

A Look at a Sustainable Bioeconomy: The Green Path to National Development

Seyed Mehdi Alavi^{1,*}

Article Info

Article type:

Popularization of Science

Article history:

Receive Date:

10 October 2025

Revise Date:

06 November 2025

Accept Date:

08 November 2025

Available online:

21 December 2025

Keywords:

Bioeconomy,
Renewable
Biological Assets,
Biomass,
Biotechnology,
Seventh
Development Plan

The global transition towards a bioeconomy can be considered one of the most important trends in 21st-century sustainable development. Evidence for this claim lies at the intersection of two main streams: one focusing on the global governance of sustainable development, and the other originating from the paradigm shift of the dominant economic model. The first stream can be traced to the evolution of climate-related policy frameworks over the past three decades, while the second must be seen as stemming from scientific advances in the fields of economics and biology, whose flourishing we have witnessed through the Nobel Prizes awarded from 2018 to 2025 in these two fields. Thus, the bioeconomy—understood as the smart and sustainable use of renewable biological assets to produce information, goods, services, and innovation—is precisely the transformative trend that can align economic development with climate goals and is now at the heart of operational strategies for managing climate change worldwide. Endowed with extensive biodiversity, abundant biomass, diverse marine resources, and growing capacities in biotechnology, Iran can play an effective role in this global transformation. However, weaknesses in policymaking, institutional misalignment, and a shortage of technological investment have prevented these opportunities from being utilized in practice. Using an analytical and documentary approach, this article examines Iran's position in this global transition. The findings indicate that by focusing on biomass, waste, marine resources, and biotechnology, and by strengthening the link between science, technology, and design, Iran can assume a leading role in the Middle Eastern bioeconomy.

Cite this article: Alavi, Seyed Mehdi. (2025). A Look at a Sustainable Bioeconomy: The Green Path to National Development, *Science Cultivation*, 15 (2). 142-151.



© Author(s) retain the copyright and full publishing rights.

Publisher: Foundation for the Advancement of Science and Technology in Iran (FAST-IRAN) and Iran Society of Biophysical Chemistry (ISOBC)

* Corresponding Author. Associate Professor. Tel/ Fax: +982144787425, E-mail: mealavi@nigeb.ac.ir

¹ Department of Agricultural Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran

نگاهی به اقتصاد زیستی پایدار: راه سبز توسعه ملی

سید مهدی علوی* ۱۰

چکیده

گذار جهانی به سوی اقتصاد زیستی را می‌توان یکی از مهم‌ترین روندهای توسعه پایدار قرن بیست‌ویکم قلمداد کرد. شاهد این مدعا، تلاقی دو جریان عمده است که یکی بر حکمرانی جهانی توسعه پایدار تمرکز دارد، و دیگری از دل تغییر پارادایم اقتصادی مسلط سرچشمه می‌گیرد. جریان نخست را باید در تحول مناسبات سیاسی مرتبط با اقلیم در سه دهه اخیر جستجو کرد، حال آنکه جریان دوم را باید نشأت گرفته از پیشرفت‌های علمی حوزه اقتصاد و زیست‌شناسی دانست که شکوفایی آن را در اعطای جوایز نوبل ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۵ در این دو حوزه شاهد بوده‌ایم. بدین ترتیب، اقتصاد زیستی که به معنای استفاده هوشمندانه و پایدار از دارایی‌های زیستی تجدیدپذیر برای تولید اطلاعات، کالا، خدمات و نوآوری شناخته می‌شود، همان روند تحول‌آفرینی است که می‌تواند توسعه اقتصادی را با اهداف اقلیمی همسو سازد و اکنون در قلب راهبردهای اجرایی مدیریت تغییرات اقلیمی در سرتاسر جهان واقع شده است. ایران با برخورداری از تنوع زیستی گسترده، زیست‌توده فراوان، منابع دریایی متنوع و ظرفیت‌های فزاینده در زیست‌فناوری، می‌تواند سهمی مؤثر در این تحول جهانی داشته باشد. با این حال، ضعف در سیاست‌گذاری، ناهماهنگی نهادی، و کمبود سرمایه‌گذاری فناورانه موجب شده است که این فرصت‌ها در عمل به کار گرفته نشوند. این مقاله با رویکرد تحلیلی و اسنادی، جایگاه ایران را در این گذار جهانی بررسی می‌کند. یافته‌ها نشان می‌دهد که ایران در صورت تمرکز بر زیست‌توده‌ها، پسماند، منابع دریایی و زیست‌فناوری، و تقویت پیوند میان علم، فناوری و طراحی می‌تواند نقش پیشرو در اقتصاد زیستی خاورمیانه کسب کند.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله ترویجی

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت

۱۸ مهر ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری

۱۶ آبان ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش

۱۷ آبان ۱۴۰۴

تاریخ انتشار

۳۰ آذر ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:

اقتصاد زیستی،

دارایی‌های زیستی تجدیدپذیر،

زیست‌توده، زیست‌فناوری، برنامه

هفتم توسعه

استناد: علوی سید مهدی. (۱۴۰۴). نگاهی به اقتصاد زیستی پایدار: راه سبز توسعه ملی، نشاء علم، ۱۵، (۲)، ۱۴۲-۱۵۱.



ناشر: بنیاد پیشبرد علم و فناوری در ایران و انجمن بیوشیمی فیزیک ایران

© نویسندگان حق نشر و کلیه حقوق انتشار را برای خود حفظ می‌کنند.

* عهده دار مکاتبات: دانشیار، تلفن/ دورنگار: ۴۴۷۸۷۴۲۵ (+۹۸۲۱)، آدرس الکترونیکی: mealavi@nigeb.ac.ir

^۱ پژوهشکده زیست فناوری کشاورزی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران، ایران

مقدمه

است. مویگر با تحلیل‌های تاریخی خود نشان داد که نوآوری‌های بزرگ در بستر نهادها و فرهنگ‌های خاصی متولد می‌شوند. آگیون و هویت نیز با توسعه نظریه «تخریب خلاق» شومپیتر، نشان دادند که چگونه می‌توان مشوق‌های بازار و سیاست‌گذاری را برای هدایت نوآوری به سمت جایگزینی فناوری‌های آلاینده با فناوری‌های پاک طراحی کرد (۵). بدین ترتیب، بنیاد نوبل مسیر تحول اقتصادی را به خوبی ترسیم کرده است: از «چارچوب‌سازی مفهومی» (۲۰۱۸) تا «عملگرایی و عملیاتی‌سازی» (۲۰۲۵)؛ مسیری که توسعه دانش و نوآوری هدفمند را در مرکز حل بحران اقلیمی و تحقق اقتصاد زیستی قرار می‌دهد.

