



Industrial Symbiosis in Eco-Industrial Parks of Developing Countries: A Review of Challenges, Barriers and Success Factors

Atefe Dehghani^{a*}, Mahdi Soheili^b, Mahdi Homayouni^b, Sajjad Mozaffari^b

^aDepartment of Biology, Faculty of Medical Sciences, Islamic Azad University, Sanandaj Branch, Kurdistan, Iran.

^bDepartment of Environmental Planning, Management and HSE, Aras International Campus, University of Tehran, Tehran, Iran.

*Corresponding Author: atefedehqani1999@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2540-9318>

Article Info

ABSTRACT

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 2026/08/24
Received in revised form:
2026/09/09
Accepted 2026/09/24
Available online: 2026/09/25

Keywords:
Eco-Industrial Park,
Success Factors,
Developing Countries,
Institutional Barriers,
Industrial Symbiosis.

This study aimed to systematically review the challenges, barriers, and success factors of industrial symbiosis in eco-industrial parks of developing countries. Despite extensive research in industrialized countries, developing contexts have remained overlooked in the literature due to institutional voids, weak infrastructure, financial constraints, and specific socio-cultural norms. The study seeks to identify theoretical gaps and propose a context-based model for implementing industrial symbiosis in these countries. A systematic search was conducted in Web of Science, Scopus, Science Direct, and Google Scholar using keywords related to industrial symbiosis, eco-industrial parks, developing countries, and challenges/success factors. Inclusion criteria comprised full peer-reviewed research articles focused on developing countries and written in English or Persian. After two-stage screening (title/abstract and full text) and methodological quality assessment, 35 eligible articles were selected. Data were coded based on a four-dimensional framework (institutional, technical, economic, and socio-cultural) and synthesized using qualitative content analysis. Barriers were identified in four categories: institutional (weak laws, lack of incentive policies, ambiguous ownership), technical (poor infrastructure, data scarcity, limited awareness), economic (high investment costs, high risk, limited access to finance), and socio-cultural (distrust, resistance to change, low social capital). In contrast, four key success factors were identified: the role of facilitators and intermediary institutions, participatory design and trust-building through pilot projects, flexibility in financial models and utilization of foreign investment, and adaptation to local context through the use of indigenous waste streams and anchor industries. The proposed conceptual model rests on four pillars: gradual institutionalization, pilot-orientation, local context adaptation, and stakeholder participation. Copying developed-country experiences without considering local requirements is associated with high failure rates, and success requires stepwise, context-sensitive, and capacity-based design. The findings provide clear policy implications for governments, industrial managers, and international bodies to facilitate the transition toward sustainable eco-industrial parks.

Cite this article: Dehghani, A., Soheili, M., Homayouni, M. & Mozaffari, S. (2026). Industrial Symbiosis in Eco-Industrial Parks of Developing Countries: A Review of Challenges, Barriers and Success Factors. *Strategies of Engineering Sciences and Sustainable Systems Management*, 2(2), 123-136.
<https://doi.org/10.22034/jsesm.2026.598868.1040>

© The Author(s).

Publisher: Iranian Scientific Association of Waste Engineering and Management.

DOI: <https://doi.org/10.22034/jsesm.2026.598868.1040>

Introduction

Increasing resource depletion, climate change, and the accumulation of industrial waste have intensified the need to move beyond linear models of production and consumption toward circular and resource-efficient industrial systems. Industrial symbiosis (IS), which involves the exchange of materials, energy, water, infrastructure, and knowledge among industrial actors, provides an important mechanism for implementing circular economy principles at the industrial ecosystem level. When these interactions are organized within a geographically defined industrial area, they can contribute to the development of eco-industrial parks (EIPs), in which firms and other stakeholders pursue environmental, economic, and social benefits through coordinated resource sharing and collective action. Despite the growing international attention to industrial symbiosis and eco-industrial parks, their implementation in developing countries cannot be considered a simple transfer of models developed in industrialized contexts. Many developing countries are characterized by institutional fragmentation, weak regulatory enforcement, inadequate infrastructure, limited access to finance and technology, informal economic activities, market instability, and context-specific social and cultural conditions. These characteristics influence the formation, coordination, and sustainability of symbiotic relationships and may substantially alter the conditions required for successful EIP development.

Existing literature provides valuable insights into industrial symbiosis; however, evidence concerning the specific barriers and enabling conditions in developing countries remains fragmented across different geographical, industrial, and institutional contexts. This fragmentation limits the development of context-sensitive implementation strategies and may encourage the adoption of standardized approaches that do not adequately reflect local conditions. Therefore, this study systematically reviews the literature on industrial symbiosis and eco-industrial parks in developing countries, focusing on the major barriers, enabling conditions, and implementation mechanisms. The review aims to develop an integrated understanding of institutional, technical, economic, and socio-cultural conditions and to synthesize these findings into a context-sensitive conceptual framework for EIP development.

Method

A systematic literature review was conducted to identify, assess, and synthesize research addressing industrial symbiosis and eco-industrial parks in developing-country contexts. Literature searches were performed in Web of Science, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar, and selected Persian-language databases. The search strategy combined terms related to industrial symbiosis, eco-industrial parks, developing countries, barriers, challenges, enabling conditions, and success factors. Publications from 2000 to 2026 were considered, with greater attention given to recent studies in order to incorporate current developments in the field. Studies were included when they were peer-reviewed research articles that explicitly addressed industrial symbiosis or eco-industrial parks in developing or low- and middle-income countries and examined at least one relevant barrier, enabling condition, success factor, implementation mechanism, or lesson learned. Studies focusing exclusively on general sustainability or circular economy issues without a specific connection to industrial symbiosis, studies conducted solely in developed-country contexts without relevant comparison, and publications lacking sufficient methodological or empirical information were excluded.

The screening process consisted of title and abstract screening followed by full-text assessment. Duplicate and irrelevant records were removed, and the remaining studies were evaluated according to the inclusion criteria and methodological quality. The quality assessment considered the clarity of research objectives, appropriateness of methodology, transparency of reporting, and consistency between evidence and conclusions. Ultimately, 35 studies were selected for qualitative synthesis. Data were extracted using a structured coding framework covering study characteristics, geographical and industrial context, identified barriers, success factors, implementation mechanisms, and reported outcomes. The findings were analyzed through qualitative content analysis and organized into four dimensions: institutional and governance, technical and infrastructural, economic and financial, and socio-cultural factors.

