نشریهٔ علمی باغ نظر، ۲۳(۱۶۲)، ۸۱-۱۰۰ / آذر ۱۴۰۵
DOI: 10.22034/bagh.2026.578916.6008

ترجمهٔ انگلیسی این مقاله نیز با عنوان:
Bibliometric Analysis of Problem-Solving Approaches in Building Energy Management
در همین شمارهٔ مجله به‌چاپ رسیده است.

مقالهٔ مروری

تحلیل علم‌سنجی بر رویکردهای حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان

پریسا جاوید[۱]، معصومه یاوری[۲*]، پویا فتوتیان[۳]، محمد نجفی[۴]، محمد جاوید[۵]

۱. گروه معماری، دانشکدهٔ هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. گروه معماری، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه خاتم، تهران، ایران
۳. گروه معماری، هنر و معماری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
۴. گروه معماری، هنر و معماری، دانشگاه خاتم، تهران، ایران
۵. گروه معماری، دانشکدهٔ هنر و معماری، واحد یادگار امام، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۱۶ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۹/۰۱

چکیده

بیان مسئله: ساختمان‌ها در سطح جهانی تقریباً یک‌سوم از کل منابع انرژی اولیه را مصرف می‌کنند. برای مقابله با این چالش‌ها، مدیریت انرژی ساختمان به‌عنوان راه‌حلی مؤثر مطرح است. این پژوهش به تحلیل علم‌سنجی رویکردهای مدیریت انرژی ساختمان پرداخته است.

هدف پژوهش: هدف ارائه بخشی از نتایج مطالعات در زمینهٔ مدیریت مصرف انرژی با تأکید بر حل مسئله در ساختمان است. همچنین این مطالعه به دنبال کشف روندهای نوظهور و رویکردهای اخیر در این حوزه است.

روش پژوهش: کلیدواژه مدیریت انرژی ساختمان از منابع اسنادی معتبر اسکوپوس گردآوری شده که ۱۰۹۸ مقاله از بازهٔ زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵ بررسی شد. در این پژوهش با بهره‌گیری از روش پریزما جهت جمع‌آوری و غربالگری داده استفاده شده که پس از حذف منابع نامرتبط و محدود سازی مقالات ۳۳۶ مقاله به‌صورت کامل شناسایی شد. سپس تحلیل علم‌سنجی با استفاده از روش‌های هم‌زمانی، هم‌نویسندگی و هم‌استنادی انجام شد و از نرم‌افزارهای VOS Viewer و بیبلومتریک در محیط برنامه نویسی R Studio تحلیل شبکه علمی شدند و عبارات کلیدی حوزهٔ پژوهش به‌صورت تحلیل گرافیکی مشخص شده است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که کلیدواژه‌های مدیریت انرژی با رویکردهای عملکرد حرارتی ساختمان، پایداری، هوشمندسازی ساختمان، مصرف انرژی، آسایش حرارتی، تهویهٔ طبیعی و آسایش بصری ارتباط دارد. انتشار پژوهش‌ها در حوزهٔ مدیریت مصرف انرژی روندی افزایش در سال‌های اخیر داشته است. کشورهای چین و ایالات متحده بیشترین همکاری را در تولید مستندات علمی را دارند. همچنین کلیدواژه‌های نوظهور هوشمندسازی ساختمان، یادگیری عمیق و هوش مصنوعی در پژوهش‌های اخیر دیده شده است. این پژوهش به پژوهشگران کمک می‌کند تا رویکردهای حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان را شناسایی کنند.

واژگان کلیدی: *مدیریت انرژی ساختمان، پایداری، هوشمندسازی ساختمان، مرور سیستماتیک، علم‌سنجی*

مقدمه و بیان مسئله

به‌طور جهانی، چالش افزایش تقاضای انرژی در ساختمان‌ها پیچیده است. ساختمان‌ها بیش از یک‌سوم تأمین انرژی اولیه کل را به خود اختصاص می‌دهند (Magoni & Adami, 2020). از آنجایی که ۴۰٪ از انرژی جهان در ساختمان‌ها مصرف می‌شود (Anika et al., 2022)، در نتیجه، این مصرف معادل ۳۰٪ از انتشار CO^2 است. انتشار CO^2 در برخی کشورهای منتخب نشان می‌دهد که ایالات متحده به‌عنوان بزرگ‌ترین انتشاردهنده (Nurdiawati & Urban, 2021)، تقریباً ۴۰-۴۸٪ را به خود اختصاص می‌دهد (Möslinger et al., 2023). بنابراین، صرفه‌جویی در مصرف انرژی ساختمان و کاهش ضایعات آن اهمیت زیادی دارد، زیرا این اقدامات به حفظ منابع فسیلی محدود کمک می‌کند، هزینه‌های انرژی برای

*نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۶۷۲۷۹۲۹، ma.yavari@khatam.ac.ir

مصرف‌کنندگان و کسب‌وکارها را کاهش می‌دهد و به پایداری ساختمان‌ها می‌افزاید.

هدف این مطالعه، نمایش آخرین پیشرفت‌ها در حوزهٔ مدیریت مصرف انرژی ساختمان‌ها است. ارائهٔ مرور جامع در مورد رویکردهای حل مسئله در حوزهٔ ساختمان‌ها می‌تواند کارایی و کاربرد در طراحی معماری ساختمان‌ها را روشن کند و ملاحظات احتمالی برای مطالعات آینده را نشان دهد. همچنین شناسایی و تحلیل دقیق مفاهیم و رویکردهای حل مسئله در حوزهٔ مدیریت انرژی ساختمان را نشان می‌شود. این پژوهش با رویکردی سیستماتیک و نظام‌مند، تلاش دارد چارچوبی مفهومی از رویکردهای حل مسئله در حوزهٔ مدیریت انرژی ساختمان را نشان دهد که برای رسیدن به هدف کاهش مصرف انرژی ضروری است. بر این اساس، سؤالات اصلی این پژوهش به شرح زیر است:

۱-شاخص‌های مؤثر بر رویکردهای حل مسئله برای مدیریت انرژی ساختمان به مفهوم عام در جهان کدام شاخص‌ها هستند؟

۲-روند عملکرد نوظهور مقالات و مجلات در حوزهٔ شاخص‌های مؤثر بر مدیریت انرژی ساختمان به چه صورت است؟

۳-الگوی همکاری میان کشورها و پژوهشگران براساس توزیع جغرافیایی و زمانی مطالعات مرتبط در حوزهٔ شاخص‌های مدیریت انرژی ساختمان به چه صورت است؟

۴-روابط میان مفاهیم کلیدی در حوزهٔ مدیریت انرژی ساختمان چگونه تعریف و بیان می‌شود؟

برای پاسخ به سؤالات ذکر شده، ابتدا لازم است شاخص‌های مؤثر بر رویکردهای حل مسئله در حوزهٔ ساختمان‌ها در جهان با بهره‌گیری از منابع استنادی و کتابخانه‌ای معتبر خارجی و داخلی تبیین شود. سپس به کمک تحلیل بیبلومتریک یا علم‌سنجی جهت کشف ساختار فکری در ادبیات موجود مدیریت مصرف انرژی ساختمان‌ها، همزمان دو آیتم، هم نویسندگی و هم استنادی اسناد علم‌سنجی با استفاده از روش‌های کمّی صورت گرفته خواهد شد.

اگرچه در سال‌های اخیر پژوهش‌های متعددی در زمینهٔ مدیریت انرژی ساختمان انجام شده است، بیشتر این مطالعات بر راهکارهای فنی، مدل‌های بهینه‌سازی، فناوری‌های هوشمند و تحلیل عملکرد انرژی متمرکز بوده‌اند و کمتر به بررسی ساختار دانشی و روند تحول این حوزه از منظر علم‌سنجی پرداخته‌اند. همچنین مرورهای پیشین غالباً بر یک زیرحوزهٔ خاص تمرکز داشته و تحلیل جامعی از رویکردهای حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان، به‌ویژه برپایهٔ شبکهٔ مفهومی، الگوهای همکاری علمی و روابط استنادی، ارائه نکرده‌اند. افزون بر این، تحولات نوظهور سال‌های اخیر، به‌ویژه در پیوند با هوشمندسازی ساختمان، یادگیری ماشین و هوش مصنوعی، در بسیاری از مطالعات پیشین به‌صورت نظام‌مند تحلیل نشده است. از این رو، پژوهش حاضر درصدد است این خلأ را با ارائهٔ یک تحلیل علم‌سنجی جامع از ادبیات مدیریت انرژی ساختمان در بازهٔ زمانی اخیر پر کند و از طریق تحلیل هم‌واژگانی، هم‌نویسندگی و هم‌استنادی، ساختار مفهومی، روندهای نوظهور و بازیگران اصلی این حوزه را شناسایی نماید. تمایز این پژوهش با مرورهای قبلی در نگاه یکپارچه آن به رویکردهای حل مسئله و تمرکز هم‌زمان بر روندهای موضوعی، شبکه‌های علمی و تحولات جدید پژوهشی است.

مبانی نظری

ساختمان‌ها عمدتاً به منظور سکونت انسان‌ها طراحی و ساخته می‌شوند. از آنجایی که نزدیک به ۹۰درصد از افراد، بخش عمده‌ای از زمان خود را در درون ساختمان‌ها سپری می‌کنند، وجود یک سیستم مدیریت انرژی مجهز به کنترل‌های هوشمند برای ساختمان‌ها ضروری می‌نماید (Wieser et al., 2020). هدف اصلی چنین سیستمی، تأمین شاخص آسایش مورد انتظار ساکنان است و در عین حال باید بتواند با در نظر گرفتن نوسانات قیمت انرژی در طول دورهٔ بهره‌برداری از ساختمان، میزان مصرف انرژی را کاهش دهد (Luther et al., 2020). علاوه‌بر این، به‌دلیل محدودیت‌های گوناگون، سهم منابع انرژی تجدیدپذیر در ساختمان‌ها ممکن است با محدودیت مواجه شود (Kuusk et al., 2020). در چنین شرایطی، مدیریت مصرف انرژی ساختمان نقشی حیاتی در تحقق اقتصاد کم‌کربن و پایداری با حداکثر سرعت ممکن ایفا می‌کند (Zhang & Zhang, 2024). در حال حاضر، مصرف انرژی در بخش ساختمان حدود ۴۰درصد از میانگین کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد در این راستا، سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان برای نظارت، کنترل و بهینه‌سازی بلادرنگ مصرف انرژی ضروری به شمار می‌روند و از این طریق به مدیریت بهره‌وری انرژی کمک می‌کنند (Harputlugil & de Wilde, 2021; Javid et al., 2025b; Nikghadam et al., 2026). در این راستا، سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان برای نظارت، کنترل و بهینه‌سازی مصرف انرژی در زمان واقعی و در نتیجه مدیریت بهره‌وری انرژی ضروری هستند (Mariano-Hernández et al., 2021). امکان ادغام و مدیریت سیستم‌های مختلف مانند تهویه، روشنایی و امنیت را به منظور به حداقل رساندن مصرف انرژی، حفظ آسایش کاربر و تضمین کیفیت محیط داخلی فراهم می‌کند (Javid et al., 2025b). در طول زمان، سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان، راهکارهای پیشرفته‌ای را با بهره‌گیری از اینترنت اشیا و اتوماسیون ادغام کرده‌اند. این ادغام موجب شده است که این سیستم‌ها عملکردهای بهبودیافته‌ای از جمله تنظیم پویای مصرف انرژی در پاسخ به شرایط محیطی را ارائه دهند

(Nikghadam, 2025; Uzair & Ali Abbas Kazmi, 2023). در فاز طراحی ساختمان، فناوری‌های مدیریت انرژی به‌طور گسترده‌ای برای بهینه‌سازی استراتژی‌های طراحی به کار گرفته می‌شوند تا آسایش حرارتی تأمین شود. این رویکرد با عنوان «طراحی مبتنی‌بر عملکرد» شناخته می‌شود. علاوه‌بر این، یکی دیگر از کاربردهای مهم مدیریت انرژی ساختمان، افزایش تاب‌آوری انرژی ساختمان‌ها از طریق ادغام شبیه‌سازی سیستم انرژی ساختمان با شبکهٔ محلی است تا تعادل میان تولید و تقاضای انرژی در مقیاس شهری برقرار شود. به موازات این موارد، ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر در سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان نیز توجه علمی چشمگیری را به خود جلب کرده است (Javid et al., 2026; Jin et al., 2024). معماری‌های سنتی مدیریت مصرف انرژی اغلب از انعطاف‌پذیری لازم برای ادغام کارآمد خروجی‌های متناوب سیستم‌های فتوولتائیک و توربین‌های بادی بی‌بهره هستند (Ma & Liu, 2026). بسیاری از استراتژی‌های ادغام انرژی تجدیدپذیر عمدتاً دارای محرک اقتصادی هستند و اغلب معیارهای عملکرد متمرکز بر سرنشین و همچنین شاخص‌های پایداری بلندمدت را کمتر مورد توجه قرار می‌دهند (Duraković, 2026). در بخش بعدی به پیشینهٔ پژوهش مرتبط در مقالات اخیر پرداخته شده است.

پیشینهٔ پژوهش

در طی چند سال گذشته، استراتژی‌های مختلفی برای بهبود بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها اجرا شده است. تمام این پژوهش‌ها منجر به تحقیقات جدیدی شده است که یافته‌های اصلی در مورد مدیریت مصرف انرژی با کاربرد آن در بخش‌های مختلف ساختمان را خلاصه می‌کنند. جدول ۱ جزئیات مربوط به این مقالات منتخب با هدف بررسی روش تحقیق و رویکردهای حل مسئله را به‌طور واضح نمایش می‌دهد.

