر گسترش اقتصاد زیستی است. در نهایت در میان متغیرهای زیست-محیطی موثر می‌توان به بازیافت زباله‌های زیستی، حق ثبت اختراع، مواد بازیابی شده و منطقه کشاورزی ارگانیک به عنوان مهم‌ترین عوامل موثر اشاره کرد. این نتیجه در مطالعات و مبانی نظری در مورد نقش هزینه‌های تحقیق و توسعه و صنعت بازیافت در گسترش اقتصاد زیست-فناورانه مورد تاکید جدی است و در تدوین استراتژی گذار اهمیت زیادی دارد. نتایج این تحلیل می‌تواند در ارزیابی وضعیت گذار یک کشور به اقتصاد زیست-فناورانه و همچنین به عنوان چارچوبی در تدوین سیاست‌گذارهای گذار مورد استفاده قرار گیرد.

در نهایت، ضرورت اقتصاد ایران در گذار به اقتصاد زیست-فناورانه از دو منظر شاخص آسیب‌پذیری نفتی اقتصاد ایران و بررسی روند توسعه پایدار تحلیل شد. این تحلیل‌ها نشان می‌دهند که شاخص آسیب‌پذیری اقتصادی به‌طور میانگین در طول سه دهه اخیر کاهش یافته است، اما همچنان وابستگی اقتصاد ایران به صادرات نفت به‌طور جدی وجود دارد. علاوه بر این، براساس تحلیل آینده‌پژوهی روند توسعه پایدار اقتصادی در ایران، یک واگرایی فزاینده بین وضعیت موجود و اهداف توسعه پایدار مشاهده شد که این فاصله در سال‌های آینده در حال افزایش است. بنابراین، براساس هر دو معیار

شاخص آسیب پذیری نفتی اقتصاد ایران و گزارش آینده پژوهی به نظر می‌رسد تداوم وضعیت فعلی برای اقتصاد ایران امکان پذیر نبوده و حکمرانی اقتصادی در ایران برای انطباق و گذار به یک الگوی اقتصاد زیست- فناوریانه که همزمان اهداف رشد و توسعه پایدار را تامین کند، اجتناب ناپذیر باشد.

به دلیل اینکه اقتصاد ایران استراتژی فعالی در زمینه گذار به اقتصاد زیست- فناوریانه در چارچوب دستیابی به اهداف توسعه پایدار ندارد، تحلیل وضعیت ایران از منظر مطالعه تجربی گذار به اقتصاد زیستی دایره‌ای امکان پذیر نیست، اما با رویکرد بحث ضرورت اجتناب ناپذیر ایران در راستای دستیابی به اهداف توسعه پایدار و توجه به مبانی نظری که تاکید می‌کند شاخص‌های سنجش توسعه پایدار در حال انطباق با فرآیند گذار به اقتصاد زیست- فناوریانه است، این پژوهش تلاش کرد با بهره‌گیری از دو شاخص آسیب‌پذیری نفتی و بررسی روند آتی توسعه پایدار اقتصاد ایران، اهمیت سیاست‌گذاری گذار به اقتصاد زیستی را برجسته کند. در حقیقت مبانی نظری و تجربی این مطالعه در شناسایی عوامل موثر در گسترش اقتصاد زیستی دایره‌ای اروپا در تدوین تطبیقی برنامه‌ها و گام‌های گذار به اقتصاد زیستی در ایران نقش موثری دارند.

رهیافت سیاستی این پژوهش برای اقتصاد ایران این است که راهبرد موثر و اجرایی برای دستیابی به رشد اقتصادی پایدار حتی در شرایط تنگنای اقتصادی و نااطمینانی‌ها، گذار از اقتصاد بر پایه نفت به اقتصاد زیست- فناوریانه است. با توجه به نتایج برآوردهای تحلیل عاملی و همانطور که ادبیات نظری تاکید شده است، سرمایه‌گذاری بر تحقیقات زیست- فناوریانه، کاربردی کردن این تحقیقات در پردازش و بهبود مواد اولیه زیست‌محور، تجاری‌سازی فناوری‌های زیستی و ایجاد زنجیره‌های ارزش جدید، مهم‌ترین گام‌ها در فرآیند گذار به اقتصاد زیست- فناوریانه و توسعه پایدار است.

تعارض منافع


تعارض منافع ندارم.