این سیر تکاملی را می‌توان به وضوح در تحولات مربوط به حکمرانی و مدیریت جهانی تغییرات اقلیمی نیز مشاهده کرد. در این عرصه، مسیر تحولات از «چارچوب‌سازی مفهومی» در کنفرانس ریو ۱۹۹۲ (در برزیل) آغاز شد، با «عملگرایی و هدف‌گذاری» در قالب اهداف ۱۷ گانه توسعه پایدار^{۱۱} در ریو+۲۰ (۲۰۱۲، برزیل) ادامه یافت، و اکنون با تمرکز کنفرانس کوپ ۳۰ (۲۰۳۰-۲۰۴۰ آبان ۱۴۰۴، برزیل) بر گفتمان اقتصاد زیستی در آستانه «عملیاتی‌سازی تخصصی» قرار دارد تا اصول مفهومی اقتصاد زیستی را به اقدامات ملموس، راهبردها و برنامه‌های ملی کشورهای عضو تبدیل کند و از این رهگذر، راه‌حل‌های نوآورانه زیستی را به روشی یکپارچه، به برنامه‌های مدیریت و کنترل بحران اقلیمی، حفاظت از طبیعت و دستیابی به توسعه پایدار پیوند دهد (۶).

همگرایی این دو خط سیر موازی، یعنی تحول در گفتمان حکمرانی جهانی از ریو ۱۹۹۲ تا کوپ ۳۰، و تکامل در پارادایم اقتصادی از نوبل ۲۰۱۸ تا نوبل ۲۰۲۵، یک پیام روشن دارد: «اقتصاد زیستی» به عنوان تنها الگوی قابل قبول برای رشد قرن بیست و یکم، از مرحله تئوری و آرمان خارج شده و به یک دستورکار عملیاتی و فوری برای سیاست‌گذاران، صنعتگران و نوآوران تبدیل شده است (۷). این همگرایی، یک نقشه راه جامع را ترسیم می‌کند که در آن، اهداف توسعه پایدار (حکمرانی سیاسی) از طریق ابزارهای

جهان امروز بار دیگر در آستانه تحولی شگرف قرار گرفته و در حال طی کردن گذاری تاریخی از اقتصاد فسیلی به اقتصاد زیستی قرار دارد [۱، ۲] (۱). اقتصاد زیستی به تعبیر سازمان همکاری اقتصادی و توسعه^۱ اقتصادی است که در آن عناصر اساسی برای صنعت، و مواد خام برای انرژی از منابع گیاهی/زراعی (یعنی تجدیدپذیر) به دست می‌آیند و در آن از زیست‌فناوری برای تولید طیف وسیعی از کالاها و خدمات استفاده می‌شود (۲). این گذار، در واقع تلاشی برای پاسخ هم‌زمان به دو فشار بیرونی است: فشار منفی ناشی از تغییرات اقلیمی و انتشار کربن، و فشار مثبت ناشی از پیشرفت دانش و نفوذ فناوری.

بنیاد جایزه نوبل، به‌عنوان نهاد و نماد پیشروی علم جهانی، با انتخاب‌های راهبردی خود، نقش یک راهبر و تسهیل‌گر را در این گذار ایفا کرده است. این نقش‌آفرینی را به وضوح می‌توان در اتخاذ رویکرد این نهاد و توالی و چگونگی اعطای جوایز مشاهده کرد. در سال ۲۰۱۸، نوبل اقتصاد به ویلیام نوردهاوس^۲ و پل رومر^۳ اعطا شد (۳). نوردهاوس با ادغام تغییرات اقلیمی در مدل‌های رشد اقتصادی، هزینه‌های ملموس اقتصاد «کربنی» را سنجش‌پذیر کرد و رومر با معرفی «دانش» به عنوان موتور درون‌زای رشد اقتصادی، راه‌حل نظری برای تولید واقعی ثروت را ارائه داد. هم‌زمان، نوبل شیمی به فرانسیس آرنولد^۴، جورج اسمیت^۵ و گرگوری ویتتر^۶ برای مهار قدرت «تکامل هدفمند»^۷ در پروتئین‌ها و پادتن‌ها رسید که گامی انقلابی در زیست‌فناوری پایدار محسوب می‌شد (۴). این جوایز در کنار هم، یک چارچوب دوقطبی کامل ایجاد کردند: هشدار درباره پایان مدل سنتی و خطی اقتصاد (نوردهاوس) و روشن کردن موتور یک مدل نوآورانه و پیچیده از اقتصاد (رومر و برندگان شیمی).

تأکید و تداوم این نگاه راهبردی، هفت سال بعد در نوبل اقتصاد ۲۰۲۵ به اوج جدیدی رسید. اعطای جایزه به جوئل مویگر^۸، فیلیپ آگیون^۹ و پیترو هویت^{۱۰}، نشان داد که اقتصاد جهانی اکنون از مرحله «تشخیص مشکل» به مرحله «مدیریت فعال راه‌حل» وارد شده

¹ OECD

² William Nordhaus

³ Paul Romer

⁴ Frances Arnold

⁵ George Smith

⁶ Greg Winter

⁷ Directed evolution

⁸ Joel Mokyr

⁹ Philippe Aghion

¹⁰ Peter Howitt

¹¹ Sustainable development goals (SDGs)

[۴]. در نتیجه، اقتصاد زیستی را می‌توان بخشی از یک گفتمان اقتصادی امیدبخش دانست که پیرامون وقوع یک «انقلاب زیستی» قریب‌الوقوع، و پتانسیل رشد اقتصادی جدید و پایدار به‌کمک زیست‌فناوری و تلفیق آن با سایر فناوری‌های پیشرفته مثل هوش مصنوعی و فناوری دیجیتال ظهور می‌کند و نوید رقابت‌پذیری در اقتصاد جهانی شده کنونی را می‌دهد [۵-۹].

با استناد به این تعریف، اقتصاد زیستی از طریق چرخش‌پذیری در استفاده از منابع زیستی منجر به کاهش وابستگی به منابع تجدیدنپذیر و افزایش بهره‌وری منابع طبیعی می‌شود که به نوبه خود، مشارکت فعال بخش خصوصی و دولتی در استفاده بهینه از منابع زیستی و توسعه فناوری‌های مربوطه را الزام‌آور می‌سازد. این همکاری می‌تواند به توسعه اقتصادی فراگیر و ایجاد فرصت‌های شغلی متنوع در جوامع، به خصوص در جوامع کمتر توسعه‌یافته، کمک کند. فرآورش زیستی پسماندهای آلی و بازیافت زباله برای تولید محصولات با ارزش افزوده، دسترسی به منابع و کارایی زیست‌محیطی را بهبود بخشیده، گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد، وابستگی به منابع تجدیدنپذیر را کم می‌کند و تحقق‌پذیری اقدامات اقلیمی را ممکن می‌سازد.

چنانکه پیداست، در این پنداره (پارادایم) نو تکیه بر راه‌حل‌های طبیعت‌محور در تلفیق با دیگر راهکارهای نوین می‌تواند به تغییرات قابل‌توجهی در زنجیره‌های تامین مرسوم منجر شود به‌طوری که ضامن حفاظت از مرزهای سیاره‌ای باشد، خدمات اکوسیستم را پاس دارد و مولفه‌های رشد اقتصادی را بهبود بخشد [۱۰].