مرور پژوهش‌های انجام‌شده در حوزهٔ مدیریت مصرف انرژی در ساختمان نشان می‌دهد که این حوزه طی سال‌های اخیر با رویکردی چندوجهی و با بهره‌گیری از ابزارهای متنوع شبیه‌سازی، روش‌های آزمایشگاهی و هوشمندسازی مورد توجه محققان قرار گرفته است. هدف اصلی این مطالعات، دستیابی به الگویی از رویکردهای حل مسئله در مدیریت مصرف انرژی و به‌واسطهٔ آن کاهش مصرف انرژی، تأمین آسایش ساکنان و ارتقای پایداری

جدول ۱. پیشینهٔ پژوهشی مأخذ: نگارندگان.

منابع	پارامتر طراحی	روش تحقیق	موقعیت پژوهش	رویکرد
Zhao et al. (2026)	راهکارهای غیرفعال	شبیه‌سازی	ژونگسه، چین	عملکرد حرارتی
Xu et al. (2026)	راهکارهای غیرفعال و فعال	آزمایشگاهی	چینگدائو، چین	عملکرد حرارتی، مصرف انرژی
Poosapadi et al. (2026)	هوشمندسازی ساختمان	یادگیری ماشین	-	پایداری، مصرف انرژی
Pajek et al. (2026)	راهکارهای غیرفعال	شبیه‌سازی، انرژی پلاس	لیوبلیانا، اسلوونی	مصرف انرژی، پایداری
Mousavi Motlagh et al. (2026)	راهکارهای غیرفعال	آزمایشگاهی	شهرهای بونیک، بردا و آمستردام در هلند	آسایش حرارتی، مصرف انرژی
Ma & Liu (2026)	اینترنت اشیا	شبیه‌سازی	ووهان، چین	آسایش حرارتی، مصرف انرژی
Vittori et al. (2025)	اینترنت اشیا	آزمایشگاهی	یونشوپینگ، سوئد	هوشمندسازی ساختمان
Javid et al. (2025a)	سیستم‌های غیرفعال	شبیه‌سازی، لیدی باگ تولز	یزد، ایران	آسایش حرارتی، آسایش بصری
Hou et al. (2025)	هوشمندسازی ساختمان	شبیه‌سازی ریاضیات و یادگیری عمیق	ووهان، چین	تهویهٔ طبیعی
Nikghadam et al. (2025a)	سیستم‌های غیرفعال	شبیه‌سازی ، لیدی باگ تولز	تبریز و یزد، ایران	آسایش حرارتی
Cai et al. (2025)	هوشمندسازی ساختمان	یادگیری ماشین، یادگیری ماشین	-	پایداری، مصرف انرژی
Habib et al. (2025)	هوشمندسازی ساختمان	مدلسازی ریاضیات	سوئد	عملکرد حرارتی، مصرف انرژی
Yu et al. (2024)	هوشمندسازی ساختمان	شبیه‌سازی	ماکائو، چین	تهویهٔ طبیعی
Chikurtev et al. (2023)	هوشمندسازی ساختمان	شبیه‌سازی، متلب	بلغارستان	عملکرد حرارتی، مصرف انرژی
Dagdougui et al. (2020)	هوشمندسازی ساختمان	شبیه‌سازی	رباط، مراکش	هوشمندسازی ساختمان

زیست محیطی بوده است. پیشینهٔ پژوهشی نشان می‌دهد که مدیریت مصرف انرژی در ساختمان از یک رویکرد صرفاً مبتنی‌بر بهینه‌سازی مصرف، به‌سمت راهکارهای یکپارچه، هوشمند و انسان‌محور حرکت کرده است. با این حال، چالش‌های باقیمانده در زمینهٔ ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر، توجه به شاخص‌های کیفی آسایش و توسعهٔ مدل‌های مقیاس‌پذیر شهری، نیازمند پژوهش‌های میان‌رشته‌ای بیشتر با بهره‌گیری از ابزارهای نوین شبیه‌سازی و یادگیری ماشین است. یکی از مهم‌ترین گپ‌های علمی در این حوزه، تعداد اندک مقالات مروری نظام‌مند است که به تحلیل و دسته‌بندی جامع روش‌های حل مسئله در مدیریت مصرف انرژی ساختمان بپردازند. با وجود انباشت قابل‌توجهی از مطالعات کاربردی در سال‌های اخیر (همان‌طور که در جدول ۱ با آثاری از ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۶ مشاهده می‌شود)، مقالات مروری که به‌صورت ساختاریافته به موارد زیر پرداخته باشند، به ندرت مشاهده می‌شود کمبود مقالات مروری در این حوزه، ضرورت انجام پژوهشی را ایجاب می‌کند که با رویکردی نظام‌مند، شکاف‌های موجود را شناسایی و مسیر پژوهش‌های آتی را با ارائه یک چارچوب مفهومی منسجم، هدایت کند.

روش تحقیق

این مقاله تلاش می‌کند تا شکلی روشن از پیشرفت‌های زمینهٔ مدیریت انرژی و فرصت‌های بلقوه در زمینهٔ ساختمان ارائه دهد، و به‌عنوان یک راهنما و مرجع قوی برای محققان فعلی و آینده در زمینهٔ مدیریت انرژی ساختمان و کاربرد آن عمل کند. برای تحلیل مجموعه‌ای از اسناد یک مجله، موضوع خاص یا کشور، رویکردهای مختلفی وجود دارد. یکی از رویکردهای رایج در این زمینه، تجزیه‌وتحلیل علم‌سنجی است که به‌طور گسترده برای بررسی و تحلیل حجم زیادی از داده‌های علمی استفاده می‌شود (Çelik & Sekeroglu, 2023)، کتاب‌شناختی به محققان کمک می‌کند تا: روندهای نوظهور در مقالات و مجلات را شناسایی کنند (Nikghadam et al., 2025b; Wang et al., 2024) این روش برای جمع‌آوری مجموعه‌ای از اسناد و مدارک و ارائه یک نمای کلی از روندهای پیشرو بسیار مفید است (Wu et al., 2024). یکی از این ابزارها، نرم‌افزار ووس ویور است که برای بررسی ارتباطات بین مقالات از پایگاه‌داده‌های مختلف و طبقه‌بندی کلمات کلیدی به‌کار می‌رود (Tang et al., 2024). عمدهٔ مقالات مربوط به شش سال گذشته است که به معنای درنظرگرفتن چالش‌ها و مسائل رویکردهای حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان در سال‌های اخیر است. در جدول ۲ تحلیل‌های قابل استخراج از نرم‌های مصورسازی داده بیبلومتریک مشخص شده است. همچنین مراحل انجام پژوهش به شرح زیر است.

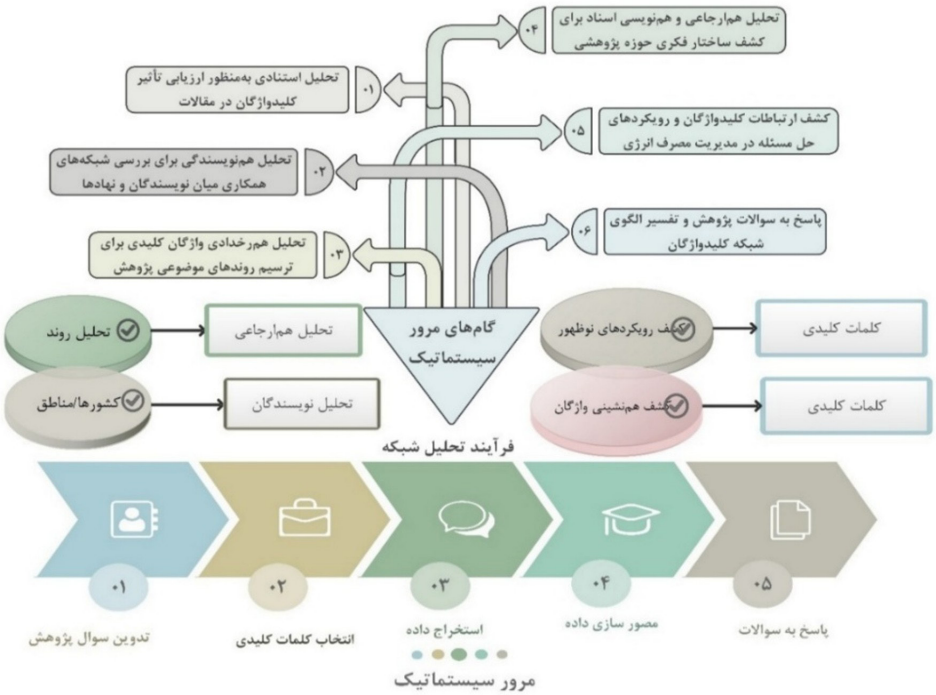
گام اول: در این تحقیق با شناسایی و استخراج رویکردهای حل مسئله در مدیریت مصرف انرژی از منابع اسنادی و کتابخانه‌ای معتبر داخلی و خارجی گردآوری می‌شود.

گام دوم: تحلیل علم‌سنجی جهت کشف ساختار فکری در ادبیات موجود در حوزهٔ رویکرد حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان به لحاظ هم‌زمانی وقوع دو آیتم، و هم نویسندگی و هم استنادی اسناد کتاب‌شناختی با استفاده از روش کمی صورت گرفته است. جهت فرایند جستجو و استخراج داده از پایگاه داده اسکوپوس استفاده شده است. نرم‌افزار ووس ویوور[1] و کتابخانه بیبلوشاینی[2] از زبان برنامه‌نویسی R Studio برای ساخت نقشه‌هایی براساس فراوانی استناد هم‌زمان کلمات کلیدی مختلف و روشن کردن موضوع مورداستفاده قرار می‌گیرد.

این نرم‌افزار با استخراج مقالات از پایگاه داده اسکوپوس نقشه‌های مختلفی از جمله نقشه‌های مصورسازی، نقشه‌های شبکه‌ای، نقشه‌های مصورسازی همپوشانی، و نقشه‌های مصورسازی تراکم داده‌ها ایجاد کرده است. این مطالعه شامل یک روش‌شناسی مرور ادبیات مبتنی‌بر داده‌های کمی و کیفی است. در ادامه در تصویر ۱ به گام‌های پژوهش پرداخته خواهد شد و روندهای انتخاب کلیدواژه‌ها و منابع براساس پایگاه داده نشان داده شده است.

این مطالعه بر مرور ادبیات مرتبط با رویکردهای حل مسئله در مدیریت مصرف انرژی در ساختمان متمرکز است. بدین منظور، راهبرد جستجو به آثاری محدود شد که به‌طور مستقیم به مفاهیمی چون مدیریت انرژی، کاهش مصرف انرژی و بهبود بهره‌وری انرژی در بستر ساختمان پرداخته‌اند. در این راستا، استفاده از واژگان کلیدی متنوعی نظیر energy management system، energy management in building، building energy management، energy consumption reduction و energy efficiency در دستور کار قرار گرفت تا پوشش جامع‌تری از مطالعات مرتبط حاصل شود. به‌ویژه، به‌کارگیری برخی اصطلاحات به‌صورت عبارتی و در داخل علامت نقل‌قول، این امکان را فراهم ساخت که نتایج جستجو به مطالعاتی محدود شود که این مفاهیم را به‌صورت دقیق و در زمینهٔ مدیریت انرژی ساختمان به کار برده‌اند. همچنین، عبارت energy efficiency با هدف شناسایی پژوهش‌هایی مورد استفاده قرار گرفت که بر فناوری‌ها، روش‌ها و راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی تمرکز دارند. در ادامه، به‌منظور افزایش اعتبار و انسجام داده‌های مورد بررسی، مقالات داوری‌شده منتشرشده در مجلات علمی نمایه‌شده در اولویت قرار گرفتند. این عبارت امکان حذف سایر موضوعاتی که بخشی از طیف گسترده ساختمان‌های هوشمند هستند، مانند سیستم‌های ارتباطی، امنیت، ادغام با شبکه‌های صنعتی و غیره را فراهم می‌کند. درنهایت، جستجو به مرورهای مجلات بخش‌بندی می‌شود تا منابعی با رسمیت و دقت علمی بیشتر یافت

شود. برای غربالگری داده‌های گردآوری‌شده، از چک‌لیست ۲۷ ماده‌ای پریزما استفاده شد. براساس این چک‌لیست، ابتدا منابع مرتبط مشخص شدند، سپس مطالعات برپایهٔ معیارهای ورود و خروج ارزیابی شدند و درنهایت مجموعه نهایی منابع واجد شرایط برای تحلیل‌های عمیق‌تر تعیین گشت. از آنجا که این تحلیل مستلزم ثبت کامل مستندات بود، دامنه انواع منابع به مقاله‌ها، مقاله‌های کنفرانس، فصل‌های کتاب، مرورها و کتاب‌ها محدود شد. این مرحله به‌عنوان نخستین پالایش داده‌ها در نظر گرفته شد (تعداد=۱۰۴۲). علاوه‌بر این، اسکوپوس امکان خواندن مستقیم چکیده مقالات را فراهم می‌آورد، بنابراین مستندات نامربوط با مرور حذف شدند (تعداد=۷۲). علاوه‌بر این، مجلات تجاری نیز بیشتر از دایره بررسی حذف شدند. مهم است که توجه داشت، پس از حذف در مرحلهٔ شناسایی تعداد ۹۶۸ مقاله به مرحلهٔ بعدی منتقل شده است. در این مرحلهٔ پنج مقاله به‌دلیل انتشار