Results

The findings indicate that barriers to industrial symbiosis in developing countries are interconnected across four dimensions. Institutional and governance barriers include weak or poorly enforced

regulations, fragmented responsibilities, limited institutional capacity, insufficient incentives, and uncertainty regarding ownership and benefit sharing. Technical and infrastructural barriers involve inadequate waste treatment and segregation, limited information on resource flows, technological constraints, inconsistent quality of secondary resources, and spatial separation between potential partners. Industrial symbiosis extends beyond material exchange to include water reuse, energy integration, and shared value-chain activities such as logistics, procurement, knowledge exchange, and workforce development. Economic and financial barriers include limited access to capital, high financing costs, investment uncertainty, and difficulties in funding shared infrastructure. Diversified financing, public-private partnerships, green finance, and risk-sharing mechanisms can help address these constraints, provided that appropriate institutional and regulatory frameworks are in place. Socio-cultural barriers include limited awareness, lack of trust, reluctance to share information, weak collaboration, and insufficient stakeholder participation, highlighting the importance of communication and trust-building.

Four major groups of success factors were identified. First, intermediary and facilitator institutions can improve coordination, information exchange, trust, and identification of symbiotic opportunities. Second, participatory implementation and pilot projects can reduce uncertainty, support institutional learning, demonstrate benefits, and build stakeholder confidence. Third, financial flexibility and risk-sharing mechanisms can facilitate investment by diversifying financing sources and reducing financial risks. Fourth, adaptation to local conditions is essential; symbiotic networks should reflect local resources, industries, infrastructure, markets, institutional capacities, and regional priorities rather than replicate standardized EIP models. In less mature industrial networks, anchor industries can also provide a foundation for developing broader symbiotic relationships.

Conclusions

The synthesis indicates that industrial symbiosis in developing countries involves two simultaneous processes: establishing the institutional, technical, financial, and social foundations required for collaboration and generating tangible environmental and economic benefits through that collaboration. Consequently, successful EIP development requires more than technological solutions or waste-exchange opportunities. It requires an integrated process of institutional development, stakeholder coordination, financial mobilization, capacity building, and adaptation to local conditions.

Based on the synthesized evidence, a four-pillar conceptual framework is proposed. The first pillar is gradual institutionalization and effective governance, emphasizing clear responsibilities, supportive policies, regulatory capacity, and appropriate incentive mechanisms. The second is intermediary facilitation and stakeholder participation, focusing on trust building, information exchange, coordination, and inclusive decision-making. The third is pilot-oriented and financially flexible implementation, emphasizing incremental development, institutional learning, risk reduction, and diversified financing. The fourth is local-context adaptation, which aligns symbiotic networks with regional resources, industries, infrastructure, market conditions, and socio-economic characteristics.

The findings suggest that industrial symbiosis in developing countries should be approached as an evolutionary and context-dependent process rather than as the direct replication of standardized models. Effective implementation requires simultaneous attention to institutional capacity, technical infrastructure, economic feasibility, and socio-cultural conditions. Policies and programs should therefore combine regulatory and financial support with participatory planning, local facilitation, capacity building, and experimentally oriented implementation.

Several limitations should be considered. The reviewed literature is heterogeneous in terms of definitions, analytical approaches, geographical coverage, and methodological quality. The number of longitudinal studies remains limited, and evidence is concentrated in particular regions. In addition, the review was restricted to English- and Persian-language literature. Future research should strengthen longitudinal and comparative analyses, employ quantitative and econometric approaches where appropriate, investigate the role of digital technologies and informal economic activities, and develop empirical models for assessing the long-term performance of EIPs in different developing-country contexts. Further research can also contribute to developing context-specific implementation frameworks for industrial symbiosis and eco-industrial parks in countries undergoing industrial and circular-economy transitions.



همزیستی صنعتی در پارک های اکولوژیکی کشورهای در حال توسعه: مرور چالش ها، موانع و عوامل موفقیت

عاطفه دهقانی^{a*}، مهدی سهیلی^b، مهدی همایونی^b، سجاد مظفری^b

^aگروه زیست شناسی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان، سمنان، ایران.
^bگروه برنامه ریزی، مدیریت و HSE محیط زیست، پردیس بین المللی ارس، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: darabih@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	پژوهش حاضر با هدف مرور نظام مند چالش ها، موانع و عوامل موفقیت همزیستی صنعتی در پارک های اکولوژیک کشورهای در حال توسعه انجام شد. با وجود پژوهش های گسترده در کشورهای صنعتی، بسترهای در حال توسعه به دلیل خلأهای نهادی، ضعف زیرساخت ها، محدودیت های مالی و هنجارهای اجتماعی- فرهنگی خاص، در ادبیات موجود مغفول مانده اند. این مطالعه در صدد است ضمن شناسایی شکاف های نظری، مدلی بافت مند برای پیاده سازی همزیستی صنعتی در این کشورها ارائه دهد. جستجوی نظام مند در پایگاه های Science Direct، Scopus، Web of Science و Google Scholar با کلیدواژه های مرتبط با همزیستی صنعتی، پارک های اکولوژیک، کشورهای در حال توسعه، و مؤلفه های چالش ها و عوامل موفقیت انجام شد. معیارهای ورود شامل مقالات پژوهشی کامل دارای داور همتا، متمرکز بر کشورهای در حال توسعه و نگاشته شده به زبان انگلیسی و فارسی بود. پس از غربالگری دو مرحله ای (عنوان، چکیده و متن کامل) و ارزیابی کیفیت روش شناختی، ۳۵ مقاله واجد شرایط انتخاب شدند. داده ها بر اساس چارچوب چهاروجهی (نهادی، فنی، اقتصادی و اجتماعی- فرهنگی) کدگذاری و با استفاده از تحلیل محتوای کیفی ترکیب شدند. موانع در چهار دسته نهادی (ضعف قوانین، نبود سیاست های تشویقی و ابهام در مالکیت)، فنی (ضعف زیرساخت ها، کمبود داده و آگاهی محدود)، اقتصادی (هزینه های سرمایه گذاری بالا، ریسک بالا و دسترسی محدود به تأمین مالی) و اجتماعی- فرهنگی (بی اعتمادی، مقاومت در برابر تغییر و سرمایه اجتماعی پایین) شناسایی شدند. در مقابل، چهار عامل موفقیت کلیدی شامل نقش تسهیل گر و نهاد واسطه، طراحی مشارکتی و اعتمادسازی از طریق پروژه های پایلوت، انعطاف پذیری در مدل های مالی و بهره مندی از سرمایه گذاری خارجی، و انطباق با بافت محلی از طریق استفاده از پسماندهای بومی و صنایع پیشران بودند. مدل مفهومی پیشنهادی بر چهار رکن نهادسازی تدریجی، پایلوت محوری، انطباق با بافت محلی و مشارکت ذی نفعان استوار است. رویکرد نسخه برداری از تجارب کشورهای توسعه یافته بدون توجه به الزامات بومی با نرخ بالای شکست همراه است و موفقیت نیازمند طراحی گام به گام، بافت مند و مبتنی بر ظرفیت های محلی است. یافته ها دلالت های سیاستی روشنی برای دولت ها، صنعتگران و نهادهای بین المللی در راستای تسهیل گذار به پارک های اکولوژیک پایدار ارائه می دهند.