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی است و بر پایه داده‌های اسنادی و تحلیلی از سه منبع اصلی شکل گرفته است:

۱. مفاد رسمی برنامه پنجاهاله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۳-۱۴۰۷)
 ۲. گزارش‌های رسمی بنیاد جایزه نوبل
 ۳. مجموعه منابع علمی و گزارش‌های بین‌المللی
- تحلیل داده‌ها به روش تفسیر سیاستی^۲ انجام شده و محور آن

اقتصادی نوردهاوس (مالیات کربن)، و با هدایت موتور نوآوری‌های دانش‌بنیان رومر، در بستر نهادی (دانشگاه‌ها و نهادهای حامی مالکیت فکری) که موگیر بر آن تأکید دارد، و از مکانیسم تخریب خلاق که آگیون و هویت (مبتنی بر مشوق‌های بازار و سیاست‌های عمومی) ترسیم کرده‌اند، محقق می‌شود. بنابراین، گذار به اقتصاد زیستی دیگر یک انتخاب نیست، بلکه مسیر اجتناب‌ناپذیر بقا و رقابت در نظم جدید جهانی است که همگرایی میان حکمرانی سیاسی، حکمرانی بازار و حکمرانی علم آن را هموار می‌سازد. اکنون، پرسش محوری این است: در این گذار جهانی ایران از چه جایگاهی برخوردار است و چه باید بکند؟

مبانی نظری اقتصاد زیستی و روندهای جهانی

در عصر آنترپوسن^۱، که انسان به نیروی غالب شکل‌دهی سیاره زمین بدل شده، اقتصاد زیستی به عنوان راهبردی برای دستیابی به توسعه پایدار در پاسخ به چالش‌های جهانی ظهور کرده است. این الگوی اقتصادی با بهره‌گیری هوشمندانه از منابع زیستی تجدیدنپذیر، در پی کاهش وابستگی به منابع فسیلی و کاهش فشار بر اکوسیستم‌های طبیعی است. تغییرات اقلیمی، کاهش تنوع زیستی و فشار فزاینده بر منابع طبیعی، ضرورت گذار از الگوهای سنتی توسعه اقتصادی را آشکار ساخته است. از این رو، اقتصاد زیستی به عنوان راه‌حلی ساختاری برای مواجهه با این چالش‌ها، پیوندی نوین بین اقتصاد و اکولوژی ایجاد می‌کند [۳].

اقتصاد زیستی بنا به تعریف اجلاس جهانی اقتصاد زیستی در سال ۲۰۲۰ عبارتست از «تولید، استفاده و حفاظت از منابع زیستی از جمله، دانش‌ها، علوم، فناوری‌ها و نوآوری‌های مربوطه، برای ارائه اطلاعات، محصولات، فرآیندها و خدمات در تمام بخش‌های اقتصادی با هدف دستیابی به یک اقتصاد مفید و پایدار» (۸). چنانکه از این تعریف برمی‌آید، اقتصاد زیستی متضمن یکپارچگی منابع زیستی است، دارای وجه اکوسیستمی است، و اهمیت همکاری بین بخش‌های مختلف (مانند کشاورزی، صنعت و خدمات) را در تولید پایدار در نظر می‌گیرد. بعلاوه، اقتصاد زیستی بر نقش کلیدی نوآوری‌های پایدار، شامل دانش، علوم و فناوری‌ها - از جمله زیست‌فناوری - در توسعه خود تأکید دارد که می‌تواند به ظهور راه‌حل‌های جدید برای چالش‌های محیطی و اجتماعی منجر شود

¹ Anthropocene

² Policy Interpretation

تعیین جایگاه ایران در گذار جهانی به اقتصاد زیستی و پیشنهاد اقدامات سیاستی است.

یافته‌ها: جایگاه ایران در گذار جهانی به اقتصاد زیستی

تحلیل موقعیت ایران در مسیر تحول به اقتصاد زیستی مستلزم نگاه هم‌زمان به دو لایه است: نخست، فشارهای ساختاری و تهدیدهای زیست‌محیطی-اقتصادی که گذار را به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر بدل کرده‌اند؛ دوم، ظرفیت‌های بالفعل و بالقوه‌ای که می‌توانند در قالب راهبردی مدون به مزیت رقابتی زیست‌پایه تبدیل شوند.

الزامات ساختاری گذار

ایران از جمله کشورهایی است که در مرحله بحرانی «تنگنای دوگانه» قرار دارد: تنگنای بوم‌شناختی ناشی از کمبود منابع آب و فرسایش خاک، و تنگنای اقتصادی ناشی از وابستگی به منابع فسیلی پرکربن [۱۱ و ۱۲]. طبق چارچوب نوردهاوس (۲۰۱۹)، اقتصادهای پرکربن رشد خود را بر بدهی زیست‌محیطی بنا کرده‌اند [۱۳]. از سوی دیگر، تحریم‌های چندجانبه و ضعف در دسترسی به فناوری وارداتی (۹)، نیاز به رشد درون‌زا بر پایه دانش بومی را که رومر (۱۹۹۰) توصیف می‌کند، برای ایران به ضرورتی راهبردی تبدیل کرده است.

ظرفیت‌های ملی

• دارایی زیستی

ایران از نظر تنوع زیستی و اقلیمی، یکی از غنی‌ترین کشورهای خاورمیانه بشمار می‌رود [۱۴]. بیش از ۸۰۰۰ گونه گیاهی، صدها گونه پرنده و پستاندار بومی، و موقعیت منحصر به فرد دریایی در شمال و جنوب کشور که پناهگاه بیش از ۱۰۰۰ گونه ماهی می‌باشد، دارایی زیستی عظیمی برای کشور است (۱۰). این تنوع گسترده در کنار سطح بالای آموزش علوم پایه و مهندسی، و وفور مواد خام زیستی، می‌تواند پایه‌های یک اقتصاد زیستی نیرومند را در ایران شکل دهد. با این حال، این ظرفیت‌ها تاکنون در اسناد بالادستی، برنامه‌های توسعه و سیاست‌گذاری اقتصادی، کمتر مورد توجه راهبردی قرار گرفته‌اند [۱۴].

برآوردها همچنین نشان می‌دهد که با بازچرخانی و فرآوری پسماندهای کشاورزی، می‌توان سالانه بیش از ۳۵ میلیون تن ماده اولیه برای صنایع زیست‌پایه فراهم کرد و علاوه بر تولید انرژی

زیستی، مواد باارزش و کم‌کربنی را از آن استحصال نمود [۱۵]. افزون بر آن، پتانسیل بالای تابش خورشیدی و منابع بادی در مناطق کویری، امکان ایجاد پالایشگاه‌های زیستی با انرژی تجدیدپذیر را فراهم می‌کند که خود، از مولفه‌های بنیادین اقتصاد زیستی بشمار می‌رود [۱۳].