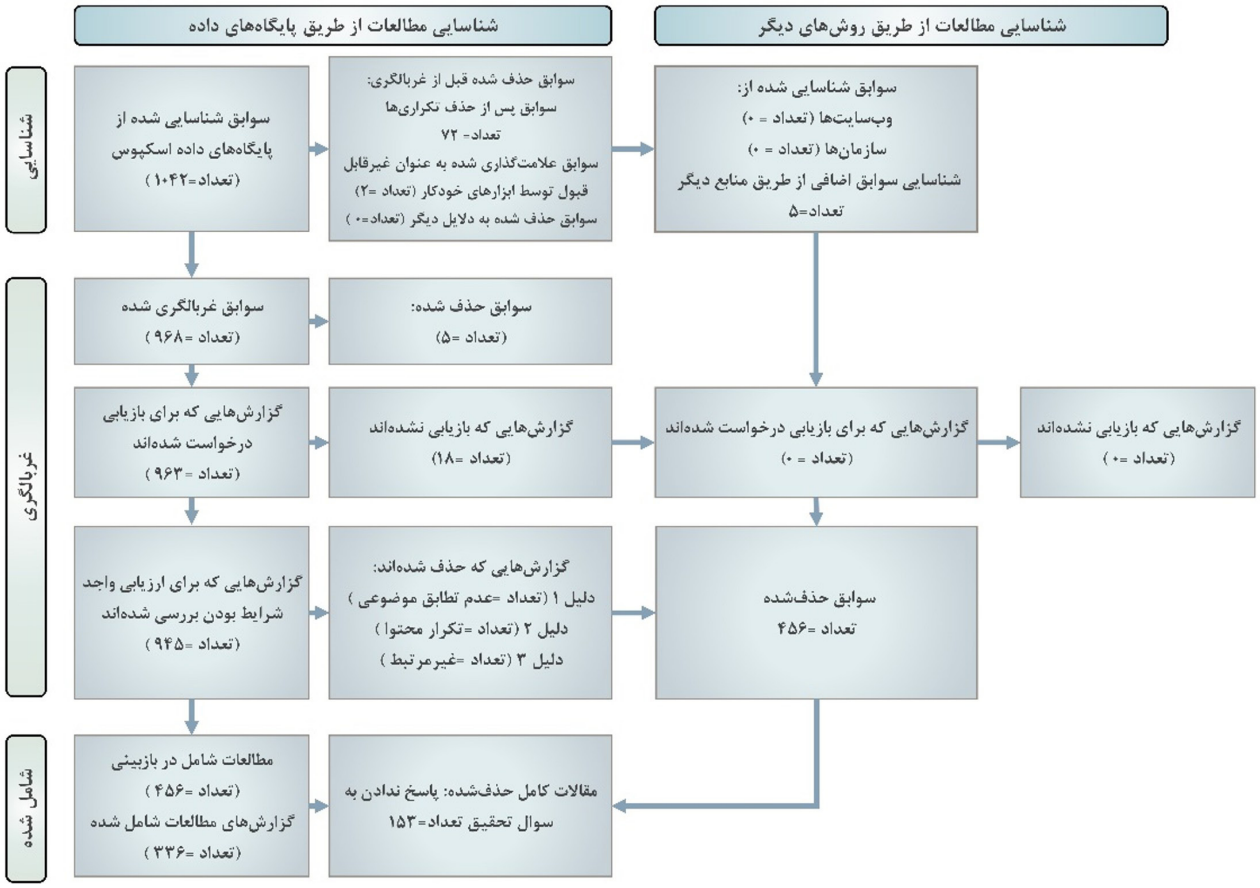
تصویر ۱. فرایند پژوهش به‌صورت سیستماتیک. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۲. تحلیل‌های قابل استخراج از نرم‌های مصورسازی داده. مأخذ: Wu et al., 2024.

عنوان	توضیحات
آیتم (Item)	موضوعاتی که پژوهش بر روی آنها انجام شده است.
لینک (Link)	ارتباطی که بین دو آیتم ایجاد می‌شود.
قدرت لینک (Link Strength)	عددی که همیشه مثبت است و با افزایش مقدار آن، ارتباط بین دو آیتم قوی‌تر می‌شود.
شبکه (Network)	آیتم‌ها و لینک‌ها در کنار هم یک شبکه را تشکیل می‌دهند.
خوشه (Cluster)	مجموعه‌ای از آیتم‌ها که در نقشه به هم نزدیک هستند و به یکدیگر مرتبط‌اند.
شکل‌سازی شبکه (Network Visualization)	نمایش بصری روابط بین آیتم‌ها و لینک‌ها.
شکل‌سازی (Overlay Visualization)	نمایش روابط به‌صورت مشابه با شبکه، اما با تفاوت در نحوهٔ رنگ‌آمیزی آیتم‌ها.
شکل‌سازی تراکم (Density Visualization)	این نما برای درک ساختار کلی نقشه و تمرکز بر جنبه‌های مهم آن مفید است.
هم‌رخدادی (Co-occurrence)	استخراج کلمات کلیدی مقالات برای شناسایی موضوعات اصلی و تحولات حوزهٔ پژوهش.
هم‌استنادی (Co-citation)	دو سند علمی که توسط یک مقاله جدید استناد شده‌اند و نشان‌دهندهٔ تشابه بین آنهاست.
ارتباط کتاب‌شناختی (Bibliographic Coupling)	دو سند که در منابع خود به مقالات مشابهی استناد کرده‌اند و موضوعات مشترکی دارند.
هم‌نویسندگی (Co-authored)	همکاری بین نویسندگان مختلف در تولید آثار علمی مشترک.
تمامی کلمات کلیدی	شامل کلمات کلیدی استخراج‌شده توسط نویسنده و کلمات کلیدی استخراج‌شده خودکار از پایگاه‌های علمی

در آینده و عدم امکان استناددهی به آنها حذف شده و ۹۶۳ مقاله به مرحلهٔ بعد غربالگری منتقل شده است. پس از مرور تمام مستندات، برخی از معانی دوگانه اصطلاحات جستجو باقی ماندند. به‌عنوان مثال، «مصرف انرژی» به معنای «صرفه‌جویی انرژی» در بهینه‌سازی است، اما همچنین عباراتی مانند «سیستم‌های مدیریت انرژی» به‌عنوان کلیدواژه مشابه وجود دارد. همچنین، اصطلاح «معماری پایدار» در پایگاه‌داده به «معماری زیروکربن» اشاره دارد، اما همچنین مقالاتی وجود دارند. درنهایت، عناوین و چکیده‌ها با دقت خوانده شدند تا اطمینان حاصل شود که داده‌ها معتبر و مربوط هستند و مستندات نامربوط حذف شدند تا پاک‌سازی و پردازش دادهٔ نهایی انجام شود (تعداد=۹۳۵). بازهٔ زمانی از سال ۲۰۱۹ تا پایان ۲۰۲۵ تعیین شد. با گسترش بازهٔ زمانی تا ۲۰۲۵، به‌روز بودن و نوآوری این مطالعه افزایش می‌یابد و بینشی در مورد جدیدترین پیشرفت‌های تحقیقاتی ارائه می‌دهد. در بخش بعدی ۱۸ مقاله به‌دلیل عدم سنخیت با موضوع پژوهش حذف شده است. در مرحلهٔ گزارش‌هایی برای ارزیابی واجد شرایط بودن در بخش ابتدایی ۹۵۴ مقاله مورد بررسی قرار گرفت و به سه چک لیست عدم تطابق موضوعی، تکرار محتوا و غیرمرتبط ۴۵۶ مقاله حذف شده است. درنهایت در مرحلهٔ «شامل شده» پریزما[۳] ۴۵۶ مقاله بازبینی نهایی شده است که از این بین براساس چک لیست ۱۵۳ مقاله به‌دلیل عدم پاسخ مناسب به سؤال پژوهش براساس چکیدهٔ قابل دسترس از پژوهش‌ها حذف شده‌اند و درنهایت ۳۳۶ مقاله به‌صورت دقیق در مرحلهٔ مطالعه قرار گرفته‌اند.

درک بهتر نظریه‌ها، روش‌ها و روندهای جدید به این مطالعه کمک می‌کند تا موضوعات و جهت‌گیری‌های تحقیقاتی نوظهور را آشکار سازد. تعداد نهایی مستندات بازیابی شده ۳۳۶ بود. در مرحلهٔ سوم، از ووس ویور و کتابخانه بیبلوشاینی برای تحلیل بیبلیومتریک استفاده شد. این کار پایه‌گذاری برای تحلیل کیفی که در ادامه انجام می‌شود را فراهم می‌آورد. مراحل پریزما در تصویر ۲ مشخص شده است. این مقالات با نرخ رشد ۱۱/۱٪ در سال و دورهٔ اوج انتشار خود در سال ۲۰۲۲ با نرخ ضریب R^2 ۰/۲۶۹و تعداد متوسط استناد ۴/ ۳ به‌طور متوسط به ازای هر مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. تحلیل فراوانی و هم‌زمانی کلمات استخراج شده، اطلاعات مفیدی را در حوزهٔ مدیریت مصرف انرژی و دسته‌بندی موضوعی آن می‌کند. براساس داده‌های نرم‌افزاری و تحلیل محتوا رویکردهای موضوعی، پژوهش‌های نوظهور، هم‌نشینی و ارتباط رویکردهای حل مسئله در مدیریت مصرف انرژی



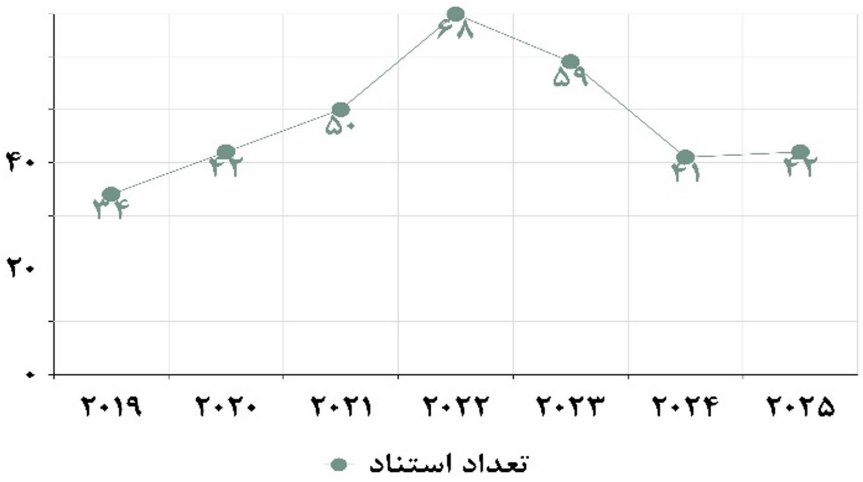
تصویر ۲. فرایند پژوهش به روش پریزما. مأخذ: نگارندگان.

ساختمان به‌صورت کلی در پژوهشهای کلیدی و تخصص معماری شناسایی شدند و یافته‌های این مرور سیستماتیک به‌صورت کامل در بخش بعدی ارائه شده است.

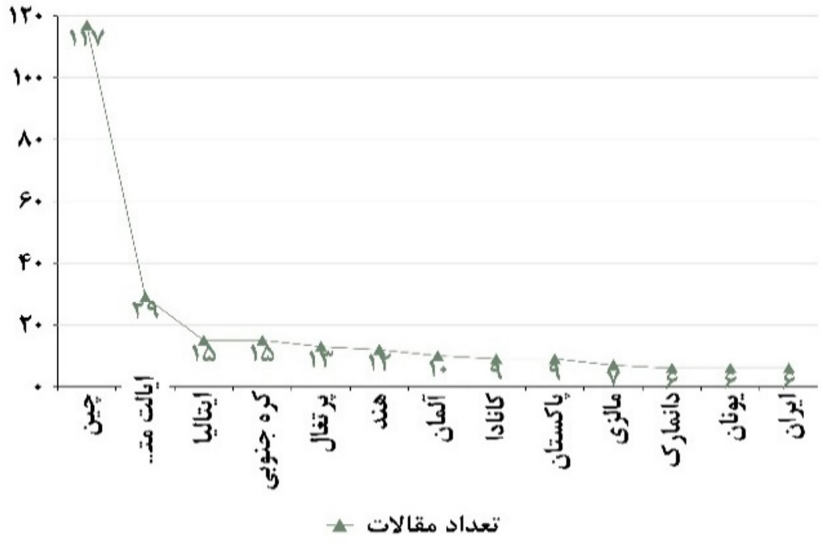
یافته‌ها و بحث

برای پاسخ به سؤالات پژوهش، در بخش اول تحلیل‌های فراوانی از جنبه‌های مختلف مانند توزیع زمانی، پراکندگی جغرافیایی پژوهش، تعداد استنادها در هر سال و مجلات منتشر کننده انجام شده است. در مرحلهٔ بعد، به تحلیل محتوایی سیستماتیک در حوزهٔ رویکردهای حل مسئله و ارتباط معنایی و کلیدواژه‌های آن به‌صورت مصورسازی پرداخته شده است. براساس تصویر ۳، توزیع زمانی پرداختن به کلیدواژهٔ مدیریت مصرف انرژی در بازهٔ زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵ پرداخته شده است. می‌توان گفت در بازهٔ زمانی ۲۰۲۲ اوج استناددهی بر روی این کلیدواژه بوده است که می‌توان به روند رشدی آن در سال‌های کنونی نیز اشاره کرد.

