FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

Journal of Environmental Sciences Studies (JESS)
Volume 10, Number 3, Autumn, (2025)

Journal Homepage: www.jess.ir
Print ISSN: 2588-6851 Online ISSN: 2645-520X

Bibliometric Analysis of the Global Sustainable Buildings Trend (2020–2025): Focusing on Integrating Smart Technologies in Energy Management, Improving Quality of Life, and Reducing Environmental Impacts

Amir Hossein Shirdel[1*]

[*]1. Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
[*]Email Address: amirshirdel6645930@gmail.com

Article Info

Article Type:
Research Paper

Article History:

Received Date:
2025/09/02
Revised Date:
2025/09/10
Accepted Date:
2025/09/24
Published Date:
2025/10/02

Keywords:
Sustainable architecture,
smart technologies,
energy management,
quality of life,
environment.

ABSTRACT

The rapid growth of urbanization, climate change, and constraints on energy resources have underscored, more than ever, the necessity of developing buildings with optimized energy consumption, environmental resilience, and the integration of smart technologies. Despite remarkable progress in artificial intelligence, the Internet of Things, and Building Information Modeling, significant challenges remain in the practical integration of these technologies, the evaluation of their actual performance, and their social acceptance.This study was conducted with the aim of performing a bibliometric analysis of global research trends in sustainable, smart, and low-carbon-emission buildings over the period 2020–2025, in order to identify growth patterns, research fronts, and scientific linkages among authors and research institutions. The need for this research lies in the fact that identifying scientific streams and existing gaps enables more effective direction for future investigations and supportive policymaking.Data were extracted from the Lens.org database and analyzed using VOSviewer software (version 1.6.20) to conduct keyword co-occurrence, citation, and bibliographic coupling analyses. The findings revealed that, following continuous growth up to 2022, the field of sustainable and smart buildings has entered a phase of thematic reconfiguration, in which innovative digital technologies, intelligent energy management, enhancement of quality of life, and mitigation of environmental impacts have become central areas of focus. Network analysis indicated the presence of clusters encompassing energy management and smart systems, performance optimization and simulation, integration of renewable energy, climate-responsive design, artificial intelligence applications, smart cities, and life-cycle assessment. Furthermore, gaps were observed in the full integration of technologies, economic evaluation, and social acceptance. The results suggest that the future of this field will be grounded in the convergence of technology, policy, and the social sciences, and that by developing dynamic assessment frameworks, the path toward achieving self-sufficient, resilient, and climate-adaptive buildings can be accelerated, ultimately contributing to a sustainable environment.

Cite this article: Amir Hossein Shirdel (2025). Bibliometric Analysis of the Global Sustainable Buildings Trend (2020–2025): Focusing on Integrating Smart Technologies in Energy Management, Improving Quality of Life, and Reducing Environmental Impacts, Journal of Environmental Sciences Studies, 10(3) , Pages 10660-10675.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The building sector, as a pivotal component of the built environment, plays a decisive role in meeting functional and comfort needs while influencing global energy consumption, resource use, urban environmental quality, and socio-economic development patterns (Soltani, 2016; Mahdinejad & Asadpour, 2019; Asadpour et al., 2024a, 2024b; Shirdel et al., 2025a, 2025b). Rapid urbanization, population growth, and lifestyle shifts have intensified demand for diverse building spaces, placing pressure on infrastructure and substantially increasing energy use, resource exploitation, and pollutant emissions. These trends exacerbate biodiversity loss, ecosystem degradation, and climate change (Beladi & Yunusa-Kaltungo, 2025; Asadpour & Habibi, 2015), revealing the inadequacy of traditional planning and construction models (Asadpour et al., 2016). Integrating smart technologies—such as automated energy management systems, environmental sensors, and consumption data analytics—offers promising pathways for reducing greenhouse gas emissions and enhancing occupant well-being (González-Briones et al., 2018). This potential is particularly salient in sustainable and net-zero energy buildings, which bridge occupant comfort, social responsibility, and sustainable development (Dwaikat & Ali, 2016).

Materials and methods

This study conducts a scientometric analysis of global research on sustainable buildings, emphasizing the integration of smart technologies for energy management, quality of life improvement, and environmental impact reduction. Recognizing net-zero and energy-positive buildings as pivotal in addressing climate change, it maps scientific developments from 1950 to 2025. A total of 1,570 English-language publications (2020–2025) in the field of architecture—comprising research articles, reviews, and conference papers—were retrieved from the Lens.org database. Themes included smart design, energy optimization, intelligent management systems, indoor environmental quality, and carbon reduction. Manual data cleaning ensured accuracy and consistency. Using VOSviewer (v.1.6.20), the study generated knowledge maps, identified collaboration networks, and analyzed keyword co-occurrences and co-citation patterns. Results reveal key emerging topics, core technologies, and geographic and institutional linkages shaping the field, offering insights to advance scientific cooperation and practical strategies for sustainable, technology-integrated building design.

Results and discussion

The scientometric analysis of publications between 2020 and 2026 reveals a clear growth–decline pattern. Scientific production began moderately in 2020, increased substantially in 2021, and peaked in 2022 with over 420 documents. The subsequent drop in 2023 to about 270 outputs was followed by a slight recovery in 2024, while 2025–2026 show reduced figures—likely due to incomplete database indexing. Throughout this period, journal articles remained dominant, conference papers held a notable secondary share, and preprints contributed modestly during peak years. Source analysis shows Sustainability, Energies, and Buildings as the top three journals, jointly capturing the highest visibility and output share. Other outlets displayed more specialized and dispersed publication patterns. Authorship network mapping identified 75 prolific researchers within a highly interconnected cluster, reflecting intensive collaboration and thematic alignment. Citation and bibliographic coupling mapping revealed major clusters around smart energy management, building performance optimization, renewable integration, and climate-responsive design, with bridging themes in AI applications, life-cycle assessment, and urban smart policy. High-impact articles act as central hubs, linking technical, environmental, and policy domains. The dense connectivity and interdisciplinary integration observed suggest that smart, sustainable building research has reached a state of scientific maturity, with strong collaborative frameworks. Identified clusters and network structures highlight targeted pathways for innovation, bridge knowledge gaps, and support policy and practical strategies for advancing energy efficiency, environmental performance, and quality of life in the built environment.

Conclusion

The field of sustainable and smart buildings has rapidly advanced alongside AI, IoT, and renewable energy, forming a new paradigm in architecture and urbanism. Bibliometric findings show global expansion in scope and conceptual overlap, with research centered on smart energy management, quality of life, and environmental impact reduction. Key gaps remain in large-scale integration of BIM, IoT, and AI, economic policies, user acceptance, resilience to climate extremes, and comprehensive performance evaluation. Future research priorities include AI-driven energy optimization, green finance models, user–building interaction studies, resilient self-sufficient design, continuous performance monitoring, cross-cultural best-practice transfer, and circular-economy material lifecycle strategies.

مجله مطالعات علوم محیط زیست
جلد ۱۰، شماره ۳
Journal Homepage:www.jess.ir
شاپای چاپی: 2588-6851 شاپای الکترونیکی: 2645-520X

FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

تحلیل کتاب سنجی روند جهانی ساختمان‌های پایدار (۲۰۲۰–۲۰۲۵): با تمرکز بر ادغام فناوری‌های هوشمند در مدیریت انرژی، بهبود کیفیت زندگی و کاهش اثرات زیست‌محیطی

امیرحسین شیردل [۱*]

*۱–گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
*ایمیل نویسنده مسئول: amirshirdel6645930@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله علمی پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۶/۱۱
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۶/۱۹
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۷/۰۲
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۰۷/۱۰

کلید واژه ها:
معماری پایدار،
فناوری هوشمند،
مدیریت انرژی،
محیط زیست،
کیفیت زندگی.

چکیده

رشد پرشتاب شهرنشینی، تغییرات اقلیمی و محدودیت منابع انرژی، ضرورت توسعه ساختمان‌هایی با مصرف بهینه انرژی، تاب‌آوری محیطی و بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند را بیش از پیش آشکار کرده است. با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه‌های هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، همچنان چالش‌هایی جدی در یکپارچه‌سازی عملی این فناوری‌ها، ارزیابی عملکرد واقعی و پذیرش اجتماعی آن‌ها باقی مانده است. این پژوهش با هدف تحلیل کتاب‌سنجی روند جهانی تحقیقات در زمینه ساختمان‌های پایدار، هوشمند و کم‌اثر از نظر انتشار کربن، در بازه زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ انجام شد تا الگوهای رشد، محورهای پژوهشی و پیوندهای علمی بین نویسندگان و مراکز تحقیقاتی شناسایی شود. ضرورت انجام این مطالعه در آن است که شناسایی جریان‌های علمی و خلأهای موجود، امکان جهت‌دهی کارآمدتر به تحقیقات آتی و سیاست‌گذاری‌های حمایتی را فراهم می‌آورد. داده‌ها از پایگاه Lens.org استخراج و با استفاده از نرم‌افزار VOSviewer (نسخه ۱,۶,۲۰)، تحلیل‌های هم‌وقوعی کلیدواژه‌ها، استنادی و هم‌پیوندی کتابشناختی انجام گرفت. نتایج نشان داد که پس از رشد مداوم تا سال ۲۰۲۲، حوزه ساختمان‌های پایدار و هوشمند وارد مرحله‌ای از بازتنظیم موضوعی شده است که در آن فناوری‌های دیجیتال نوآورانه، مدیریت هوشمند انرژی، ارتقای کیفیت زندگی و کاهش اثرات زیست‌محیطی به محورهای اصلی توجه بدل گشته‌اند. تحلیل شبکه‌ها بیانگر خوشه‌هایی شامل مدیریت انرژی و سیستم‌های هوشمند، بهینه‌سازی و شبیه‌سازی عملکرد، ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر، طراحی اقلیمی، کاربرد هوش مصنوعی، شهر هوشمند و ارزیابی چرخه عمر است. همچنین شکاف‌هایی در یکپارچه‌سازی کامل فناوری‌ها، ارزیابی اقتصادی و پذیرش اجتماعی مشاهده شد. یافته‌ها نشان می‌دهد آینده این حوزه بر همگرایی میان فناوری، سیاست‌گذاری و علوم انسانی استوار خواهد بود و با توسعه چارچوب‌های ارزیابی پویا، می‌توان مسیر دستیابی به ساختمان‌هایی خودکفا، تاب‌آور و سازگار با اقلیم را تسریع کرد و به محیط زیستی پایدار دست یافت.