• ظرفیت علوم و فناوری‌های زیستی

ایران، علیرغم مواجهه با چالش‌هایی مانند تحریم‌های بین‌المللی، زیست‌فناوری را به عنوان یک ضرورت راهبردی برای توسعه ملی و کاهش وابستگی به درآمدهای نفتی شناسایی کرده است. این نگاه راهبردی منجر به سرمایه‌گذاری دولتی هدفمند در ایجاد زیرساخت‌های پژوهشی و آموزشی شده است که بخشی از آثار آن را می‌توان در تولیدات علمی کشور در قالب انتشار مقالات علمی در حوزه‌هایی مانند زیست‌فناوری پزشکی، کشاورزی و صنعتی رصد کرد [۱۶]. علاوه بر این، دولت با حمایت از ایجاد توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه، بستری برای تجاری‌سازی نسبی یافته‌های پژوهشی فراهم آورده است [۱۷]. در نتیجه این ظرفیت‌سازی، پیشرفت‌های قابل توجهی نیز در زمینه تولید داروهای زیستی (بیوسیمیلارها)، واکسن‌ها و کیت‌های تشخیصی حاصل شده است. با این همه، وقوع چنین تحولی در حوزه کشاورزی و صنعت با چالش‌های عمیق‌تری روبرو بوده و نتوانسته به موفقیت مشابهی دست یابد. پراکندگی نهادی در این حوزه‌ها مانع شکل‌گیری یک راهبرد یکپارچه شده و این امر، در نبود ارتباط مؤثر با دانشگاه‌ها با بخش خصوصی و کشاورزان از انتقال یافته‌های پژوهشی و فناوری (مانند بذره‌های اصلاح‌شده) به مرحله تجاری‌سازی و بازار جلوگیری بعمل آورده است. همچنین، فقدان چارچوب‌های نظارتی شفاف و عدم آگاهی مصرف‌کننده منجر به بروز مقاومت‌ها و نگرانی‌های اجتماعی در خصوص ایمنی فرآورده‌های نوین زیستی گردیده و در نتیجه، مانع توسعه مطلوب در این حوزه شده است [همان منبع].

• ظرفیت نیروی تحصیلکرده

ایران با درک اهمیت راهبردی زیست‌فناوری، سرمایه‌گذاری گسترده‌ای در تربیت نیروی انسانی متخصص از طریق دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی انجام داده است. ایجاد و گسترش رشته‌های تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) در گرایش‌های

بدین ترتیب، ایران اگرچه با سرمایه‌گذاری در «کمیت نیروی انسانی» پایه‌های اولیه اقتصاد زیستی را بنا نهاده، اما برای تحقق کامل این گذار، باید با اصلاح نظام آموزشی و پرورش «نیروی انسانی کارآفرین و چندمهارته»، کیفیت را جایگزین کمیت کند. این تحول آموزشی، شرط لازم برای ایفای نقش پیشروی ایران در اقتصاد زیستی خاورمیانه و رقابت در بازارهای جهانی فناوری‌های زیستی است.

• ظرفیت‌های سیاستی در برنامه هفتم پیشرفت (۱۴۰۳-۱۴۰۷)

برنامه هفتم پیشرفت ایران برای نخستین بار سازوکارهایی را در جهت عملیاتی‌سازی اقتصاد زیستی در دل سیاست‌های بخشی و کلان تعریف کرده است [۲۱]. گرچه سند مذکور هیچ اشاره مستقیمی به واژه «اقتصاد زیستی» یا واژگان مشابه آن -از جمله «اقتصاد زیستی پایدار» [۲۲]، «اقتصاد زیستی چرخشی پایدار» [۲۳]، یا «اقتصاد زیستی دانش‌بنیان» [۲۴]- که در محافل و منابع علمی مورد استناد قرار می‌گیرند ندارد، اما، ردپای واژگانی چون «اقتصاد سبز» [۲۵]، «اقتصاد چرخشی» [۲۶]، و «صنعت کم‌کربن» [۲۷] را می‌توان در آن یافت. بعلاوه، این سند راهبردی در بر گیرنده تاکیدات و واژگانی است که در ادبیات اقتصاد زیستی رایج و مصطلح بوده و در بسیاری از راهبردهای سیاستی اقتصاد زیستی، اعم از راهبردهای ملی کشورها یا راهبردهای سازمان‌های منطقه‌ای و بین‌المللی به چشم می‌خورد. این واژگان به‌ترتیب فراوانی عبارتند از پایدار (۳۱ بار)، پسماند (۱۶ بار)، ترا ریخته (۷ بار)، مدیریت پسماند (۴ بار)، نیروگاه‌های تجدیدپذیر (۲ بار)، انرژی‌های تجدیدپذیر (۲ بار)، امنیت زیستی (۱ بار)، انرژی برق تولیدی از پسماندها (۱ بار)، انرژی‌های نو تجدیدپذیر (۱ بار)، ایمنی زیستی (۱ بار)، برق تجدیدپذیر (۱ بار)، تهدیدات زیستی (۱ بار)، زیست‌فناوری (۱ بار)، زیست‌مهندسی (۱ بار)، سوخت جامد مشتق‌شده از پسماندها (۱ بار)، کودهای آلی حاصل از فرایندهای بازیافت پسماندها (۱ بار)، محصولات زیستی (۱ بار)، منابع زیستی (۱ بار)، مواد سوختی مایع تولیدی از پسماندها (۱ بار)، مواد و انرژی از پسماندها (۱ بار)، و مواد و ساخت پیشرفته (۱ بار) [۲۱].

مختلف زیست‌فناوری در دانشگاه‌های سراسر کشور، پایه اصلی این سرمایه‌گذاری بوده است. این امر، به نوبه خود، منجر به شکل‌گیری یک توده بحرانی از نیروی انسانی خلاق گردیده که انجام پژوهش‌های بنیادی و کاربردی در سطح ملی را امکان‌پذیر ساخته و به دنبال آن، خلق دستاوردهای ملموس علمی و فناوری را سبب شده است [۱۸].

با این حال، پس از چند نسل طلایی از نخبگان دانشگاهی حوزه علوم زیستی، وجود برخی نقص‌های مهارتی در آموزش دانشگاهی و تحصیلات تکمیلی، مانند فقدان مهارت‌های نرم، کارآفرینی، و شناختی، تداوم و گسترش موج موفقیت‌های اولیه برای ورود تحصیلکردگان دانشگاهی به عرصه کارآفرینی و بازار زیست‌فناوری را با چالش مواجه ساخت [۱۹]. گرچه این شکاف مهارتی را نمی‌توان منحصر به کشور ایران دانست [۲۰]، اما، فراوانی و تواتر وقوع این شکاف آموزشی منجر به وقوع نرخ‌های بالاتری از کاهش کیفیت آموزشی و مهارتی در میان تحصیلکردگان ایرانی شده است.

