



Conceptual Trends, Core Themes, and Key Developments of the Circular Economy through Scientometric Analysis

Maedeh Sharifi ¹, Zohreh Karimmian ^{2*}

¹ M.Sc.in Technology Management, Faculty of Management, Farabi Campus, University of Tehran, Qom, Iran.

² Assistant Professor of Technology Management, Faculty of Management and Accounting, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran.

*Corresponding author, Email: Zohreh.karimmian@iau.ac.ir

Keywords:

Circular Economy, Green Technology, Sustainable Development, Scientometric Method.

Introduction

The Circular Economy (CE) challenges the linear “take–make–dispose” model by promoting efficiency, waste reduction, and systemic restoration. Over the past two decades, CE has gained global prominence as a sustainability framework addressing resource scarcity, environmental degradation, and climate change. Scholars view CE as a paradigm shift capable of decoupling growth from resource use by extending product lifecycles and fostering restorative systems. Despite attention, CE literature remains conceptually diverse, with over 100 definitions emphasizing design, resource management, policy, or technology. This diversity creates ambiguity for policymakers and practitioners. The present study provides a scientometric analysis of CE literature to identify publication trends, geographical distribution, conceptual clusters, thematic evolution, and key drivers shaping CE research. "It aims to answer the question: 'What are the conceptual trends, core themes, and key developments in the Circular Economy'?".

Methodology

A scientometric approach was applied to CE publications indexed in Web of Science (WoS). The query (“circular economy” OR “circular economies”) yielded 9910 records from 2000–2025. After removing duplicates, the dataset was analyzed using Bibliometrix/Biblioshiny, CiteSpace, and thematic mapping. Techniques included co-word occurrence, keyword clustering, thematic visualization, and temporal evolution tracking. Centrality and density indices identified motor, basic, niche, and emerging themes. This ensured validity and reproducibility, offering a systematic depiction of CE research trends

Findings

CE research output increased sharply after 2017. Between 2013–2016, publications were stable, but growth accelerated from 2017 onward. The peak occurred in 2020–2022, with over 75% of total publications released between 2018–2024. The apparent decline in 2025 reflects incomplete data. This expansion coincides with global adoption of circular policies, industrial demand for resource-efficient models, and integration with Industry 4.0 technologies. China leads CE research, embedding CE in national five-year plans since 2005. Between 2010–2015, output surged in waste management, recycling, and governance. By 2020, China dominated the field. The United States follows, focusing on innovation and business models. In Europe, the UK emphasizes policy, Germany resource efficiency and recycling, and Italy product design and sustainable value chains. Co-word analysis reveals CE as a hub connecting multiple streams: Environmental/ operational: waste management, recycling, resource efficiency, life cycle assessment.

Received:

09/Oct/2025

Revised:

26/Nov/2025

Accepted:

23/Dec/2025



Systemic/institutional: sustainability, policy, governance, barriers. Technological: Industry 4.0, digitalization, blockchain, IoT. Managerial/business: circular business models, reverse logistics, supply chains. Emerging clusters include bioeconomy, anaerobic digestion, food waste, and resource recovery. Thematic mapping identifies “circular economy management” and “waste management” as motor themes. Basic themes (sustainability frameworks, barriers) provide grounding. Niche themes (anaerobic digestion, biochar) are technologically relevant but peripheral. Emerging themes (food waste, biomass) signal growing interest. From 2000–2019, CE literature emphasized industrial ecology, resource reuse, and biotechnologies. Between 2020–2021, focus shifted to measurement, policy integration, and renewable energy. From 2022–2024, integration with digital technologies, business models, climate change mitigation, and SDGs became prominent. Peripheral clusters (biochar, biorefineries) linked with digitalization and business innovations. This reflects a shift from narrow environmental focus to systemic, interdisciplinary approaches. Cluster analysis shows CE research structured around: Central cluster: circular supply chains, forming the theoretical and operational core. Adjacent clusters: Industry 4.0/digital technologies, sustainable development/policy, business/consumer behavior. Peripheral clusters: anaerobic digestion, waste management, plastics recycling. Proximity of clusters highlights CE as an integrated ecosystem connecting technology, policy, and resource management.

Discussion and Conclusion

CE research follows two converging paths: Established themes: waste management, recycling, industrial ecology & Emerging themes: business models, digitalization, Industry 4.0. Specialized subdomains (anaerobic digestion, bioeconomy) support broader frameworks. CE has evolved from an environmental initiative to a systemic paradigm encompassing value chains, innovation, and governance. Country-specific insights show Iran faces barriers such as weak infrastructure, fragmented regulation, and limited coordination. Yet initiatives like eco-industrial parks and circular supply chains offer pathways. CE adoption can reduce emissions, improve energy efficiency, and create green jobs, supporting national and global sustainability goals. This study provides a replicable map of CE literature, emphasizing its multidimensional transformation. CE now integrates operational, managerial, technological, and policy streams, reflecting a trajectory toward holistic applications. Key drivers include policy and managerial themes, integration of measurement frameworks with business and digital innovations, and specialized biotechnological domains. For Iran, coherent strategies, supportive policies, and alignment of social, economic, and environmental goals are essential. Future research should explore financial instruments, under-researched service sectors, consumer awareness, and comparative policy analyses to consolidate CE knowledge and support global adoption.

How to cite this article:

Sharifi, M., & Karimmian, Z. (2026) Conceptual Trends, Core Themes, and Key Developments of the Circular Economy through Scientometric Analysis. *Green Development Management Studies*, 5(2), 233-253. <https://doi.org/10.22077/jgdms.2025.10175.1363>





روندهای مفهومی، مضامین محوری و تحولات کلیدی اقتصاد چرخشی: رویکردی مبتنی بر تحلیل‌های علم‌سنجی

مأنده شریفی^۱، زهره کریم‌میان^{۲*}

^۱ کارشناسی ارشد مدیریت فناوری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران

^۲ استادیار، دکترای مدیریت فناوری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: Zohreh.karimmian@iaau.ac.ir

چکیده

واژگان کلیدی:

اقتصاد چرخشی، فناوری سبز، توسعه پایدار، علم‌سنجی.

اقتصاد چرخشی در دهه‌های اخیر جایگاه مهمی در ادبیات توسعه پایدار یافته و به‌عنوان رویکردی جایگزین برای مدل خطی سنتی «تولید-مصرف-دفع» مطرح شده است. این رویکرد با تمرکز بر کاهش ضایعات، حفظ ارزش منابع و بازطراحی فرایندها، تلاش دارد بهره‌وری منابع را افزایش دهد. با وجود رشد پژوهش‌ها، نبود اجماع نظری درباره مرزهای مفهومی، یکی از چالش‌های اصلی این حوزه است. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از روش علم‌سنجی و تحلیل حدود ده هزار سند علمی استخراج‌شده از پایگاه Web of Science و با استفاده از نرم‌افزارهای Bibliometrix/Biblioshiny و CiteSpace، تصویری کمی و نظام‌مند از تحولات اقتصاد چرخشی ارائه می‌دهد. در این مطالعه از تحلیل هم‌واژگانی، هم‌وقوع کلیدواژه‌ها، ترسیم نقشه‌های موضوعی، تحلیل خوشه‌ای، بررسی تکامل زمانی مضامین، محاسبه شاخص‌های مرکزیت و چگالی به‌عنوان ابزارهای استاندارد علم‌سنجی استفاده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد ادبیات اقتصاد چرخشی طی دو دهه اخیر در سه مسیر کلیدی تکامل یافته است: نخست، گذار از رویکرد زیست‌محیطی-عملیاتی به سیاست‌گذاری و حکمرانی چرخه‌پذیر که مفاهیمی مانند مدیریت پسماند، بازیافت، بهره‌وری منابع و اکولوژی صنعتی را با چارچوب‌های سیاستی پیوند می‌دهد. دوم، ادغام فزاینده با فناوری‌های دیجیتال و مدل‌های کسب‌وکار نوآورانه شامل صنعت نسل ۴، اینترنت اشیاء، بلاک‌چین، لجستیک معکوس و مدل‌های کسب‌وکار چرخشی و سوم، رشد جریان‌های تخصصی زیستی و فناوریانه همچون هضم بی‌هوازی، اقتصاد زیستی و زغال‌زیستی که به‌عنوان شاخه‌های مکمل در کنار هسته اصلی قرار دارند. این الگو نشان می‌دهد اقتصاد چرخشی از یک رویکرد زیست‌محیطی به چارچوبی میان‌رشته‌ای و فناوریانه برای بازطراحی نظام‌های تولید و مصرف و پیوند میان سیاست‌گذاری، فناوری و نوآوری مدیریتی تبدیل شده است.