تصویر ۴ توزیع مکانی جغرافیایی استنادات مشخص شده است و در این تصویر چین در صدر جدول تولید مقالات در حوزهٔ مدیریت مصرف انرژی است. در بازهٔ زمانی شش سال اخیر ۱۱۷ مقالات در این کشور تولید شده است و در رتبهٔ دوم ایالت متحدهٔ آمریکا با تعداد ۲۹ مقاله در رتبهٔ دومی در این حوزه قرار دارد. رتبهٔ ۱۵ هم به کشور ایران با تولید شش مقاله در شش سال اخیر در حوزهٔ مدیریت مصرف انرژی در پایگاه داده اسکوپوس را دارد. سهم توزیع مقالات براساس جغرافیا در جدول ۳ و تصویر ۵ مشخص شده است. در تصویر ۶ مجلات منتشرکننده مقالات در حوزهٔ مدیریت مصرف انرژی براساس داده‌های پایگاه اسکوپوس



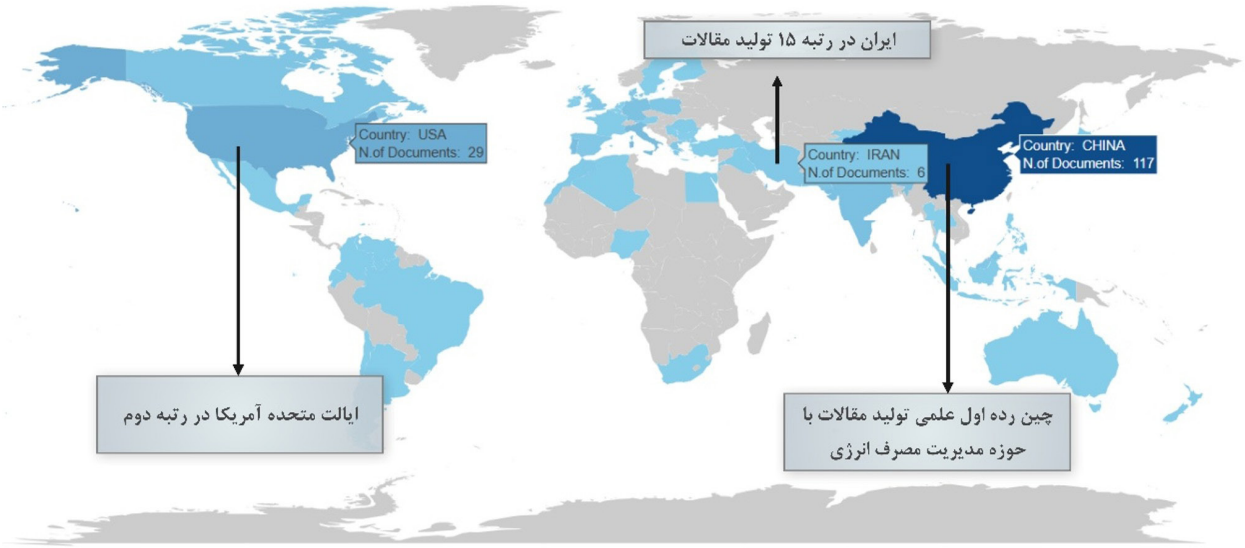
تصویر ۳. توزیع زمانی استنادات. مأخذ: نگارندگان.



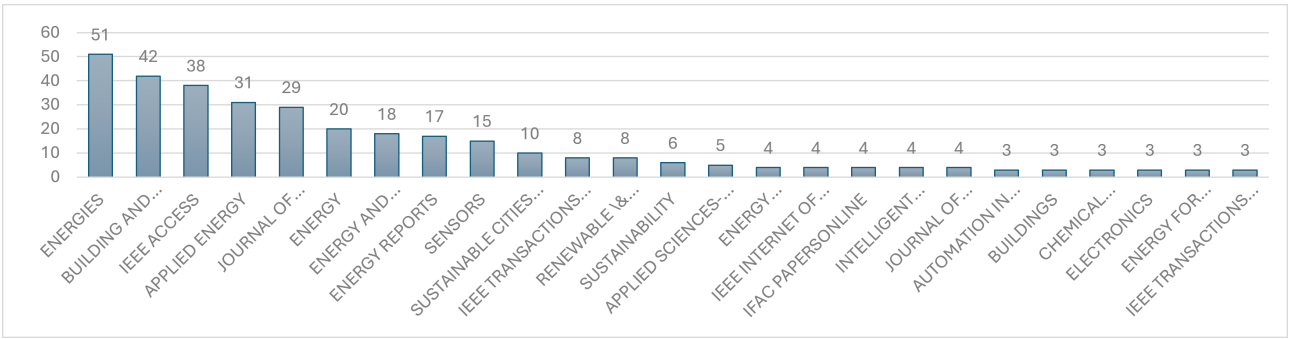
تصویر ۴. توزیع مکانی استنادات. مأخذ: نگارندگان.

جدول۳. توزیع زمانی استنادات . مأخذ: نگارندگان.

کشور	میانگین تعداد استناد	تعداد مقالات	تعداد استناد	مقالات بدون مشارکت کشوری
چین	۶/۱	۱۱۷	۱۷۶	۱۱۸
ایالت متحدهٔ آمریکا	۱/۴	۲۹	۱۶۷	۲۹
ایتالیا	۴/۷	۱۵	۷۱	۱۵
کرهٔ جنوبی	۳/۷	۱۵	۵۵	۱۵
پرتغال	۲۳/۵	۱۳	۴۷	۱۳
هند	۷/۵	۱۲	۴۵	۱۲
آلمان	۱۱/۰	۱۰	۳۳	۱۰
کانادا	۳/۲	۹	۳۲	۹
پاکستان	۱۵/۰	۹	۳۰	۹
مالزی	۱/۸۰	۷	۲۲	۷
دانمارک	۱/۶۰	۶	۲۱	۷
یونان	۶/۰	۶	۱۸	۶
ایران	۱۷/۰	۶	۱۷	۶



تصویر ۵. توزیع رتبه‌بندی براساس جغرافیا. مأخذ: نگارندگان.



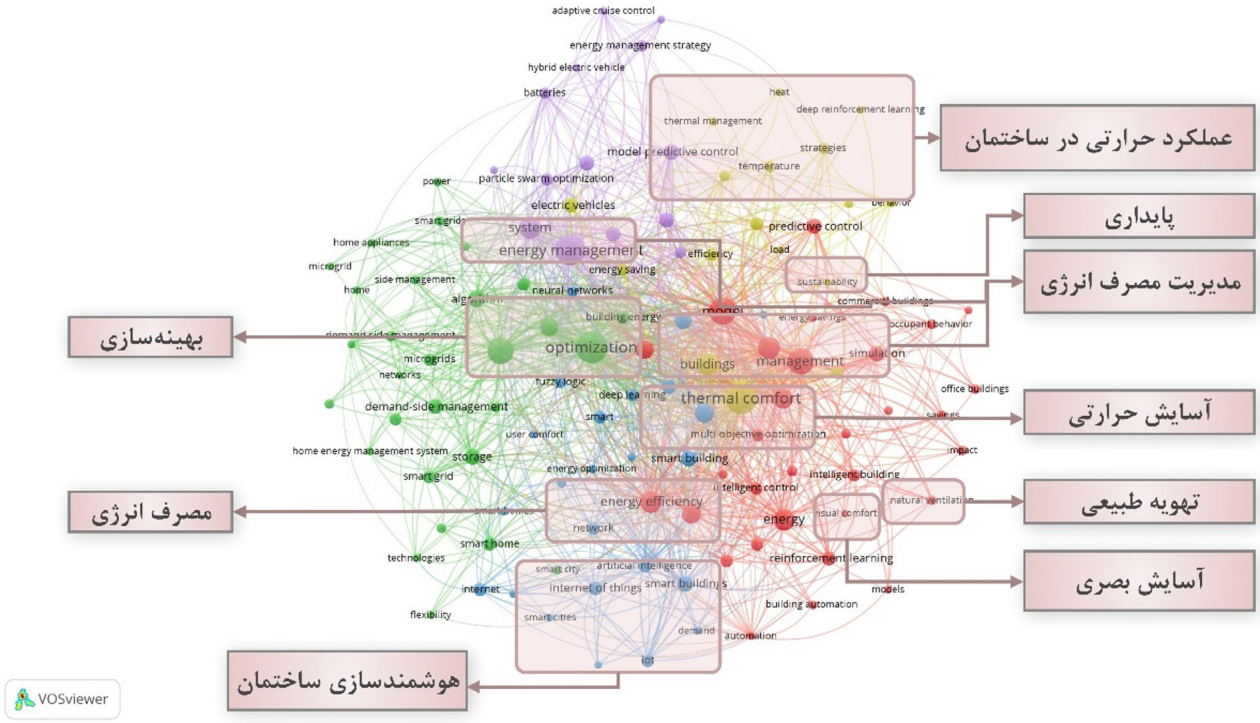
تصویر ۶. مجلات منتشرکنندهٔ مقالات. مأخذ: نگارندگان.

نشان داده شده است. بیشترین سهم ENERGIES با تعداد ۵۱ مقاله و BUILDING AND ENVIRONMENT با تعداد ۴۲ مقاله، IEEE ACCESS با تعداد ۳۸ و APPLIED ENERGY با تعداد ۳۱ مقاله بیشترین سهم را در مجلات اسکوپوس در حوزهٔ مدیریت مصرف انرژی داشته است.

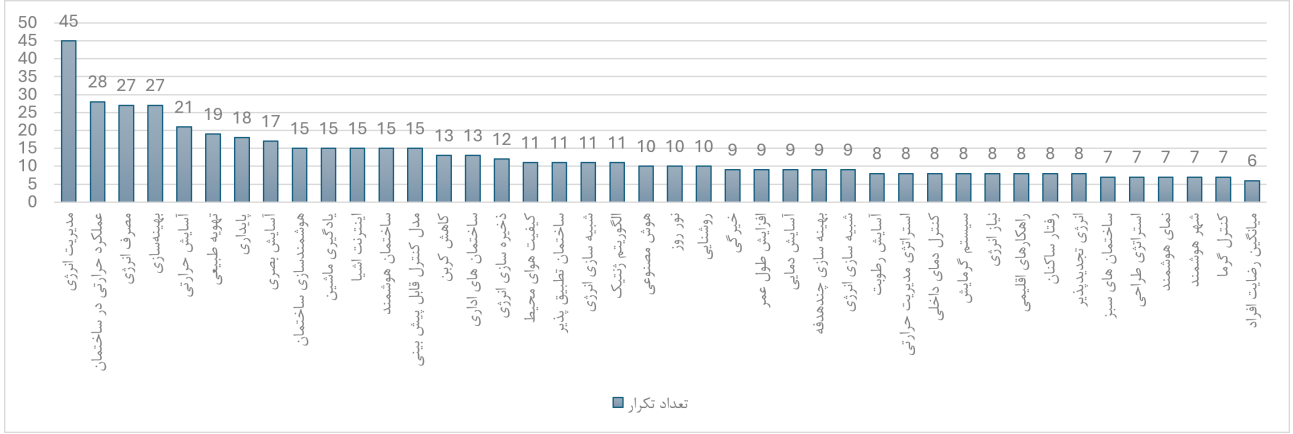
- **شناخت رویکردهای مدیریت انرژی ساختمان**

در تحلیل بیبلیومتریک، هم‌پوشانی به معنای استفاده از معیارهای مرتبط و اطلاعاتی برای توصیف کمّی روابط هم‌پوشانی است. در بخش‌های قبلی، کشورها، مؤسسات، منابع و نویسندگان تأثیرگذار مورد بررسی قرار گرفتند. با این حال، موضوعات و مفاهیم ادبیات که توسط کلیدواژه‌ها بیان شده است، هنوز مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. تحلیل هم‌پوشانی کلیدواژه‌ها می‌تواند به طور بهتری تمرکز، حوزه‌های تحقیق، توسعهٔ موضوعات کلیدی و غیره را در تحقیق نشان دهد. مطابق با تصویر ۷، مفاهیم اصلی در حوزهٔ مدیریت مصرف انرژی ساختمان با استخراج واژگان کلیدی از منابع انتخاب شده در نرم افزار مصورسازی داده ووس ویور، هم‌رخدادی این واژگان تحلیل شد تا روابط میان مفاهیم و رویکردی در حل مسئله مدیریت انرژی در ساختمان مشخص شود. این تحلیل براساس تکرار کلیدواژگان و هم‌نشینی آنان در پژوهش‌های مختلف بیان شده است.

در جدول ۴ و تصویر ۸، فراوانی واژگان کلیدی نشان می‌دهد که «مدیریت انرژی» با ۴۵ تکرار، اصلی‌ترین محور پژوهش‌هاست



تصویر ۷. مفاهیم اصلی در حوزهٔ مدیریت مصرف انرژی ساختمان. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۸. تعداد تکرار واژگان کلیدی. مأخذ: نگارندگان.