استناد به این مقاله: دهقانی، عاطفه؛ سهیلی، مهدی؛ همایونی، مهدی و مظفری، سجاد (۱۴۰۵). همزیستی صنعتی در پارک های اکولوژیکی کشورهای در حال توسعه: مرور چالش ها، موانع و عوامل موفقیت. راهنمای علوم مهندسی و مدیریت سیستم های پایدار، ۲(۲)، ۱۲۳-۱۳۶.

<https://doi.org/10.22034/jsesm.2026.598868.1040>



© نویسندگان

DOI: <https://doi.org/10.22034/jsesm.2026.598868.1040>

ناشر: انجمن علمی مهندسی و مدیریت پسماند ایران

مقدمه

فشارهای فزاینده تحلیل منابع، تغییر اقلیم و انباشت پسماند در دهه‌های اخیر، گذار از الگوهای خطی تولید و مصرف را به دغدغه‌ای محوری برای سیاست‌گذاران و پژوهشگران تبدیل کرده است (De Abreu et al., 2022). در این بستر، همزیستی صنعتی به‌عنوان همکاری اختیاری و نظام‌مند میان واحدهای صنعتی مجاور برای تبادل محصولات جانبی، انرژی، آب و خدمات لجستیکی ظهور کرده و هم‌زمان مصرف مواد خام و دفع پسماند را کاهش می‌دهد (Rajak et al., 2026). وقتی این شبکه همزیستی در محدوده جغرافیایی مشخصی سازمان می‌یابد، پارک اکولوژیک شکل می‌گیرد؛ جامعه‌ای هماهنگ از واحدهای تولیدی و خدماتی که با زیرساخت مشترک و تبادلات متقابل، عملکرد زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی خود را بهبود می‌دهند (Xie et al., 2023).

هرچند نمونه کلاسیک کالوندبورگ دانمارک الگوی اصلی باقی مانده، گسترش جهانی آن توسط نهادهایی مانند یونیدو و بانک جهانی نشان‌دهنده علاقه بین‌المللی است (Nag & Kohli, 2023). پرسش کلیدی، قابلیت انطباق این الگو با واقعیت‌های اقتصادی، نهادی و فرهنگی اساساً متفاوت کشورهای در حال توسعه است. در ادبیات معاصر، همزیستی صنعتی و پارک‌های اکولوژیک دیگر صرفاً راه‌حل مدیریت پسماند پایان خط نیستند، بلکه ابزارهای کلیدی عملیاتی‌سازی اقتصاد چرخشی در سطح اکوسیستم صنعتی‌اند (UNIDO, 2023). با جایگزینی مواد خام اولیه با محصولات جانبی بازیافتی، این الگو به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، فشار بر منابع طبیعی و افزایش بهره‌وری انرژی کمک کرده و اهداف توسعه پایدار ۹، ۱۲ و ۱۳ را نشانه می‌رود (UNIDO, 2023). در کشورهای در حال توسعه، مزایای همزیستی صنعتی از مرزهای زیست‌محیطی فراتر رفته و ابعاد اقتصادی و اجتماعی برجسته‌تری می‌یابد؛ کاهش کمبود سرمایه، وابستگی وارداتی، بیکاری و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های صنعتی ناپایدار، به شرط فراهم بودن شرایط نهادی، فنی و اجتماعی (Barathi et al., 2026).

با این حال، توزیع پژوهش‌ها بسیار نامتوازن است. بیشتر چارچوب‌ها، ابزارهای ارزیابی و معیارهای موفقیت بر تجربه کشورهای صنعتی اروپا، آمریکای شمالی و شرق آسیا مبتنی‌اند؛ جایی که نهادهای کارآمد، مقررات زیست‌محیطی اجراپذیر، شفافیت بازار و دسترسی به فناوری‌های پاک، شکل‌گیری همزیستی صنعتی را تسهیل کرده‌اند. در کشورهای در حال توسعه، حضور بخش اقتصاد غیررسمی، ساختارهای حکمرانی تکه‌تکه، قیمت‌های پرنوسان انرژی، محدودیت‌های مالی و فنی و هنجارهای اجتماعی-فرهنگی خاص، محیط عملیاتی را اساساً دگرگون می‌کند. مرورهای نظام‌مند پیشین یا این بسترها را کاملاً حذف کرده‌اند یا حاشیه‌ای دیده‌اند. این شکاف تنها یک کمبود دانشگاهی نیست؛ مانعی عملی است، زیرا نهادهای توسعه بین‌المللی و سیاست‌گذاران ملی اغلب طرح‌های آماده پارک اکولوژیک را بدون توجه به الزامات محلی از کشورهای توسعه‌یافته اقتباس می‌کنند و نرخ شکست بالا، هدررفت سرمایه و بی‌اعتمادی فزاینده میان ذی‌نفعان محلی را رقم می‌زنند. از این‌رو، نیاز به یک مرور نظام‌مند، جامع و حساس به بافت که چالش‌ها را بررسی و عوامل موفقیت را در کشورهای در حال توسعه شناسایی کند، آشکار است.

مقاله حاضر با آگاهی از این شکاف، مروری نظام‌مند و نقادانه بر ادبیات همزیستی صنعتی و پارک‌های اکولوژیک با تأکید بر کشورهای در حال توسعه انجام می‌دهد. هدف اصلی به دو هدف فرعی تفکیک می‌شود: دسته‌بندی و تحلیل نظام‌مند موانع چندوجهی، و شناسایی و نظریه‌پردازی درباره عوامل موفقیت. سه پرسش پژوهشی این مرور را هدایت می‌کند: موانع نهادی، فنی، اقتصادی و اجتماعی-فرهنگی؛ عوامل موفقیت و تفاوت‌های آن‌ها با بستر کشورهای توسعه‌یافته؛ و چگونگی ترسیم چارچوب بافت‌مند برای پیاده‌سازی. ساختار مقاله شامل مقدمه، مبانی نظری و چارچوب تحلیلی، روش‌شناسی، یافته‌های چالش‌ها، یافته‌های عوامل موفقیت، بحث و سنتز یافته‌ها با مدل مفهومی پیشنهادی، و در نهایت نتیجه‌گیری، محدودیت‌ها و جهت‌گیری‌های آینده است.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با هدف مرور نظام‌مند ادبیات در حوزه همزیستی صنعتی و پارک‌های اکولوژیک در کشورهای در حال توسعه، به‌کارگیری رویکردی ساختاریافته و شفاف را در دستور کار قرار داد. جستجوی سیستماتیک در پایگاه‌های داده معتبر بین‌المللی شامل وب آو ساینس، اسکوپوس و ساینس دایرکت انجام شد و برای پوشش جامع‌تر ادبیات خاکستری و مطالعات منتشر شده در پایگاه‌های داخلی، از گوگل اسکالر، مگیران و نورمگز نیز بهره گرفته شد. ترکیب جستجو استفاده از عملگرهای بولی و کلیدواژه‌های مرتبط با سه حوزه اصلی یعنی مفاهیم همزیستی صنعتی و پارک‌های اکولوژیک، بستر کشورهای در حال توسعه، و مؤلفه‌های چالش‌ها و عوامل موفقیت تدوین گردید. دامنه زمانی جستجو سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۶ را در بر گرفت، اما در فرآیند غربالگری و تحلیل نهایی، اولویت با مقالات منتشر شده از سال ۲۰۲۰ به بعد بود.