ناشر: انتشارات فن پایا

DOI: 10.22034/jess.2025.544659.2400

۱-مقدمه

صرفه جویی در مصرف انرژی و دستیابی به راهکارهای مؤثر برای کاهش آن، در سال‌های اخیر به یکی از اولویت‌های راهبردی پژوهش‌ها و سیاست‌های توسعه پایدار تبدیل شده است، به‌ویژه در بخش ساختمان که بر اساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی (International Energy Agency, 2023) در سطح جهانی حدود ۳۰ درصد از کل مصرف انرژی و ۲۷ درصد از انتشار مستقیم و غیرمستقیم دی‌اکسیدکربن را به خود اختصاص می‌دهد، و در کشورهای در حال توسعه همچون ایران این سهم بیش از ۴۱ درصد است (Soltani, Asadpour, 2019 & 2016; Mahdinejad). این حجم مصرف، همراه با روند افزایشی شهرنشینی، تغییرات جمعیتی، و الگوهای جدید زندگی، ضرورت بازنگری ا سا سی در طراحی و بهره‌برداری ساختمان‌ها را دوچندان کرده ا ست (Asadpour et al., 2024a, 2024b; Shirdel et al., 2025a, 2025b). پیامدهای زیست‌محیطی از جمله افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش کیفیت هوا، و تهدید سلامت اکوسیستم‌ها (UNEP, 2022) به همراه اثرات اقتصادی و اجتماعی، اهمیت رویکردهای جامع و یکپارچه را آشکار ساخته است؛ رویکردهایی که نه تنها کارایی انرژی را ارتقا دهند، بلکه همسو با مسئولیت اجتماعی و عدالت انرژی باشند. با وجود پیشرفت‌های فناورانه، شکاف معناداری در یکپارچه‌سازی سه محور کلیدی «ساختمان‌های صفر انرژی (Net Zero Energy Buildings - NZEB)» (Kathirgamanathan et al., 2021)، «یکپارچه‌سازی با شبکه هوشمند (Smart Grid Integration)» (Bahramian, & Yetilmezsoy., 2020)، و «ارزیابی چرخه عمر (Life Cycle Assessment - LCA)» (Cabeza et al., 2014) در مطالعات حوزه ساختمان پایدار وجود دارد. این سه چارچوب نظری به ترتیب بر توازن یا مازاد تولید انرژی نسبت به مصرف سالانه، تبادل دو سویه و بهینه سازی مدیریت بار با شبکه برق، و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در کل چرخه عمر ساختمان تمرکز دارند و ترکیب آن‌ها می‌تواند بنیانی قدرتمند برای توسعه معماری پایدار در ایران و جهان فراهم کند. بخش ساختمان با کاربری‌های متنوع، پراکندگی اقلیمی، و سهم سنگین در مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها (Mahdinejad et al., 2020b, Asadpour, 2014 & 2020c; Asadpour)، نیازمند راهکارهای چندوجهی است که از طراحی هوشمند، استفاده از مصالح کم‌انرژی (Mahdinejad, 2024; Shirdel)، و سامانه‌های نوین مدیریت انرژی تا سیاست‌گذاری‌های کلان و مشوق‌های اقتصادی را در بر بگیرد (Vasilakopoulou, & González-Briones et al., 2018; Hafez et al., 2023; Santamouris 2021). تجربه‌های موفق کشورهایی چون آلمان و دانمارک (Zhang et al., 2019; International Energy Agency, 2018) نشان داده است که ترکیب کد ساختمانی سخت‌گیرانه با مشوق‌های مالی، پذیرش فناوری‌های کم‌مصرف را تسهیل می‌کند، در حالی که فقدان این هماهنگی در کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، باعث تداوم وابستگی به الگوهای پرمصرف می شود (Zhao et al., 2015; Mahdinejad Asadpour, 2019; Rahaee et al., 2024; Espino-González et al., 2024; Hafez et al., 2023; Mahdinejad et al., 2024; Pisello, 2017). بررسی پژوهش‌های بازه ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ (Pisello, 2017) نشان می‌دهد که تمرکز بر پیوند فناوری‌های هو شمند، طراحی سازگار با اقلیم، و تحلیل جامع چرخه عمر، هنوز در اغلب مطالعات به‌طور هم‌زمان محقق نشده است. تحلیل تفاوت‌های موجود میان کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه (Yu, 2018; Di & Kim Foggia, 2018; Ma et al., 2019) نیز بیانگر این واقعیت ا ست که ا ستراتژی‌های ارتقای پایداری باید متنا سب با محدودیت‌ها و فرصت‌های بومی تدوین شوند. در این راستا، پرسش محوری تحقیق چنین تعریف می‌شود: «سیر تحول پژوهش‌ها در حوزه معماری پایدار و ادغام فناوری‌های هوشمند در مدیریت انرژی، بهبود کیفیت زندگی، و کاهش اثرات زیست‌محیطی در بازه ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ چگونه بوده است و چه مضامین محوری در نقشه علم‌سنجی این حوزه قابل شناسایی است؟» پاسخ به این پرسش مستلزم شناسایی خوشه‌های مفهومی کلیدی و روابط میان آن‌ها، تحلیل نقش فناوری‌های هو شمند در تحقق اهداف ساختمان صفر انرژی، و برر سی الگوهای همکاری علمی بین‌المللی و ارزیابی میزان همگرایی یا واگرایی جریان‌های پژوه شی ا ست؛ رویکردی که می‌تواند شکاف موجود را پر کرده و نق شه راهی برای بومی‌سازی چارچوب‌های پایداری در ایران ارائه دهد.

۲-روش انجام تحقیق

این پژوهش با هدف تحلیل علم‌سنجی روندهای جهانی پژوهش در حوزه ساختمان‌های پایدار، با تمرکز ویژه بر ادغام فناوری‌های هوشمند در مدیریت انرژی، ارتقای کیفیت زندگی کاربران و کاهش اثرات زیست‌محیطی طراحی و اجرا شده است. این رویکرد با در نظر گرفتن جایگاه ساختمان‌های صفر انرژی به‌عنوان راهکارهای کلیدی در مقابله با بحران اقلیمی، تلاش دارد تصویری جامع از تحولات علمی در این حوزه طی بازه‌ی زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ ارائه دهد. برای دستیابی به این هدف، کلیه مطالعات منتشرشده در بازه زمانی مذکور گردآوری، سازمان‌دهی و بر اساس حوزه‌های موضوعی کلیدی مانند طراحی هوشمند، بهینه‌سازی مصرف انرژی، سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی، کیفیت محیط زیست و کاهش کربن دسته‌بندی شدند. در ادامه، فرآیند تحلیل علم‌سنجی با هدف شناسایی مفاهیم پرتکرار، روندهای نوظهور،

فناوری‌های محوری و الگوهای همکاری علمی میان پژوهشگران، مؤسسات و کشورها اجرا شد. داده‌های پژوهش از پایگاه داده Lens استخراج گردید. این پایگاه، یک منبع گسترده، متن‌باز و معتبر در سطح بین‌المللی است که داده‌های استنادی، مقالات علمی و پتنت‌ها را در حوزه‌هایی چون علوم مهندسی، محیط‌زیست، انرژی‌های تجدیدپذیر و معماری پایدار پوشش می‌دهد. پوشش جامع Lens در سه بُعد انتشارات علمی، تنوع موضوعی و گستره جغرافیایی، آن را به یکی از مهم‌ترین منابع در پژوهش‌های علم‌سنجی حوزه انرژی و پایداری تبدیل کرده است. انتخاب Lens این امکان را فراهم ساخت تا داده‌هایی با دقت، مقیاس و اعتبار بالا گردآوری و در قالب‌های استاندارد، آماده تحلیل‌های پیشرفته شود. داده‌های استخراج‌شده با استفاده از نرم‌افزار VOSviewer (نسخه ۱٫۶٫۲۰) پردازش و تحلیل گردید. این نرم‌افزار با قابلیت ترسیم نقشه‌های دانش، تحلیل شبکه‌های همکاری، شناسایی هم‌واژگانی و پیوندهای هم‌استنادی، به‌طور مؤثر روابط علمی میان پژوهشگران، کشورهای پیشرو و مؤسسات کلیدی را آشکار می‌سازد. در این پژوهش، از VOSviewer برای ایجاد شبکه‌های علمی و خوشه‌بندی مفاهیم کلیدی استفاده شد تا ساختار معنایی حوزه‌ی ساختمان‌های پایدار و فناوری‌های هوشمند، هم در سطح جهانی و هم منطقه‌ای، به‌طور بصری و تحلیلی بازنمایی شود. پیش از آغاز تحلیل‌ها، کلیه رکوردهای استخراج‌شده با رویکرد پاک‌سازی داده‌ها بازبینی شدند. این مرحله شامل حذف موارد تکراری، تصحیح خطاهای موجود در فراداده و استانداردسازی نام نویسندگان و مؤسسات بود تا انسجام، دقت و قابلیت بازتولید نتایج تضمین شود. جست‌وجو بر مبنای فیلدهای عنوان، چکیده و کلیدواژه مقالات انجام شد و از یک رشته جست‌وجوی ترکیبی بهره گرفته شد که مفاهیم «ساختمان پایدار» و «ساختمان هوشمند» را در کنار کلیدواژه‌های مرتبط با کارایی و بهینه‌سازی انرژی، مدیریت هوشمند انرژی، کیفیت زندگی، محیط زیست و توسعه ساختمان‌های صفر و مثبت انرژی در بر می‌گرفت. برای افزایش جامعیت، معادل‌های واژگانی و اصطلاحات هم‌معنی نیز به کار گرفته شدند تا دامنه‌ی پوشش جست‌وجو به بیشترین حد ممکن برسد. نسخه کامل این رشته جست‌وجو در ادامه ارائه می‌شود:

("sustainable building" OR "green building" OR "smart building" OR "intelligent building" OR "zero energy building" OR "net zero energy building" OR "positive energy building" OR "low carbon building" OR "energy efficient building") AND ("smart technology" OR "smart system" OR IoT OR "Internet of Things" OR "building automation" OR "energy management system" OR "BEMS") AND ("energy management" OR "energy optimization" OR "energy efficiency" OR "demand response" OR "energy monitoring" OR "renewable energy") AND ("quality of life" OR "indoor environmental quality" OR "thermal comfort" OR "visual comfort" OR "indoor air quality") AND ("environmental impact" OR "carbon emission" OR "greenhouse gas" OR "climate change mitigation" OR "sustainable development" OR "environmental sustainability")