جدول۴. تعداد تکرار واژگان کلیدی. مأخذ: نگارندگان

کلیدواژه	تعداد تکرار	کلیدواژه	تعداد تکرار	کلیدواژه	تعداد تکرار	کلیدواژه	تعداد تکرار
مدیریت انرژی	۴۵	ساختمان هوشمند	۱۵	شبیه‌سازی انرژی	۱۰	راهکارهای اقلیمی	۸
عملکرد حرارتی در ساختمان	۲۸	مدل کنترل قابل پیش‌بینی	۱۵	روشنایی	۹	رفتار ساکنان	۸
مصرف انرژی	۲۷	کاهش کربن	۱۳	خیرگی	۹	انرژی تجدیدپذیر	۸
بهینه‌سازی	۲۷	ساختمان‌های اداری	۱۳	افزایش طول عمر	۹	ساختمان‌های سبز	۷
آسایش حرارتی	۲۱	ذخیره‌سازی انرژی	۱۲	آسایش دمایی	۹	استراتژی طراحی	۷
تهویهٔ طبیعی	۱۹	کیفیت هوای محیط	۱۱	بهینه‌سازی چندهدفه	۹	نمای هوشمند	۷
پایداری	۱۸	ساختمان تطبیق‌پذیر	۱۱	آسایش رطوبت	۸	شهر هوشمند	۷
آسایش بصری	۱۷	شبیه‌سازی انرژی	۱۱	استراتژی مدیریت حرارتی	۸	کنترل گرما	۷
هوشمندسازی ساختمان	۱۵	الگوریتم ژنتیک	۱۱	کنترل دمای داخلی	۸		
یادگیری ماشین	۱۵	هوش مصنوعی	۱۰	سیستم گرمایش	۸	میانگین رضایت افراد	۶
اینترنت اشیا	۱۵	نور روز	۱۰	نیاز انرژی	۸		

و پس از آن «عملکرد حرارتی ساختمان» با ۲۸ تکرار و «مصرف انرژی» و «بهینه‌سازی» هر یک با ۲۷ تکرار قرار دارند. همچنین واژگانی مانند «آسایش حرارتی»، «تهویهٔ طبیعی»، «پایداری»، «آسایش بصری» و «هوشمندسازی ساختمان» در هستهٔ مرکزی شبکهٔ مفهومی این حوزه قرار گرفته‌اند. تمرکز بالای این واژگان نشان می‌دهد که مدیریت انرژی ساختمان، صرفاً به کاهش مصرف انرژی محدود نیست، بلکه به مسئله‌ای چندبعدی تبدیل شده که هم‌زمان با عملکرد حرارتی، کیفیت محیط داخلی، آسایش کاربران، طراحی پایدار و کاهش اثرات زیست‌محیطی ارتباط دارد. بنابراین، فراوانی این کلیدواژه‌ها بیانگر آن است که پژوهش‌ها در این حوزه از نگاه صرفاً فنی به‌سمت رویکردهای جامع‌تر برای تعادل میان بهره‌وری انرژی، آسایش و پایداری حرکت کرده‌اند.

از سوی دیگر، حضور و رشد واژگانی مانند «یادگیری ماشین»، «اینترنت اشیا»، «ساختمان هوشمند»، «کنترل پیش‌بینانه»، «شبیه‌سازی انرژی» و «الگوریتم ژنتیک» نشان‌دهندهٔ تغییر مسیر پژوهش‌ها به‌سمت رویکردهای داده‌محور و هوشمند است. به‌ویژه رشد یادگیری ماشین از سال ۲۰۲۳ را می‌توان نتیجهٔ توسعهٔ حسگرها، سامانه‌های مدیریت هوشمند ساختمان، افزایش دسترسی به داده‌های واقعی مصرف انرژی و پیشرفت الگوریتم‌های هوش مصنوعی دانست. این فناوری‌ها امکان پیش‌بینی مصرف انرژی، کنترل هوشمند سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه، تحلیل رفتار کاربران و بهینه‌سازی عملکرد ساختمان را فراهم کرده‌اند. بر این اساس، نتایج خوشه‌بندی در جدول ۵ نشان می‌دهد که رویکردهای حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان از روش‌های سنتی کاهش مصرف، به‌سمت راهکارهای هوشمند، پیش‌بینانه، تطبیق‌پذیر و پایدار در حال تحول است.

خوشهٔ اول: خوشهٔ اول با هستهٔ مرکزی عملکرد حرارتی ساختمان با ۱۰۵ رخداد و ۲۰ اتصال از ۳۲ کلمه کلیدی (حدود ۲۲درصد از تعداد کل کلمات کلیدی) تشکیل شده است و شامل کلیدواژه‌های اصلی سیستم گرمایش، کنترل دمای داخلی، استراتژی مدیریت حرارتی و کنترل گرما است.

خوشهٔ دوم: با هستهٔ مرکزی مصرف انرژی و رخداد ۷۸ و قدرت اتصال ۱۲ بار از ۲۹ آیتم بهره‌گرفته است که در مجموع ۲۰٪ از کل آیتم‌ها را شامل شده است و موارد زیر به آیتم‌های این خوشه اشاره شده است: کاهش هزینه، ذخیره‌سازی انرژی، ساختمان‌های اداری، کاهش کربن و افزایش طول عمر مشخص شده است.

خوشهٔ سوم: با هستهٔ مرکزی بهینه‌سازی با تعداد رخداد ۵۳ بار و قدرت اتصال ۸ و از ۱۹ آیتم بهره‌گرفته است که در مجموع درصد ۱۳/۱٪ از کل آیتم‌ها را شامل شده است. این خوشه با کلیدواژه‌های الگوریتم ژنتیک، یادگیری ماشین،

شبیه‌سازی انرژی و بهینه‌سازی چندهدفه مشخص شده است.

خوشهٔ چهارم: با هستهٔ مرکزی آسایش حرارتی ۴۴ رخداد و قدرت اتصال ۱۰ از ۱۸ آیتم بهره‌گرفته است. که در مجموع درصد ۱۲/۴٪ از کل آیتم‌ها را شامل شده است. کلیدواژه‌های میانگین رضایت افراد، رفتار ساکنان، آسایش رطوبت و آسایش دمایی از جمله از این دسته است.

خوشهٔ پنجم: تهویهٔ طبیعی در هستهٔ مرکزی این خوشه واقع شده است. تعداد رخداد ۴۰ و قدرت اتصال ۷ از ۱۵ آیتم که ۱۰/۳٪ از کل آیتم‌ها را بهره‌گرفته است و شامل ساختمان‌های تطبیق‌پذیر، سیستم‌های HVAC، CFD و کیفیت هوای محیط است.

خوشهٔ ششم: پایداری در هستهٔ مرکزی این دسته واقع شده است. شامل ۳۲ رخداد و ۷ قدرت اتصال است که در مجموع ۱۲ آیتم که شامل ۸/۲٪ از کل کلیدواژه‌ها را شامل شده است. راهکاری‌های اقلیمی، نیاز انرژی، استراتژی طراحی، ساختمان‌های سبز و انرژی تجدیدپذیر شامل این دسته است.

خوشهٔ هفتم: آسایش بصری در هستهٔ مرکزی این دسته واقع شده است. شامل ۳۱ رخداد و ۶ قدرت اتصال شامل ۱۱ آیتم است. در مجموع درصد از کل آیتم‌ها ۷/۵٪ را تشکیل می‌دهد. این خوشه شامل، کلیدواژه‌های خیرگی، نور روز، روشنایی و تابش خورشید است. براساس تصویر ۹ کلیدواژه‌های مرتبط با مدیریت انرژی، عملکرد حرارتی در ساختمان، مصرف انرژی، بهینه‌سازی، آسایش حرارتی، تهویهٔ طبیعی، پایداری، آسایش بصری و هوشمندسازی ساختمان در همپوشانی کلیدواژه‌ها مشخص شده است. براساس هم زمانی وقوع کلیدواژگان به‌صورت زیر نتایج استخراج می‌شود.

خوشهٔ هشتم: هوشمندسازی ساختمان در مرکز این هسته با تعداد رخداد ۲۹ و قدرت اتصال ۵ و شامل ۹ آیتم است که در مجموع درصد کل از آیتم‌ها ۶/۵٪ را شامل می‌شود. این خوشه کلیدواژه‌هایی از جمله شهر هوشمند، اینترنت اشیا،

جدول۵. خوشه‌بندی واژگان کلیدی. مأخذ: نگارندگان.

شماره	نام خوشه	رخداد	اتصال		نام خوشه	رخداد	اتصال
خوشهٔ یک	عملکرد حرارتی در ساختمان	۱۰۵	۲۰	خوشهٔ پنج	تهویهٔ طبیعی	۴۰	۷
خوشهٔ دو	مصرف انرژی	۷۸	۱۲	خوشهٔ شش	پایداری	۳۲	۷
خوشهٔ سه	بهینه‌سازی	۵۳	۸	خوشهٔ هفت	آسایش بصری	۳۱	۶
خوشهٔ چهار	آسایش حرارتی	۴۴	۱۰	خوشهٔ هشت	هوشمندسازی ساختمان	۲۹	۵

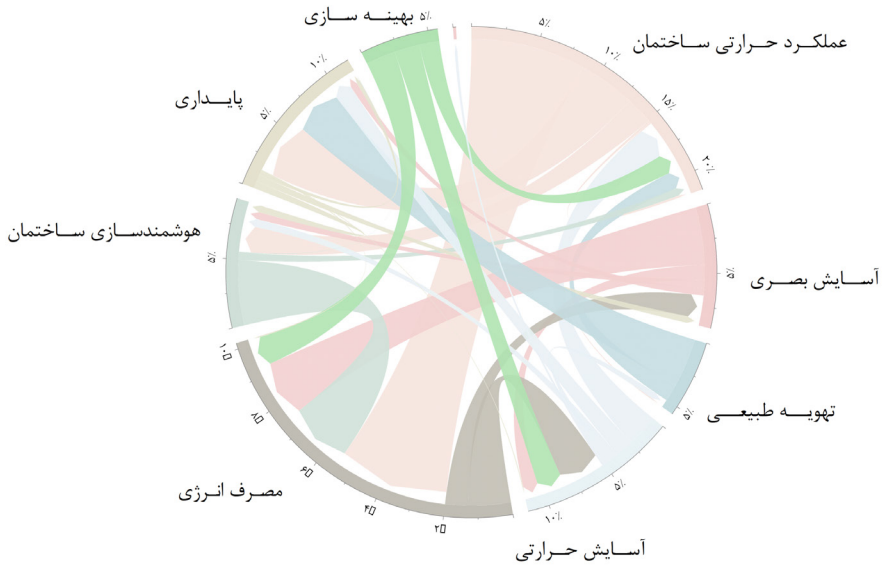


تصویر ۹. خوشه‌بندی‌های مدیریت مصرف انرژی در ساختمان. مأخذ: نگارندگان.

نمای هوشمند و هوش مصنوعی را شامل شده است. پس از این بخش به بررسی ارتباط هر رویکرد براساس تعداد اتصالات و هم‌نشینی کلیدواژه‌ها در کنار یک دیگر به دسته‌بندی آن در پژوهش‌ها در تصویر ۱۰ شبکهٔ هم‌رخدادی کلیدواژه‌های مدیریت انرژی ساختمان پرداخته شده است.

نتایج خوشه‌بندی نشان می‌دهد که هشت خوشهٔ اصلی پیرامون «عملکرد حرارتی ساختمان»، «مصرف انرژی»، «بهینه‌سازی»، «آسایش حرارتی»، «تهویهٔ طبیعی»، «پایداری»، «آسایش بصری» و «هوشمندسازی ساختمان» شکل گرفته‌اند. تمرکز بالای خوشهٔ اول و دوم بر عملکرد حرارتی و مصرف انرژی نشان می‌دهد که بخش عمدهٔ پژوهش‌ها همچنان تحت تأثیر مسئله افزایش تقاضای انرژی، هزینه‌های بهره‌برداری و ضرورت کاهش انتشار کربن در ساختمان‌ها قرار دارد. از این رو، مفاهیمی مانند کنترل دمای داخلی، سیستم‌های گرمایش، ذخیره‌سازی انرژی، کاهش هزینه و کاهش کربن در مرکز این خوشه‌ها قرار گرفته‌اند. شکل‌گیری این روند را می‌توان نتیجهٔ افزایش فشارهای زیست‌محیطی، سیاست‌های کاهش مصرف انرژی، الزام به طراحی ساختمان‌های کم‌مصرف و توجه هم‌زمان به کیفیت محیط داخلی دانست. همچنین حضور خوشه‌های آسایش حرارتی، تهویهٔ طبیعی، پایداری و آسایش بصری نشان می‌دهد که مدیریت انرژی ساختمان دیگر فقط به کاهش مصرف انرژی محدود نیست، بلکه به‌سمت رویکردی چندبعدی حرکت کرده است که در آن آسایش کاربران، کیفیت هوای داخل، نور روز، راهکارهای اقلیمی، ساختمان‌های سبز و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نیز نقش اساسی دارند.