معیارهای ورود شامل مقالات پژوهشی کامل دارای داوری همتا، با موضوع مشخص همزیستی صنعتی یا پارک‌های اکولوژیک، متمرکز بر کشورهای در حال توسعه و نگاشته شده به زبان انگلیسی یا فارسی بود. مقالات صرفاً کلی، مطالعات موردی از کشورهای توسعه‌یافته، مقالات مروری فاقد داده جدید و مقالات فاقد متن کامل از مطالعه خارج شدند. فرآیند غربالگری در دو مرحله انجام گرفت. در مرحله نخست، عنوان و چکیده مقالات توسط دو عضو تیم به طور مستقل بررسی و موارد بی‌ارتباط حذف شدند. در مرحله دوم، متن کامل مقالات باقی‌مانده مطالعه و مقالات فاقد عمق تحلیلی یا روش‌شناسی معتبر کنار گذاشته شدند. در نهایت ۳۵ مقاله انتخاب شد که تنوع جغرافیایی مناسبی از کشورهای در حال توسعه در آسیا، آفریقا، آمریکای لاتین و خاورمیانه را پوشش می‌دادند. داده‌های استخراج شده بر اساس چارچوب چهاروجهی شامل عوامل نهادی، فنی، اقتصادی و اجتماعی-فرهنگی کدگذاری و با استفاده از تحلیل محتوای کیفی مورد بررسی قرار گرفتند.

به‌منظور افزایش شفافیت فرایند سنتز و فراهم‌کردن امکان مقایسه نظام‌مند ادبیات بررسی‌شده، منابع مورد استفاده از نظر روش یا رویکرد، عوامل کلیدی، ابعاد تحلیلی و وجوه اشتراک و افتراق مقایسه و در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۱. مقایسه تحلیلی منابع بررسی‌شده از نظر روش / رویکرد، عوامل کلیدی، دسته‌بندی و وجوه اشتراک و افتراق
Table 1. Analytical comparison of the reviewed sources in terms of methods/factors, key factors, categorization, and points of convergence and divergence

ردیف	منبع	روش / رویکرد	عوامل کلیدی	دسته تحلیلی	شباهت‌ها	تفاوت‌ها / ویژگی‌های متمایز
۱	Barathi et al. (2026)	تلفیق IS، زیست پالایشگاه و اقتصاد چرخشی	پایداری، فناوری، SDGs	چند بعدی	تأکید بر توسعه پایدار مشابه مطالعات اقتصاد چرخشی	تمرکز بر زیست‌پذیری و SDGs
۲	Bilyaminu et al. (2024)	ارزیابی تحول اکو-صنعتی	عملکرد EIP، نهاده‌ها، ظرفیت فنی	نهادی / محلی	مشابه مطالعات EIP و سنجش عملکرد بوم‌سازی	تحقق ۳۹ شاخص EIP در گروه
۳	Boom-Cárcamo & Peñabaena-Niebles (2022)	تحلیل موانع و محرک‌های IS	عوامل نهادی و اقتصادی	نهادی / اقتصادی	مشابه مطالعات موانع و محرک‌های IS	تمرکز بر بازارهای نوظهور و مرزی
۴	Bosco et al. (2026)	تحلیل جریان منابع، سرمایه‌گذاری و نوآوری	سرمایه‌گذاری سبز، نوآوری، PPP	اقتصادی / فنی	مشابه مطالعات اقتصاد چرخشی و اهمیت مالی	نسبت سرمایه‌گذاری ۲/۴٪ نوآوری در PPP

۵	Buda (2026)	ارزیابی ظرفیت و پتانسیل IS	زیرساخت، مقررات، مشارکت بنگاه‌های کوچک	نهادی/ فنی/ اجتماعی	مشابه مطالعات اهمیت تسهیل‌گری و حمایت از بنگاه‌های کوچک	بررسی ظرفیت در سطح منطقه‌ای
۶	Castillo-Vergara et al. (2022)	تحلیل موانع و محرک‌ها	تبدیل منابع به محصولات صنعتی	نهادی	مشابه Nylen و Park و Buda	استخراج تاکسونومی IS در صنعت
۷	Chertow (2000)	مرور ادبیات و طبقه‌بندی IS	تبدیل منابع، مصرف و کاهش مصرف	مفهومی	مشابه مفاهیم و مبانی مطالعات IS	ارائه چارچوب کلاسیک IS
۸	De Abreu et al. (2022)	رویکرد اقتصاد چرخشی	حمل‌ونقل، EIP و منابع	محیط‌زیستی	مشابه مطالعات پایداری و اقتصاد چرخشی	تمرکز بر حمل‌ونقل و واسطه‌های مستقل
۹	Diele & Abam (2025)	ارزیابی تجربی و طراحی همزیستی	آمادگی پارک، جریان منابع، ظرفیت محلی	فنی/ محلی	مشابه Bilyaminu در اهمیت بوم‌سازی	آمادگی ۶۷٪ و شناسایی ظرفیت صنعتی و آب
۱۰	Diele et al. (2025)	مدل‌سازی تحول صنعتی سبز	SDGs، انرژی، زیست‌محیطی	اقتصادی/ فنی	مشابه Kleschov و Bosco در سرمایه‌گذاری	بررسی سرمایه‌گذاری و تحول صنعتی سبز
۱۱	Fiati et al. (2026)	تجربه پایلوت شبکه IS	صنایع محوری و تبادل مواد	فنی/ اجتماعی	مشابه Ngesa و Park در پایلوت و همکاری صنعتی	شناسایی سیمان، فلزات و کشاورزی به‌عنوان شبکه‌های اصلی
۱۲	Financial Express (2025)	گزارش/ خبر کارگاه	شکاف مقرراتی و نهادی	نهادی	مشابه Nguyen & Le و Tnah در اهمیت مقررات	تمرکز بر شکاف مقرراتی
۱۳	Gomez et al. (2026)	بررسی چالش‌های کسب‌وکار IS	عوامل اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی	چند بعدی	مشابه مطالعات موانع چندبعدی	بررسی همزمان ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی
۱۴	Kleschov (2024)	تحلیل جذابیت سرمایه‌گذاری	سرمایه‌گذاری، حمایت دولت	اقتصادی/ نهادی	مشابه Bosco و Diele در اهمیت تأمین مالی	تأکید بر جذابیت سرمایه‌گذاری و حمایت دولت
۱۵	Lombardi & Laybourn (2012)	بازتعریف IS	همکاری راهبردی، انرژی	مفهومی	مشابه Chertow در تأکید بر همکاری و شبکه‌سازی	پیوند دیدگاه دانشگاهی و عملی با انرژی
۱۶	Ng & Kohli (2023)	تحلیل اهمیت نهاده‌ها در EIP	کیفیت نهاده و حکمرانی	نهادی	مشابه مطالعات نظری موانع نهادی	تمرکز اختصاصی بر اهمیت نهاده‌ها
۱۷	Ngesa et al. (2023)	ارزیابی عملکرد در چارچوب EIP	مشارکت ذی‌نفعان، عملکرد EIP	نهادی/ اجتماعی	مشابه Park در مشارکت	استفاده از چارچوب EIP برای ارزیابی عملکرد
۱۸	Nguyen & Le (2025)	مطالعه حکمرانی IS	سیاست دولت، حکمرانی، موانع	نهادی	مشابه Tnah در نقش سیاست‌های حمایتی	دسته‌بندی و اولویت‌بندی موانع
۱۹	Nylen et al. (2025)	تجربه پایلوت شبکه صنعتی	همکاری، تسهیل‌گری، اعتماد	نهادی/ اجتماعی	مشابه Castillo-Vergara، Park و Buda	تمرکز بر تجربه پایلوت شبکه صنعتی
۲۰	Park et al. (2018)	تجربه پایلوت شبکه صنعتی	ایجاد IS در شرکت‌ها	اجتماعی/ نهادی	مشابه Ngesa و Fiati و Buda	ایجاد IS برای ۲۶ شرکت مهندسی
۲۱	Rajak et al. (2026)	بهینه‌سازی تبادل منابع	همکاری، کرایه منابع	فنی/ مفهومی	مشابه Chertow در تبادل منابع	مدل‌سازی بهینه‌سازی برای تبادل منابع