نتایج یک تحقیق در ۱۰ کشور اروپایی (بلژیک، بلغارستان، استونی، فنلاند، آلمان، ایتالیا، لتونی، هلند، اسلواکی و اسپانیا) نشان می‌دهد که در دهه آینده، بخش‌های سنتی اقتصاد زیستی (مانند صنایع غذایی، کاغذ، و چوب) هنوز به نیروی کار با مهارت‌های متوسط وابسته خواهند بود، در حالی که بخش‌های نوظهور (مانند فناوری زیستی، انرژی زیستی، و پالایشگاه‌های زیستی) عمدتاً به نیروی کار با مهارت‌های بالا نیاز خواهند داشت. بنابراین، ضرورت ایجاد جذابیت و کسب مهارت در دوره‌های تحصیلات تکمیلی در علوم زیستی، تطبیق نظام‌های آموزشی و تربیت حرفه‌ای با چالش‌های جهانی، تغییر در محتوای مهارت‌های مورد نیاز، و همکاری بین دانشگاه‌ها و صنعت در توسعه فرآیندهای آموزشی اقتصاد زیستی اکیدا مورد نیاز است. بخصوص، توانمندسازی آموزشی نیروی انسانی تحصیلکرده در حوزه‌های نوظهور و تحول‌آفرین مانند زیست‌شناسی مصنوعی، داده‌کاوی زیستی، هوش مصنوعی، و رباتیک، و نیز هدایت سرمایه‌های انسانی برای پیاده‌سازی مدل‌های کسب‌وکار پایدار و چرخشی مورد تاکید است [۲۰].

¹ Sustainable bioeconomy

² Sustainable circular bioeconomy

³ Knowledge-based bioeconomy

⁴ Green economy

⁵ Circular economy

⁶ Low-carbon industry

برای طرح سیاست‌ها و راهبردهای مرتبط با اقتصاد زیستی در ایران را فراهم آورده است (جدول ۱). از این رو، سند برنامه هفتم پیشرفت را می‌توان یکی از مهم‌ترین اسناد سیاستی برای هم‌افزایی علم، صنعت و محیط زیست و تحقق اقتصاد زیستی در دهه آینده دانست.

این سند که مشتمل بر ۲۴ فصل می‌باشد، همچنین، در فصول یکم (رشد اقتصادی)، هفتم (امنیت غذایی و ارتقای تولید محصولات کشاورزی)، هشتم (نظام مدیریت یکپارچه منابع آب)، نهم (انرژی)، دهم (طرح‌های صنعت، معدن و رشد تولید)، دوازدهم (ترانزیت و اقتصاد دریامحور)، چهاردهم (ارتقای نظام سلامت)، و بیستم (ارتقای نظام علمی، فناوری و پژوهشی) بستر موضوعی

جدول ۱. تکالیف قانونی برنامه هفتم توسعه در راستای اقتصاد زیستی (تدوین شده در همین مطالعه)

ردیف	دسته‌بندی موضوعی	شرح تکلیف	ماده/بند قانونی	دستگاه اجرایی مسئول
۱	مقابله با تغییرات اقلیمی	تدوین "برنامه مدیریت تغییرات اقلیمی کشور"	ماده ۲۲ - ت	سازمان حفاظت محیط‌زیست با همکاری ۵ وزارتخانه
۲	ارزش‌گذاری اقتصادی محیط‌زیست	ارزش‌گذاری اقتصادی منابع زیست‌محیطی و تعیین هزینه خسارات	ماده ۲۲ - ث (۱)	سازمان حفاظت محیط‌زیست
۳	حفاظت محیط‌زیست و مدیریت پسماند	تدوین "برنامه ملی راهبردی مدیریت پسماندها" با رویکرد اقتصاد چرخشی	ماده ۲۲ - ج (۱)	سازمان حفاظت محیط‌زیست با همکاری ۷ وزارتخانه
۴	حفاظت محیط‌زیست و مدیریت پسماند	ایجاد "سامانه یکپارچه مدیریت پسماندها" برای پایش و نظارت	ماده ۲۲ - ج (۳)	سازمان حفاظت محیط‌زیست
۵	توسعه اقتصادی و زنجیره ارزش	تهیه و اجرای "طرح‌های بزرگ اقتصادی ملی و پیشران"	ماده ۴۸ - الف	سازمان برنامه و بودجه با همکاری وزارتخانه‌های ذی‌ربط
۶	توسعه اقتصادی و زنجیره ارزش	تهیه "سند راهبرد ملی پیشرفت صنعتی و ارتقای زنجیره‌های ارزش"	ماده ۴۸ - ت	وزارت صنعت، معدن و تجارت
۷	اقتصاد دریامحور	توسعه فعالیت‌های اقتصاد دریامحور در سواحل شمالی و جنوبی	ماده ۶۰ - ث	دولت
۸	علم، فناوری و نوآوری	بازنگری در شاخص‌های ارزیابی و برنامه‌های آموزشی برای مأموریت‌گرایی و مسئله‌محوری	ماده ۹۷ - الف	وزارتین علوم و بهداشت
۹	علم، فناوری و نوآوری	تدوین "برنامه جامع رسوخ فناوری‌های چهارگانه" شامل «اطلاعات و ارتباطات»، «زیست‌فناوری»، «ریزفناوری» و «انرژی‌های نو تجدیدپذیر»	ماده ۱۱۹ - ۱۹	دولت
۱۰	کشاورزی و امنیت غذایی	کاهش ۵۰ درصدی واردات نهاده‌های دامی و محصولات کشاورزی تراریخته	ماده ۳۵ - ب (۴)	وزارت جهاد کشاورزی
۱۱	انرژی‌های تجدیدپذیر	توسعه احداث نیروگاه‌های خورشیدی و بادی و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر	ماده ۴۶ - الف (۱)	وزارتخانه‌های نفت، نیرو، صنعت و کشور
۱۲	انرژی‌های تجدیدپذیر	تأسیس "سازمان بهینه‌سازی و مدیریت راهبردی انرژی"	ماده ۴۶ - الف (۲)	دولت (زیر نظر رئیس‌جمهور)

بحث و نتیجه‌گیری: نقشه راه عملیاتی

مأموریت‌محور طراحی کند تا نوآوری‌های زیستی جایگزین صنایع آلاینده و پرمصرف شود. به استناد هیندرر^۱ و همکاران (۲۰۲۱)، مسیر گذار به اقتصاد زیستی را می‌توان به‌صورت یک زنجیره چهارگانه از رخدادهای تحول‌آفرین تعریف کرد (جدول ۲) که هر کدام نقشی

پاسخ به پرسش «چه باید کرد» مستلزم گذار از سطح گفت‌وگو به سیاست اجرایی است. با اتکا به نظریه تخریب خلاق آگیون و هویت [۲۸]، ایران باید برنامه اقتصاد زیستی خود را به‌صورت

¹ Hinderer

هفتم پیشرفت نیز باید منوط به پیاده‌سازی شاخص‌های اقتصاد زیستی در ارزیابی‌های ملی و محلی باشد.