ORCID

Marzieh Asaadi

Mohammad Mahdi Lotfi Heravi

 <https://orcid.org/0000-0003-2425-5676>

 <https://orcid.org/0000-0002-0200-1889>

منابع

- شاکری، عباس؛ محمدی، تیمور و نجفی، حامد. (۱۳۹۵). مبانی نظری و محاسبه شاخص آسیب پذیری نفت برای کشورهای صادرکننده نفت (مطالعه موردی ایران)، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۳۳(۱۹)، ۱۱۱-۷۹.
- شاکری، عباس؛ محمدی، تیمور؛ ناظرمان، حمید و طاهرپور، جواد. (۱۳۹۲). بررسی رخدادهای بیماری هلندی در اقتصاد ایران و اثر آن بر رشد اقتصادی، *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۳(۱۳)، ۸۶-۶۳.
- ضیائی بیگدلی، محمدتقی؛ غلامی، الهام و طهماسبی بلداجی، فرهاد. (۱۳۹۲). بررسی اثر تحریم های اقتصادی بر تجارت ایران: کاربردی از مدل جاذبه، *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۳(۱۳)، ۱۱۹-۱۰۹.
- کلاین، پل. (۱۳۹۲). *راهنمای آسان تحلیل عاملی*. ترجمه سید جلال صدرالسادات و اصغر مینایی. ج ۳. تهران: انتشارات سمت.

References

- Adamowicz, M. (2014). European Concept of Bioeconomy and Its Bearing on Practical Use. *Economic and Regional Studies*, 7(4), 5-21.
- Arrow K.J., Dasgupta P., Goulder L.H., Mumford K.J, Oleson K. (2012). Sustainability and The Measurement of Wealth. *Environment and Development Economics*, 17(3), 317-53.
- Biernat, K. (2019). Introductory Chapter: Objectives and Scope of Bioeconomy. *Elements of Bioeconomy*. 1st Edition: IntechOpen Publication. DOI: 10.5772/intechopen.88966. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/68851>.
- Bracco, S., Calicioglu, O., Gomez San Juan, M., & Flammini, A. (2018). Assessing the Contribution of Bioeconomy to the Total Economy: A Review of National Frameworks. *Sustainability*, 10(6), 1698. doi:10.3390/su10061698.
- Căuțișanu, C., Asandului, L., Borza, M. and Turturean, C. (2018). Quantitative Approach to Circular Economy in the OECD Countries. *Amfiteatru Economic*, 20(48), 262-277. doi:10.24818/EA/2018/48/262.
- Corrado S., Sala S. (2018). Bio-Economy Contribution to Circular Economy. In: Benetto E., Gericke K., Guiton M. (eds) *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66981-6_6.
- de Besi, M., McCormick, K. (2015). Towards a Bioeconomy in Europe: National, Regional and Industrial Strategies. *Sustainability*, 7(8), 10461-10478. doi:10.3390/su70810461.