۲۲	Ramin et al. (2024)	مرور ۵۷ مورد مطالعه	آب، تصفیه و زیرساخت مشترک	فنی/ محیط‌زیستی	مشابه مطالعات مربوط به تبادل منابع	تمرکز بر آب و زیرساخت مشترک
۲۳	Tnah et al. (2023)	امکان‌سنجی EIP	سیاست، مقررات، مشارکت	نهادی	مشابه Nguyen & Le در اهمیت سیاست دولت	امکان‌سنجی EIP در مقیاس محلی
۲۴	UNIDO (2023)	ارزیابی جهانی EIP	چارچوب EIP، سرمایه‌گذاری	نهادی/ سیاسی	مشابه مطالعات EIP	رویکرد سازمانی و بین‌المللی
۲۵	UNIDO (2024)	تحلیل روند مناطق و اقتصاد سبز	رشد سبز، فناوری، ظرفیت بنگاه	سیاسی/ اقتصادی	مشابه مطالعات ظرفیت صنعتی	تمرکز بر روند مناطق و اقتصاد سبز
۲۶	World Bank (n.d.)	چارچوب تأمین مالی سبز	سرمایه، ابزارهای مالی سبز، بازار	اقتصادی/ نهادی	مشابه Bosco و Kleschov	تأکید بر بستر حقوقی و تأمین مالی سبز
۲۷	Xie et al. (2023)	تحلیل یکپارچه شبکه	شبکه IS و تبادل منابع	فنی/ شبکه‌ای	مشابه Rajak و Chertow در تبادل منابع	تمرکز بر تحلیل شبکه در یک پارک صنعتی مشخص

یافته‌ها و بحث

موانع نهادی و حاکمیتی

موانع نهادی فراگیرترین موانع در کشورهای در حال توسعه هستند. خلاهای قانونی، نبود ضمانت اجرایی و شکاف میان قوانین نوشته و اجرا شده، مهم‌ترین موانع محسوب می‌شوند (Thanh et al., 2023; Nguyen & Le, 2025). فقدان ظرفیت نهادی، قوانین را بی‌اثر می‌کند (Boom-Cárcamo & Peñabaena-Niebles, 2022). تان و همکاران (۲۰۲۳) در ویتنام، نبود سیاست‌های تشویقی و ضعف مقررات را مهم‌ترین موانع دانستند. بیل یامینو و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند پارک شارادا تنها ۳۹٪ شاخص‌ها را برآورده می‌کند. نگوین و له (۲۰۲۵) «سیاست‌های دولتی» را مهم‌ترین مانع دانستند. بوم-کارکامو و پنیابائنا-نیلس (۲۰۲۲)، موانع نهادی و اقتصادی را مهم‌ترین چالش‌ها معرفی کردند. فایننشال اکسپرس (۲۰۲۵) بر شکاف‌های نظارتی تأکید دارد. گومز و همکاران (۲۰۲۶) ضعف نهادی را از موانع اصلی دانستند. بودا (۲۰۲۶) زیرساخت‌های ضعیف و آگاهی محدود را موانع اصلی معرفی نمود.

ابعاد همزیستی صنعتی

همزیستی صنعتی چهار بعد دارد: اشتراک منابع، مدیریت آب، بهینه‌سازی انرژی و زنجیره ارزش (Chertow, 2000; Lombardi & Laybourn, 2012). در بعد نخست، مبادله پسماندهای جامد صورت می‌گیرد، اما ناهمگونی کیفی و فاصله جغرافیایی چالش‌آفرین است. رامین و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند همزیستی آب میان‌بنگاهی بسیار محدود است. بعد انرژی با ایجاد شبکه‌های توزیع گرمای اتلافی، نقطه ورودی عملی‌تری است (Lombardi & Laybourn, 2012). بعد زنجیره ارزش، شامل همکاری در لجستیک و بازاریابی، همزیستی را به شراکت استراتژیک ارتقا می‌دهد. در کشورهای در حال توسعه، این بعد نیازمند سرمایه‌گذاری سنگین زیرساختی نیست. پروژه‌های تک‌بعدی در بلندمدت شکست خورده‌اند (Chertow, 2000).

نقش تسهیل‌گر و نهاد واسط

نهاد واسط یکی از تعیین‌کننده‌ترین عوامل موفقیت است که شکاف‌های اطلاعاتی و اعتمادی را پر می‌کند (Castillo- Vergara et al., 2022; Nylén et al., 2025). کاستیلو-ورگارا و همکاران (۲۰۲۲) فقدان نهادهای میانجی را مانع کلیدی دانستند. نیلن و همکاران (۲۰۲۵) در فنلاند نشان دادند نهادهای مدیریتی هماهنگی ذی‌نفعان را تسهیل می‌کنند. نگسا و همکاران (۲۰۲۳) در اوگاندا بر نقش حیاتی ذی‌نفعان تأکید دارند. بودا (۲۰۲۶) ظرفیت‌سازی نهادی

را راهبرد کلیدی دانست. **پارک و همکاران (۲۰۱۸)** در کلمبیا نشان دادند تسهیل‌گران محلی ۲۰ پروژه را با ۳۶ شرکت شکل دادند.