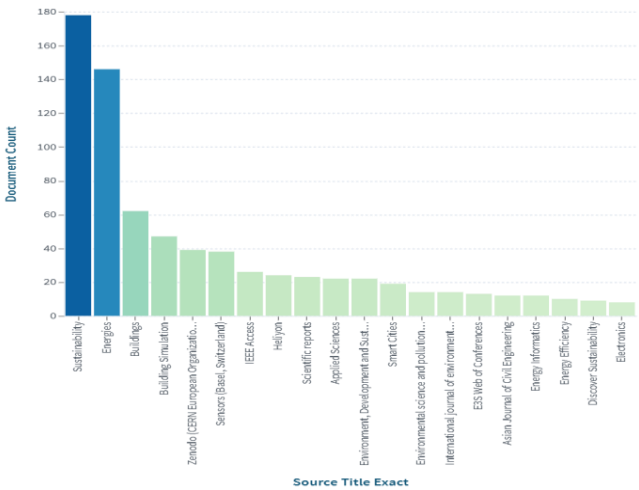
همچنین در این پژوهش فقط سند های انگلیسی زبان و حوزه تخصصی معماری در فیلتر Lens مورد بررسی قرار گرفته اند و شامل مقالات پژوهشی، مروری، و مجموعه مقالات همایش به تعداد ۱۵۷۰ اثر علمی شده است. محدودیت زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ برای هم‌خوانی کامل با اهداف پژوهش و کلیدواژه های مطرح شده اعمال شد، همچنین اسناد بدون اطلاعات کامل کتابشناختی، تکراری، خارج از حوزه معماری یا فاقد کلیدواژه‌های مرتبط حذف گردید. در این فرآیند، شبکه هم‌وقوعی کلیدواژه‌ها با آستانه حداقل پنج تکرار مورد بررسی قرار گرفت تا الگوهای معنایی و حوزه‌های پرتکرار شناسایی شوند. همچنین تحلیل هم نویسندگی، تحلیل‌های هم‌استنادی اسنادی و زوج‌کتاب‌شناختی با آستانه حداقل ۷۰ استناد انجام شد؛ انتخاب این آستانه با هدف تمرکز بر مقالات هسته و پراستناد، همسویی با دامنه ۶۰ تا ۸۰ استناد گزارش‌شده در مطالعات مشابه حوزه ساختمان‌های پایدار و مدیریت انرژی، و اطمینان از حفظ اندازه خوشه‌ها در سطحی قابل‌تفسیر صورت گرفت.نتایج حاصل از این فرآیند مبنای تحلیل‌های کتاب‌سنجی و ترسیم نقشه علم قرار گرفت.

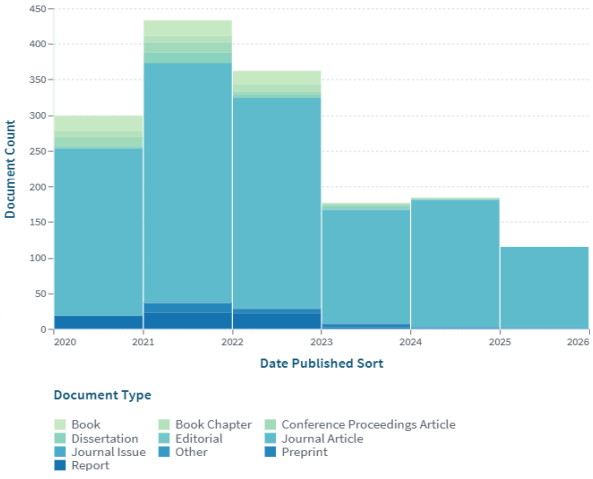
۳- نتایج

• بررسی جامع منابع، روندها و مراکز برتر در حوزه ساختمان های پایدار و فناوری های هوشمند :

مطابق تصویر۱، این نمودار روند تعداد اسناد علمی منتشرشده در فاصله سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۶ را بر اساس نوع سند نشان می‌دهد. بررسی شکل کلی نمودار حاکی از آن است که تولید علمی در سال ۲۰۲۰ با حجمی متوسط آغاز شد و در سال ۲۰۲۱ رشد قابل‌ملاحظه‌ای پیدا کرد و در نهایت در سال ۲۰۲۲ به نقطه اوج خود رسید؛ به‌طوری که تعداد اسناد منتشرشده در این سال از مرز ۴۲۰ مورد عبور کرده است. پس از این پیک، در سال ۲۰۲۳ کاهش محسوسی دیده می‌شود و حجم اسناد به حدود ۲۷۰ مورد می‌رسد. با این حال، در سال ۲۰۲۴ نسبت به سال قبل اندکی بهبود مشاهده می‌شود، ولی این روند افزایشی ادامه پیدا نکرده و در سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۲۶ با کاهش دوباره روبه‌رو هستیم. البته باید در نظر داشت که داده‌های پایگاه مورد استفاده برای ۲۰۲۵ و ۲۰۲۶ ممکن است هنوز کامل نشده باشد، بنابراین افت مشاهده‌شده در این

سال‌ها لزوماً به معنای کاهش واقعی تولید علمی نیست.از نظر نوع سند، مقالات ژورنالی بیشترین سهم را در تمام سال‌ها دارند و ستون اصلی نمودار را تشکیل می‌دهند. مقالات کنفرانسی نیز سهم قابل‌توجهی، به‌ویژه در سال‌های اوج انتشارات، دارند. پیش‌چاپ‌ها اگرچه سهم کوچکی را به خود اختصاص داده‌اند، اما در دوره ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۳ حضوری محسوس دارند. سهم کتاب‌ها، فصل‌های کتاب و سایر انواع سند مانند سرمقاله‌ها، پایان‌نامه‌ها یا گزارش‌ها بسیار محدود و عمدتاً در سال‌های پرانتشار، یعنی ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲، قابل‌مشاهده است.این الگو نشان می‌دهد که رشد اولیه دوره ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ احتمالاً تحت تأثیر افزایش توجه به موضوعات نوظهور و گسترش پروژه‌های علمی آنلاین در دوران کرونا بوده است. افت پس از سال ۲۰۲۲ می‌تواند ناشی از اشباع نسبی موضوع، تغییر اولویت‌های پژوهشی یا محدودیت منابع مالی باشد. با توجه به تکمیل‌تر بودن داده‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴ و تنوع بالاتر نوع سند در این بازه، تمرکز بر این دوره برای انجام تحلیل‌های علم‌سنجی و استخراج الگوهای اصلی انتشار می‌تواند نتایج دقیق‌تر و قابل‌اتکاتری به همراه داشته باشد.همچنین بر حسب تصویر۲، نمودار ارائه‌شده پراکندگی تعداد اسناد علمی منتشرشده در مجلات مختلف را بر اساس داده‌های استخراج‌شده نشان می‌دهد و در واقع تصویر روشنی از مجلات پرانتشار در حوزه مرتبط با موضوع تحقیق فراهم می‌کند. بررسی روند ستون‌ها گویای آن است که سه مجله اول، یعنی Sustainability، Energies و Buildings به‌طور چشمگیری بیشترین سهم را در میان منابع نشریاتی به خود اختصاص داده‌اند. مجله Sustainability با حدود ۱۸۰ سند در صدر قرار دارد و با اختلافی مشخص نسبت به سایر عناوین، نقش اصلی را در انتشار پژوهش‌های این حوزه ایفا می‌کند. پس از آن مجله Energies با بیش از ۱۴۰ سند و در رتبه سوم Buildings با حدود ۶۰ سند قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده تمرکز بالای محققان بر انتشار یافته‌ها در این سه منبع شاخص و پرمخاطب است.بعد از این گروه برتر، سایر مجلات با فاصله قابل‌ملاحظه و میانگین تقریبی کمتر از ۵۰ سند قرار دارند. Building Simulation، Zemode (CERN European Organization)، و Saraswati (Sriwijaya and)، همراه با IEEE Access، Heliyon و Scientific Reports بخشی از این مجموعه را تشکیل می‌دهند. توزیع در این بخش بیانگر آن است که پژوهش‌ها به شکل پراکنده‌تری در میان طیف وسیعی از مجلات تخصصی مهندسی، علوم محیطی، شبیه‌سازی ساختمان و فناوری‌های هوشمند منتشر می‌شوند.در بخش پایانی نمودار، مجلاتی با تعداد انتشار کمتر از ۲۰ سند دیده می‌شوند، مانند Applied Sciences، Smart Cities، Environmental Development and Sustainability، و سایر منابع تخصصی که بیشتر به جنبه‌های محیطزیستی، شهر هوشمند، و مهندسی عمران می‌پردازند. این سطح پایین‌تر از انتشار معمولاً نشانه تمرکز کمتر این مجلات بر موضوع مورد مطالعه و یا انتخاب هدفمند پژوهشگران برای انتشار در مجلات با دامنه مخاطب گسترده‌تر است. به‌طور کلی، ساختار نمودار نشان می‌دهد که اگر هدف تمرکز بر مجلات با بیشترین بازتاب علمی باشد، سه مجله Sustainability، Energies و Buildings جایگاه اصلی در راهبرد انتشار مقالات را دارند. این امر نه تنها به دلیل حجم بالای انتشارات بلکه به دلیل گستردگی حوزه پوشش و شناخته‌شدن این عناوین در پایگاه‌های استنادی بین‌المللی است. سایر مجلات نیز هرچند در رتبه‌های پایین‌تر قرار دارند، اما می‌توانند به‌عنوان منابع مکمل برای مقالات تخصصی یا موضوعات جزئی‌تر کاربرد داشته باشند، به ویژه در مواردی که هدف، دسترسی به جامعه علمی خاص یا پوشش جنبه‌های میان‌رشته‌ای حوزه هوشمند و پایدار باشد.

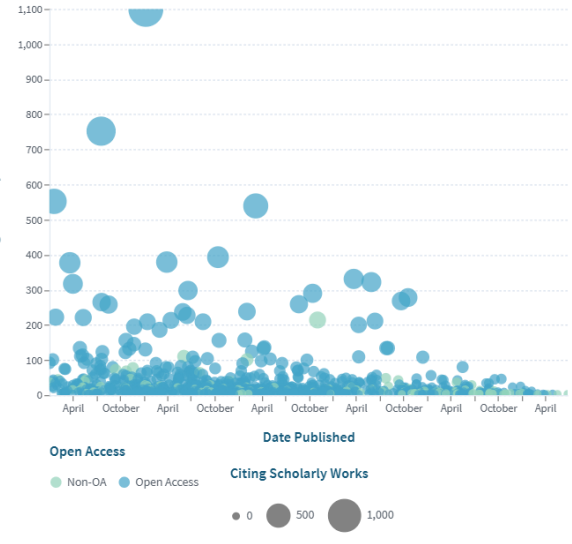




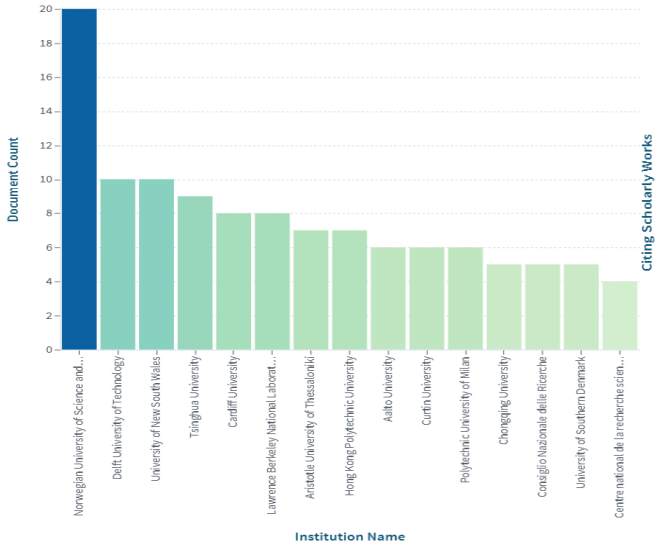
تصویر۱- توزیع مقالات بر اساس آثار علمی در گذر زمان (۲۰۲۵-۲۰۲۰) **تصویر۲- توزیع مقالات بر اساس منبع انتشار (۲۰۲۵-۱۹۹۰)**