بنیادین در تغییر ساختار اقتصادی، نهادی و اجتماعی کشور دارند [۲۹].

• **رخدادهای صنعت محور: نوسازی و تکامل صنایع زیستی**

تحول صنعتی مستلزم ایجاد خوشه‌های صنعتی زیستی و راه‌اندازی پایلوت‌های فناوری زیستی در مناطقی از کشور است که از ظرفیت زیستی بالا برخوردارند. باید سیاست‌گذاری برای راه‌اندازی پالایشگاه‌های زیستی یکپارچه به منظور بازچرخانی زیست‌توده، تولید مواد زیستی با ارزش افزوده بالا، و تولید انرژی‌های سبز در سطح منطقه‌ای فعال شود. نوسازی صنایع سنتی از طریق جایگزین کردن مواد اولیه فسیلی با محصولات زیست‌پایه، و ارتقاء سطح بهره‌وری، راه عبور از اقتصاد شکننده و کم‌بهره فسیلی است.

• **رخدادهای سیاست محور: شکل‌دهی چارچوب‌های کلان و**

ماموریت محور

موفقیت اقتصاد زیستی با طراحی و اجرای سیاست‌های هماهنگ و بلندمدت آغاز می‌شود. باید راهبرد ملی اقتصاد زیستی به عنوان نقشه راه عملیاتی در سطح فراوزارتخانه‌ای تدوین شود. سیاست‌هایی چون اعمال قیمت کربن و آب در پروژه‌های عمرانی، حمایت مالیاتی و تسهیلاتی برای شرکت‌های دانش‌بنیان زیستی، و گسترش همکاری بین‌المللی در حوزه زیست‌فناوری کلید تحول‌اند. تحقق اهداف برنامه

جدول ۲. تبیین رخداد‌های چهارگانه به منظور پیاده‌سازی اقتصاد زیستی در ایران (تدوین شده در همین مطالعه)

ردیف	رخداد	شاخص‌های کلیدی اجرا (بر اساس اسناد ملی)	نمونه عملیاتی یا مثال پیشنهادی	آثار مورد انتظار سیاستی، اقتصادی و اجتماعی
۱	سیاست محور	تدوین بندهای تعهدآور اقتصاد زیستی در برنامه هفتم توسعه، اجرای قانون مدیریت تغییرات اقلیمی کشور مصوب هیات دولت، ارتقاء دیپلماسی فناوری و همکاری منطقه‌ای زیست‌پایه	تدوین و تصویب برنامه ملی راهبردی مدیریت پسماندها با رویکرد اقتصاد چرخشی، راه‌اندازی ستاد ملی هماهنگی اقتصاد زیستی	انسجام نهادی، شفافیت سیاستی، ایجاد زیرساخت پایدار
۲	صنعت محور	احداث و گسترش پایلوت‌های صنعتی و پردازش زیست‌توده، حمایت از تاسیس و راه‌اندازی نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر (زیست‌توده) و پارک‌های تخصصی زیست‌فناوری، الزام به بازچرخانی پسماند کشاورزی و غذایی در صنایع	احداث پالایشگاه زیستی زعفران در خراسان جنوبی، احداث پالایشگاه زیستی یکپارچه در گیلان یا مازندران، با سرمایه‌گذاری مشترک دولت و بخش خصوصی، بازتعریف و توسعه پارک زیست‌فناوری خلیج فارس در قشم، تاسیس پهنه نوآوری اقتصاد زیستی در غرب تهران به منظور ایجاد خوشه‌های صنعت زیستی	رشد تولید داخلی مواد زیستی و کم‌کربن، کاهش اتلاف منابع، افزایش رقابت‌پذیری محصولات تولیدشده در کشور در بازارهای جهانی، اشتغال منطقه‌ای
۳	نوآوری محور	اجرای قانون جهش تولید دانش‌بنیان و حمایت از تجاری‌سازی محصولات زیست‌پایه، تشکیل صندوق سرمایه‌گذاری سبز، ایجاد کنسرسیوم داده‌های ژنتیکی و شتاب‌دهنده‌های تخصصی	بازتعریف و توسعه شتاب‌دهنده‌های حوزه زیست‌فناوری، تسهیل ثبت مالکیت فکری دستاوردهای زیستی برای شرکت‌های دانش‌بنیان	تحرك اکوسیستم نوآوری، افزایش صادرات فناوری، حمایت و جلب نظر نخبگان و استعداد‌های کشور
۴	جامعه محور	ارتقاء آموزش و آگاهی‌های جمعی در حوزه اقتصاد زیستی و مصرف پایدار، راه‌اندازی کمپین‌های آگاهی‌بخشی و شبکه تعاونی‌های زیست‌پایه، مشارکت داوطلبانه شهروندی در بازیافت و تولید محلی	طرح ملی مدیریت پسماند شهری در چند شهر بزرگ با حضور نهادها و تشکل‌های مردمی، تشکیل تعاونی فرآوری گیاهان دارویی در استان‌های محروم	تغییر رفتار مصرفی جامعه، ارتقاء رفاه اجتماعی، توسعه مشارکت محلی

• رخدادهای نوآوری محور: تسهیل رشد و کارآفرینی فناورانه

چنانکه پیشتر هم بیان شد، رشد اقتصاد زیستی بر ستون نوآوری متمرکز است. لازمه تحقق این امر نیز، گسترش صندوق‌های سرمایه‌گذاری سبز و حمایت مالی از شرکت‌های نوپا در حوزه زیست‌فناوری است. از دیگر سو، شکل‌گیری کنسرسیوم ملی داده‌های ژنتیکی، تاسیس آزمایشگاه‌های مشترک دانشگاهی-صنعتی، و بازتعریف مجدد شتاب‌دهنده‌های تخصصی در حوزه‌های مرتبط با علوم و فناوری‌های زیستی، می‌تواند زیرساخت نوآوری در اقتصاد زیستی را غنا بخشد.

• رخدادهای جامعه‌محور: تحول فرهنگ زیستی و مشارکت عمومی

اقتصاد زیستی بدون مشارکت و همراهی جامعه امکان‌پذیر نیست. باید نظام آموزشی کشور و رسانه‌ها به ترویج فرهنگ مصرف پایدار، تفکیک و بازیافت پسماند، حمایت از محصولات زیستی و حفاظت از زیست‌بوم‌ها بپردازند. راه‌اندازی برنامه‌های آگاهی‌بخشی و توانمندسازی محلی، توجه به اشتغال خانگی و مناطق محروم، و تقویت نهادهای مردمی و تعاونی‌ها برای گسترش اقتصاد زیستی از مهم‌ترین عوامل موفقیت محسوب می‌شوند.