از سوی دیگر، خوشه‌های «بهینه‌سازی» و «هوشمندسازی ساختمان» بیانگر تغییر مسیر پژوهش‌ها از روش‌های سنتی و ایستا به‌سمت رویکردهای محاسباتی، داده‌محور و هوشمند هستند. قرارگیری کلیدواژه‌هایی مانند الگوریتم ژنتیک، یادگیری ماشین، شبیه‌سازی انرژی، بهینه‌سازی چندهدفه، اینترنت اشیا، نمای هوشمند و هوش مصنوعی در این خوشه‌ها نشان می‌دهد که تحول علمی اخیر در این حوزه تحت تأثیر پیشرفت فناوری‌های دیجیتال، حسگرهای هوشمند، سامانه‌های مدیریت ساختمان، کلان‌داده‌ها و الگوریتم‌های پیش‌بینی‌کننده بوده است. این فناوری‌ها امکان پایش لحظه‌ای مصرف انرژی، پیش‌بینی رفتار ساکنان، کنترل هوشمند سیستم‌های HVAC، ارزیابی سناریوهای طراحی و بهینه‌سازی هم‌زمان مصرف انرژی و آسایش را فراهم کرده‌اند. بنابراین، روند خوشه‌بندی نشان می‌دهد که رویکردهای حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان از تمرکز صرف بر کنترل مصرف و عملکرد حرارتی، به‌سمت راهکارهای هوشمند، پیش‌بینانه، تطبیق‌پذیر و پایدار تغییر یافته است؛ تغییری که حاصل پیوند میان بحران انرژی، الزامات زیست‌محیطی و رشد فناوری‌های نوین هوش مصنوعی و اینترنت اشیا در صنعت ساختمان است. در این پژوهش، هم‌زمانی وقوع دو آیتم با استفاده از تمامی کلمات کلیدی، استنادها، زوج‌های کتاب‌شناختی و هم‌نویسندگی در ۱۴۵ آیتم کلیدواژه براساس رخداد در سند علمی استخراج‌شده بررسی قرار گرفته است.



تصویر ۱۰. شبکهٔ هم‌رخدادی کلیدواژه‌های مدیریت انرژی ساختمان. مأخذ: نگارندگان.

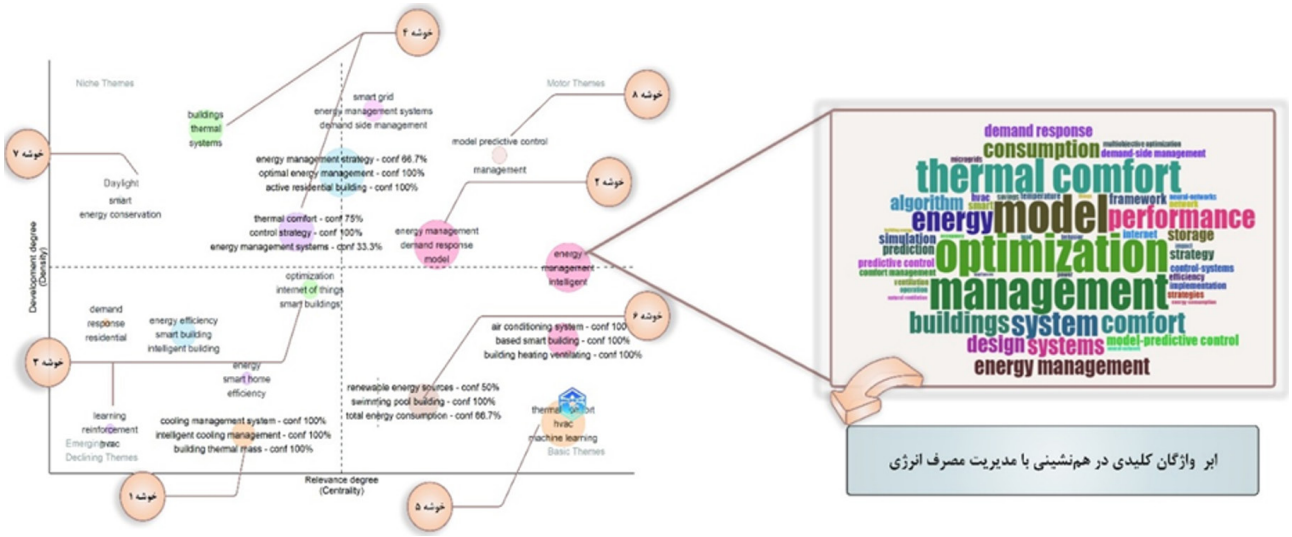
در جدول ۶ تعداد هر هستهٔ مرکزی خوشه‌ها در بازهٔ زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵ به‌صورت کامل براساس تعداد تکرار در مقالات بررسی شده است.

«آسایش حرارتی» با مرکزیت ۳/۹۰، چگالی ۶۲/ ۵۴ و تعداد هم‌پوشانی ۱۱۲ در رتبهٔ دوم قرار دارد که بیانگر اهمیت روزافزون نیازهای کاربران در کنار اهداف کاهش مصرف انرژی است. در همین راستا، «مصرف انرژی»، «بهینه‌سازی» و «عملکرد حرارتی ساختمان» نیز به‌ترتیب با مرکزیت‌های ۳/۷۱، ۶۰/ ۴ و ۳۱/ ۶ و چگالی‌های ۵۷/۸۴، ۳۷/ ۶۷ و ۵۵/ ۶۹ از محورهای اصلی این شبکه محسوب می‌شوند. حضور این مفاهیم در جایگاه‌های بالا نشان می‌دهد که ادبیات مدیریت انرژی ساختمان در سال‌های اخیر از تمرکز صرف بر کاهش مصرف انرژی فاصله گرفته و به‌سمت ایجاد تعادل میان بهره‌وری انرژی، عملکرد حرارتی، کیفیت محیط داخلی و آسایش کاربران حرکت کرده است. در تصویر ۱۱ ابر واژگان کلیدی مشخص شده است.

از سوی دیگر، نتایج نشان می‌دهد که مفاهیمی مانند «هوشمندسازی ساختمان»، «پایداری» و «آسایش بصری» اگرچه از نظر تعداد هم‌پوشانی در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند، اما چگالی نسبتاً بالایی دارند. برای نمونه، «هوشمندسازی ساختمان» با مرکزیت ۳/۱۹و چگالی ۶۹/۷۴، «پایداری» با مرکزیت ۳۵/ ۷ و چگالی ۳۶/ ۸۰ و «آسایش بصری» با مرکزیت ۰۴/ ۵ و چگالی ۲۶/ ۸۱ نشان‌دهندهٔ شکل‌گیری زیرحوزه‌هایی منسجم و تخصصی در ادبیات مدیریت انرژی ساختمان هستند. رشد این مفاهیم را می‌توان در ارتباط با تحولات علمی و فناورانهٔ اخیر از جمله توسعهٔ سامانه‌های مدیریت هوشمند ساختمان، اینترنت اشیا، حسگرهای محیطی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی انرژی، کنترل پیش‌بینانه و الگوریتم‌های یادگیری ماشین تحلیل کرد. این فناوری‌ها امکان پایش لحظه‌ای، پیش‌بینی مصرف انرژی، کنترل هوشمند تجهیزات، بهینه‌سازی روشنایی و ارتقای هم‌زمان آسایش و بهره‌وری انرژی را فراهم کرده‌اند. بنابراین، الگوی مرکزیت،

جدول ۶. تعداد تکرار خوشه‌ها در هر سال. مأخذ: نگارندگان

سال	مدیریت مصرف انرژی در ساختمان	عملکرد حرارتی در ساختمان	مصرف انرژی	بهینه‌سازی	آسایش حرارتی	تهویهٔ طبیعی	پایداری	آسایش بصری	هوشمندسازی ساختمان
۲۰۱۹	۲	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۲
۲۰۲۰	۴	۳	۳	۴	۱	۳	۳	۱	۵
۲۰۲۱	۷	۱۰	۷	۶	۴	۴	۵	۵	۸
۲۰۲۲	۱۷	۱۶	۱۳	۱۳	۹	۷	۹	۱۱	۱۱
۲۰۲۳	۲۷	۲۲	۲۰	۱۸	۱۳	۸	۱۴	۱۵	۱۳
۲۰۲۴	۳۶	۲۵	۲۴	۲۳	۱۹	۱۵	۱۶	۱۷	۱۳
۲۰۲۵	۴۵	۲۸	۲۷	۲۷	۲۱	۱۹	۱۷	۱۷	۱۵



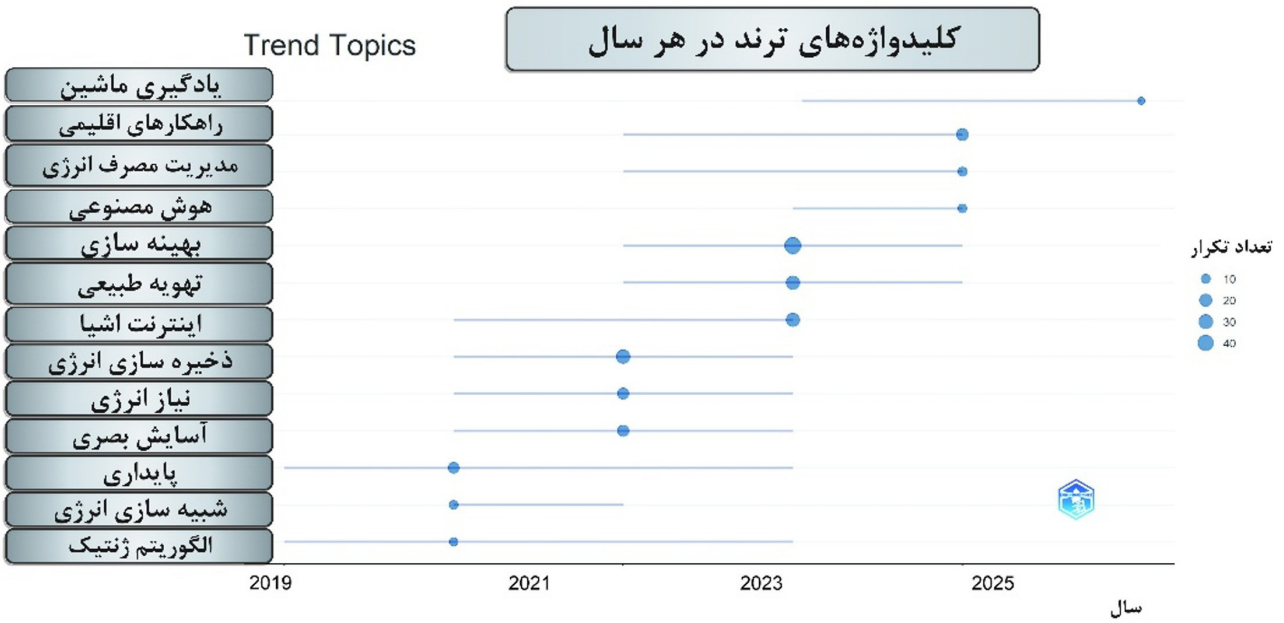
تصویر ۱۱. ابر واژگان کلیدی و درجه توسعه و مرتبط بودن خوشه‌ها. مأخذ: نگارندگان.

چگالی و هم‌پوشانی واژگان نشان می‌دهد که مدیریت انرژی ساختمان به‌تدریج از یک رویکرد صرفاً فنی و مصرف‌محور به حوزه‌ای میان‌رشته‌ای و داده‌محور تبدیل شده است که در آن طراحی اقلیمی، آسایش کاربران، پایداری و فناوری‌های هوشمند نقش تعیین‌کننده‌ای در جهت‌دهی پژوهش‌های آینده دارند. براساس نتایج به‌دست‌آمده جدول ۷، کلمهٔ کلیدی «عملکرد حرارتی در ساختمان» با فاصله از مرکزیت ۶/۳۱ و چگالی ۶۹/۵۵ تعداد هم‌پوشانی ۲۲۱، در جایگاه پنج قرار گرفته است.