تاریخ دریافت:

۱۷ مهر ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری:

۵ آذر ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش:

۲ دی ۱۴۰۴



مقدمه

با رشد سریع جمعیت و افزایش مصرف، هدررفت منابع و تولید انبوه پسماند به یکی از چالش‌های اصلی توسعه پایدار در دهه‌های اخیر تبدیل شد به‌طوری‌که حتی نظام‌های سنتی مدیریت پسماند نیز پاسخگوی این بحران نبوده‌اند (مرلی و همکاران، ۲۰۱۸).^۱ در این میان، سلسله مراتب سختگیرانه‌ای برای مدیریت پسماند معرفی شد که پیشگیری، آماده‌سازی برای استفاده مجدد، بازیافت، بازیابی و دفن زباله را از یکدیگر متمایز نمود. (کالمیکووا و همکاران، ۲۰۱۸، ۱۹۵).^۲ در همین راستا، اقتصاد چرخشی^۳ به عنوان مدلی تحول‌آفرین در گذار به توسعه پایدار معرفی گردید (نیکولائو و همکاران، ۲۰۲۱، ۳).^۴ چارچوبی جامع برای فراتر رفتن از بازیافت سنتی که بر بازطراحی فرایندها و حفظ ارزش مواد و انرژی در طول چرخه عمر محصول و ایجاد حلقه‌های بسته تولید و مصرف تمرکز دارد (گیس‌دورفر و همکاران، ۲۰۱۷، ۷۵۹).^۵ تاریخچه اقتصاد چرخشی به دهه ۱۹۷۰ بازمی‌گردد، زمانی که نگرانی‌ها درباره محدودیت منابع طبیعی و افزایش پسماندهای صنعتی مطرح شد. نخستین مفاهیم مرتبط با بازیافت و بهره‌وری منابع در این دوره شکل گرفت و تمرکز بر کاهش ضایعات و استفاده مجدد از مواد به عنوان یک ضرورت محیط‌زیستی مطرح شد (مرلی و همکاران، ۲۰۱۸). در دهه ۱۹۹۰ و اوایل ۲۰۰۰، اقتصاد چرخشی به مرور به عنوان یک چارچوب برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش بهره‌وری منابع شناخته شد و در سال‌های اخیر به یکی از محورهای اصلی توسعه پایدار و مدیریت منابع در صنایع مختلف تبدیل گردید (سوچک و همکاران، ۲۰۲۱).^۶

اقتصاد چرخشی در دهه‌های اخیر توجه گسترده‌ای را در حوزه‌های علمی، صنعتی و سیاست‌گذاری به خود جلب کرده است. این رویکرد جایگزینی برای مدل سنتی «تولید - مصرف - دفع» بوده و بر کاهش ضایعات، حفظ ارزش منابع و بازطراحی فرایندها تأکید دارد، به گونه‌ای که منابع در چرخه اقتصادی بیشترین بهره‌وری را داشته باشند (گیس‌دورفر و همکاران، ۲۰۱۷). اقتصاد چرخشی با افزایش طول عمر محصولات و استقرار نظام‌های احیاکننده، می‌کوشد رشد اقتصادی را از پیامدهای منفی زیست‌محیطی جدا سازد (مرلی و همکاران، ۲۰۱۸).

اهمیت اقتصاد چرخشی که به دلیل افزایش فشارهای محیط زیستی، محدودیت منابع طبیعی، رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای تولید پایدار، بیش از پیش آشکار شده بود (فراز و همکاران، ۲۰۲۳، ۵).^۷ سبب گردید تا سیاست‌گذاران، مدیران صنعتی و پژوهشگران به دنبال راهکارهای عملی برای پیاده‌سازی آن برآیند (سیلیبرتو و همکاران، ۲۰۲۱).^۸ این امر موجب شد تا بررسی‌ها و تحقیقات مختلفی در این حوزه جهت جمع‌آوری داده‌های مرتبط صورت گیرد. روندهای مفهومی اقتصاد چرخشی نشان می‌دهد که این مفهوم به تدریج از یک دیدگاه محیط‌زیستی اولیه به یک چارچوب علمی تبدیل گردید و تلاش می‌شود تا از یک مفهوم علمی به چارچوبی کاربردی تبدیل گردد تا با در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، اجتماعی و نهادی (مورسلتو، ۲۰۲۰)^۹ همزمان با کاهش

1. Merli et al.

2. Kalmykova

3. Circular Economy

4. Nikolaou et al.

5. Geissdoerfer et al.

6. Suchek et al.

7. Ferraz et al.

8. Ciliberto et al.

9. Morsetto



ضایعات، فرصت‌های تجاری و نوآوری را نیز ارتقا یابد (چن و همکاران، ۲۰۲۰).^۱ مفاهیمی همچون مدیریت پسماند، بازیافت، ارزیابی چرخه عمر و فناوری سبز نقش کلیدی در تحقق اقتصاد چرخشی ایفا می‌کنند. «مدیریت پسماند» در این چارچوب از تمرکز صرف بر دفع نهایی فاصله گرفته و به سمت بازگردانی منابع و کاهش ضایعات حرکت کرده است (کالمیکووا، ۲۰۱۸، ۱۹۷). «بازیافت» نیز به‌عنوان یکی از ارکان اصلی اقتصاد چرخشی، با تبدیل مواد استفاده‌شده به محصولات جدید، از بکارگیری منابع جدید جلوگیری کرده و به حفظ چرخه مواد کمک می‌کند (مورسلو، ۲۰۲۰). «ارزیابی چرخه عمر» نیز ابزار تحلیلی دیگری است که برای سنجش اثرات زیست‌محیطی یک محصول یا فرآیند در تمام مراحل عمر آن، از استخراج مواد خام تا دفع نهایی، به کار می‌رود و استفاده از این ابزار در ادبیات اقتصاد چرخشی کمک می‌کند تا نقاط بحرانی شناسایی شده و استراتژی‌های بهینه طراحی شود (چن و همکاران، ۲۰۲۰). در کنار این مفاهیم، «فناوری‌های دیجیتال» نیز به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان محرک‌های کلیدی نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی شناخته می‌شوند که موجب تسریع گذار به اقتصاد چرخشی می‌گردند (بوکر و همکاران، ۲۰۲۵، ۱۵۹۶).^۲

اقتصاد چرخشی به‌دنبال طراحی نظام‌هایی است که در آنها استفاده از منابع طبیعی به حداقل رسیده و ارزش مواد و انرژی در طول چرخه عمر محصول حفظ شود، در این راستا، «فناوری‌های سبز» به‌عنوان مجموعه‌ای از نوآوری‌ها و فرایندهای فناورانه که با هدف کاهش اثرات زیست‌محیطی توسعه می‌یابند (گیسودورفر و همکاران، ۲۰۱۷) مکملی ضروری در پیاده‌سازی اصول چرخشی بوده و نقش مهمی در تسهیل گذار به اقتصاد چرخشی ایفا می‌کند که از این میان می‌توان به فرایندهای کم‌مصرف، مواد زیست‌تخریب‌پذیر و سیستم‌های هوشمند مدیریت منابع اشاره نمود (چن و همکاران، ۲۰۲۰). هم‌زمان «فناوری‌های دیجیتال سبز» نظیر اینترنت اشیا، بلاک‌چین و هوش مصنوعی نیز ابزارهای کلیدی برای رهگیری، ارزیابی و بهینه‌سازی چرخه مواد و انرژی در زنجیره‌های تأمین چرخشی به‌شمار می‌روند (سوچک و همکاران، ۲۰۲۱، ۳۶۸۸).

تبیین مفاهیم و اهمیت اقتصاد چرخشی و مرور این مضامین پایه‌ای و میزان ارتباط و اثرگذاری آنها بر حوزه اقتصاد چرخشی نه‌تنها ادبیات علمی را غنی می‌کند بلکه برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و سیاستی در حوزه اقتصاد چرخشی نیز مبنای قابل اتکایی فراهم می‌سازد و مسیر حرکت به سوی توسعه پایدار را روشن‌تر می‌کند. در سطح بین‌المللی، ادبیات پژوهشی گسترده‌ای با عنوان اقتصاد چرخشی و مفاهیم پیرامون آن انجام گرفته است. از جمله گیسودورفر و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله «اقتصاد چرخشی، پارادایم جدید پایداری» به معرفی اقتصاد چرخشی به‌عنوان الگوی نوین توسعه پایدار پرداخته و این رویکرد را فراتر از مدیریت پسماند دانسته که می‌تواند به بازطراحی کل زنجیره ارزش منجر شود. مرلی و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله «رویکرد پژوهشگران به اقتصاد چرخشی - یک مرور نظام‌مند» رویکردهای علمی به اقتصاد چرخشی را مرور کرده و نشان داده‌اند که این حوزه هنوز در حال تکامل مفهومی بوده و نیازمند انسجام نظری است. لودک و همکارانش در سال ۲۰۱۹ در مقاله «مرور و گونه‌شناسی الگوهای مدل‌های کسب‌وکار اقتصاد چرخشی» تحلیل مورفولوژیکی بر روی شش مدل کسب‌وکار کلان چرخشی انجام داده و دامنه این مدل‌های کسب‌وکار را به‌صورت مقایسه‌پذیر دسته‌بندی کرده‌اند تا خلأها یا ابهامات موجود در ادبیات فعلی این حوزه مشخص گردد. کیچر و همکارانش در سال ۲۰۱۹ در مقاله‌ای با عنوان «مفاهیم اقتصاد چرخشی، تحلیل ۱۱۴ تعریف»