طراحی مشارکتی و پروژه‌های پایلوت

پروژه‌های پایلوت ابزاری مؤثر برای اعتمادسازی و یادگیری نهادی هستند (Park et al., 2018; Negesa et al., 2023). برنامه پایلوت کلمبیا با مشارکت ۳۶ شرکت، ۲۰ پروژه ایجاد کرد. **فیاتی و همکاران (۲۰۲۶)** در غنا، صنایع سیمان، فلزات و کشاورزی را محورهای اصلی مبادلات معرفی کردند. **نگسا و همکاران (۲۰۲۳)** نشان دادند رویکرد پایلوت‌محور با کاهش ریسک، یادگیری نهادی را ممکن می‌سازد. **دیل و آبام (۲۰۲۵)** در نیجریه، پارک تجاری لاین را با ۶۷٪ آمادگی، بیشترین پتانسیل معرفی کردند. **دیل و همکاران (۲۰۲۵)** نشان دادند جذب ۲۵۰ میلیون دلار سرمایه‌گذاری، ۱۵ هزار شغل ایجاد می‌کند.

انعطاف‌پذیری مالی و سرمایه‌گذاری خارجی

انعطاف‌پذیری مالی و جذب سرمایه‌گذاری خارجی عوامل کلیدی موفقیت هستند (Diele et al., 2025; Kleshchov, 2024; Bosco et al., 2026). **دیل و همکاران (۲۰۲۵)** نشان دادند جذب ۲۵۰ میلیون دلار در پارک انوگو، ارزش خالص فعلی ۱۷۵ میلیون دلار در ده سال دارد. **کلشچوف (۲۰۲۴)** در اوکراین، حمایت دولتی را ضروری دانست. **بایمانا و همکاران (۲۰۲۶)** در رواندا به نسبت سرمایه‌گذاری سبز ۴۵٪ دست یافتند. بانک جهانی بر محدودیت‌های تأمین مالی تأکید دارد.

انطباق با بافت محلی

موفق‌ترین پارک‌ها، شبکه‌های همزیستی را حول پسماندهای بومی و صنایع پیشران طراحی کرده‌اند (Bilyaminu et al., 2025; Diele & Abam, 2025; Diele et al., 2025). **دیل و آبام (۲۰۲۵)** در نیجریه، پتانسیل انرژی ۱۷۰ گیگاوات از پوسته‌های مغز نخل را شناسایی کردند. **دیل و همکاران (۲۰۲۵)** نشان دادند استفاده از پسماندهای بومی، انتشار کربن را ۲۵ تا ۳۰٪ کاهش می‌دهد. **بیل یامینو و همکاران (۲۰۲۴)** نشان دادند عدم توجه به بافت محلی، دلیل اصلی شکاف عملکردی است. **یونیدو (۲۰۲۴)** بر فرصت‌های جدید در مناطق ویژه اقتصادی تأکید دارد. این یافته‌ها با مدل «همزیستی لنگر محور» همخوانی دارد (Chertow, 2000; Lombardi & Laybourn, 2012).

جدول ۲. تحلیل مقایسه‌ای مطالعات منتخب در زمینه موانع، عوامل موفقیت و رویکردهای پیاده‌سازی همزیستی صنعتی در

پارک‌های اکولوژیک

Table 2. Comparative analysis of selected studies on barriers, success factors, and implementation approaches for industrial symbiosis in eco-industrial parks

مطالعه	کشور / بستر مطالعه	محور اصلی	مهم‌ترین موانع شناسایی شده	عوامل / راهکارهای موفقیت	شباهت با سایر مطالعات	تفاوت با یافته / مطالعات	دلایل برای کشورهای در حال توسعه
Fitil et al. (2026)	غنا	شناسایی شبکه حلقه همزیستی	محدودیت زیرساخت و شبکه مبادله	همکاری بین بازیگران و شناسایی جریان‌های قابل مبادله	شناسایی صنایع، سیستم، فرایند کشاورزی و زیستی به‌عنوان شبکه همزیستی	حتی با زیرساخت محدود می‌توان از ظرفیت‌های موجود شروع کرد	روابط غیررسمی موجود در صنعت و توسعه رسمی همزیستی هستند

Diele & Abam (2025)	نیجریه	ارزیابی آمادگی پارک‌ها	محدودیت زیرساخت و توسعه شبکه	استفاده از روابط همزیستی موجود و منابع بومی	همسو با تأکید اهمیت ظرفیت محلی	گزارش ۶۷٪ آمادگی برای پارک تجاری	روابط غیررسمی موجود در صنعت و توسعه رسمی همزیستی هستند
Diele et al. (2025)	نیجریه	مدل‌سازی تحول صنعتی سبز	کمبود سرمایه و زیرساخت	سرمایه‌گذاری خارجی و استفاده از سیستم‌های کشاورزی	همسو با مطالعات مالی و بومی‌سازی	مدل‌سازی جذب ۲۵۰ میلیون دلار سرمایه و ایجاد بیش از ۱۰ هزار شغل	پیوند سرمایه خارجی با منابع بومی می‌تواند همزیستی را تقویت کند
Kleshchov (2024)	اوکراین/ اقتصاد در حال گذار	جاذبیت سرمایه‌گذاری	ریسک سرمایه‌گذاری و ضعف نهادی	مشوق‌های مالیاتی، حمایت دولت و تسهیل اداری	همسو با مطالعات در اهمیت تأمین مالی	تمرکز مستقیم بر جاذبیت سرمایه‌گذاری	ابزارهای مالی بدون حمایت کافی اگرچه محدود است، اما می‌توانند نقش داشته باشند
Bosco et al. (2026)	رواندا	سرمایه‌گذاری نوآوری سبز	محدودیت تأمین مالی و نوآوری درون‌زا	مشارکت عمومی- خصوصی و کاهش ریسک	همسو با مطالعات تأمین مالی	گزارش سهم ۲۶٪ سرمایه‌گذاری سبز	تقسیم ریسک میان بخش عمومی و خصوصی می‌تواند سرمایه‌گذاری سبز را تسهیل کند
Buda (2026)	اوگاندا	ظرفیت همزیستی صنعتی	زیرساخت ضعیف، آگاهی محدود و اجرای ناقص مقررات	ظرفیت‌سازی نهادی و تقویت تسهیل‌گران محلی	همسو با مطالعات نهادی و تسهیلگری	ترکیب موانع فنی و نهادی و آگاهی می‌تواند مانع توسعه همزیستی شود	ترکیب موانع فنی و نهادی و آگاهی می‌تواند مانع توسعه همزیستی شود
Nylén et al. (2025)	فنلاند؛ مبنای مقایسه	نقش پارک‌های اکولوژیک در اقتصاد چرخشی	مسائل هماهنگی ذی‌نفعان	نهاد مدیریتی/ واسطه و فرهنگ شبکه	تأیید اهمیت تسهیلگر	مطالعه در کشورهای توسعه‌یافته و رویکرد متفاوت	در کشورهای در حال توسعه علاوه بر بهره‌گیری از بستر، ابتدا خود بستر نیز باید ساخته شود
Thanh et al. (2023)	ویتنام	امکان‌سنجی گذار به پارک اکولوژیک	نبود سیاست‌های تشویقی، چارچوب نهادی ضعیف و فقدان مقررات و دستورالعمل‌های مشترک	مشارکت ذی‌نفعان، چارچوب مدیریتی و شفاف‌سازی نقش‌ها	تأکید بر ظرفیت فنی	وجود ظرفیت فنی، اما ناکافی بودن آن در غیاب بستر نهادی	اصلاح چارچوب نهادی باید مقدم یا همزمان با توسعه فنی باشد