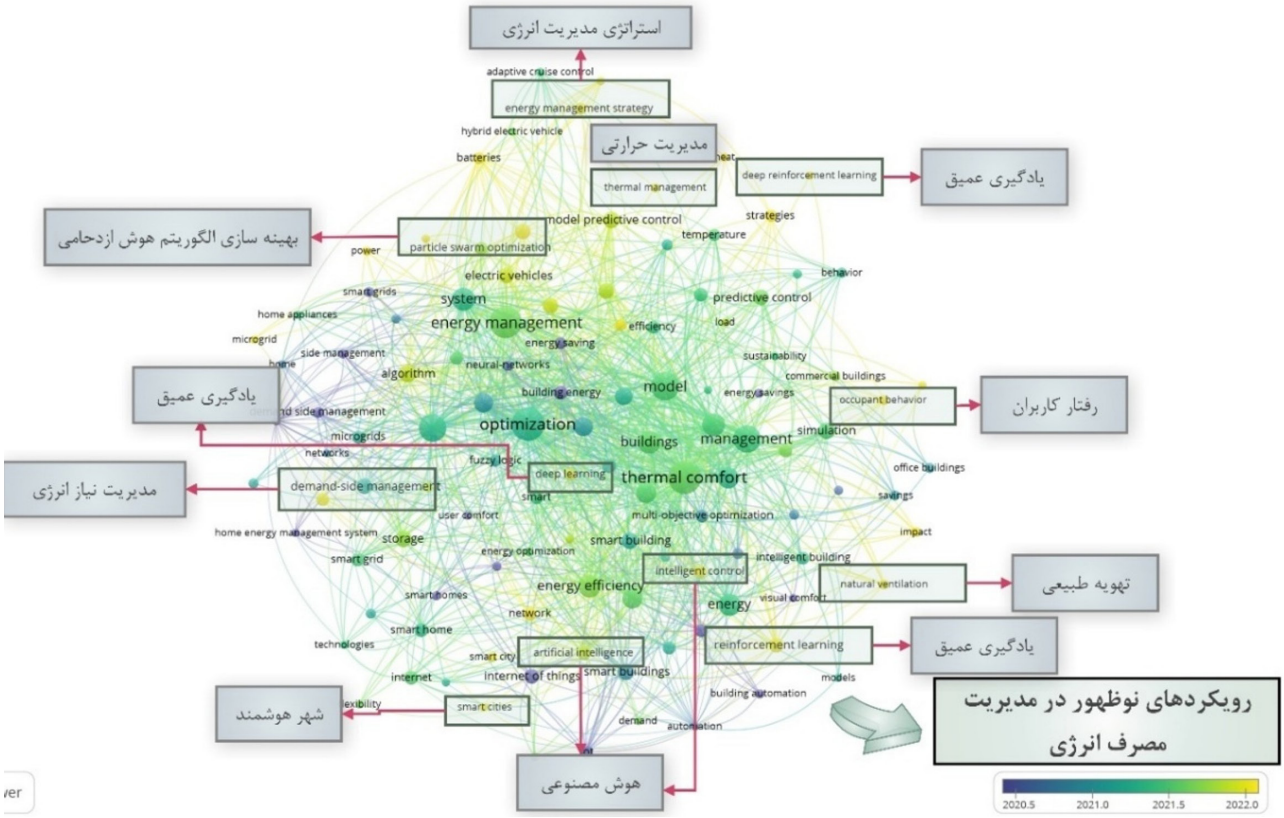
در تصویر ۱۲ کلیدواژه‌های ترند در هر سال مشخص شده است. اندازهٔ دایره‌ها در این نما نمایانگر وزن کلیدواژه‌ها است، به این معنی که هرچه اندازه دایره بزرگ‌تر باشد، تعداد تکرار آن مقاله در آن سال بیشتر بوده است و دایرهٔ آبی رنگ میزان حضور پررنگ‌تر هر کلیدواژه را نشان می‌دهد. برای مثال، یادگیری ماشین از سال ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵ بیشتر دیده شده است و در سال ۲۰۲۵ نقطهٔ اوج و حضور این کلیدواژه است و کلیدواژه‌هایی مانند شبیه‌سازی انرژی، الگوریتم ژنتیک و پایداری بین بازهٔ ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۳ محبوبیت داشته‌اند و اکنون در حوزهٔ مدیریت مصرف انرژی در ساختمان کمتر به این سمت گرایش پیدا کرده است. هوش مصنوعی و مدیریت مصرف انرژی و راهکارهای اقلیمی نیز جز جهت‌گیری‌های جدیدتر در این حوزه دسته‌بندی می‌شود. در تصویر ۱۳ رویکردهای نوظهور در مصورسازی داده‌ها مشخص شده است. براساس تصویر نمای چگالی اندازهٔ گره‌ها براساس

جدول ۷. چگالی خوشه‌ها و تعداد هم‌پوشانی آن‌ها مأخذ: نگارندگان.

شماره	نام خوشه	فاصله از مرکزیت	چگالی	رتبهٔ چگالی	تعداد هم‌پوشانی
خوشهٔ یک	عملکرد حرارتی در ساختمان	۶/۳۱	۶۹/۵۵	۵	۲۲۱
خوشهٔ دو	مصرف انرژی	۳/۷۱	۵۷/۸۴	۳	۱۳۶
خوشهٔ سه	بهینه‌سازی	۴/۶۰	۶۷/۳۷	۴	۹۸
خوشهٔ چهار	آسایش حرارتی	۳/۹۴	۵۴/۶۲	۲	۱۱۲
خوشهٔ پنج	تهویهٔ طبیعی	۸/۳۱	۵۳/۱۳	۱	۷۸
خوشهٔ شش	پایداری	۷/۳۵	۸۰/۳۶	۷	۶۴
خوشهٔ هفت	آسایش بصری	۵/۰۴	۸۱/۲۶	۸	۵۷
خوشهٔ هشت	هوشمندسازی ساختمان	۳/۱۹	۶۹/۷۴	۶	۷۰



تصویر ۱۲. کلیدواژه‌های ترند در سیر زمان. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۱۳. کلیدواژه‌های نوظهور در مدیریت مصرف انرژی. مأخذ: نگارندگان.

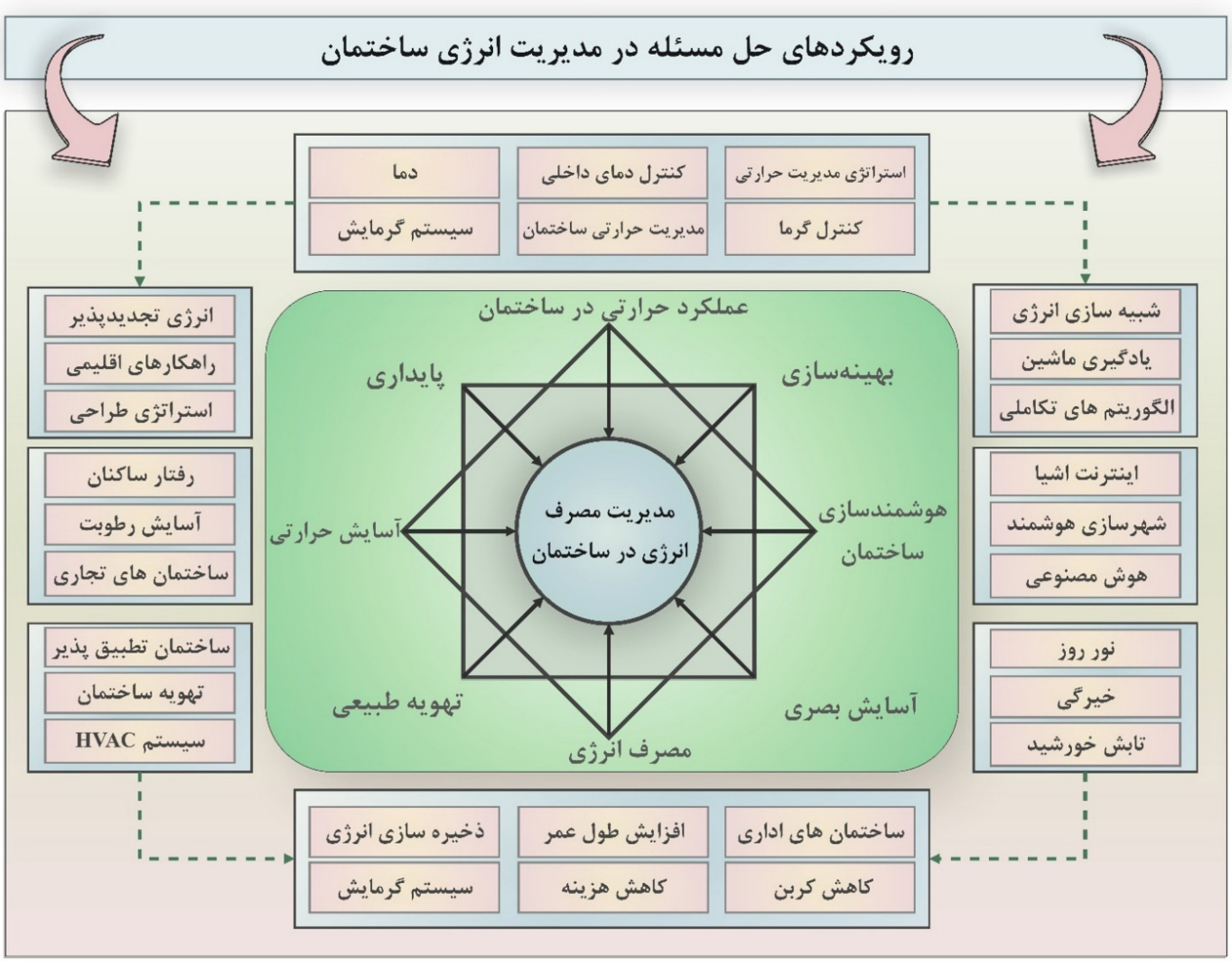
وزن آیتم تعیین می‌شود. هرچه وزن بیشتر باشد، برچسب بزرگتر خواهد بود. رنگ آیتم‌ها نیز براساس خوشه‌ای که به آن تعلق دارند مشخص می‌شود. خطوط بین آیتم‌ها نشان‌دهندهٔ لینک‌ها هستند و فاصله بین دو آیتم قدرت ارتباط را نشان می‌دهد؛ هرچه فاصله کمتر باشد، ارتباط بین دو آیتم قوی‌تر است. این به این معناست که دو آیتم به‌دفعات بیشتری در یک مقاله مشاهده شده‌اند و احتمال وقوع هم‌زمان آنها بیشتر است. نمای مصورسازی شبکه در این پژوهش براساس لینک هم‌زمانی وقوع دو آیتم ایجاد شده است.

رنگ هر آیتم براساس امتیاز میانگین سال انتشار آن تعیین می‌شود و در بازهٔ زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵ طیف‌بندی شده است. نوار رنگی در گوشه سمت راست نقشه، طیف رنگی کلیدواژه‌ها را براساس میانگین سال انتشار آنها به نمایش می‌گذارد. به‌عنوان مثال، کلیدواژه‌هایی که به رنگ سبز هستند، به حوزهٔ بهینه‌سازی و الگوهای مدیریت سیستم عملکرد ساختمان مربوط می‌شوند و سال انتشار آنها به سال ۲۰۲۱ و بعد از آن تعلق دارد. به عبارت دیگر، این کلیدواژه‌ها در سال‌های اخیر بیشتر موردتوجه مقالات و محققان در حوزهٔ یادگیری ماشین و هوش مصنوعی قرار گرفته‌اند و امروزه بیشتر با استفاده از هوش مصنوعی و الگوریتم‌ها بررسی می‌شوند. رنگ زرد نشان‌دهندهٔ آیتم‌های مدیریتی و مرتبط با تقاضای انرژی است که به سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۴ مربوط می‌شود. آیتم‌هایی مانند شهر هوشمند و خانه‌های هوشمند به قبل از ۲۰۱۹ مرتبط بوده و نسبت به دیگر آیتم‌های بررسی‌شده، قدیمی‌تر هستند. در کل، پژوهش‌های مرتبط با بهینه‌سازی عملکرد ساختمان و پارامترهای رضایت کاربران و آسایش در سال‌های اخیر هنوز موردتوجه پژوهشگران است و می‌تواند به پیشبرد موضوع تحقیق کمک کند. اندازهٔ دایره‌ها (کلیدواژه‌ها) نمایانگر وزن هر آیتم است. لیست رویکردهای نوظهور براساس رنگ زرد به این شرح است: یادگیری عمیق، مدیریت حرارتی، استراتژی مدیریت انرژی، بهینه‌سازی الگوریتم هوش ازدحامی، رفتار کاربران، تهویهٔ طبیعی، هوش مصنوعی، شهر هوشمند و مدیریت نیاز انرژی است. چالش‌های تهدیدکنندهٔ در حوزهٔ مدیریت انرژی موجب شده است که جایگاه بهینه‌سازی و عرضه و تقاضا جهت مدیریت مصرف اهمیت بیشتری

پیدا کند. این امر نیاز به بررسی و تحلیل کلیه مؤلفه‌های مؤثر بر بهینه‌سازی انرژی را بیشتر کرده است. تصویر ۱۴، با شناسایی روندهای نوظهور مقالات و مجلات، الگوهای رویکردی، و مؤلفه‌های تحقیق جهت بررسی ساختار فکری پژوهش‌ها در شش سال اخیر برای مدیریت انرژی در ادبیات جهانی است. جدول ۸ رویکردهای غالب در پژوهش‌های داخلی و خارجی به تفکیک بیان شده است.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف تحلیل علم‌سنجی رویکردهای حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان انجام شد تا ساختار دانشی، روندهای نوظهور و پیوندهای مفهومی این حوزه شناسایی شود. ضرورت انجام این مطالعه از آنجا ناشی می‌شود که بیشتر مطالعات پیشین، اعم از مرورهای سیستماتیک و پژوهش‌های موضوعی، عمدتاً بر جنبه‌های خاصی مانند مصرف انرژی، عملکرد حرارتی، آسایش حرارتی، سیستم‌های HVAC، بهینه‌سازی یا فناوری‌های هوشمند تمرکز داشته‌اند و کمتر تصویری جامع از ساختار فکری، شبکه مفاهیم، روند تحول موضوعات و جایگاه رویکردهای حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان



تصویر ۱۴. رویکردهای حل مسئله در مدیریت مصرف انرژی ساختمان. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۸. رویکردهای غالب در پژوهش‌های داخلی و خارجی. مأخذ: نگارندگان.

گروه	کلیدواژه‌های غالب	رویکرد غالب
مقالات خارجی	اینترنت اشیا، یادگیری ماشین، بهینه‌سازی چندهدفه، آسایش بصری، هوشمندسازی	فناورانه و داده‌محور
مقالات داخلی	مصرف انرژی، عملکرد حرارتی، تهویهٔ طبیعی، آسایش حرارتی، پایداری	اقلیمی و غیرفعال (با تأکید بر شرایط بومی)

ارائه کرده‌اند. بنابراین، خلأ اصلی ادبیات موجود، نبود یک تحلیل یکپارچه و مبتنی‌بر داده‌های کتاب‌شناختی برای تبیین ارتباط میان مفاهیم، خوشه‌های پژوهشی و روندهای نوظهور این حوزه است.