1. Chen et al.

2. Bückner et al.

به ایجاد شفافیت درباره نحوه درک مفهوم CE از طریق بررسی نظام‌مند ۱۱۴ تعریف مختلف از اقتصاد چرخشی پرداخته و نشان می‌دهند که این تکرر مفهومی، یکی از چالش‌های نظری مهم در ادبیات CE بوده که ممکن است به فروپاشی مفهوم منجر شود. مورای و همکاران در ۲۰۱۷ در مقاله «اقتصاد چرخشی، بررسی میان‌رشته‌ای مفهوم و کاربرد در سطح جهانی» عنوان نمودند که اقتصاد چرخشی هنوز یک چارچوب مفهومی نوپا و پراکنده است و برداشت‌های متفاوتی از آن در حال شکل‌گیری است که نیازمند تعاریف منسجم‌تر، سیاست‌های یکپارچه‌تر و تغییرات سیستمی در سطح جهانی است. برسانلی و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله «چالش‌های بازطراحی زنجیره تأمین برای اقتصاد چرخشی، مرور ادبیات و مطالعه موردی چندگانه» به چالش‌های بازطراحی زنجیره تأمین اقتصاد چرخشی می‌پردازد. فراسو و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله «مدل‌های کسب‌وکار اقتصاد چرخشی، وضعیت پژوهش و مسیرهای پیش‌رو» با استفاده از روش علم‌سنجی و تحلیل شبکه‌ای ضمن بررسی ۲۵۳ مقاله، به یک چارچوب مفهومی جهت نشان دادن رابطه بین اقتصاد چرخشی و مدل کسب‌وکار می‌پردازد. سوچک و همکارانش در ۲۰۲۱ در مقاله‌ای با عنوان «نوآوری و اقتصاد چرخشی، بررسی یک ادبیات سیستماتیک» با استفاده از مرور نظام‌مند و روش‌های تحلیل علم‌سنجی، ارتباط میان نوآوری و اقتصاد چرخشی را از دیدگاه شرکتی مورد بحث قرار می‌دهند. اما با وجود تمامی تحقیقات صورت گرفته در این حوزه، اجماع نظری مشخصی درخصوص مرزهای مفهومی، اقتصاد چرخشی وجود ندارد (موراگا و همکاران، ۲۰۱۹، ۴۵۴).^۱ برخی از مطالعات تنها به ابعاد خاصی از کارکردهای مفهومی می‌پردازد که اغلب فاقد یک مدل یکپارچه برای تبیین رابطه آشکار میان اقتصاد چرخشی و توسعه پایدار، سیاست‌های کلان و فناوری‌های روز هستند. همچنانکه برخی دیگر صرفاً بر جنبه‌های فنی و مهندسی اقتصاد چرخشی تمرکز داشته و ابعاد رفتاری، فرهنگی و نهادی کمتر موردتوجه قرار گرفته‌اند (مورای و همکاران، ۲۰۱۷).^۲ بعضی اقتصاد چرخشی را مجموعه‌ای از رفتار مصرف‌کننده و سیاست‌های نهادی می‌دانند (مورسلو، ۲۰۲۰) و بعضی دیگر آن را به مثابه چارچوبی چندبعدی و پویا تلقی می‌کنند که در آن مفاهیم پایداری و نوآوری فناورانه نقش‌آفرینی می‌کند (مرلی و همکاران، ۲۰۱۸).

بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که بیش از ۱۰۰ تعریف مختلف از اقتصاد چرخشی در ادبیات وجود دارد که هر یک بر جنبه‌ای خاص از این مفهوم تأکید دارند (کیچر و همکاران، ۲۰۱۷، ۲۲۳).^۳ منتقدان معتقدند CE به یک اصطلاح مبهم و «چندمعنا» تبدیل شده است که هم یک دیدگاه قانع‌کننده و هم یک مفهوم مورد مناقشه است، (موراگا و همکاران، ۲۰۱۹). درست مانند انتقادهایی که پیش‌تر به «توسعه پایدار» و «اقتصاد سبز» وارد بود. اگرچه این ابهام مفهومی و تنوع در تعاریف به‌درستی در پژوهش‌ها مطرح شده است، اما تاکنون ساختار دانش، روابط میان مفاهیم، مسیرهای تکامل موضوعی و پیوندهای درونی حوزه به‌صورت کمی و مبتنی بر داده ترسیم نشده است. مرورهای نظام‌مند موجود عمدتاً بر تحلیل کیفی متون تمرکز داشته‌اند و قادر نیستند الگوهای پنهان، شبکه‌های مفهومی، محورهای تحول موضوعی و جایگاه دقیق هر خوشه دانشی را آشکار کنند. این امر نه تنها مانع از توسعه شاخص‌های سنجش یکپارچه شده است بلکه فرآیند اجرای این رویکرد را نیز با چالش‌هایی مواجه کرده است (کیچر و همکاران، ۲۰۱۷).

1. Moraga

2. Murray et al.

3. Kirchherr et al.



از این رو مطالعه حاضر جهت رفع این ابهامات و با هدف تحلیل ادبیات اقتصاد چرخشی و تحولات چندلایه آن، به ترسیم تصویری جامع از وضعیت موجود ادبیات پرداخته تا نشان دهد چگونه اقتصاد چرخشی به عنوان یک پارادایم نوین توسعه پایدار با مفاهیم همگرا پیوند خورده است. جهت تحقق این امر رویکردی مورد نیاز است که بتواند کل بدنه ادبیات را به صورت داده محور، شبکه‌ای و تصویری بررسی کند. روش «علم‌سنجی» با تکیه بر تحلیل هم‌واژگانی، ترسیم نقشه‌های موضوعی، خوشه‌بندی و تحلیل تکامل زمانی، این امکان را فراهم می‌کند که ضمن شناسایی ساختار دانش اقتصاد چرخشی، شکاف‌های مفهومی با دقت تعیین شده و مسیرهای توسعه آینده ترسیم گردد و به این سوال پاسخ دهد که «روندهای مفهومی، مضامین محوری و تحولات کلیدی اقتصاد چرخشی کدام‌اند؟»

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها:^۱ داده‌های این پژوهش از پایگاه «Web of Science Core Collection» استخراج شد. راهبرد جستجو بر اساس عبارت کلیدی اقتصاد چرخشی به صورت انگلیسی در بخش عنوان^۲ تعریف گردید. این عبارت با هدف تمرکز بر ادبیات اصلی و جلوگیری از ورود اصطلاحات حاشیه‌ای انتخاب شد. بازه زمانی جستجو تا تاریخ استخراج داده‌ها (۲۰۲۵) را در بر می‌گرفت و نوع اسناد محدود به مقالات پژوهشی و مروری بود. در نتیجه این فرایند، ۹۹۱۰ رکورد بازیابی شد. فایل داده‌ها در قالب استاندارد متن دریافت گردید و برای تحلیل از محیط نرم‌افزار علم‌سنجی^۳ و داشبورد تحلیلی^۴ مرتبط با آن استفاده گردید.

پردازش داده‌ها:^۵ در مرحله نخست، داده‌ها از نظر رکوردهای تکراری بر اساس شناسه دیجیتال "DOI"^۶ و عنوان مقاله پاک‌سازی شد. سپس کلیدواژه‌ها با هدف یکسان‌سازی اصطلاحات، ادغام و اصلاح شدند. این مرحله شامل استانداردسازی واژگان مترادف و یکسان‌سازی شکل‌های مفهومی «اقتصاد چرخشی»^۷ بود. برای تحلیل هم‌وقوع واژگان، آستانه حداقل فراوانی تکرار کلیدواژه‌ها بر اساس اندازه پایگاه داده تنظیم شد. در این پژوهش، مقدار حداقل فراوانی واژگان = ۵ تعیین گردید. پس از اعمال این فیلتر، تعداد ۲۵۰ کلیدواژه برای تحلیل نهایی باقی ماندند. تمام مراحل پردازش داده در محیط R و از طریق بسته علم‌سنجی انجام شد. استفاده از اسکریپت‌ها و رویه‌های بازتولیدپذیر این امکان را فراهم می‌کند که پژوهشگران دیگر بتوانند با استفاده از همین داده‌ها و پارامترهای مشخص شده، نتایج را بازتولید کنند.

تحلیل علم‌سنجی:^۸ برای تحلیل ساختار مفهومی ادبیات اقتصاد چرخشی، از مجموعه‌ای از روش‌های علم‌سنجی استفاده گردید: ۱. تحلیل هم‌وقوعی واژگان^۹: شبکه هم‌وقوعی با استفاده از ماتریس کلیدواژه‌ها تشکیل شد. وزن پیوندها بر اساس میزان هم‌ظهوری کلیدواژه‌ها در مقالات مشترک محاسبه گردید. جهت ایجاد مقادیر مقایسه‌پذیر، ماتریس هم‌وقوع با روش «شاخص

1. Data Collection

2. Title

3. Bibliometrix

4. Biblioshiny

5. Data Processing

6. Digital Object Identifier

7. CE = circular economy = circular economies

8. Bibliometric Analysis Techniques

9. Co-word Analysis



انجمنی^۱ نرمال سازی شد. این شاخص، روشی استاندارد در تحلیل های هم‌واژگانی محسوب می‌شود. ۲. الگوریتم خوشه‌بندی^۲: برای شناسایی ساختار خوشه‌ای، از الگوریتم Walktrap استفاده شد که مبتنی بر تصادفی‌گردی^۳ بوده و به دلیل دقت بالا در شناسایی جوامع کوچک و متوسط، برای تحلیل شبکه‌های واژگانی مناسب است. انتخاب این الگوریتم با توجه به ساختار داده‌ها (۲۵۰ کلیدواژه و وزن‌های متنوع پیوندی) انجام شد. ۳. نقشه موضوعی^۴: نقشه موضوعی بر اساس چارچوب مرکزیت-چگالی کالون^۵ با استفاده از تابع thematicMap در داشبورد تحلیلی طراحی گردید. این نقشه خوشه‌ها را در چهار ربع شامل مضامین پیشران^۶، مضامین پایه^۷، مضامین گوشه^۸، مضامین در حال ظهور-افول^۹ دسته‌بندی می‌کند. ۴. تحلیل تکامل مضامین^{۱۰}: تحول مفاهیم در سه بازه زمانی (۲۰۱۹-۲۰۲۰، ۲۰۲۰-۲۰۲۱، ۲۰۲۱-۲۰۲۲) با استفاده از روش «تحلیل هم‌واژگانی با برش‌های زمانی»^{۱۱} انجام شد. این تحلیل نشان داد که ادبیات در دهه‌های اخیر از مفاهیم پایه و زیست‌محیطی به سمت چارچوب‌های فناورانه و مدیریتی پیشرفته حرکت کرده است.