باتوجه به تصویر۳، نمودار ارائه‌شده توزیع آثار علمی پراستناد را بر اساس تاریخ انتشار و نوع دسترسی — شامل دسترسی آزاد و دسترسی غیرآزاد نشان می‌دهد و همزمان شدت تأثیرگذاری آن‌ها را از طریق اندازه حباب‌ها و تعداد استنادها به تصویر می‌کشد. بررسی داده‌ها نشان می‌دهد بیشترین تراکم مقالات با استناد بالا در سال‌های ابتدایی بازه زمانی رخ داده است؛ به‌ویژه چند اثر شاخص با بیش از ۵۰۰ تا حتی

۱٬۰۰۰ استناد که عمدتاً در اوایل دوره زمانی مورد مطالعه منتشر شده‌اند. این الگو با ماهیت چرخه عمر آثار علمی هم‌خوانی دارد، زیرا مقالات قدیمی‌تر زمان بیشتری برای دیده‌شدن و دریافت استناد داشته‌اند. در این مقطع، آثار منتشرشده با دسترسی آزاد و غیرآزاد هر دو وجود دارند، اما آثار دسترسی آزاد سهم بیشتری در میان مقالات فوق‌العاده پراستناد دارند، که بیانگر مزیت آشکار انتشار آزاد در افزایش بازتاب علمی است. با حرکت به سمت سال‌های میانی و انتهایی بازه، اندازه حباب‌ها به‌طور کلی کوچک‌تر می‌شود که به معنای کاهش شمار آثار با استنادات بسیار بالا است. البته استثناهایی دیده می‌شود؛ برای مثال، تعدادی از مقالات نسبتاً جدید توانسته‌اند در مدت کوتاه استنادهای قابل‌توجهی دریافت کنند، که ممکن است نشان‌دهنده نوظهور بودن ، جذابیت یا ضرورت فوری موضوع آن‌ها باشد. در عین حال، تراکم نقاط در سطوح پایین استناد نسبت به سنوات اخیر بسیار بیشتر است، که این موضوع بیانگر افزایش کمّی انتشار اما با پراکندگی بازتاب علمی است.توزیع آثار دسترسی آزاد در کل محور زمان تقریباً پیوسته است، اما نسبت آن‌ها در سال‌های اخیر نسبت به گذشته بیشتر شده است؛ این تغییر می‌تواند نشانه تحول رویکرد ناشران و نویسندگان به سمت انتشار آزاد باشد. آثار غیرآزاد نیز همچنان بخشی از آثار پراستناد را تشکیل می‌دهند، ولی به نظر می‌رسد در رقابت با آثار دسترسی آزاد از نظر شانس دستیابی به تعداد بالای استناد عقب‌تر هستند. از منظر علم‌سنجی ، این الگو به‌خوبی رابطه بین زمان، مدل انتشار و تأثیرگذاری علمی را نشان می‌دهد و اهمیت ترکیب کیفیت علمی ، انتخاب مجله مناسب و مدل انتشار در دستیابی به حداکثر بازتاب علمی را تأیید می‌کند. بررسی تصویر۴ نشان می‌دهد که «دانشگاه علوم و فناوری نروژ» با ۲۰ سند منتشرشده، در جایگاه نخست قرار دارد و فاصله قابل‌توجهی با سایر مراکز دارد. پس از آن، «دانشگاه صنعتی دلفت» و «دانشگاه نیو ساوت ولز» هر کدام با ۱۰ سند، جایگاه دوم را به‌طور مشترک در اختیار دارند. «دانشگاه تسینگهوا» با ۹ سند و «دانشگاه کاردیف» با ۸ سند، در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند و این تعداد برای «آزمایشگاه ملی لارنس برکلی» نیز برابر با ۸ سند است. در ادامه، «دانشگاه فنی آلتو» و «دانشگاه پلی‌تکنیک هنگ‌کنگ» هر کدام ۷ سند منتشر کرده‌اند و پس از آن «دانشگاه آلتو» و «دانشگاه کرتین» با ۶ سند در سطح یکسان قرار دارند. «دانشگاه پلی‌تکنیک میلان» و «دانشگاه چونگ‌چینگ» با ۵ سند، جایگاه بعدی را اشغال کرده‌اند. در بخش انتهایی فهرست، «شورای ملی تحقیقات ایتالیا», «دانشگاه دانمارک جنوبی» و «مرکز ملی تحقیقات علمی فرانسه» به‌ترتیب با ۵، ۵ و ۴ سند دیده می‌شوند. الگوی کلی توزیع اسناد نشان می‌دهد که تولید دانش در حوزه مورد بررسی به‌طور نسبی متمرکز بر تعداد محدودی از دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی پیشرو است و فاصله واضحی بین دانشگاه برتر و سطح دوم مراکز وجود دارد. همچنین تنوع جغرافیایی بالاست، به‌گونه‌ای که مراکز اروپایی، آسیایی و اقیانوسیه همگی در میان ۱۵ مرکز برتر حضور دارند. این تنوع منطقه‌ای بیانگر ماهیت بین‌المللی و چندرشته‌ای حوزه تحقیقاتی مورد بحث است، اگرچه تمرکز بالای انتشارات در چند نهاد شاخص، از نقش محوری این مراکز در تولید و هدایت روندهای علمی خبر می‌دهد.



تصویر۳-آثار علمی پراستناد بر اساس منبع انتشار (۲۰۲۵-۲۰۲۰)

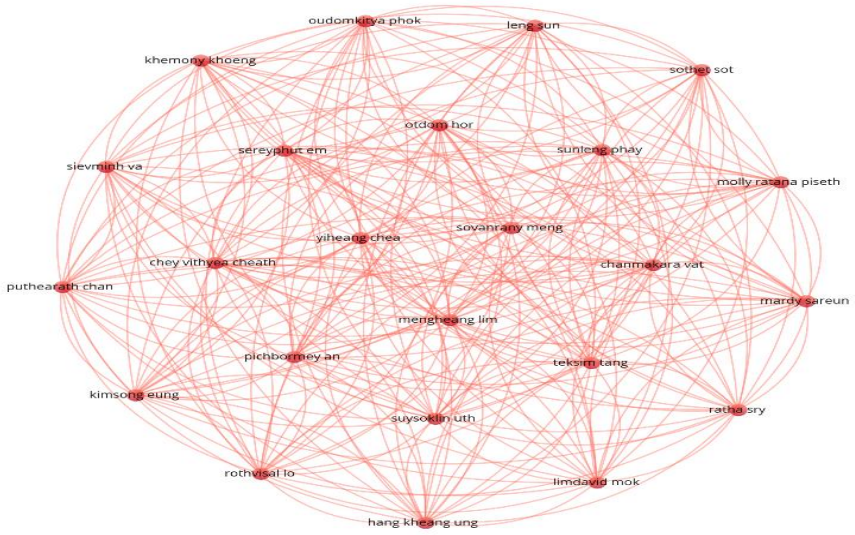


تصویر۴-وضعیت تولید اسناد در مراکز برتر (۲۰۲۵-۱۹۹۰)

• الگوهای همکاری بین‌المللی در حوزه ساختمان های پایدار و فناوری های هوشمند:

نتایج تحلیل تصویر۵ نشان می‌دهد، فرآیند تحلیل همکاری نویسندگان با نرم‌افزار VOSviewer همان‌طور که در تصاویر مشخص است، به صورت مرحله‌به‌مرحله اجرا شده است. در مرحله اول نوع تحلیل «همکاری نویسندگان» انتخاب شده و واحد تحلیل نیز «نویسندگان» است تا ساختار شبکه همکاری بین پژوهشگران بررسی شود. برای روش شمارش، گزینه «شمارش کامل» فعال شده است که هر نویسنده

را در هر مقاله به‌صورت کامل لحاظ می‌کند، بدون آنکه سهم هر نویسنده وابسته به تعداد افراد مقاله تعدیل شود. همچنین اسناد با بیش از ۲۵ نویسنده حذف شده‌اند تا شبکه حاصل دچار شلوغی غیرواقعی نشود و نتایج تحلیل دقیق‌تر باشد.در مرحله بعد، آستانه تعداد حداقل مدارک برای هر نویسنده روی مقدار ۳ تنظیم شده است؛ یعنی فقط نویسندگانی که حداقل ۳ سند منتشر کرده‌اند، وارد تحلیل می‌شوند. آستانه استناد صفر قرار گرفته است، به این معنا که محدودیتی بر اساس تعداد استنادها اعمال نشده و فقط تولید کمی آثار مدنظر قرار گرفته. پس از فیلتر کردن، از میان ۳۷۲۴ نویسنده، تنها ۷۵ نویسنده معیار لازم را داشته‌اند و برای تحلیل انتخاب شده‌اند.در ادامه، تعداد نویسندگان برای تحلیل همان ۷۵ نفر ثابت مانده و میان آن‌ها شبکه همکاری تشکیل شده است. نرم‌افزار قدرت کل ارتباط نویسندگان با دیگران را محاسبه می‌کند و نهایتاً نویسندگان با بیشترین پیوندهای همکاری در شبکه انتخاب و نمایش داده می‌شوند.نتایج گویای آن است که نقشه شبکه همکاری بین نویسندگان را نشان می‌دهد. اکثر نویسندگان در یک خوشه بزرگ قرار دارند که این بیانگر ارتباط و همکاری علمی گسترده بین آن‌هاست. خطوط متعدد بین اسامی نشان می‌دهد که نویسندگان این حوزه رابطه همکاری مستمر و پربسامدی داشته‌اند و تولیدات علمی عمدتاً به صورت گروهی و مشترک انجام شده است. وجود یک خوشه واحد و متراکم نشان‌دهنده همگرایی شبکه نویسندگان و فقدان جدایی یا قطب‌بندی آشکار در میان گروه‌های پژوهشی است. چنین الگویی معمولاً نشانه بلوغ حوزه علمی، تمایل بالا به انتشار مشترک و گسترش شبکه‌های ارتباطی علمی است که خود زمینه‌ساز رشد سریع دانش و ارتقاء کیفیت پژوهش می‌شود. همچنین، این نوع شبکه می‌تواند موجب سرعت انتقال ایده‌ها، افزایش میانگین استناد و تاثیرگذاری آثار، و ارتقاء سطح همکاری بین‌المللی در حوزه مطالعاتی ساختمان‌های هوشمند و پایدار باشد.