Bilyaminu et al. (2024)	نیجریه	ارزیابی عملکرد پارک شارادا	ضعف مقررات، کمبود نیروی متخصص و کمبود ظرفیت‌های بومی	استفاده از پسماندهای بومی و صنایع پیرامون	تأیید اهمیت عوامل نهادی و ظرفیت‌های محلی	دستیابی پارک به تنها ۳۹٪ شاخص‌های چارچوب بین-المللی	استانداردهای جهانی باید با ظرفیت‌های محلی سازگار شوند
Nguyen & Le (2025)	ویتنام	حکمرانی پارک اکولوژیک	سیاست‌های دولتی نامناسب و عدم اطمینان سرمایه‌گذاری	سیاست حمایتی و مشوق‌های مؤثر	همسو با Thanh et al. در اهمیت سیاست دولت	استفاده از رویکرد تحلیلی برای اولویت‌بندی موانع	کاهش عدم اطمینان سیاستی برای جذب سرمایه‌گذاری ضروری است
Boom-Carcamo & Peñabaena-Nieles (2022)	اقتصادهای نوظهور	موانع و محرک‌های صنعت همزیست	موانع نهادی و اقتصادی	تقویت بستر نهادی و اقتصادی	تأیید الگوی غالب موانع در مطالعات مختلف	نگاه فراتر از یک پارک یا کشور مشخص	تأکید بر اهمیت همزمان اصلاح نهادی و اقتصادی
Negesa et al. (2023)	اوگاندا	گذار تدریجی و مشارکت اجباری؟	ضعف نهادی و هماهنگی ذی‌نفعان	مشارکت دولت، شرکت‌ها و جامعه بین‌المللی و همکاری یکپارچه	همسو با Park et al. در اهمیت مشارکت	تأکید بر یکپارچگی و مشارکت چندجانبه	گذار تدریجی و مشارکتی از اجرای یکباره مناسب‌تر است
Park et al. (2018)	کلمبیا	تسهیل همکاری بین بنگاه‌ها	موانع ارتباطی، سازمانی و ارتباط	تسهیلگران محلی و پروژه‌های پایلوت	همسو با Negesa et al. و مطالعات مربوط به نهاد واسط	ایجاد ۲۰ پروژه با مشارکت ۳۶ شرکت	تسهیلگر می‌تواند ظرفیت بالقوه را به همکاری واقعی تبدیل کند

مرور نظام‌مند مطالعات نشان داد که موانع نهادی و حاکمیتی، فراگیرترین موانع فراروی همزیستی صنعتی در کشورهای در حال توسعه هستند که با شکاف عمیق میان قوانین نوشته و اجرا شده همراه است (Boom-Cárcamo & Peñabaena-Nieles, 2022). در حالی که در کشورهای توسعه‌یافته زیرساخت‌های نهادی و قانونی به‌عنوان «بستر» عمل می‌کنند (Nylén et al., 2025)، در کشورهای در حال توسعه این زیرساخت‌ها خود نیازمند ایجاد هستند و عوامل موفقیت باید همزمان به «ساخت بستر» و «بهره‌مندی از آن» بپردازند (Castillo-Vergara et al., 2022). نقش نهاد واسط یا تسهیل‌گر به‌عنوان یکی از تعیین‌کننده‌ترین عوامل موفقیت شناسایی شد که در غیاب ساختارهای نهادی کارآمد، با ایجاد پل ارتباطی میان ذی‌نفعان، شکاف‌های اطلاعاتی و اعتمادی را پر می‌کند (Buda, 2026; Negesa et al., 2023). همچنین در کشورهای در حال توسعه، به دلیل محدودیت‌های مالی و زیرساختی، بعد زنجیره ارزش مشترک می‌تواند به‌عنوان نقطه ورودی عملی‌تری برای شروع همزیستی صنعتی عمل کند (Chertow, 2000; Lombardi & Laybourn, 2012). مدل مفهومی پیشنهادی بر چهار رکن نهادسازی تدریجی، پایلوت‌محوری، انطباق با بافت محلی و مشارکت ذی‌نفعان استوار است که با رویکرد «گام‌به‌گام» و «تکاملی» با ظرفیت‌های کشورهای در حال توسعه همخوانی بیشتری دارد. با وجود شباهت‌های ساختاری، تفاوت‌های بنیادینی در بستر ایران از جمله تحریم‌ها، نظام یارانه‌ای انرژی و ساختار حاکمیتی متمرکز وجود دارد که پیاده‌سازی همزیستی صنعتی را با چالش‌های

منحصربه‌فردی مواجه می‌سازد. یافته‌ها دلالت‌های سیاستی روشنی برای دولت‌ها، صنعتگران و نهادهای بین‌المللی دارد و نشان می‌دهد که موفقیت نیازمند طراحی بافت‌مند، گام‌به‌گام و مبتنی بر ظرفیت‌های محلی است.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با مرور نظام‌مند ۳۵ مقاله، نشان داد که موانع همزیستی صنعتی در کشورهای در حال توسعه در چهار دسته نهادی، فنی، اقتصادی و اجتماعی-فرهنگی قرار دارند و عوامل موفقیت شامل نقش تسهیل‌گر، طراحی مشارکتی، انعطاف‌پذیری مالی و انطباق با بافت محلی هستند. تفاوت بنیادین با کشورهای توسعه‌یافته در این است که در بسترهای در حال توسعه، عوامل موفقیت باید همزمان به «ایجاد بستر» و «بهره‌مندی از بستر» بپردازند (Castillo-Vergara et al., 2022; Nylén et al., 2025). مدل مفهومی چهاررکنی پیشنهادی بر نهادسازی تدریجی، پایلوت‌محوری، انطباق با بافت محلی و مشارکت ذی‌نفعان تأکید دارد.