همچنین در ادامه به عملیاتی‌سازی شاخص‌های مرکزیت و چگالی^{۱۲} پرداخته شد. برای محاسبه مرکزیت و چگالی در نقشه موضوعی، از تعاریف مبتنی بر اقتصادسنجی شبکه استفاده شد. مرکزیت، مجموع وزن پیوندهای بین خوشه‌ای^{۱۳} که قدرت ارتباط یک خوشه با سایر مضامین را نمایش می‌دهد و میزان بالای آن نشانگر نقش اتصال‌دهنده و پیشران خوشه در ساختار ادبیات است و چگالی، که میانگین وزن پیوندهای درون خوشه‌ای که میزان انسجام و توسعه درونی خوشه را نشان می‌دهد. هر دو شاخص بر اساس فرمول‌های کلاسیک کالون نرمال‌سازی شدند این نرمال‌سازی موجب می‌شود خوشه‌ها بتوانند در محور افقی (مرکزیت) و محور عمودی (چگالی) نقشه موضوعی به‌درستی و به‌صورت قابل‌تکرار ترسیم شوند. استفاده صریح از این فرمول‌ها و ذکر پارامترهای تحلیل، تکرارپذیری کامل پژوهش را تضمین می‌کند.

یافته‌های تحقیق

بررسی آماری اولیه داده‌ها تصویری کلی از پویایی ادبیات در حوزه اقتصاد چرخشی را ارائه می‌دهد. مجموعه داده‌ها شامل ۹۹۱۰ مقاله منتشرشده در بازه ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ است که از پایگاه WoS استخراج شد. روند انتشار مقالات مرتبط با اقتصاد چرخشی طی بیش از یک دهه گذشته رشد چشمگیری را تجربه کرده است. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، تعداد انتشارات از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶ در سطحی پایین و تقریباً پایدار بوده است. نقطه چرخش اصلی از سال ۲۰۱۷ آغاز می‌شود که با رشد تدریجی مطالعات همراه است. دوره ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ اوج شکوفایی ادبیات را نشان می‌دهد. رفتار نمودار تأیید می‌کند که بیش از ۷۵٪ کل

۱. Association Index

۲. Clustering Algorithm

۳. Random Walks

۴. Thematic Map

۵. Callon's centrality-density

۶. Motor Themes

۷. Basic Themes

۸. Niche Themes

۹. Emerging/Declining Themes

۱۰. Thematic Evolution

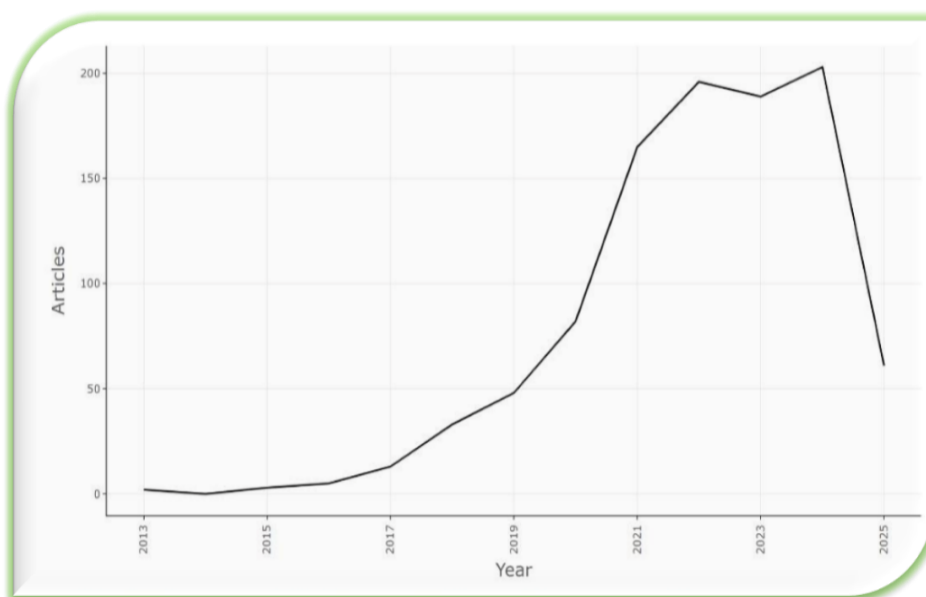
۱۱. Co-word time slicing

۱۲. Operationalization of Centrality and Density

۱۳. inter-cluster links

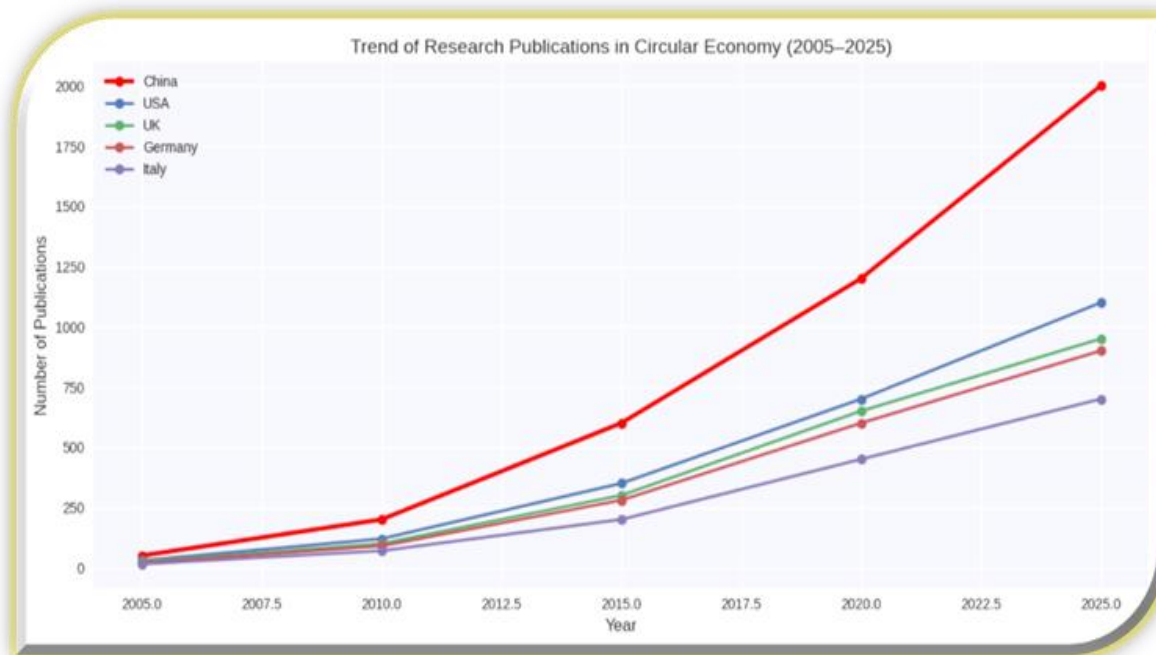


تولیدات علمی این حوزه در فاصله ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ منتشر شده است. بنابراین، اقتصاد چرخشی را می‌توان یکی از سریع‌ترین حوزه‌های در حال رشد در ادبیات پایداری و مدیریت منابع دانست. این جهش هم‌زمان با گسترش سیاست‌های گذار به اقتصاد چرخشی، تقاضای صنایع برای مدل‌های مبتنی بر چرخه منابع و ادغام این مفاهیم با فناوری‌های دیجیتال و صنعت نسل ۴ است. کاهش نسبی مشاهده‌شده در سال ۲۰۲۵ نیز عمدتاً ناشی از ناقص بودن داده‌های سال جاری است و نمی‌تواند به‌عنوان نشانه‌ای از افول ادبیات تلقی شود. با توجه به روند صعودی سال‌های گذشته، انتظار می‌رود با تکمیل داده‌های سال ۲۰۲۵ این کاهش تعدیل شود.