تصویر۵- شبکه هم‌تألیفی نویسندگان در حوزه ساختمان های پایدار و فناوری های هوشمند (۲۰۲۵-۲۰۲۰)

- **تحلیل هم‌واژگانی و خوشه‌بندی موضوعی:**

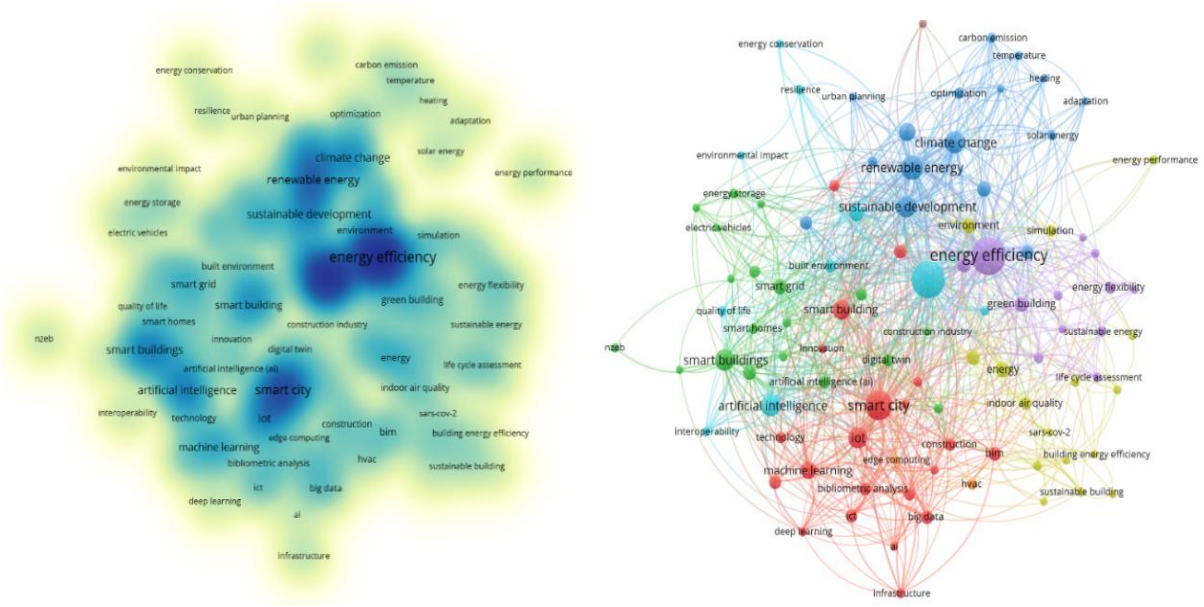
مطابق تصاویر ۶ و ۷، فرآیند تحلیل هم‌وقوعی کلیدواژه‌ها در نرم‌افزار VOSviewer با انتخاب گزینه «هم وقوعی» و واحد تحلیل «تمام کلیدواژه‌ها »آغاز شده و روش شمارش کامل انتخاب شده است تا هر بار تکرار یک کلیدواژه در یک سند به صورت کامل در نظر گرفته شود. آستانه حداقل تکرار هر کلیدواژه، ۵ بار تعیین شد که از میان ۳۶۵۷ کلیدواژه، تعداد ۱۰۵ کلیدواژه واجد این شرط شدند. نرم‌افزار این کلیدواژه‌ها را به ۸ خوشه موضوعی تقسیم کرده که هر خوشه بر اساس ارتباطات معنایی و هم‌زمانی استفاده کلیدواژه‌ها در اسناد شکل گرفته است.شبکه هم‌وقوعی کلیدواژه‌ها در این پژوهش، هشت خوشه اصلی را آشکار ساخته که هر یک نمایانگر حوزه‌ای متمایز ولی مرتبط از ادبیات علمی ساختمان‌های پایدار و هوشمند است. این خوشه‌ها در کنار هم، تصویری جامع از پیوند فناوری‌های نوین، الزامات فنی، ملاحظات زیست‌محیطی و ابعاد انسانی این حوزه ارائه می‌کنند.

جدول۱- دسته‌بندی خوشه‌های موضوعی شناسایی‌شده در تحلیل هم‌پیوندی کتابشناختی در حوزه ساختمان های پایدار و فناوری های هوشمند (۲۰۲۵-۲۰۲۰)

شماره خوشه	مولفه اصلی	کلید واژه های اصلی	محور تمرکز خوشه
۱	فناوری‌های دیجیتال و نوآوری در ساختمان‌های پایدار	هوش مصنوعی(AI) ، تحلیل علم‌سنجی، کلان‌داده، مدلسازی اطلاعات ساختمان(BIM) ، بلاکچین، عملکرد ساختمان، اقتصاد چرخشی، ساخت‌وساز، یادگیری عمیق، سیستم‌های مدیریت انرژی، فناوری اطلاعات و ارتباطات(ICT) ، زیرساخت، نوآوری، اینترنت اشیا(IoT) ، یادگیری ماشین، ساختمان هوشمند، شهر هوشمند، خانه هوشمند، پایداری، توسعه پایدار، فناوری	همگرایی نوآوری‌های دیجیتال با اهداف پایداری و ارتقای عملکرد ساختمان‌ها
۲	یکپارچه‌سازی فناوری‌های نوین با سیستم‌های انرژی و ساختمان	هوش مصنوعی، تحلیل کلان‌داده، مدیریت انرژی ساختمان، مدلسازی اطلاعات ساختمان، صنعت ساخت‌وساز، ذخیره‌سازی انرژی، گذار انرژی، اینترنت اشیا، ساختمان صفرانرژی (NZEB)، حسگرها، ساختمان هوشمند، سیستم‌های انرژی هوشمند، شبکه هوشمند، خانه هوشمند	بهینه‌سازی مدیریت انرژی و عملکرد ساختمان از طریق ترکیب فناوری‌های نوظهور و سامانه‌های هوشمند
۳	پایداری اقلیمی و کارایی انرژی	تغییرات اقلیم، کاهش انتشار کربن، مصرف انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر، آسایش حرارتی، برنامه‌ریزی شهری، توسعه پایدار	پیوند مسائل اقلیمی با بهینه‌سازی بهره‌وری انرژی در معماری و طراحی شهری
۴	استانداردها، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد	بهره‌وری انرژی ساختمان، مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)، کاهش کربن، کیفیت هوای داخلی، شبیه‌سازی، استانداردLEED ، کنترل پیش‌بینی مدل	استفاده از ابزارها، استانداردها و رویکردهای مدل‌محور برای سنجش و بهبود عملکرد ساختمان
۵	مدیریت هوشمند انرژی و ارزیابی چرخه عمر	پاسخگویی به تقاضا، انعطاف‌پذیری انرژی، مدیریت انرژی، ساختمان سبز، کیفیت محیط داخلی، ارزیابی چرخه عمر	ادغام راهبردهای مدیریتی و معیارهای زیست‌محیطی در کل چرخه عمر ساختمان‌ها
۶	فناوری‌های نوین و رفاه انسانی	هوش مصنوعی، محیط ساخته‌شده، کیفیت زندگی، تاب‌آوری، کاهش اثرات زیست‌محیطی، قابلیت همکاری سامانه‌ها	ارتقای کیفیت زندگی و پایداری اجتماعی–محیطی با تکیه بر فناوری‌های نوین
۷	زیرساخت‌های هوشمند کنترل اقلیم	رایانش لبه‌ای، سیستم‌هایHVAC	بهینه‌سازی شرایط محیطی داخلی از طریق پردازش سریع و سامانه‌های هوشمند کنترل اقلیم
۸	منابع انرژی تجدیدپذیر	منابع انرژی تجدیدپذیر	نقش انرژی‌های پاک در دستیابی به اهداف پایداری ساختمان‌ها

رویکرد تحلیل کیفی خوشه‌های موضوعی در این پژوهش بر چارچوب‌هایی استوار است که جایگاه پایدار و کاربرد گسترده در علم‌سنجی و جامعه‌شناسی علم دارند. نظریه «سازمان فکری و اجتماعی علوم» (Whitley, 2000) تبیین می‌کند که چگونه ساختارهای دانشی در حوزه‌های علمی شکل گرفته، تثبیت و یا تغییر می‌کنند. دیدگاه «تحول پارادایمی» (Kuhn, 1970) چارچوبی فراهم می‌کند تا بتوان خوشه‌ها را به‌عنوان هسته‌های تثبیت‌شده، حوزه‌های گذار یا نوظهور شناسایی کرد. همچنین، نظریه «حفره‌های ساختاری» (Burt, 2004) در تحلیل شبکه‌های علمی توضیح می‌دهد که چگونه برخی اجزای کوچک‌تر ولی راهبردی می‌توانند به‌عنوان پل بین حوزه‌های مستقل عمل کنند. سنجش «بین‌مرکزی» (Leydesdorff, 2007) نیز به شناسایی نقاط کلیدی جریان ایده‌ها و نوآوری کمک می‌کند. این چارچوب‌ها سبب می‌شوند تحلیل خوشه‌ها فراتر از گزارش آماری رفته و لایه‌های مفهومی، ارتباطات ساختاری و ظرفیت‌های نوآوری داده‌ها آشکار شوند. نتایج نشان می‌دهد که خوشه‌های ۱ و ۲ هسته دانشی شبکه را شکل می‌دهند؛ جایی که تراکم واژگانی و پیوندهای بین‌خوشه‌ای در بالاترین حد خود قرار دارد. خوشه ۱، با تمرکز بر فناوری‌های دیجیتال مانند مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)، اینترنت اشیا (IoT) و یادگیری ماشین، به همراه مفاهیمی چون پایداری و اقتصاد چرخشی، جریان اصلی نوآوری تکنولوژیک در حوزه ساختمان‌های صفرانرژی را هدایت می‌کند. خوشه ۲ نیز مکمل آن است و ترکیب این فناوری‌ها را با عناصر ذخیره‌سازی انرژی، یکپارچه‌سازی با شبکه هوشمند و بهینه‌سازی عملکرد پیوند می‌دهد. این دو خوشه نمونه بارز هسته‌های دانشی پایدار هستند که در نظریه Whitley به‌عنوان نقاط کانونی سازمان علمی