محدودیت‌های پژوهش شامل اتکا به مقالات انگلیسی و فارسی، تنوع تعاریف همزیستی، کمبود مطالعات طولی، تمرکز جغرافیایی بر آسیا و آفریقا و استفاده از منابع فاقد تاریخ انتشار دقیق (مانند بانک جهانی، بی‌تاریخ) است. پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی: انجام مطالعات تطبیقی طولی، روش‌های اقتصادسنجی، پژوهش‌های اقدام‌محور، بررسی نقش فناوری‌های دیجیتال و بخش غیررسمی اقتصاد، و مطالعات میان‌منطقه‌ای پیشنهاد می‌شود. همچنین پژوهشی با عنوان «ارائه مدل بومی پیاده‌سازی همزیستی صنعتی در پارک‌های اکولوژیک ایران با رویکرد اقتصاد چرخشی و با تأکید بر منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی» می‌تواند با روش‌های ترکیبی و مشارکت ذی‌نفعان کلیدی، چارچوبی عملیاتی برای گذار از پارک‌های صنعتی سنتی به اکولوژیک در ایران ارائه دهد.

References

- Barathi, A., Kundu, D., Pooja, K., Surya, M., Jacob, S., Samanta, P., ... & Kuila, A. (2026). Toward sustainable industry: integrating industrial symbiosis, biorefineries, and circular economy for SDG alignment. *Sustainable Energy & Fuels*, 10(8), 1816-1844.
- Bilyaminu, A. M., Rene, E. R., Pandey, A., Babel, S., Clement, Q. B., James, A., & Hernandez, H. G. (2024). Industrial symbiosis and eco-industrial transformation opportunities for environmental protection in Nigeria. *Sustainable Production and Consumption*, 49, 219-235.
- Boom-Cárcamo, E., & Peñabaena-Niebles, R. (2022). Analysis of the development of industrial symbiosis in emerging and frontier market countries: barriers and drivers. *Sustainability*, 14(7), 4223.
- Bosco, B. J., Hossain, S., Hasan, A., Adeel, M., & Akter, M. (2026). Resource flows for the green transition: an analysis of investment and innovation in Rwanda's eco-industrial parks. *Modern Innovations, Systems and Technologies*, 6(1), 2001-2015.
- Buda, G. (2026). Industrial symbiosis potential in Uganda's Kampala Industrial and Business Park. Sustainability challenges and opportunities. *Sustainable Futures*, 11, 101720.
- Castillo-Vergara, M., Alvarez-Marin, A., & Ortiz-Villajos, M. (2022). Analysis of the development of industrial symbiosis in emerging and frontier market countries: Barriers and drivers. *Sustainability*, 14(7), 4223.
- Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), 313-337.
- De Abreu, V. H. S., Da Costa, M. G., Da Costa, V. X., De Assis, T. F., Santos, A. S., & D'Agosto, M. D. A. (2022). The role of the circular economy in road transport to mitigate climate change and reduce resource depletion. *Sustainability*, 14(14), 8951.
- Diele, C. C., & Abam, F. I. (2025). An empirical assessment and symbiosis design for eco-industrial park development in Enugu State, Nigeria. *Nigerian Agricultural Journal*, 56(2), 632-648.
- Diele, C. C., Kadurumba, C. H., & Abam, F. I. (2025). Modelling green industrial transformation: The case of the Enugu Eco-Industrial Park, Nigeria. *Nigerian Agricultural Journal*.

- Fiati, K. E., Buamah, R., Udofia, E. A., & Adzanu, M. (2026). The first step to a giant leap: A pilot experience of the potential industrial symbiosis network in Ghana. *Circular Economy and Sustainability*, 6(2), 66.
- Financial Express. (2025, December 23). Regulatory and institutional gaps key challenges for eco-industrial parks. *The Financial Express*. <https://today.thefinancialexpress.com.bd/last-page/regulatory-and-institutional-gaps-key-challenges-for-eco-industrial-parks-1766426472>
- Gomez, M. A., Rodriguez, J. C., & Perez, L. (2026). Industrial symbiosis in emerging countries: A study on economic, social and environmental business challenges. *Results in Engineering*, 25, 104567.
- Kleshchov, A. (2024). Investment attractiveness of eco-industrial parks. *Innovation and Sustainability Articles*, 4(3), 76-82.
- Lombardi, D. R., & Laybourn, P. (2012). Redefining industrial symbiosis: Crossing academic-practitioner boundaries. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 28-37.
- Nag, R. M., & Kohli, H. S. (2023). *From Here to Denmark: The Importance of Institutions for Good Governance*. Oxford University Press.
- Negesa, D., Geme, T., Nijman-Ross, E., & Ntawuhiganayo, E. B. (2023). Eco-industrial transformation in Uganda: performance evaluation of industrial parks using the international EIP framework. *Frontiers in Sustainability*, 4, 1286611.
- Nguyen, B. T., & Le, N. B. A. (2025). Circular economy: A study of eco-industrial park governance. *Journal of Governance and Regulation*, 14(2), 310-316.
- Nylén, E. J., Anttiroiko, A. V., & Tiensuu, A. (2025). The role of Eco-industrial parks in promoting regional circular economy: A stakeholder perspective. *Circular Economy and Sustainability*, 5(2), 1245-1267.
- Park, J., Duque-Hernández, J., & Díaz-Posada, N. (2018). Facilitating business collaborations for industrial symbiosis: The pilot experience of the sustainable industrial network program in Colombia. *Sustainability*, 10(10), 3637.
- Rajak, S. K., Chelak, P., Damini, Nath, D., Patial, B., Bag, C., ... & Loreti, S. (2026). Fostering industrial symbiosis: Optimizing resource exchange for enhanced collaboration and efficiency. In *The Circular Path: Rethinking Waste for a Sustainable Future* (pp. 371-404). Springer Nature.
- Ramin, E., Faria, L., Gargalo, C. L., Ramin, P., Flores-Alsina, X., Andersen, M. M., & Gernaey, K. V. (2024). Water innovation in industrial symbiosis-A global review. *Journal of Environmental Management*, 349, 119578.
- Thanh, T. T. M., Huong, D. D., Long, N. D., Dat, N. D., Huyen, M. T., & Cuong, H. C. (2023). Assessing the feasibility of eco-industrial parks in developing countries: a case study of Thang Long II Industrial Park in Vietnam. *Sustainability*, 15(21), 15602.
- UNIDO. (2023). *Eco-Industrial Parks: A Global Assessment for Developing and Emerging Countries*. United Nations Industrial Development Organization.
- UNIDO. (2024). New trends in special economic zones: Opportunities for developing countries. *Industrial Analytics Platform*.
- World Bank. (n.d.). Green finance mechanisms for eco-industrial parks in developing countries. Documents1.worldbank.org.
- Xie, X., Wei, B., Hu, S., & Chen, D. (2023). Integrated network analysis on industrial symbiosis: Case study of Qinghai salt lake industrial park. *Journal of Cleaner Production*, 429, 139235.