شکل ۱- نمودار توزیع سالانه تولیدات علمی در حوزه اقتصاد چرخشی (۲۰۱۳-۲۰۲۵)

بررسی روند تولیدات علمی کشورها در حوزه اقتصاد چرخشی نیز نشان می‌دهد که آهنگ و شدت این رشد میان کشورها متفاوت است. در این راستا روند تولید مقالات پژوهشی در این حوزه برای ۵ کشور برتر دنیا در میان سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۵ در شکل ۲ بیانگر آن است که چین از سال ۲۰۰۵ اقتصاد چرخشی را به‌عنوان سیاست ملی وارد برنامه‌های پنج‌ساله خود کرد و همین امر سبب رشد سریع مقالات نسبت به سایر کشورها گردید. در بازه‌ی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵، جهش قابل توجهی در تولید مقالات این کشور دیده می‌شود که نشان از سرمایه‌گذاری گسترده در پژوهش‌های این حوزه داشته است و از ۲۰۲۰ با افزایش شکاف با سایر کشورها، این کشور به‌وضوح به عنوان رهبر جهانی در تولید دانش اقتصاد چرخشی معرفی گردید. ایالات متحده، در جایگاه بعدی است که بیشتر بر نوآوری و مدل‌های کسب‌وکار پایدار تمرکز دارد. انگلستان، جایگاه بیشترین تولید در اروپا را با تمرکز بر سیاست‌گذاری و مدل‌های صنعتی بدست آورده است. آلمان با تمرکز بر فناوری‌های بازیافت و بهره‌وری منابع و ایتالیا با تمرکز بر طراحی محصول و زنجیره ارزش پایدار جایگاه‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۲- روند تولید علمی کشورها در حوزه اقتصاد چرخشی را در دوره ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۵

در ادامه تحلیل‌های بخش روش‌شناسی به همراه تفسیر نتایج نرم‌افزار و مقایسه با یافته‌های پیشین ارائه می‌گردد:

تحلیل ابرواژگان^۱

ابرواژگان نشان می‌دهد که «اقتصاد چرخشی» مرکز ثقل ادبیات است و سایر کلیدواژه‌ها حول چهار محور عمده سازمان‌یافته‌اند (شکل ۳):

محور اول زیست‌محیطی / عملیاتی که شامل «مدیریت پسماند^۲، بازیافت^۳، بهره‌وری منابع^۴ و ارزیابی چرخه عمر^۵» بوده و بنیان عملیاتی ادبیات را شکل می‌دهد و بر مدیریت مواد، کاهش ضایعات و کارایی منابع تمرکز دارد. محور دوم سیستمی / نهادی است که دربرگیرنده «پایداری محیط‌زیست^۶، شاخص‌ها^۷، سیاست^۸، موانع^۹، توسعه پایدار^{۱۰}» است و نشان می‌دهد که اقتصاد چرخشی در سطح کلان با مسائل حکمرانی، طراحی سیاست و چالش‌های نهادی گره خورده است. محور سوم شامل فناوری‌های دیجیتال همچون «صنعت نسل ۴^{۱۱}، دیجیتالی‌سازی^{۱۲}، اینترنت اشیاء^{۱۳}، بلاک‌چین^{۱۴}» است که بیانگر نقش روزافزون فناوری

- 1 . word cloud
- 2 . waste management
- 3 .recycling
- 4 . resource efficiency
- 5 . life cycle assessment
- 6 . sustainability
- 7 . indicators
- 8 . policy
- 9 . barriers
- 10 . sustainable development
- 11 . industry 4.0
- 12 . digitalization
- 13 . internet of things
- 14 . blockchain



در تسهیل سنجش، ردیابی و اجرای اقتصاد چرخشی است. در کنار این جریان‌ها، خوشه‌ی مدیریتی-بازاری با حضور پررنگ «مدل کسب‌وکار چرخشی»^۱، لجستیک معکوس^۲، مدیریت زنجیره تأمین^۳ «نشان می‌دهد که ادبیات به‌طور فزاینده به سمت عملیاتی کردن اقتصاد چرخشی پیش می‌رود و نهایتاً، مجموعه‌ای از واژگان تخصصی‌تر مانند «همزیستی صنعتی»^۴، اقتصاد زیستی^۵، هضم بی‌هوازی^۶، پسماند غذایی^۷، بازیابی منابع^۸» که بیشتر در حوزه‌های زیستی و فناوری‌های سبز جای داشت و با آنکه در حاشیه‌اند اما ظرفیت ادغام جریان‌های اصلی را دارند.

کلیدواژه «چین» در مرکز ابرواژگان و همچنین در ربع مضامین پیشران نقشه موضوعی برجسته است. این برجستگی صرفاً بازتاب فراوانی پژوهش نیست، بلکه این کشور با گنجاندن اقتصاد چرخشی در برنامه‌های پنج‌ساله، سرمایه‌گذاری گسترده دولت در مدیریت ضایعات و بازیافت و تدوین قوانین سخت‌گیرانه محیط‌زیستی توانسته است در اجرای اقتصاد چرخشی در مقیاس شهری و صنعتی، نیز پیشگام باشد.



شکل ۳- ابرواژگان

نقشہ موضوعی

نقشه موضوعی بر اساس چارچوب مرکزیت-چگالی کالون ترسیم شد که بر اساس موقعیت خوشه‌ها به ۴ مضامین محوری و یک مضمون میان‌محوری تقسیم شد: مضامین پیشران: اصطلاحات «مدیریت اقتصاد چرخشی و مدیریت پسماند» دارای مرکزیت بالا و چگالی قابل توجه که محرک اصلی توسعه دانش بوده و ارتباط قوی با سایر حوزه‌ها دارند. مضامین پایه: «بازیافت، موانع، چارچوب پایداری محیط‌زیست» ریشه‌های نظری حوزه بوده و اگرچه گسترده‌اند اما به‌تنهایی پیشران تحول محسوب نمی‌شوند. مضامین گوشه: خوشه‌های تخصصی مانند «هضم بی‌هوازی و زغال‌زیستی و تصفیه‌خانه زیستی» دارای چگالی بالا و

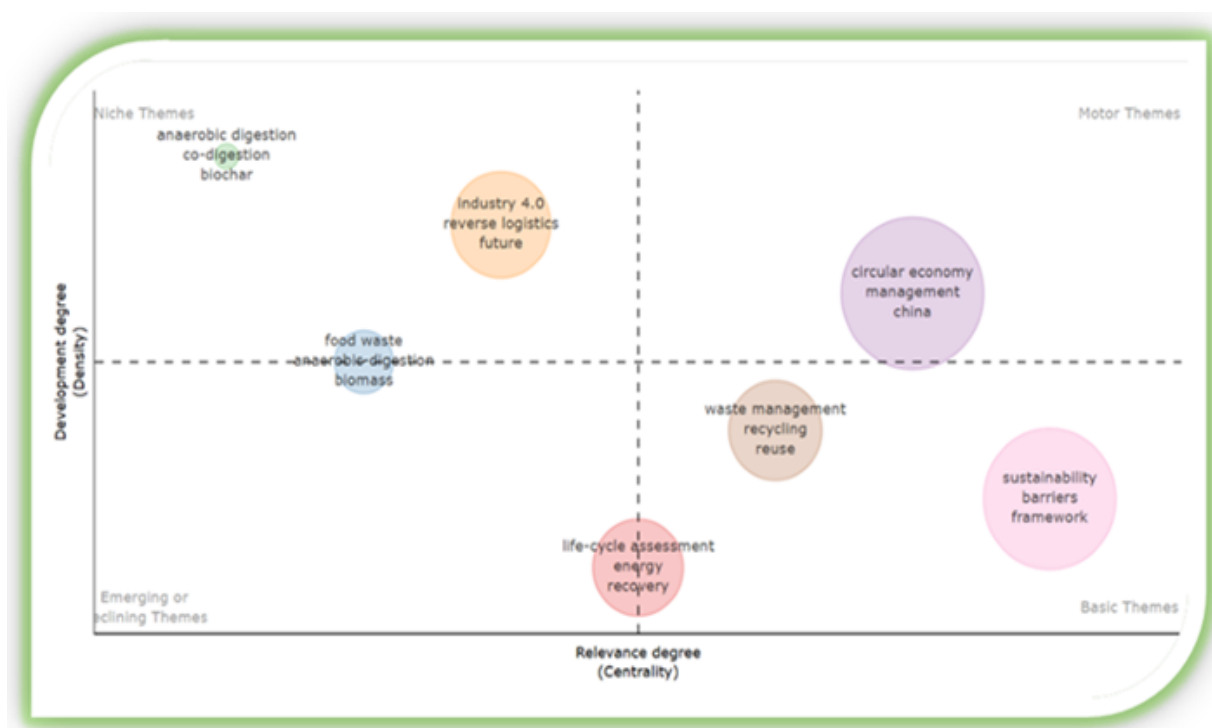
¹ . circular business model² . reverse logistics³ . supply chain management⁴ . Industrial Symbiosis

⁵ .bjoeconomy

⁶, anaerobic digestion⁷ food waste

⁸ . resource recovery

مرکزیت پایین که بیانگر استقلال نسبی و تخصصی بودن آن‌هاست. مضامین در حال ظهور/افول: خوشه‌هایی مانند «پسماند غذا و زیست توده» در وضعیت گذار هستند. برخی در حال ادغام با جریان اصلی و برخی در مسیر کاهش اهمیت. مضامین میان‌ربعی: مفاهیمی مانند صنعت نسل ۴ و ارزیابی چرخه عمر در مرز میان ربع‌ها قرار دارند. این موقعیت سه پیامد مهم دارد: نقش پل‌گونه: این مفاهیم میان حوزه‌های فناورانه و حوزه‌های سیاست‌گذاری/عملیاتی پیوند ایجاد می‌کنند. پتانسیل گذار به مضامین پیشران که با افزایش استفاده از هوشمندسازی، ردیابی دیجیتال و ارزیابی چرخه عمر در اقتصاد چرخشی، احتمالاً به سمت ربع مضامین پیشران حرکت می‌کنند و نشانه‌ای از بلوغ علمی، وقتی مفهومی در دو ربع جای می‌گیرد به این معناست که در چند جریان علمی به‌طور هم‌زمان اثرگذار است. این نشانه یک موضوع «مبنا برای آینده پژوهش» است (شکل ۴).