پیشنهادهایی برای ارتقاء جایگاه ایران در نظام جهانی

اقتصاد زیستی

در سطح جهانی، اقتصاد زیستی به محور رقابت و همکاری میان دولت‌ها و صنایع در بازار محصولات کم‌کربن بدل شده است [۳۰]. اجرای «الیات مرزی کربن» توسط اتحادیه اروپا از سال ۲۰۲۶، چالش جدی برای صادرات صنایع پرکربن ایران ایجاد خواهد کرد [۳۱]. در مقابل، بهره‌گیری از ظرفیت‌های برنامه هفتم توسعه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و مدیریت پسماند، می‌تواند به عنوان راهکاری برای کاهش وابستگی به اقتصاد فسیلی و تقویت رقابت‌پذیری بین‌المللی مورد استفاده قرار گیرد. این امر، می‌تواند تا حدودی تسهیل‌کننده گذار ایران از اقتصاد فسیلی پرکربن به اقتصاد زیستی کم‌کربن نیز باشد و جایگاه اقتصادی کشور را از تأمین‌کننده مواد خام انرژی به صادرکننده دانش و فناوری زیستی تغییر دهد.

با این حال، ایران در میانه گذار جهانی به اقتصاد زیستی، هنوز در نقطه آغاز قرار دارد. از منظر منابع طبیعی، کشور در موقعیتی ممتاز

است، اما از منظر سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و نهادسازی، با عقب‌ماندگی مواجه است. به باور برخی محققان، وابستگی به تصمیمات پیشین در سیاست، اقتصاد و اجتماع - که عمدتاً مبتنی بر نفت و سوخت‌های فسیلی بوده است - سیستم اقتصادی ایران را به گونه‌ای شکل داده که حتی با فرض آن‌که اقتصاد زیستی بتواند دستاوردهای پایدار و قابل توجهی به همراه داشته باشد، اکنون مانع از توسعه آن می‌شود [۳۲]. به استناد نتایج یک مطالعه که به بررسی نوآوری‌های زیستی ایران در دو حوزه سلامت و کشاورزی پرداخته است [۱۶]، موفقیت در چنین فرآیندی نیازمند نقش فعال، اتخاذ یک راهبرد منسجم و سیاستگذاری آگاهانه از سوی دولت است [۳۳]. برای دستیابی به چنین هدفی، دولت نمی‌تواند تنها در نقش یک ناظر صرف عمل کند و فقط به گفتمان‌سازی اکتفا کند؛ بلکه باید به عنوان یک سرمایه‌گذار اصلی، تنظیم‌گر و هماهنگ‌کننده قدرتمند در «نظام ملی نوآوری» به ایفای نقش بپردازد. دولت همچنین، باید با سرمایه‌گذاری متمرکز در علم و فناوری و ایجاد نهادهای جدید، به هدایت و شتاب‌دهی فرآیند گذار به اقتصاد زیستی همت گمارد. علاوه بر این، ضروری است تا به منظور جبران «تاخیر نسبی» در اقتصاد زیستی ایران، تقویت سایر اجزاء نظام ملی نوآوری، به ویژه بخش خصوصی و شبکه‌های نوآوری نیز مورد توجه قرار گیرد [۱۶].

در مجموع، برای آنکه تاخیر ایران در پیوستن به روند رو به پیش اقتصاد زیستی جبران گردد و از گسترش شکاف‌های موجود کم گردد، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

۱. تدوین زیربرنامه «راهبرد ملی اقتصاد زیستی» در چارچوب برنامه هفتم توسعه.
 ۲. راه‌اندازی پروژه «ژنوم و میکروبیوم ایران» به منظور شناسایی و حفاظت از «دارایی‌های زیستی» کشور.
 ۳. تقویت زیرساخت‌های علمی و فنی به منظور تولید و تبدیل زیست‌توده، پسماند و زباله.
 ۴. توسعه سرمایه انسانی چندمهارته و ایجاد پیوند میان دانشگاه، صنعت و جامعه.
 ۵. فعال‌سازی دیپلماسی زیستی ایران در چارچوب پیمان‌های جهانی و منطقه‌ای.
- اقتصاد زیستی آینده، صرفاً یک بخش صنعتی نیست؛ بلکه الگوی جدیدی از رابطه انسان، طبیعت و فناوری است. ایران، اگر بتواند

فهرست منابع

- [1]. علوی، س. م. (۱۴۰۳). اقتصاد زیستی: مبانی دانشی، راهبردهای سیاستی و نوآوری‌های صنعتی. مرکز نشر دانشگاهی. تهران، ایران.
- [2]. Morone, P., D'Amato, D., Befort, N., & Yilan, G. (2023). *The circular bioeconomy: Theories and tools for economists and sustainability scientists*. Cambridge University Press.
- [3]. Rösch, C. (2023). Bioeconomy. In *Handbook of the Anthropocene: Humans between Heritage and Future* (pp. 1101-1106). Cham: Springer International Publishing.
- [4]. OECD. Publishing. (2009). *The bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- [5]. Hausknost, D., Schriefl, E., Lauk, C., & Kalt, G. (2017). A transition to which bioeconomy? An exploration of diverging techno-political choices. *Sustainability*, 9(4), 669.
- [6]. Helmreich, S., & Labruto, N. (2018). Species of biocapital, 2008, and speciating biocapital, 2017. *The palgrave handbook of biology and society*, 851-876.
- [7]. Chui, M., Evers, M., Manyika, J., Zheng, A., & Nisbet, T. (2023). *The bio revolution: Innovations transforming economies, societies, and our lives* (S. M. Alavi, Trans.). Tehran: National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology. (Original work published 2023)
- [8]. Wydra, S. (2020). Measuring innovation in the bioeconomy—Conceptual discussion and empirical experiences. *Technology in Society*, 61, 101242.
- [9]. Philp, J. (2021). Biotechnologies to Bridge the Schism in the Bioeconomy. *Energies*, 14(24), 8393.
- [10]. Kircher M. (2019). Bioeconomy: Markets, Implications, and Investment Opportunities. *Economies* 7, 73; doi:10.3390/economies7030073
- [11]. Madani, K. (2014). Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. *Journal of environmental studies and sciences*, 4(4), 315-328.
- [12]. Wang, F., Wong, W. K., Wang, Z., Albasher, G., Alsultan, N., & Fatemah, A. (2023). Emerging pathways to sustainable economic development: An interdisciplinary exploration of resource efficiency, technological innovation, and ecosystem resilience in resource-rich regions. *Resources Policy*, 85, 103747.
- [13]. Nordhaus, W. (2019). Climate change: The ultimate challenge for economics. *American Economic Review*, 109(6), 1991-2014.
- [14]. Yousefi, M. (2025). Challenges and opportunities for biodiversity governance in Iran. *Nature Reviews Biodiversity*, 1-2.
- از «دارایی‌های زیستی» خود چونان «سرمایه راهبردی» بهره گیرد، می‌تواند از حاشیه‌گذار جهانی، به متن آن گام نهد.
- این مقاله و یا بخشی از آن در جایی به چاپ نرسیده است و از هوش مصنوعی و ماشین برای نگارش مقاله استفاده نشده است.