- Dietz, T., Börner, J., Förster, J., & von Braun, J. (2018). Governance of the Bioeconomy: A Global Comparative Study of National Bioeconomy Strategies. *Sustainability*, 10(9), 3190. doi:10.3390/su10093190.
- Egelie, K. J., Graff, G. D., Strand, S. P., & Johansen, B. (2016). The emerging patent landscape of CRISPR-Cas gene editing technology. *Nature Biotechnology*, 34(10), 1025–1031. <https://doi.org/10.1038/nbt.3692>.
- FAO. (2018). Assessing the Contribution of Bioeconomy to Countries' Economy a Brief Review of National Frameworks. *Towards Sustainable Bioeconomy Guidelines (SBG)*, 5-67, Rome.
- FAO. (2018). *The Future of Food and Agriculture – Alternative pathways to 2050*. Rome. 224 pp. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Geng, Y., Doberstein, B. (2008). Developing the Circular Economy in China: Challenges. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 15:3, 231-239, doi: 10.3843/SusDev.15.3:6.
- Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., Xue, B. (2012). Towards A National Circular Economy Indicator System In China: An Evaluation. *Journal of Cleaner Production*, (23), 216-224. doi:10.1016/j.jclepro.2011.07.005.
- Giampietro, M. (2019). On the Circular Bioeconomy And Decoupling: Implications for Sustainable Growth. *Ecological Economics*, 162 (C), 143-156. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.05.001>.
- Gottinger, A., Ladu, L., Quitzow, R. (2020). Studying the Transition towards a Circular Bioeconomy—A Systematic Literature Review on Transition Studies and Existing Barriers. *Sustainability* (12), 1-25. doi: <https://dx.doi.org/10.3390/su12218990>.
- Gupta, E. (2008). Oil Vulnerability Index of Oil-Importing Countries. *Energy Policy*, 36(3), 1195–1211. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.11.011>.
- Haraldsson, G., Carey, D., (2011). Ensuring a Sustainable and Efficient Fishery in Iceland. *OECD Economics Department Working Papers*, No. 891, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5kg566jfrpzz-en>.
- Heimann, T. (2018). Bioeconomy and Sustainable Development Goals (SDGs): Does the Bioeconomy Support the Achievement of the SDGs? *Earth's Future*, 7(1), 43-57. <https://doi.org/10.1029/2018EF001014>.
- Herring, H., Roy, R. (2007). Technological Innovation, Energy Efficient Design and The Rebound Effect. *Technovation*, 27(4), 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2006.11.004>.
- Heijman W. (2016). How Big Is the Bio-Business? Notes on Measuring the Size of The Dutch Bio-Economy. *NJAS Wageningen Journal of Life Science*, 77, 5–8, <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.03.004>.
- Heshmati, A. (2015). A Review of the Circular Economy and its Implations. *Institute for the Study of Labor (IZA)*, IZA Discussion Papers, No. 9611, Bonn.
- Kardung, M., Cingiz, K., Costenoble, O., Delahaye, R., Heijman, W., Lovrić, M., van Leeuwen, M., M'Barek, R., van Meijl, H., Piotrowski, S., Ronzon, T., Sauer, J., Verhoog, D., Verkerk, P., Vrachioli, M., Wesseler, J., Zhu, B. (2021). Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators. *Sustainability* 13(1),1-24. <https://doi.org/10.3390/su13010413>.

- Khramov, V., Ridings Lee, J., & Mozhin, A. (2013). The Economic Performance Index (EPI): an Intuitive Indicator for Assessing a Country's Economic Performance Dynamics in a Historical Perspective, *IMF Working Papers*, 2013(214), A001. Retrieved Sep 14, 2021, from <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/001/2013/214/article-A001-en.xml>.
- Kline, P. (1994). *An Easy Guide to Factor Analysis*. Translated by Seyed Jalal Sadr al-Sadat and Asghar Minaei. 3rd Edition. Tehran: Samt Publications. [In Persian]
- Kubiszewski, I., Costanza, R., Franco, C., Lawn, P., Talberth, J., Jackson, T., Aylmer, C. (2013). Beyond GDP: Measuring and Achieving Global Genuine Progress. *Ecological Economics*, 93(C), 57–68. doi: 10.1016/j.ecolecon.2013.04.019.
- Lieder, M., Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- Lewandowski, I., (2018). *Bioeconomy: Shaping the Transition to A Sustainable, Biobased Economy*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8>.
- Lonca G., Muggéo R., Tétréault-Imbeault H., Bernard S., Margni M. (2018). A Bi-dimensional Assessment to Measure the Performance of Circular Economy: A Case Study of Tires End-of-Life Management. In: *Benetto E., Gericke K., Guiton M. (eds) Designing Sustainable Technologies, Products and Policies*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66981-6_4.
- McCormick, K., Kautto, N. (2013). The Bioeconomy in Europe: An Overview. *Sustainability*, 5 (6), 2589-2608, <https://doi:10.3390/su5062589>.
- Mulaik, S.A (2010). *Foundations of Factor Analysis*. Second Edition, Chapman and Hall/CRC.
- Pearce, D.W., Turner, R.K. (1990). *Economics of Natural Resources and Environment*. Baltimore MD, John Hopkins University Press.
- Roy, N., Árnason, R. & Schrank, W. E. (2009). The Identification of Economic Base Industries, with an Application to the Newfoundland Fishing Industry. *Land Economics*, 85 (4), 675-691.
- Shakeri, A., Najafi, H., najafi jezeh, H. (2016). Introducing the Theoretical Basis of Oil Vulnerability Index for Oil Exporting Countries (the Case of Iran). *Iranian Energy Economics*, 5(19), 79-111. doi: 10.22054/jiee.2017.7305. [In Persian]
- Shakeri, A., Mohammadi, T., Nazeman, H., Taherpoor, J. (2013). A Study on the Occurrence of the Dutch Disease in Iranian Economy and Its Impact on Economic Growth. *Economics Research*, 13(50), 63-86. [In Persian]
- Staffas, L., Gustavsson, M., McCormick, K. (2013). Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches. *Sustainability*, 5(6), 2751-2769. <https://doi:10.3390/su5062751>.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C.,

- Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Sustainability. Planetary Boundaries: Guiding Human Development on A Changing Planet. *Science*, 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.
- Stegmann, P., Londo, M., Junginger, M. (2020). The Circular Bioeconomy: Its Elements and Role in European Bioeconomy. *Resources, Conservation & Recycling: X*, 6, 1-17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100029>.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., Yu, X. (2013). A Review of the Circular Economy in China: Moving From Rhetoric. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215-227. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>.
- Trica, C., Banacu, C., & Busu, M. (2019). Environmental Factors and Sustainability of the Circular Economy Model at the European Union Level. *Sustainability*, 11(4), 1-16. doi:10.3390/su11041114.
- Viaggi, D. (2016). Towards an Economics of The Bioeconomy: Four Years Later. *Bio-based and Applied Economics*, 5(2): 101-112. <https://doi.org/10.13128/BAE-20086>.
- Zawojcka, A., Siudek, T. (2016). Bioeconomics as an Interdisciplinary Science. *Proceedings of the 2016 International Conference "Economic Science for Rural Development"*, No 41 Jelgava, LLU ESAF, 274-281.
- Ziyae Bigdeli, M., Gholami, E., Tahmasebi Boldaji, F. (2013). The Impact of Economic Sanctions on Trade in Iran An Application of Gravity Model. *Economics Research*, 13(48), 109-119. [In Persian]



فهرست متغیرهای سنجش اقتصاد دایره‌ای در اتحادیه اروپا

طبقه بندی	متغیر
سرمایه گذاری ناخالص در کالاهای مشهود - درصد تولید ناخالص داخلی اشخاص شاغل - درصد کل اشتغال ارزش افزوده - درصد تولید ناخالص داخلی [CEI_CIE010]	سرمایه گذاری ناخالص در کالاهای مشهود - درصد تولید ناخالص داخلی
	اشخاص شاغل - درصد کل اشتغال
	ارزش افزوده - درصد تولید ناخالص داخلی
حق ثبت اختراع مربوط به بازیافت و مواد اولیه ثانویه تولید سرانه زیاده‌های شهری	فناوری‌های کاهش تغییرات آب و هوایی مربوط به تصفیه فاضلاب یا مدیریت پسماند زیاله سرانه تولید شده - کیلوگرم
تولید زیاله به استثنای پسماندهای عمده معدنی در واحد تولید ناخالص داخلی [CEI_PC032]	زنجیره‌های تولید - کیلوگرم در هر هزار یورو
تولید زیاله به استثنای ضایعات عمده معدنی در مصرف مواد خانگی [CEI_PC033]	تولید زیاله به استثنای ضایعات معدنی عمده در مصرف مواد خانگی
تجارت مواد اولیه قابل بازیافت [CEI_SRM020]	واردات خارج از EU27
	صادرات خارج از EU27
	واردات داخل EU27
میزان استفاده از مواد دایره ای [CEI_SRM030]	سهم مواد بازیابی شده و دوباره به اقتصاد بازگردانده شد
میزان بازیافت همه زیاله‌ها به استثنای ضایعات معدنی عمده [CEI_WM010]	بازیابی - بازیافت
میزان بازیافت زیاله‌های شهری [CEI_WM011]	عملیات مدیریت پسماند
میزان بازیافت ضایعات بسته‌بندی براساس نوع بسته‌بندی [CEI_WM020]	سهم زیاله‌های بسته بندی بازیافتی
	سهم زیاله‌های بسته بندی بازیافتی - بسته بندی های پلاستیکی
	سهم زیاله‌های بسته بندی بازیافتی - بسته بندی های چوبی
بازیافت زیاله‌های زیستی [CEI_WM030]	بازیافت - کمپوست
میزان بازیافت زیاله‌های ساختمانی و تخریب [CEI_WM040]	میزان بازیافت زیاله‌های ساختمانی و تخریب
میزان بازیافت زیاله‌های الکترونیکی [CEI_WM050]	عملیات مدیریت پسماند
آلاینده‌های هوا براساس منبع (منبع EEA، جمع آوری شده توسط Eurostat) [ENV_AIR_EMIS_IND]	آلاینده‌های هوا و گازهای گلخانه‌ای

ادامه فهرست متغیرهای ...