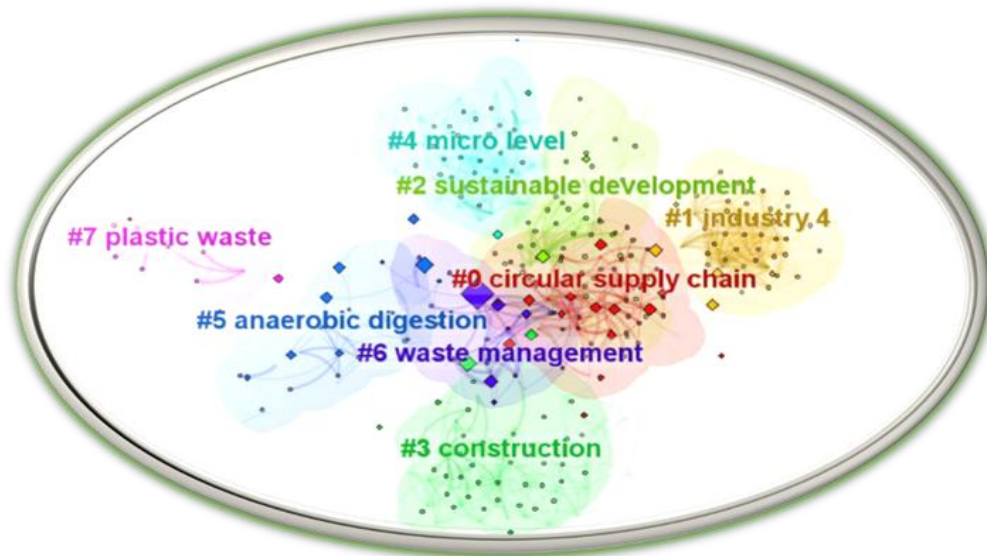


شکل ۴- نقشه موضوعی

در ادامه تحلیل ساختار مفهومی ادبیات، خروجی خوشه‌بندی ابزار CiteSpace نیز مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۵) تا شبکه‌ای از مضامین هم‌پیوند و الگوی سازمان‌یابی موضوعات در سطح کلان آشکار شود. نقشه خوشه‌ای تولیدشده، ساختار مفهومی ادبیات اقتصاد چرخشی را با وضوح بالایی نمایش می‌دهد و مشخص می‌کند که پژوهش‌ها چگونه در قالب چند جریان محوری سازمان یافته‌اند. خوشه مرکزی #0 پرچگالی‌ترین و به‌هم‌پیوسته‌ترین بخش شبکه است و بیان می‌کند که «زنجیره تامین چرخشی» هسته نظری ادبیات را تشکیل می‌دهد و بیشترین ارتباطات بین خوشه‌ای را به خود اختصاص داده است. در کنار آن، خوشه #۱ «صنعت نسل ۴» را به‌عنوان یک موتور تحول‌آفرین ظاهر می‌کند. جایی که دیجیتال‌سازی، اینترنت اشیا و تحلیل داده به‌صورت مستقیم با چرخه‌پذیری پیوند خورده و ادبیات نوظهور را شکل می‌دهند. خوشه #2 «توسعه پایدار» رویکرد کلان سیاستی و نسبت اقتصاد چرخشی با اهداف توسعه پایدار را بازتاب می‌دهد، در حالی که خوشه #4 بر رفتار مصرف‌کننده، تصمیم‌گیری بنگاهی و مدل‌های کسب‌وکار در سطح خرد تاکید دارد. در بعد کاربردی، خوشه #3 نشان می‌دهد که صنعت



ساخت‌وساز^۱ یکی از اصلی‌ترین حوزه‌های پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی است. خوشه‌های #5 بر فناوری‌های زیستی مانند هضم بی‌هوازی، خوشه #6 بر مدیریت پسماند و خوشه #7 بر پسماند پلاستیک^۲ تاکید داشته و بعد پسماند‌محور ادبیات را تشکیل می‌دهند. نزدیکی خوشه‌ها در مرکز شبکه به‌ویژه میان زنجیره تامین چرخشی، صنعت نسل ۴ و مدیریت پسماند نشان‌دهنده آن است که ادبیات پیشرو، موضوعات را نه به‌صورت منفرد بلکه در قالب یک منظومه به‌هم‌تنیده از فناوری، سیاست‌گذاری و مدیریت چرخه‌پذیر بررسی می‌کند.



شکل ۵- نقشه شبکه‌ای خوشه‌های مفهومی ادبیات اقتصاد چرخشی (تحلیل CiteSpace)

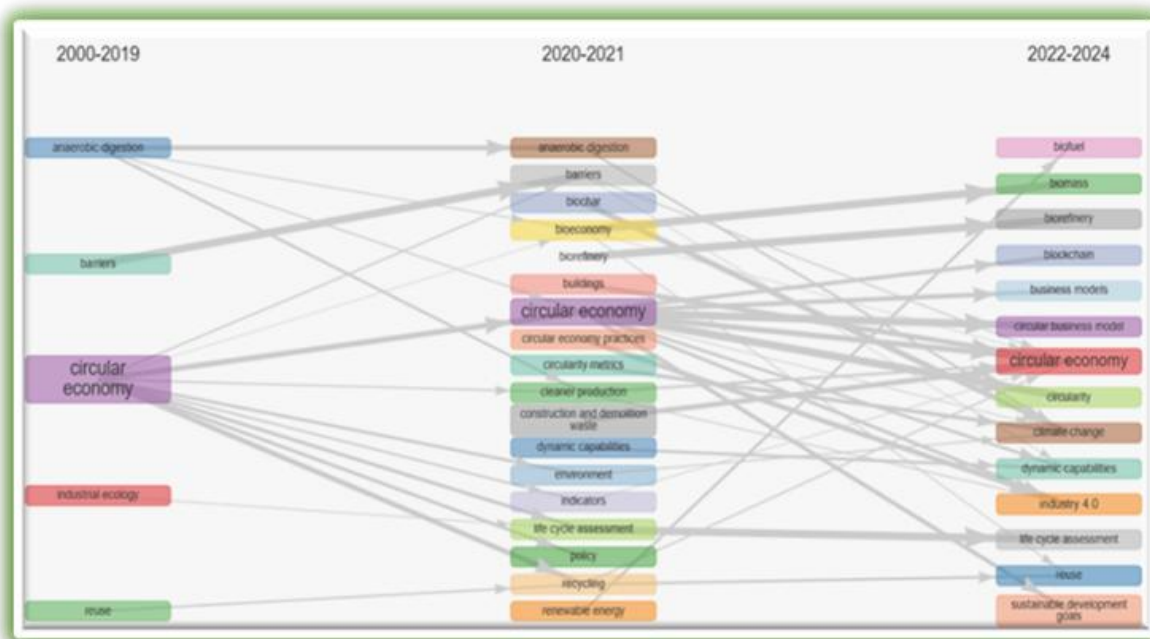
تکامل موضوعی^۳

این روش نشان می‌دهد که تحول موضوعی اقتصاد چرخشی در سه مقطع زمانی، یک گذار تدریجی از مفاهیم پایه‌ای به چارچوب‌های پیچیده‌تر و فناورانه را آشکار می‌کند. در بازه ۲۰۰۰-۲۰۱۹، شکل‌گیری مفاهیم پایه رخ داده است. اقتصاد چرخشی همراه با بوم‌شناسی صنعتی، استفاده مجدد و فناوری‌های زیستی مانند هضم بی‌هوازی بنیان اولیه ادبیات را تشکیل داد. در بازه سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۲۱، گذار به مرحله سنجش و سیاست‌گذاری انجام گرفته است. انرژی‌های تجدیدپذیر، سیاست‌گذاری، معیارهای چرخشی و شاخه‌های تخصصی‌تر اقتصاد چرخشی پدیدار شده‌است و نهایتاً در بازه ۲۰۲۲-۲۰۲۴، با چشمگیرتر شدن ادغام خوشه‌ها «اقتصاد چرخشی» همچنان محور مرکزی باقی مانده اما با شاخه‌های نوظهور مانند «مدل کسب و کار چرخشی، قابلیت‌های پویا، صنعت نسل ۴» ادغام گردیده و پیوند مستقیمی با توسعه پایدار و تغییرات اقلیمی پیدا کرده است. همچنین خوشه‌های منشعب‌شده از قبل مانند زغال‌زیستی یا پالایشگاه‌زیستی اکنون در کنار موضوعاتی مانند بلاکچین و مدل کسب و کار قرار گرفته‌اند (شکل ۶).