مطرح می‌شوند.در پیرامون هسته، خوشه‌های ۳ و ۶ قرار دارند که موقعیت «پل ارتباطی» دارند. خوشه ۳ متمرکز بر پیوند پایداری اقلیمی و بهره‌وری انرژی در مقیاس شهری است و ارتباط نزدیکی با حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و طراحی اقلیمی دارد. خوشه ۶ بر جنبه‌های انسانی و اجتماعی مانند کیفیت زندگی، تاب‌آوری شهری و همکاری سامانه‌ها متمرکز است. این خوشه‌ها در جایگاه پرکننده «حفره‌های ساختاری» قرار دارند که توانایی اتصال زیرحوزه‌های کمتر مرتبط را دارند، نقشی که (Burt,2004) آن را برای گسترش نوآوری میان‌رشته‌ای حیاتی می‌داند.خوشه ۴ جایگاهی پشتیبان ولی حیاتی در شبکه دارد و به‌عنوان «زیرساخت سنجشی و استانداردسازی» عمل می‌کند. این خوشه با استفاده از ابزارهای مدل‌محور مانند شبیه‌سازی انرژی و چارچوب‌هایی مانند LEED به ارزیابی، کنترل و ارتقای عملکرد ساختمان‌ها کمک می‌کند. جایگاه آن نشان می‌دهد که ثبات و یکپارچگی فنی در حوزه، وابستگی زیادی به چنین خوشه‌هایی دارد که زبان مشترک و معیارهای ارزیابی را تعریف می‌کنند.خوشه‌های ۵، ۷ و ۸ در دسته حوزه‌های نوظهور یا پشتیبان قرار می‌گیرند. خوشه ۵ با تمرکز بر مدیریت تقاضا، انعطاف‌پذیری شبکه و ارزیابی چرخه عمر، ارتباطی مستقیم با استراتژی‌های سیاست‌گذاری انرژی و ملاحظات طول عمر ساختمان دارد. خوشه ۷، هرچند کوچک، به فناوری‌های نوین کنترل اقلیم و رایانش لبه‌ای برای بهینه‌سازی شرایط داخلی اختصاص یافته و می‌تواند در آینده به حلقه اتصال فناوری‌های هوشمند و کاربری‌های انسانی بدل شود. خوشه ۸ نیز انرژی‌های تجدیدپذیر را نمایندگی می‌کند و پلی حساس میان تولید و مصرف انرژی پایدار است. پیونددهندگی خوشه‌های ۷ و ۸ با وجود اندازه کوچک، ناشی از جایگیری در مرز حوزه و ارتباط با تخصص‌های متفاوت است؛ موقعیتی که طبق(Leydesdorff ,2007)می‌تواند هم نشانه نوآوری و هم پراکندگی باشد. اما به دلیل همپوشانی شدید محتوایی این دو خوشه با جریان اصلی «پایداری انرژی»، در این بازه زمانی، این نقش را می‌توان عمدتاً محرک نوآوری و توسعه آینده دانست.



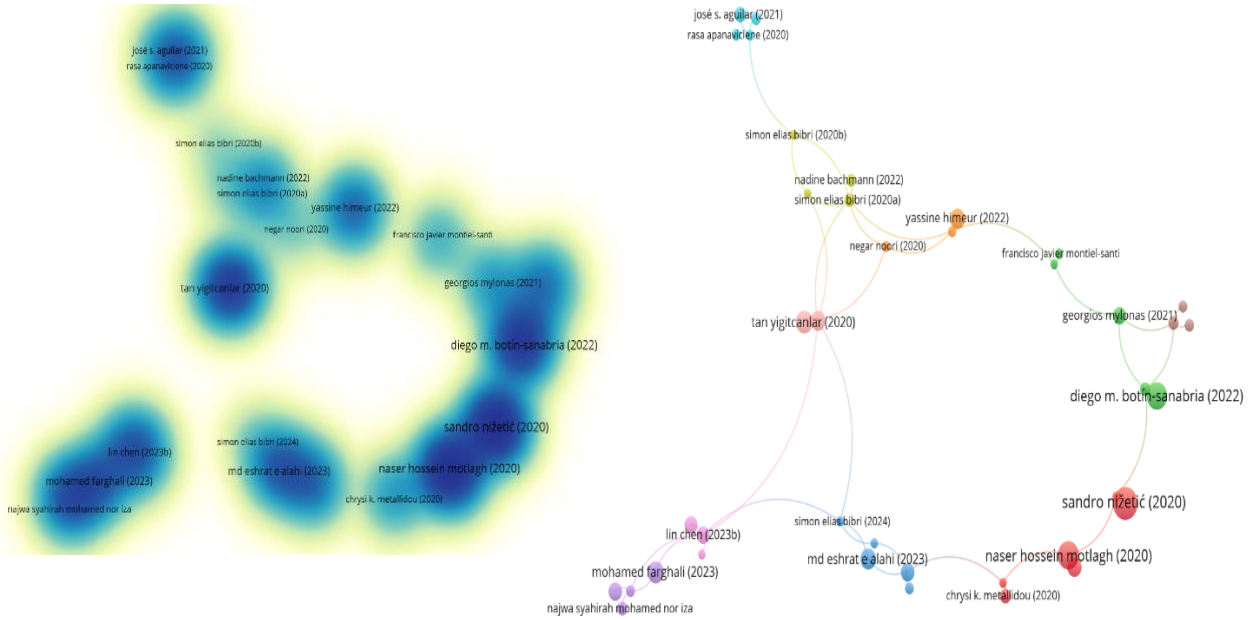
تصویر۶-(راست)شبکه هم رخدادی واژگان کلیدی در حوزه ساختمان های پایدار و فناوری های هوشمند (۲۰۲۵-۲۰۲۰) ،

تصویر۷-(چپ) مصور سازی تراکم داده های واژگان کلیدی در حوزه ساختمان های پایدار و فناوری های هوشمند (۲۰۲۵-۲۰۲۰)

• تحلیل هم استنادی پژوهشگران

مطابق تصاویر ۸ و ۹، نقشه‌های شبکه‌ای حاصل از «تحلیل استنادی» در نرم‌افزار VOSviewer، با هدف شناسایی پیوندهای علمی و جریان‌های اصلی پژوهش در حوزه ساختمان‌های هوشمند، مدیریت انرژی، و اثرات محیطزیستی، رویکرد تحلیل بر مبنای «استناد» و واحد تحلیل «سند» انتخاب شده است تا ارتباطات مستقیم و غیرمستقیم میان آثار کلیدی مشخص شود. به‌منظور حذف نویز داده و جلوگیری از ورود آثار کم‌ارجاع و غیراثرگذار، آستانه حداقل ۷۰ استناد برای هر سند تعیین گردید. از میان مجموعه اولیه ۱۰۰۰ سند، ۸۰ سند واجد این شرط بوده و به دلیل تراکم بالای پیوندها و نقش مرکزی در شبکه، همگی در تحلیل نهایی وارد شدند. نقشه شبکه علمی حاصل، توزیع و ارتباطات این اسناد پراستناد را در قالب ۱۰ خوشه متمایز نمایش می‌دهد که هر خوشه نماد یک جریان فکری یا رویکرد غالب در حوزه است. خوشه قرمز، با محوریت چند مقاله بنیادین در زمینه مدل‌های نوین مدیریت انرژی و یکپارچه‌سازی فناوری‌های دیجیتال، نقش انباشت مرجعیت و اتصال به سایر خوشه‌ها را دارد. خوشه سبز، متمرکز بر بهینه‌سازی عملکرد و شبیه‌سازی مصرف انرژی، حاوی آثاری است که پل ارتباطی میان تحقیقات نظری و کاربردی فراهم کرده‌اند. خوشه آبی، با تمرکز بر چارچوب‌های پایداری و انرژی‌های تجدیدپذیر، پیوند نزدیکی

با خوشه‌های فناورانه ایجاد کرده است.خوشه‌های زرد و فیروزه‌ای با وجود حجم کمتر مقالات، نقش پررنگی در پل‌سازی بین حوزه‌های تخصصی ایفا می‌کنند؛ این مقالات غالباً مباحثی مانند ارزیابی چرخه عمر، اثرات زیست‌محیطی، و شاخص‌های کیفیت زندگی را به حوزه‌های فنی ساختمان‌های هوشمند متصل می‌سازند. همچنین خوشه‌های کوچک‌تر نارنجی و بنفش، مسیرهای نوظهوری همچون هوش مصنوعی در بهینه‌سازی ساختمان، طراحی اقلیمی و سیاست‌گذاری انرژی را نمایندگی می‌کنند. تصویر کلی این نقشه نشان می‌دهد که جریان اصلی دانش در این حوزه بر پایه تعداد محدودی مقاله هسته‌ای بنا شده است که علاوه بر تولید دانش مرجع، به‌عنوان نقاط کانونی در تبادل ایده میان زیررشته‌ها عمل می‌کنند. تراکم پیوندها پیرامون این مقالات حاکی از آن است که پژوهش‌های جدید ناگزیر برای تثبیت جایگاه خود، به این آثار رجوع می‌کنند. در نتیجه، این تحلیل خوشه‌ای نه‌تنها ساختار علمی حوزه را آشکار می‌سازد، بلکه مسیرهای علمی برتر، شکاف‌های پژوهشی و فرصت‌های میان‌رشته‌ای را به‌روشنی ترسیم می‌کند.



تصویر۸-(راست) شبکه هم استنادی پژوهشگران کلیدی در حوزه ساختمان های پایدار و فناوری های هوشمند (۲۰۲۵-۲۰۲۰)،

تصویر۹-(چپ) مصورسازی شبکه هم استنادی پژوهشگران کلیدی در حوزه ساختمان های پایدار و فناوری های هوشمند (۲۰۲۵-۲۰۲۰)

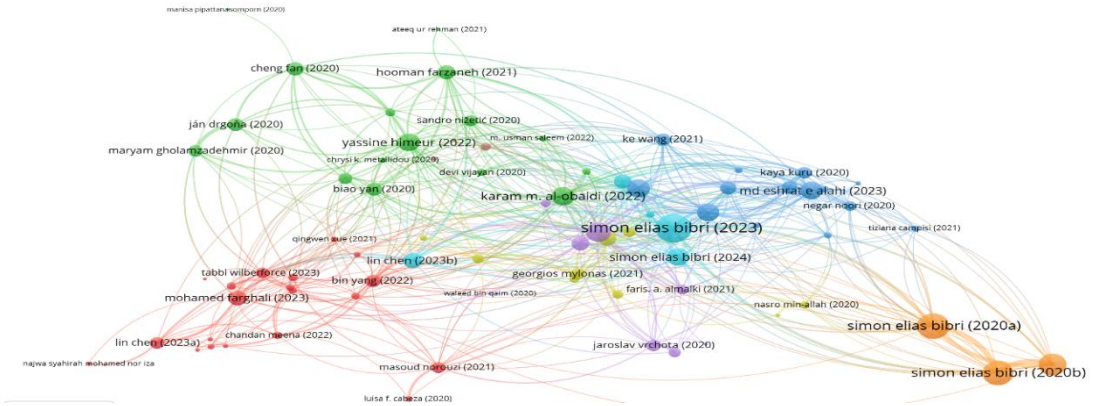
- **شبکه زوج کتاب شناختی/ هم‌ارجاعی**

مطابق تصاویر ۱۰ و ۱۱، در این بخش از تحلیل کتاب‌سنجی، روش «زوج کتاب شناختی» در نرم‌افزار VOSviewer به‌کار گرفته شده است تا بر اساس «اشتراک منابع استنادشده»، ارتباطات علمی میان مقالات کلیدی حوزه ساختمان‌های هوشمند، پایداری محیطی و مدیریت انرژی مشخص شود. واحد تحلیل، «سند» انتخاب شد و روش شمارش نیز به‌صورت «شمارش کامل» انجام گردید. برای ورود به تحلیل، آستانه حداقل ۷۰ استناد برای هر سند تعریف شد؛ آستانه ۷۰ استناد بر اساس ترکیب چند معیار رایج در مطالعات کتاب‌سنجی انتخاب شد. نخست، تمرکز بر اسنادی که از نظر ارجاع‌دهی در بالاترین درصد توزیع قرار می‌گیرند که معمولاً به‌عنوان مقالات هسته شناخته می‌شوند و اثرگذاری علمی بیشتری دارند. دوم، همسویی با دامنه‌های آستانه‌ای که در پژوهش‌های مشابه حوزه معماری پایدار و مدیریت هوشمند انرژی به کار گرفته شده‌اند از جمله (Li et al.,2025) و(Agbodjan et al.,2022) که معمولاً بین ۶۰ تا ۸۰ استناد را معیار ورود به تحلیل قرار داده‌اند. سوم، ضرورت حفظ اندازه خوشه‌های تحلیلی در محدوده‌ای که روابط میان اسناد همچنان معنادار و قابل‌تفسیر باقی بماند، بدون آنکه حجم داده غیرقابل‌مدیریت شود. این رویکرد امکان مقایسه مستقیم با یافته‌های پژوهش‌های بین‌المللی و تعمیم نتایج را فراهم می‌سازد. از میان ۱۰۰۰ سند اولیه، ۸۰ سند واجد شرایط شده و در خوشه‌بندی نهایی شرکت کردند. نقشه شبکه حاصل، ۸ خوشه متمایز را نشان می‌دهد که هر خوشه بازتاب‌دهنده همگرایی موضوعی و روش‌شناسی مقالات در استفاده از منابع مشابه است:

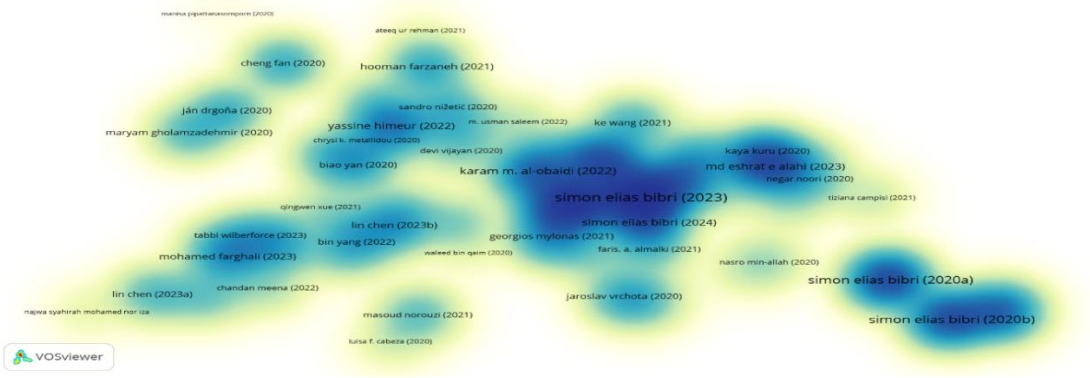
جدول۲-نتایج تحلیل زوج کتاب شناختی در حوزه ساختمان های پایدار و فناوری های هوشمند (۲۰۲۵-۲۰۲۰)

شماره خوشه	رنگ در نقشه	تعداد اسناد	حوزه/تمرکز اصلی	نویسندگان/آثار شاخص	نقش در شبکه و پیوندها
۱	قرمز	۲۰	فناوری‌های نوین مدیریت انرژی، یکپارچه‌سازی سامانه‌های هوشمند، سیاست‌گذاری انرژی	متنوع؛ شامل مقاله‌های مرجع حوزه مدیریت انرژی	خوشه بزرگ و مرکزی با پیوندهای قوی به خوشه‌های کاربردی و ارزیابی عملکرد.
۲	سبز	۱۶	بهینه‌سازی عملکرد ساختمان، مدل‌سازی انرژی، شبیه‌سازی	ترکیبی از نویسندگان حوزه انرژی و شبیه‌سازی	پل ارتباطی پژوهش‌های نظری و کاربردی؛ هسته فنی شبکه
۳	آبی	۱۴	منابع تجدیدپذیر، ارزیابی پایداری، فناوری‌های دیجیتال	متنوع؛ برخی آثار مشترک با خوشه ۱ و ۲	پیوند بین مباحث اقلیمی و فناوری؛ خوشه میان‌رشته‌ای
۴	آبی روشن	۹	طراحی اقلیمی، استانداردهای سبز، مدل‌سازی انتشار کربن	نویسندگان حوزه استانداردها و سیاست‌گذاری اقلیمی	واسط بین تحلیل‌های سیاستی و مطالعات فنی
۵	بنفش	۸	هوش مصنوعی، تحلیل داده، پیش‌بینی عملکرد ساختمان	متنوع؛ رویکردهای AI محور	گره پیوندی میان حوزه محاسباتی و بهره‌وری انرژی
۶	قرمز تیره	۵	شهر هوشمند، پایش انرژی، سیاست‌گذاری کلان	Simon Elias Bibriو همکاران	مسیر پژوهشی منسجم؛ پیوند به خوشه‌های سیاستی و شهر هوشمند
۷	نارنجی	۳	پایداری–هوشمندسازی، سیاست‌گذاری انرژی	Bibri (2020a,b,c)	خوشه کوچک اما متمرکز با اتصال مستقیم به خوشه ۶
۸	زرد	۳	ارزیابی چرخه عمر، اثرات زیست‌محیطی، سیاست‌های انرژی	مقالات LCA محور	حلقه اتصال میان حوزه محیط‌زیستی و فنی

نقشه نشان می‌دهد که مقالات دارای منابع مشترک استنادشده تمایل زیادی به خوشه بندی موضوعی دارند. گره‌های پررنگ مانند آثار Simon Elias Bibri یا Yassine Himeur به‌عنوان نقاط مرجع در چندین خوشه ظاهر شده‌اند و نقش هاب انتقال دانش را ایفا می‌کنند. وجود خوشه‌های کوچک‌تر ولی پیونددهنده (۷ و ۸) نشان‌دهنده حوزه‌های نوظهوری است که می‌توانند در آینده سهم بیشتری در شبکه علمی بیابند. هم‌چنین تراکم خطوط میان خوشه‌های ۲، ۳ و ۵ نشان‌دهنده همگرایی قوی فناوری‌های دیجیتال، شبیه‌سازی و طراحی پایدار است. این ساختار بیانگر آن است که جریان اصلی پژوهش نه تنها بر اساس همپوشانی محتوایی بلکه به‌شدت بر اشتراک منابع پایه شکل گرفته و مسیرهای مشترک تأمین دانش را در حوزه ساختمان‌های پایدار و هوشمند مشخص می‌کند.



تصویر۱۰- شبکه هم ارجاعی در حوزه ساختمان های پایدار و فناوری های هوشمند (۲۰۲۵-۲۰۲۰)



تصویر۱۱- میزان اثر گذاری و ارتباط ارجاعات در حوزه ساختمان های پایدار و فناوری های هوشمند (۲۰۲۵-۲۰۲۰)

۴-نتیجه‌گیری

این پژوهش که بر پایه‌ی ۱،۵۷۰ سند منتشرشده در بازه‌ی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ انجام شده، با بهره‌گیری از ترکیب تحلیل هم‌وقوعی کلیدواژه‌ها و تحلیل استنادی و کتاب سنجی،در نهایت هشت خوشه‌ی موضوعی متمایز شناسایی شد که به‌مثابه چارچوبی برای نقشه‌برداری جریان‌های پژوهشی در حوزه‌ی ساختمان‌های پایدار و هوشمند عمل می‌کنند (جدول ۱). تحلیل استنادی هسته‌ای با آستانه۷۰ استناد، ۸۰ سند مرکزی را مشخص کرد که به‌عنوان گره‌های مرجع در شبکه جای گرفته و جریان‌های فناورانه، زیست‌محیطی، سیاستی و عملیاتی را جهت‌دهی می‌کنند. در این میان، خوشه‌های ۱ و ۲ هسته فناورانه حوزه را شکل می‌دهند (مدلسازی اطلاعات ساختمان ـ BIM، اینترنت اشیاء ـ IoT، هوش مصنوعی ـ AI و مدیریت انرژی) و دارای بیشترین همبستگی فنی و تمرکز پژوهشی هستند؛ خوشه ۳ با تمرکز بر پیوند مسائل اقلیمی و بهینه‌سازی انرژی و خوشه ۶ با تمرکز بر کیفیت زندگی و پایداری اجتماعی–محیطی، نقش پل‌های میان‌رشته‌ای را ایفا کرده و پیوند نظریه‌های فنی و انسانی را برقرار می‌کنند؛ خوشه ۴ با موضوع استانداردها، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد، به‌عنوان زیربنای ارزیابی و تضمین کیفیت پیاده‌سازی فناوری‌ها نقش زیرساختی دارد و در اعتبارسنجی و مقایسه‌ی عملکرد واقعی ساختمان‌ها حیاتی است؛ خوشه‌ی ۵ با محوریت مدیریت هوشمند انرژی و ارزیابی چرخه‌ی عمر (LCA)، حلقه‌ی واسط میان راهبردهای عملیاتی و سنجش زیست‌محیطی بلندمدت است و برای گذار از مرحله‌ی پژوهش به بهره‌برداری تجاری، نقشی راهبردی دارد؛ و در نهایت، خوشه‌های ۷ و ۸، با وجود حجم کمتر، نقش نوظهور در کنترل هوشمند اقلیم داخلی و ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر ایفا می‌کنند که بیانگر نقاط پراکندگی دانش و کانون جذب ایده‌های نو است. این ساختار کلی هم تنوع کمی و هم غنای مفهومی شبکه‌ی دانش را تأیید می‌کند و روند تمرکز بر مدیریت هوشمند انرژی، بهبود کیفیت محیط زیست، ارتقای رفاه کاربران و پایداری عملیاتی را آشکار می‌سازد. با این حال، شکاف‌های اساسی پابرجاست. ادغام کامل BIM–IoT–AI در چرخه‌ی عمر ساختمان محدود مانده که عمدتاً به دلیل فقدان چارچوب‌های بین‌عمل‌پذیری استاندارد و پروتکل‌های تبادل داده است؛ کمبود پایگاه‌های داده استاندارد و مقیاس‌پذیر LCA و نبود مجموعه‌های معیار ارزیابی عملکرد، ظرفیت سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی را تضعیف می‌کند؛ خلأهای روش‌شناختی در مطالعات اقتصادسنجی و مدل‌سازی بازار، ارزیابی اقتصادی و تحلیل حساسیت پروژه‌های ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر را دشوار می‌سازد؛ کم‌توجهی به ابعاد انسانی ـ ادراک، رضایت و پذیرش ـ در بسترهای فرهنگی متنوع، ریسک کاهش اثربخشی فناوری‌ها را افزایش می‌دهد؛ و محدودیت پژوهش‌ها در زمینه‌ی تاب‌آوری اقلیمی و نبود نظام پایش مستمر عملکرد واقعی، بلوغ عملیاتی حوزه را به تأخیر می‌اندازد. تصویر۱۲ ، نقشه راه پژوهشی این حوزه را به‌صورت گام‌های عملی و قابل ارزیابی نشان می‌دهد که مبنای اجرای راهکارهای مقیاس‌پذیر، تاب‌آور و سازگار با اقلیم خواهد بود:

تصویر۱۲- نقشه راه پیشنهادی جهت انجام پژوهش های آتی، منبع: نگارنده.