متغیر	طبقه بندی
بخش های منبع انتشار گازهای گلخانه ای	انتشار گازهای گلخانه ای براساس منبع (منبع: EEA) [ENV_AIR_GGE]
مصرف واقعی فردی	سراجه کل تولید ناخالص داخلی [NAMA_10_PC \$ DV_648]
درصد کل اشتغال	اشتغال در تولید با تکنولوژی بالا و متوسط و خدمات دانش محور [SDG_09_20]
عملیات مدیریت پسماند	میزان بازیافت زیاده ها به استثنای پسماندهای عمده مواد معذنی [SDG_12_60]
سهام تجدیدپذیرها	سهام انرژی تجدیدپذیر در مصرف نهایی انرژی ناخالص [T2020_31]
میلیون تن معادل روغن (TOE)	مصرف انرژی اولیه [T2020_33]
میلیون تن معادل روغن (TOE)	مصرف نهایی انرژی [T2020_34]
انتشار گازهای گلخانه ای در بخش های تصمیم گیری مشترک (ESD)	انتشار گازهای گلخانه ای در بخش های ESD [T2020_35]
تولید ناخالص داخلی با قیمت های بازار	بهره وری از زمین مصنوعی [T2020_RD100]
پوشش زمین	مناطق ساخته شده [T2020_RD110]
تولید ناخالص داخلی با قیمت های بازار	بهره وری آب [T2020_RD210]
انتشار ملی گازهای گلخانه ای - «سبد کیوتو»	سراجه انتشار گازهای گلخانه ای [T2020_RD300]
یورو به ازای هر کیلوگرم معادل روغن (KGOE)	بهره وری انرژی [T2020_RD310]
طبقه بندی استاندارد بین المللی محصولات انرژی (SIEC)	وابستگی به انرژی [T2020_RD320]
سهام انرژی تجدیدپذیر در مصرف نهایی انرژی ناخالص [T2020_RD330]	سهام انرژی تجدیدپذیر در مصرف نهایی انرژی ناخالص [T2020_RD330]
محصول کشاورزی	سراجه تامین کالری روزانه توسط منبع [T2020_RK100]
روغن و فرآورده های نفتی (به استثنای بخش سوخت های زیستی)	مصرف نهایی انرژی در خانوارها توسط سوخت [T2020_RK210]
تولید ناخالص داخلی تقسیم بر مصرف مواد داخلی	بهره وری منابع [T2020_RL100]
مقدار کل مواد به طور مستقیم در اقتصاد استفاده شده و برابر است با ورودی مستقیم مواد (DMI) منهای صادرات	سراجه مصرف مواد خانگی [T2020_RL110]

ادامه فهرست متغیرهای ...

متغیر	طبقه بندی
درصد کل سطح کشاورزی مورد استفاده	منطقه تحت کشاورزی ارگانیک [T2020_RN120]
آلاینده‌های هوا و گازهای گلخانه‌ای	مواجهه جمعیت شهری با آلودگی هوا توسط ذرات معلق [T2020_RN210]
زباله به استثنای پسماندهای عمده معدنی	تولید زباله به استثنای پسماندهای عمده معدنی [T2020_RT100]
دفع - محل دفن زباله (D12 ,D5 ,D1)	میزان دفن زباله به استثنای پسماندهای عمده معدنی [T2020_RT110]
سهم پسماندهای بازیافتی شهری در کل تولید زباله‌های شهری	میزان بازیافت زباله‌های شهری [T2020_RT120]
شاخص نوآوری در محیط‌زیست	شاخص نوآوری در محیط‌زیست [T2020_RT200]
شاخص رویکرد اقتصادی	شاخص رویکرد اقتصادی [TEIBS010]
شاخص حساب‌های ملی	تولید ناخالص داخلی با قیمت‌های بازار - داده‌های سالانه [TIPSAU10]
درصد تولید ناخالص داخلی - متوسط سه ساله	مانده حساب جاری - متوسط ۳ سال [TIPSBP10]
درصد تولید ناخالص داخلی (GDP)	هزینه داخلی ناخالص برای تحقیق و توسعه (تحقیق و توسعه) [TIPSST10]