۱. construction

۲. plastic waste

۳. Thematic Evolution



شکل ۶- تکامل موضوعی

این سیر تکاملی نشان می‌دهد که ادبیات اقتصاد چرخشی در دو دهه اخیر از تمرکز صرف بر بازیافت و مدیریت زیستی به سمت یک چارچوب سیستمی چندوجهی حرکت کرده است. این روند همسو با مطالعاتی است که به‌عنوان یک رویکرد تحول‌آفرین برای بازطراحی نظام‌های تولید و مصرف در ارتباط با اهداف توسعه پایدار اقدام می‌نمایند.

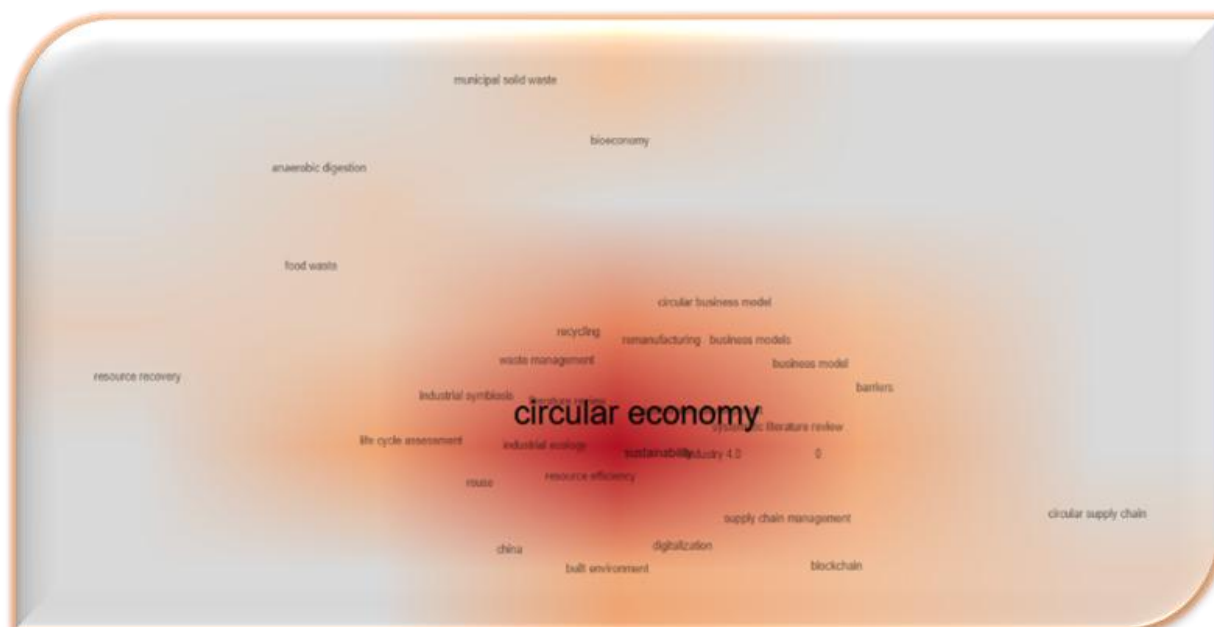
تحلیل هم‌وقوعی واژگان^۱

در این روش، هرچه واژگان بیشتر در مقالات مشترک ظاهر شوند، وزن ارتباط آن‌ها بیشتر خواهد بود و هسته‌های دانشی شکل می‌گیرند (کالون و همکاران، ۱۹۹۱). این روش از طریق شیوه نرمال‌سازی و خوشه‌بندی، سه خوشه اصلی را آشکار ساخت: خوشه مرکزی (جریان عملیاتی-زیست‌محیطی): این خوشه، هسته عملیاتی اقتصاد چرخشی را تشکیل می‌دهد که نشان‌دهنده جایگاه آن به‌عنوان چارچوب اصلی عملیاتی‌سازی است. در مرکز ثقل نقشه، واژه «اقتصاد چرخشی» به‌عنوان پرکاربردترین و پیونددهنده‌ترین کلیدواژه عمل می‌کند. پیرامون آن خوشه‌ای متراکم از مفاهیم مکمل دیده می‌شود شامل «بازیافت، مدیریت پسماند، بوم‌شناسی صنعتی و ارزیابی چرخه عمر» است. خوشه مدیریتی-سیاستی: شامل «سیاست‌گذاری، پایداری محیط زیست، شاخص‌ها، مدل کسب و کار و لجستیک معکوس» است که در لایه بعدی قرار گرفته‌اند و نشان می‌دهند اقتصاد چرخشی به سمت یک چارچوب میان‌رشته‌ای با محوریت مدیریت منابع و سیاست‌گذاری پایدار در حرکت است و خوشه فناورانه: شامل، حوزه‌های تخصصی‌تر مانند «دیجیتالی‌سازی، صنعت نسل ۴، بلاکچین و مدیریت زنجیره تامین» که در حاشیه شبکه جای گرفته‌اند که بیشتر به جنبه‌های فناورانه مربوط بوده و با وجود اهمیت تخصصی، ارتباط کمتری با هسته اصلی دارند. (شکل ۷) بر اساس این شکل می‌توان ادعا نمود، که ادبیات اقتصاد چرخشی در حال حاضر به‌طور هم‌زمان دو مسیر اصلی را دنبال می‌کند. مسیر نخست، تمرکز بر حوزه‌های سنتی و تثبیت‌شده مانند «مدیریت پسماند و بازیافت» و «اکولوژی صنعتی» که بنیان‌های

^۱ . Co-occurrence Network



مفهومی را شکل داده‌اند. مسیر دوم، ادغام با مفاهیم نوین مدیریتی و فناوریانه همچون «مدل‌های کسب کار چرخشی، دیجیتالی‌سازی و صنعت نسل ۴» است که نشان‌دهنده گذار این حوزه به سطحی میان‌رشته‌ای و کاربردی‌تر است. در عین حال، حوزه‌های تخصصی‌تر مانند «هضم بی‌هوازی و اقتصادزیستی» نیز در حال ایفای نقش به‌عنوان شاخه‌های پشتیبان هستند. این روند همسو با مطالعات پیشین است که تأکید می‌کنند اقتصاد چرخشی دیگر صرفاً یک رویکرد زیست‌محیطی نیست، بلکه چارچوبی برای تحول سیستمی در زنجیره‌های ارزش، نوآوری فناوریانه و حکمرانی پایدار محسوب می‌شود.



شکل ۷- هم‌رویدادی (هم‌وقوع)

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با تحلیل نزدیک به ده‌هزار سند پژوهشی و با بهره‌گیری از رویکرد علم‌سنجی، تصویری نظام‌مند، کمی و مبتنی بر داده از تحول دانش اقتصاد چرخشی ترسیم کرد. در این پژوهش، تحلیل هم‌واژگانی، ترسیم نقشه‌های موضوعی، خوشه‌بندی شبکه‌ای، و بررسی تکامل زمانی مضامین به‌صورت یک چارچوب یکپارچه به‌کار گرفته شد تا نه تنها ساختار مفهومی حوزه، بلکه مسیرهای تحول، خوشه‌های پژوهشی و نقاط اوج و افت موضوعات نیز آشکار شود. تلفیق این روش‌ها موجب شد روندهای مفهومی، ساختارهای هسته‌ای و جریان‌های نوظهور در ادبیات اقتصاد چرخشی به‌صورت دقیق و قابل‌اتکا شناسایی شوند. برآیند این تحلیل‌ها نشان می‌دهد که ادبیات اقتصاد چرخشی طی دو دهه اخیر از یک رویکرد زیست‌محیطی متمرکز بر مدیریت پسماند و چرخه مواد، به یک چارچوب میان‌رشته‌ای و تحول‌آفرین ارتقا یافته است. چارچوبی که پیوندهای عمیقی با فناوری‌های دیجیتال، مدل‌های کسب‌وکار نوآورانه، سیاست‌گذاری کلان و ساختارهای حکمرانی پایدار برقرار کرده است. این گذار، تغییر جهت ادبیات از «مدیریت منابع» به «طراحی سیستم‌های چرخشی»، «ارزیابی چرخه عمر»، «منطق چرخش‌پذیری در زنجیره تأمین» و «یکپارچه‌سازی فناوری با توسعه پایدار» را روشن می‌سازد. تحلیل خوشه‌ای، نقشه موضوعی و شبکه هم‌وقوعی نشان می‌دهد که اقتصاد چرخشی امروز دیگر تنها یک راهبرد محیط‌زیستی نیست بلکه به‌عنوان یک سیستم کلان، در تقاطع سیاست- فناوری-



رفتار مصرف‌کننده و نوآوری صنعتی قرار گرفته است. همین تحول، ضرورت بازنگری در نقش بازیگران مختلف از صنایع تولیدی و خدماتی گرفته تا سیاست‌گذاران، شهرها و مصرف‌کنندگان را برجسته می‌سازد. بر این اساس، «مضامین محوری اقتصاد چرخشی» که از تلفیق تمام تحلیل‌ها استخراج شده‌اند، در جدول شماره ۱ ارائه شده‌است:

جدول ۱- مضامین محوری اقتصاد چرخشی بر اساس تحلیل علم‌سنجی

دسته مضمون	مضامین محوری	توضیح کاربردی / اهمیت
مضامین پیشران	مدیریت اقتصاد چرخشی مدیریت پسماند	مضامین راهبردی با بیشترین تأثیر، هدایت‌کننده جریان اصلی پژوهش و سیاست.
مضامین پایه	چارچوب‌های پایداری موانع بازیافت	مفاهیم بنیادینی که مبنای نظری اقتصاد چرخشی را تشکیل می‌دهند و در سطح سیاست‌گذاری اهمیت دارند.
مضامین گوشه	هضم بی‌هوازی زغال‌زیستی تصفیه‌خانه زیستی	حوزه‌های تخصصی با چگالی بالا اما ارتباط کمتر، پتانسیل ادغام با صنایع کشاورزی، زیستی و پتروشیمی را دارد.
مضامین نوظهور/افول	ضایعات غذایی زیست‌توده صنعت ۴.۰	موضوعات در حال گذار که می‌توانند به‌عنوان محورهای آینده پژوهش و سیاست‌گذاری مورد توجه قرار گیرند.
مضامین میان‌ربعی	بلاک‌چین دیجیتالی شدن ارزیابی چرخه عمر	مضامینی که فناوری‌های دیجیتال و ابزارهای سنجش را با اقتصاد چرخشی پیوند می‌دهند و آینده پژوهش و صنعت را شکل می‌دهند.