منابع

- Afsahhosseini, F.S. (2025). The impact of Iran's urban heritage on sustainability, climate change and carbon zero. Environment, Development and Sustainability, 27, 12351-1239.
- Agbodjan, Y. S., Wang, J., Cui, Y., Liu, Z., & Luo, Z. (2022). Bibliometric analysis of zero energy building research, challenges and solutions. Solar Energy, 244, 414-433.
- Ahmed, W.; Asif, M. (2021). A critical review of energy retrofitting trends in residential buildings with particular focus on the GCC countries. Renew. Sustain. Energy Rev. 144, 111000.
- Aktürk, G., et al. (2021). Cultural Landscapes under the Threat of Climate Change: A Systematic Study of Barriers to Resilience. Sustainability, 13 (17).
- Asadpour, F., Asadpour. A. (2014). Optimization of Energy Consumption Using Solar Bath in the Hot and Dry Climate of Iran. European Online Journal of Natural and Social Sciences: Proceedings, 3(3s), 40-49.
- Asadpour, F., Habibi, A. (2015). Strategies for climatic design for sustainable urban housing development (case study of Nur City, mazandaran, Iran). Cumhuriyet Science Journal, 36(6), 653-664.
- Asadpour, F., Khastoo, S., Rezaeian Fard, M.H. (2016). Using wind turbines in high-rise buildings in the development of sustainable architecture (case study: Kish Island). Journal of Fundamental and Applied Sciences, 8(3), 1069-1084.
- Asadpour, F., Mahdinejad, J., Sharghi, A., saleh sedghpour, Bahram. (2025). Factors of visual organization effective on the protection of vernacular landscapes in the foothill villages.Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 33(1), 13-29.
- Asadpour, F., Mahdinejad, J., Sharghi, A., saleh sedghpour, Bahram. (2024a). Identifying the Components of the Visual Organization to Improve the Physical Appearance of the Vernacular Landscapes of the Foothill Villages of Iran (Case Study: Foothill Villages in the West of Mazandaran province). Journal of Environmental Studies, 50(2), 187-212.
- Asadpour, F., Mahdinejad, J., Sharghi, A., saleh sedghpour, Bahram. (2021). Identifying and Evaluating the Visual Organization Factors Affecting the Improvement of the Physical Appearance of Iranian Villages. Journal of Rural Research, 12(3), 589-576.
- Asadpour, F., Shirdel, A.H., Naghipour, P. (2024a). Evaluation of perceptual indicators of physical environment affecting the inducement of citizen's sense of place in urban neighborhoods. Energy and Buildings, 325, 114992.
- Bahramian, M., & Yetilmezsoy, K. (2020). Life cycle assessment of the building industry: An overview of two decades of research (1995–2018). Energy and Buildings, 219, 109917.
- Balali, A.H., Yunusa-Kaltungo, A. (2025). Selection of passive energy consumption optimisation strategies for buildings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 210, 115222.
- Bendor, R. (2025). Sustainability imaginaries by design. Sustainability: Science, Practice and Policy, 21(1).
- Burt, R. S. (2004). Structural holes and good ideas. American journal of sociology, 110(2), 349-399.
- Cabeza, L. F., de Gracia, A., & Pisello, A. L. (2018). A Summary of the Study on the Authenticity of Traditional Village Architecture Space. Open Journal of Social Sciences, 9(6).
- Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., & Castell, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 29, 394–416.
- Chen, C., Wei, Y. (2025). Optimizing energy efficiency and indoor thermal comfort in rural self-built housing: A comparative study of GA and EA algorithms. Case Studies in Thermal Engineering, 73, 106705.
- Di Foggia, G. (2018). Energy efficiency measures in buildings for achieving sustainable development goals. Heliyon, 4, 1-21.
- Dwaikat, L. N., & Ali, K. N. (2016). Green buildings cost premium: A review of empirical evidence. Energy and Buildings, 110, 396-403.
- Espino-González, F., et al. (2024). Optimization of energy consumption in residential housing within the framework of energy sustainability strategies. A case study in the Canary Islands. Journal of Building Engineering, 94, 110014.
- González-Briones, A., Chamoso, P., De La Prieta, F., Demazeau, Y., & Corchado, J. M. (2018). Energy Optimization Using a Case-Based Reasoning Strategy. Sensors, 18(3), 865.
- Hafez, F.S., et al. (2023). Energy Efficiency in Sustainable Buildings: A Systematic Review with Taxonomy, Challenges, Motivations, Methodological Aspects, Recommendations, and Pathways for Future Research. Energy Strategy Reviews, 45, 101013.

- IEA. (2018). Energy efficiency 2018: Analysis and outlooks to 2040. OECD/IEA.
- Jiang, Sh. (2023). Exploring Localization Translation Strategy under Cultural Compatibility Principle. Communications in Humanities Research, 3.
- Kathirgamanathan, A., De Rosa, M., Mangina, E., & Finn, D. P. (2021). Data-driven predictive control for unlocking building energy flexibility: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 135, 110120.
- Kim, J.T., Yu, C.W.F. (2018). Sustainable development and requirements for energy efficiency in buildings – the Korean perspectives. Indoor and Built Environment, 27(6), 734-751.
- Kuhn, T. S., & Hacking, I. (1970). The structure of scientific revolutions (Vol. 2, No. 2, p. 310). Chicago: University of Chicago press.
- Li, B., Zhang, Y, et al. (2024). Energy use in residential buildings for sustainable development: The fifth Solar Decathlon Europe revelations. Heliyon, 10(9), e30701.
- Li, X., Xu, J., & Su, Y. (2025). Research Status and Emerging Trends in Green Building Materials Based on Bibliometric Network Analysis. Buildings, 15(6), 884.
- Ma, M., et al. (2019). China act on the energy efficiency of civil buildings (2008): a decade review. Science of The Total Environment, 651,1, 42-60.
- Mahdinejad, J. D., & Shirdel, A. H. (2024). Analysis And Ranking of Factors Affecting The Design of Sustainable Housing in the Cold and Dry Climate of Sabzevar Based on Energy Consumption Optimization.
- Mahdinejad, J., Asadpour, F. (2019). A Strategy for Sustainable Development: Using Nanotechnology for Solar Energy in Buildings (Case Study Parand Town). Journal of Engineering and Technological Sciences, 51(1), 103-120.
- Mahdinejad, J., Sharghi, A., Asadpour, F. (2018). The effects of economic factors on the physical structure of sustainable rural housing. 4th National Conference on Architecture and Sustainable City, Tehran, Iran.
- Mahdinejad, J., Sharghi, A., Asadpour, F. (2019). A Theory of Thoughts to Explore the Concept of Visual Aesthetics Affecting the Quality of People's Perception of Rural Landscapes. 1st international and the 5fh national conference on sustainable architecture and urban. Tehran Iran.
- Mahdinejad, J., Sharghi, A., Asadpour, F. (2020b). Perception of rural architecture. Academic Jahad daneshgahi.
- Mahdinejad, J., Sharghi, A., Asadpour, F. (2020c). Investigating the Effective Indicators on the Desirable Quality of Open and Semi-Open Spaces of Contemporary Housing. Int. J. Architect. Eng. Urban Plan, 30(1),119-135.
- Mahdinejad, J., Sharghi, A., Asadpour, F., (2020a). Investigating the Indicators and Subjective Patterns of the Majority of Experts in People's Visual Perception of the Rural Environment Appearance. Journal of Rural Research, 11(3), 422-439.
- Mahdinejad, J., Sharghi, A., Asadpour, F., (2022). Structural Modeling of Physical Components Affecting the Landscape Beauty of Mountainous Villages in Northern Iran Using a Virtual Reality System. Journal of Environmental Studies, 48(3), 363-386.
- Mahdinejad, J., Sharghi, A., Asadpour, F., (2024). Identifying the physical-spatial components of the valuable vernacular villages based on tourism development (Case study: foothill villages in the west of Mazandaran Province), Rural Research, 15(1), 6-31.
- Moore, T., Doyon, A. (2023). The Sustainable Housing Challenge. A Transition to Sustainable Housing (eBook), Springer Publishing, 85-121.
- Olabi, A.G., et al. (2023). Renewable energy systems: Comparisons, challenges and barriers, sustainability indicators, and the contribution to UN sustainable development goals. International Journal of Thermofluids, 20, 100498.
- Pisello, A.L. (2017). State of the art on the development of cool coatings for buildings and cities. Solar Energy, 144, 660-680.
- Rahaee, O., Salehi, S. S., & Shirdel, A. (2024). Improving the quality of natural ventilation in Masjedsoleiman's Schools' classrooms based on the openings' position and the outdoor shading blades with CFD Method. Journal of Sustainable Architecture and Urban Design, 12(1).
- Roufechaei, K.M., et al. (2014). Energy-efficient design for sustainable housing development. Journal of Cleaner Production, 65, 380-388.
- Santamouris, M., Vasilakopoulou, K. (2021). Present and future energy consumption of buildings: Challenges and opportunities towards decarbonisation. e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, 1, 100002.

- Shirdel, A., Asadpour, F., Heydari, MS. (2025a). Reinterpreting the Principle of Privacy and Sanctity in Contemporary Housing Design with Emphasis on the Valued Status of Women in Islam. Journal of Women Interdisciplinary Researches, 7(2), 25-44.
- Shirdel, A., Asadpour, F., Rahaei, O. (2025b). Manifestation of Islamic Teachings in the Design of Tranquil Homes (Case Study: Aldaghi and Jafarzadeh Houses in Sabzevar). Architectural Technologies Studies, 16(2).
- Soltani, A. (2016). Low-Income Housing in Iran: Policy and Practice. International Journal of Housing Policy, 16(3), 402-424.
- Taki, A., Alsheglawi, B. (2022). Toward Energy-Efficient Houses Considering Social Cultural Needs in Bahrain: A New Framework Approach. Sustainability, 14(11).
- Ürge-Vorsatz, D., et al. (2020). Advances toward a net-zero building sector. Annual Review of Environment and Resources, 45, 227-262.
- Zeng, Z., et al. (2021). Movable window insulation as an instantiation of the adaptive building envelope: An investigation of its cost-effectiveness in the U.S. Energy and Buildings, 247, 111138.
- Zhao, D.X. (2015). Social problems of green buildings: from the humanistic needs to social acceptance. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 51, 1594-1609.
- Zheng, C., et al. (2019). A review of renewable energy assessment methods in green building and green neighborhood rating systems. Energy and Buildings, 195, 68-81.
- Zheng, X., et al. (2021). Consideration of culture is vital if we are to achieve the Sustainable Development Goals. One earth, 4(3).