وبگاه‌های دیده شده در این مقاله

- (1). Sustainable business COP30. (2025). bioeconomy: Working group document. ISBN 978-85-7957-252-4. Retrieved November 8, 2025, from <https://sbcop30.com/documents>
- (2). Organisation for Economic Co-operation and Development. (2012). Recommendation of the Council on Assessing the Sustainability of Bio-based Products (OECD/LEGAL/0395). OECD iLibrary. Retrieved October 30, 2025, from <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0395>
- (3). The Prize in Economic Sciences 2018. (2018, October 8). [NobelPrize.org](https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/summary/). Retrieved October 30, 2025, from <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/summary/>
- (4). The Nobel Prize in Chemistry 2018. (2018, October 3). [NobelPrize.org](https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2018/summary/). Retrieved October 30, 2025, from <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2018/summary/>
- (5). The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 2025. (2025, October). [NobelPrize.org](https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2025/summary/). Retrieved October 30, 2025, from <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2025/summary/>
- (6). Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). Sustainable bioeconomy for agrifood systems transformation. Retrieved October 31, 2025, from <https://www.fao.org/in-action/sustainable-and-circular-bioeconomy/resources/news/details/en/c/1743149/>
- (7). Department of Science, Technology and Innovation, Republic of South Africa. (2025, September 22). G20 Initiative on Bioeconomy meeting charts path to a sustainable bioeconomy. Retrieved October 31, 2025, from <https://www.dsti.gov.za/index.php/media-room/latest-news/4812-g20-initiative-on-bioeconomy-meeting-charts-path-to-a-sustainable-bioeconomy>
- (8). Boldt, C., Kambach, K., Reich, M., & Teitelbaum, L. (2020). Expanding the bioeconomy. Secretariat of the Global Bioeconomy Summit 2020. Retrieved October 01, 2025 from https://www.iacgb.net/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/1e21d887-42ed-11ec-9c33-dead53a91d31/current/document/GBS2020_IACGB-Communique.pdf
- (9). U.S.K. Energy. (2023, November 28). Iran's renewable energy prospects and challenges. Retrieved October 31, 2025 from <https://uskenergy.com/irans-renewable-energy-prospects-and-challenges/>
- (10). Convention on Biological Diversity. (n.d.). Iran (Islamic Republic of) - Country profile. Retrieved October 31, 2025 from <https://www.cbd.int/countries/profile?country=ir>

- [25]. Judijanto, L. (2025). transformation towards a green economy: literature review and practical implications. *international journal of financial economics*, 2(1), 125-135.
- [26]. Sarsaiya, S., Jain, A., Shu, F., Jia, Q., Gong, Q., Wu, Q., ... & Chen, J. (2025). Unveiling the potential of dendrobine: insights into bioproduction, bioactivities, safety, circular economy, and future prospects. *Critical Reviews in Biotechnology*, 1-19.
- [27]. He, Z., & Gu, S. (2025). Sustainable development of a low-carbon supply chain economy based on the internet of things and environmental responsibility. *International Journal of Sustainable Development*, 28(1), 1-23.
- [28]. Aghion, P., Antonin, C., & Bunel, S. (2021). *The power of creative destruction: Economic upheaval and the wealth of nations*. Harvard University Press.
- [29]. Hinderer, S., Brändle, L., & Kuckertz, A. (2021). Transition to a sustainable bioeconomy. *Sustainability*, 13(15), 8232.
- [30]. European Commission. (2022). *European bioeconomy policy – Stocktaking and future developments: Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/997651>
- [۳۱]. افشون، ک، نجاتی، م، جلالی اسفندآبادی، س.ع، و صادقی، ز. (۱۴۰۴). ارزیابی اثرات مالیات کربن بر بخش صنعت در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه با استفاده از یک مدل تعادل عمومی پویا. پژوهش‌ها و چشم‌اندازهای اقتصادی، (۱) ۲۵-۳۱
- [32]. Dietz, T., Jovel, K. R., Deciancio, M., Boldt, C., & Börner, J. (2023). Towards effective national and international governance for a sustainable bioeconomy: A global expert perspective. *EFB Bioeconomy Journal*, 3, 100058.
- [33]. Diakosavvas, D., & Frezal, C. (2019). *Bioeconomy and the sustainability of the agriculture and food system: Opportunities and policy challenges* (OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 136). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/d0ad045d-en>
- [15]. مینایی، س، مرتضوی، س. م، و صائبی، ع. (۱۴۰۲). باز یافت ضایعات کشاورزی در ایران: کنکاشی آماری پیرامون دو دهه فعالیت مدیریت ضایعات و پسماندهای کشاورزی، (۹) ۱۹-۲۸.
- [16]. Saidi, M., EskandarianBrojeni, M., Kini, K. R., Prakash, H. S., & Niranjana, S. R. (2014). Biotechnology in Iran and India: Necessities and capacities for cooperation. *Journal of Global Trends in Pharmaceutical Sciences*, 5(4), 2145-2150.
- [17]. Baghai, Gerannaz (2011). *National system of innovation in biotechnology in a developing country – a Gerschenkronian approach to biopharmaceuticals and bioagriculture in Iran*. University of Sussex. Thesis. <https://hdl.handle.net/10779/uos.23315477.v1>
- [18]. Mahboudi, F., Hamedifar, H., & Aghajani, H. (2012). Medical biotechnology trends and achievements in iran. *Avicenna journal of medical biotechnology*, 4(4), 200-205.
- [19]. Ahmadih-Yazdi, A., Imani, B., Jalali, A., Piryaei, F., & Dalirfardouei, R. (2025). Bridging the Skills Gap: Insights and Recommendations for Updating Medical Biotechnology Master's Curriculum in Iran. *Avicenna journal of medical biotechnology*, 17(2), 147-156. <https://doi.org/10.18502/ajmb.v17i2.18566>
- [20]. de Graaf, I., Papadimitriou, A., van der Peijl, S., Cuartas-Acosta, A., Hüsing, T., Korte, W., ... & Morone, P. (2022). *Promoting Education, Training and Skills across the Bioeconomy. Final Report*. European Union.
- [۲۱]. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. (۱۴۰۳). *قانون برنامه پنجساله هفتم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۳-۱۴۰۷)*. برگرفته در مورخ ۸ آبان ۱۴۰۴ از <https://rc.majlis.ir/fa/law/show/1789682>
- [22]. Dale, B. E. (2025). Rethinking the sustainable bioeconomy at a turning point in my life. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 19(1), 7-8.
- [23]. Richter, S., Szarka, N., Bezama, A., & Thrän, D. (2025). Enhancing the circular bioeconomy transition in Germany: A systematic scenario analysis. *Sustainable Production and Consumption*, 53, 125-146.
- [24]. Laasonen, V. (2024). Building dynamic capabilities in the transition toward a knowledge-based bioeconomy: a case study of three Finnish regions. *Regional Studies*, 58(6), 1308-1319.