این تحول چندلایه پیامدهای مهمی برای کشورهایی مانند ایران دارد که با محدودیت منابع، بحران آب و ساختار اقتصادی متکی بر صنایع انرژی‌بر و پتروشیمی مواجه‌اند. یکی از یافته‌های اصلی این پژوهش، نقش مضامین سیاست‌محور و مدیریتی از جمله «اقتصاد چرخشی، مدیریت پسماند، چارچوب توسعه پایدار، موانع» به‌عنوان هسته پیشران توسعه ادبیات است که با شرایط ایران نیز هم‌پوشانی قابل توجهی دارند. برای مثال: مضامینی همچون ارزیابی چرخه عمر و بهره‌وری منابع نشان می‌دهند که پژوهش‌های جهانی به دنبال کارایی و اثربخشی عملکرد حرکت کرده است. این موضوع برای ایران که با بحران آب، فرسایش خاک و مصرف غیربهرینه انرژی روبه‌روست، اهمیت استراتژیک دارد و می‌تواند چارچوبی برای طراحی سیاست‌های مبتنی بر سنجش و ارزیابی باشد. همچنین، خوشه‌های فناورانه مانند «هضم بی‌هوازی و زغال‌زیستی، اقتصادزیستی و بازیابی منابع» مسیرهایی را نشان می‌دهند که در صنایع نفت و گاز ایران نیز قابل استفاده‌اند. تبدیل مواد زائد پتروشیمی به انرژی و محصولات زیستی می‌تواند مصداقی از اقتصاد چرخشی در ایران باشد. به علاوه، برجستگی مضامینی مانند «مدیریت پسماند و بازیافت» در ادبیات جهانی، ضرورت طراحی مدل‌های جدید مدیریت پسماند در ایران را نشان می‌دهد به‌ویژه در شهرهای بزرگ مانند تهران که با بحران زباله، شیرابه و دفن غیراستاندارد روبه‌رو هستند. در توضیح اهمیت پیوند اقتصاد چرخشی با فناوری‌های دیجیتال یکی از نکات مهم نقشه موضوعی، قرارگیری اصطلاحات فناورانه در موقعیت میان‌ربعی است. یعنی این مضامین نه تنها در جریان اصلی قرار دارند، بلکه نقش پل‌گونه میان مضامین فناورانه و سیاستی ایفا می‌کنند. این موقعیت نشان می‌دهد که آینده اقتصاد چرخشی به شکل فزاینده‌ای وابسته به فناوری‌های دیجیتال است. مانند: بلاکچین که می‌تواند شفافیت زنجیره تأمین را افزایش دهد و امکان ردیابی مواد را فراهم سازد. این قابلیت در صنایع غذایی، پتروشیمی و قطعات خودرو در ایران کاربرد بالایی خواهد



داشت و اینترنت اشیا که امکان پایش هوشمند مواد، انرژی و آب را فراهم می‌کند و می‌تواند در شهرهای هوشمند ایران مورد استفاده قرار گیرد و صنعت نسل ۴ و دیجیتالی سازی که قادرند چرخه عمر محصولات را شبیه‌سازی کرده و هزینه‌ها و ضایعات را کاهش دهند. اگرچه مضامینی چون «هضم بی‌هوازی و زغال‌زیستی و تصفیه‌خانه زیستی» در لایه‌های بیرونی‌تر شبکه قرار گرفته‌اند، اما این طیف از مفاهیم در صنایع غذایی، کشاورزی و فناوری‌های زیستی ایران ظرفیت بالایی برای توسعه دارند. تلفیق این حوزه‌ها با سیاست‌های مدیریت پسماند شهری، می‌تواند مدل‌های جدید اقتصاد زیستی را در کشور شکل دهد و همسو با اهداف توسعه ملی و بین‌المللی و با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، بهره‌وری انرژی را افزایش داده و شغل‌های سبز ایجاد کند. با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی بر استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی فضایی داده‌های مقطعی - زمانی برای آزمون تجربی تأثیر مضامین نوظهور بر عملکرد اقتصادی (بهره‌وری یا اشتغال سبز) متمرکز شود. همچنین نقش ابزارهای مالی نوین در تسهیل‌گری اقتصاد چرخشی مورد ارزیابی قرار گیرد. به علت آنکه تمرکز منابع عمدتاً بر صنایع تولیدی، ساخت‌وساز، و زنجیره تأمین است و بخش خدمات (مثل گردشگری، آموزش، فناوری اطلاعات) مغفول مانده است، تحلیل پتانسیل اقتصاد چرخشی در صنایع خدماتی مانند گردشگری یا خدمات دیجیتال می‌تواند حائز اهمیت باشد. بررسی تأثیر آگاهی و رفتار مصرف‌کننده در تحقق اقتصاد چرخشی در یک کشور یا صنعت خاص نیز ضروری به نظر می‌رسد. همچنین انجام مطالعات تطبیقی سیاست‌های اقتصاد چرخشی در ایران و کشورهای مشابه نیز پیشنهاد می‌گردد.

منابع

- Adams, K. T., Osmani, M., Thorpe, T., & Thornback, J. (2017). Circular economy in construction: Current awareness, challenges and enablers. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Waste and Resource Management*, 170(1), 15–24. <https://doi.org/10.1680/jwarm.16.00011>
- Bressanelli, G., Perona, M., & Saccani, N. (2019). Challenges in supply chain redesign for the circular economy: A literature review and a multiple case study. *International Journal of Production Research*, 57(23), 7395–7422. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1542176>
- Bücker, C., Pantel, J., Geissdoerfer, M., Bhattacharjya, J., & Kumar, M. (2025). Digital technologies as enablers of the circular economy: An empirical perspective on the role of companies in driving customer behaviour change. *R&D Management*, 55(2), 1595–1633. <https://doi.org/10.1111/radm.12762>
- Callon, M., Courtial, J. P., Turner, W. A., & Bauin, S. (1991). From translations to problematic networks: An introduction to co-word analysis. *Social Science Information*, 30(2), 191–235. <https://doi.org/10.1177/053901883022002003>
- Chen, T. L., Kim, H., Pan, S. Y., Tseng, P. C., Lin, Y. P., & Chiang, P. C. (2020). Implementation of green chemistry principles in circular economy system towards sustainable development goals: Challenges and perspectives. *Science of the Total Environment*, 716, Article 136998. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136998>
- Ciliberto, C., Szopik-Depczyńska, K., Tarczyńska-Łuniewska, M., Ruggieri, A., & Ioppolo, G. (2021). Enabling the Circular Economy transition: A sustainable lean manufacturing recipe



- for Industry 4.0. *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 3255–3272. <https://doi.org/10.1002/bse.2801>
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of Informetrics*, 5(1), 146–166. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002>
- Ferasso, M., Beliaeva, T., Kraus, S., Clauss, T., & Ribeiro-Soriano, D. (2020). Circular economy business models: The state of research and avenues ahead. *Business Strategy and the Environment*, 29(8), 3006–3024. <https://doi.org/10.1002/bse.2554>
- Ferraz, D., & Pyka, A. (2023). Circular economy, bioeconomy, and sustainable development goals: A systematic literature review. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(44), 98845–98866. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29632-0>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Geng, Y., & Doberstein, B. (2008). Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving ‘leapfrog development’. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 15(3), 231–239. <https://doi.org/10.3843/SusDev.15.3:6>
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., & Rosado, L. (2018). Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Lüdeke-Freund, F., Gold, S., & Bocken, N. M. P. (2019). A review and typology of circular economy business model patterns. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 36–61. <https://doi.org/10.1111/jiec.12763>
- Merli, R., Preziosi, M., & Acampora, A. (2018). How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178, 703–722. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.112>
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., ... & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 452–461. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, Article 104553. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>



- Nikolaou, I. E., Jones, N., & Stefanakis, A. (2021). Circular economy and sustainability: The past, the present and the future directions. *Circular Economy and Sustainability*, 1, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00030-3>
- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017). Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal of Cleaner Production*, 143, 710–718. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.055>
- Suchek, N., Fernandes, C. I., Kraus, S., Filser, M., & Sjögrén, H. (2021). Innovation and the circular economy: A systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 3686–3702. <https://doi.org/10.1002/bse.2834>