تمایز پژوهش حاضر با مرورهای پیشین در آن است که به جای تمرکز صرف بر معرفی فناوری‌ها یا دسته‌بندی راهکارهای مدیریت انرژی، با استفاده از تحلیل‌های هم‌رخدادی واژگان، هم‌نویسندگی و هم‌استنادی، ساختار علمی و مفهومی حوزه را بررسی کرده است. بدین منظور، داده‌های استخراج‌شده از پایگاه اسکوپوس در بازهٔ زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵ و براساس چارچوب پریزما غربالگری شد و سپس با نرم‌افزارهای VOSviewer و Bibliometrix تحلیل شد. این رویکرد امکان شناسایی محورهای اصلی، روابط میان مفاهیم، شبکه‌های علمی و روندهای جدید را فراهم کرد. یافته‌ها نشان داد که ادبیات مدیریت انرژی ساختمان حول هشت محور اصلی شامل عملکرد حرارتی ساختمان، مصرف انرژی، بهینه‌سازی، آسایش حرارتی، تهویهٔ طبیعی، پایداری، آسایش بصری و هوشمندسازی ساختمان شکل گرفته است. عملکرد حرارتی و مصرف انرژی همچنان هسته‌های اصلی این حوزه هستند؛ زیرا با کاهش مصرف انرژی، کنترل بارهای حرارتی و کاهش انتشار کربن ارتباط مستقیم دارند. در مقابل، رشد مفاهیمی مانند بهینه‌سازی، یادگیری ماشین، اینترنت اشیا و هوشمندسازی ساختمان نشان‌دهندهٔ حرکت پژوهش‌ها از رویکردهای سنتی و ایستا به‌سمت رویکردهای داده‌محور، هوشمند و پیش‌بینانه است.

نتایج تحلیل مرکزیت و چگالی نیز نشان داد که برخی مفاهیم مانند تهویهٔ طبیعی، پایداری، آسایش حرارتی و هوشمندسازی ساختمان تنها از نظر فراوانی اهمیت ندارند، بلکه در پیوند دادن خوشه‌های مختلف و شکل‌دهی مسیرهای آینده پژوهش نقش مؤثری دارند. این یافته بیانگر آن است که مدیریت انرژی ساختمان به‌تدریج از یک مسئلهٔ صرفاً فنی به حوزه‌ای میان‌رشته‌ای تبدیل شده است که در آن بهره‌وری انرژی، آسایش کاربران، طراحی اقلیمی، پایداری و فناوری‌های هوشمند به‌صورت هم‌زمان مورد توجه قرار می‌گیرند. براساس نتایج این پژوهش، می‌توان بیان کرد که رویکردهای حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان در سه مسیر اصلی در حال تحول هستند: نخست، مسیر فنی و عملکردی که بر کاهش مصرف انرژی، ارتقای عملکرد حرارتی و بهینه‌سازی سیستم‌های ساختمانی تمرکز دارد؛ دوم، مسیر انسانی و محیطی که آسایش حرارتی، آسایش بصری، کیفیت هوای داخل و رفتار کاربران را در مدیریت انرژی وارد می‌کند؛ و سوم، مسیر هوشمند و داده‌محور که بر هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، یادگیری ماشین، کنترل پیش‌بینانه و ساختمان‌های هوشمند مبتنی است. ترکیب این سه مسیر نشان می‌دهد که آیندهٔ مدیریت انرژی ساختمان به‌سمت رویکردهای یکپارچه، چندهدفه، تطبیق‌پذیر و مبتنی‌بر داده حرکت می‌کند.

از نظر کاربردی، نتایج این مطالعه می‌تواند برای پژوهشگران، طراحان، سیاست‌گذاران و مدیران انرژی ساختمان مفید باشد. پژوهشگران می‌توانند از خوشه‌ها و کلیدواژه‌های شناسایی‌شده برای انتخاب موضوعات پژوهشی آینده استفاده کنند. طراحان و مهندسان می‌توانند با توجه به پیوند میان عملکرد حرارتی، آسایش کاربران و فناوری‌های هوشمند، راهکارهای جامع‌تری برای کاهش مصرف انرژی ارائه دهند. همچنین سیاست‌گذاران می‌توانند با شناخت روندهای نوظهور، برنامه‌های حمایتی و استانداردهای ساختمانی را به‌سمت توسعهٔ ساختمان‌های هوشمند، پایدار و کم‌مصرف هدایت کنند. در مجموع، نوآوری این پژوهش در ارائهٔ تصویری شبکه‌ای و تحلیلی از رویکردهای حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان است. این مطالعه نشان داد که آیندهٔ پژوهش‌های این حوزه در مسیر ترکیب راهکارهای اقلیمی و غیرفعال با فناوری‌های هوشمند، داده‌های واقعی ساختمان، کنترل پیش‌بینانه و الگوریتم‌های هوش مصنوعی قرار دارد. با این حال، محدود بودن داده‌ها به پایگاه اسکوپوس و بازهٔ زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵ از محدودیت‌های پژوهش محسوب می‌شود؛ ازاین‌رو، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از پایگاه‌هایی مانند وب آف ساینس نیز روش‌های ترکیبی علم‌سنجی و تحلیل محتوای کیفی استفاده شود.

درنهایت، نوآوری اصلی این پژوهش در آن است که با عبور از مرورهای توصیفی و موضوع‌محور، تصویری شبکه‌ای و تحلیلی از ساختار دانش مدیریت انرژی ساختمان ارائه می‌دهد. این مطالعه نشان داد که مدیریت انرژی ساختمان دیگر محدود به کاهش مصرف یا بهبود عملکرد حرارتی نیست، بلکه به حوزه‌ای میان‌رشته‌ای تبدیل شده است که در آن پایداری، آسایش کاربران، طراحی اقلیمی، بهینه‌سازی، هوشمندسازی و فناوری‌های داده‌محور به‌صورت هم‌زمان در شکل‌دهی رویکردهای حل مسئله نقش دارند. بنابراین، انجام این مطالعه علم‌سنجی جدید از آن جهت ضروری بوده است که امکان شناسایی خلأهای دانشی، روندهای نوظهور، پیوندهای مفهومی و مسیرهای آیندهٔ پژوهش را فراهم می‌کند؛ موضوعی که در بسیاری از مرورهای سیستماتیک

و مطالعات پیشین به‌صورت جامع و یکپارچه مورد توجه قرار نگرفته است.

اعلام عدم تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است.

پی‌نوشت‌ها

۱. VOS Viewer
۲. Biblioshiny
۳. PRISMA

فهرست منابع

• Anika, O. C., Nnabuife, S. G., Bello, A., Okoroafor, E. R., Kuang, B., & Villa, R. (2022). Prospects of low and zero-carbon renewable fuels in 1.5-degree net zero emission actualisation by 2050: A critical review. *Carbon Capture Science and Technology, 5,* Article 100072. https://doi.org/10.1016/j.ccst.2022.100072

• Cai, H., Zhang, W., Yuan, Q., Salameh, A. A., Alahmari, S., & Ferrara, M. (2025). Cost-effective intelligent building: Energy management system using machine learning and multi-criteria decision support. *Energy Economics, 142*, Article 108184. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108184

• Çelik, K. T., & Sekeroglu, A. (2023). The importance of geographical information systems in urban and landscape planning: A bibliometric analysis. *Megaron, 18*(4), 499–519. https://doi.org/10.14744/megaron.2023.70962

• Chikurtev, D., Yosifova, V., Haralampieva, M., & Petrov, R. (2023). Development and evaluation of an energy-efficient intelligent infrared heating system for industrial buildings. *Journal of Energy Systems, 7*(3), 277–289. https://doi.org/10.30521/jes.1198583

• Dagdougui, Y., Ouammi, A., & Benchrifa, R. (2020). Energy management-based predictive controller for a smart building powered by renewable energy. *Sustainability (Switzerland), 12*(10), Article 4264. https://doi.org/10.3390/su12104264

• Duraković, B. (2026). *Building Management Systems. In Advancing Zero Energy Buildings: Pathways to Sustainable Development and Global Impact* (pp. 65–76). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-032-16601-2_4

• Habib, M., Palomba, V., Frazzica, A., & Wang, Q. (2025). Optimizing hybrid thermal energy storage in building management systems using data-driven model predictive control. *ENERGY REPORTS, 14*, 2092–2109. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.08.033

• Harputlugil, T., & de Wilde, P. (2021). The interaction between humans and buildings for energy efficiency: A critical review [Review]. *Energy Research and Social Science, 71*, Article 101828. https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101828

• Hou, H., He, Z., Xiang, M., Lu, Y., Yang, J., Huang, L., & Xie, C. (2025). Interval Multi-Objective Optimization for Low-Carbon Building Energy Management System Upon Deep Reinforcement Learning. IEEE Transactions on Industry *Applications, 61*(2), 2193–2202. https://doi.org/10.1109/TIA.2025.3531821

• Javid, P., Nikghadam, N., Karimpour, A., & Sabernejad, J. (2025a). Design Optimization of Atrium Skylights for Enhanced Office Building Performance Using NSGA-II: Case Study in Yazd, Iran. *JOURNAL OF DAYLIGHTING, 12*(2), 520–547. https://doi.org/10.15627/jd.2025.31

• Javid, P., Nikghadam, N., Karimpour, A., & Sabernejad, J. (2025b). Optimizing Channel Configurations to Enhance Thermal Comfort in Connected Enclosed Atrium (Case Studies: Yazd and Tabriz). *International Journal of Architecture and Urban Development, 15*(2), 31–50. https://doi.org/10.71711/ijaud.2025.1214474

• Javid, P., nikghadam, N., karimpour, A., & Sabernejad, J. (2026). Optimal Atrium Configuration in Office for Thermal Comfort Enhancement (Case Study: Yazd and Tabriz Cities) [Research Paper]. I*nternational Journal of Architectural Engineering & Urban Planning, 36*(2). https://doi.org/10.22068/ijaup.942

• Jin, X., Ahmed, Z., Pata, U. K., Kartal, M. T., & Erdogan, S. (2024). Do investments in green energy, energy efficiency, and nuclear energy R&D improve the load capacity factor? An augmented ARDL approach. *Geoscience Frontiers, 15*(4), 101646. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101646

• Kuusk, K., Naumann, J., Gritzki, A., Felsmann, C., De Carli, M., Tonon, M., & Kurnitski, J. (2020, Sep 06–09). Nearly zero energy renovation concepts for apartment buildings.*E3S Web of Conferences* [12th nordic symposium on building physics (nsb 2020)]. 12th Nordic Symposium on Building Physics (NSB), Tallinn, ESTONIA.

• Luther, M., Tokede, O., & Liu, C. L. (2020). Applying a comfort model to building performance analysis. *Architectural Science Review, 63*(6), 481–493. https://doi.org/10.1080/00038628.2020.1742645

• Ma, W., & Liu, T. (2026). Adaptive smart energy management in buildings: A deep reinforcement learning and

IoT framework for energy efficiency and thermal comfort. *Energy and Buildings, 351*, 116659. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.116659

• Magoni, M., & Adami, R. (2020). The decision-making steps for the construction of Renewable Energy Plants: an analysis of the conflict factors of the Italian authorisation procedures. *Italian Journal of Planning Practice, 10*(1), 106–124.

• Mariano-Hernández, D., Hernández-Callejo, L., Zorita-Lamadrid, A., Duque-Pérez, O., & Santos García, F. (2021). A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis. *JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING, 33*, Article 101692. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101692

• Möslinger, M., Ulpiani, G., & Vetters, N. (2023). Circular economy and waste management to empower a climate-neutral urban future . *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, 421*, Article 138454. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138454

• Mousavi Motlagh, F., Hoes, P.-J., & Hensen, J. (2026). Unlocking zero-cost flexibility in office buildings with adaptive comfort heating strategy and thermal mass utilization. *Energy and Buildings, 357*, 117126. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2026.117126

• Nikghadam, N., Javid, P., Karimpour, A., & Sabernejad, J. (2025a). *Optimal Skylight-to-Roof Ratio in Central Atriums for Thermal Comfort based on solar-induced ventilation: Case Studies from Yazd and Tabriz.* Iranica Journal of Energy & Environment. https://doi.org/10.5829/ijee.2026.17.02.09

• Nikghadam, N., Javid, P., Karimpour, A., & Sabernejad, J. (2025b). A Systematic Bibliometric Analysis of Energy Optimization Methods in Buildings. *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar, 22*(142), 41–56. https://doi.org/https://doi.org/10.22034/bagh.2025.490974.5717

• Nikghadam, N., Javid, P., Karimpour, A., & Sabernejad, J. (2026). Bibliometric Study of Energy Simulation Tools in Building Performance Optimization: A Review of Recent Research. *Hoviatshahr, 20*(1), 129–148. https://doi.org/10.71793/hoviatshahr.2026.1218927

• Nikghadam, N., Javid, Parisa , Karimpour, Alireza, Sabernejad, Jaleh. (2025). Optimization of the Direction and Number of Atrium Openings in a Centralized Model for Improving Thermal Comfort in Office Buildings in Hot and Dry Climates (Case Study of Yazd City). *Space Ontology International Journal, 14*(3), 43–61. https://doi.org/10.71879/soij.2025.1206995

• Nurdiawati, A., & Urban, F. (2021). Towards deep decarbonisation of energy-intensive industries: A review of current status, technologies and policies. *ENERGIES, 14*(9), 2408.

• Pajek, L., Božiček, D., Potočnik, J., & Košir, M. (2026). Impact of passive energy efficiency measures on embodied and operational GWP: A parametric study of detached houses under evolving grid and climate conditions. *ENERGY AND BUILDINGS, 359*, 117308. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2026.117308

• Poosapadi, D., Devi, G. M., Padmapriya, G., Srinivasan, K., Logeshwaran, T., Juli Amala Rani, J., Kumar, C. R., Rajesh kumar, E., & Khan, M. A. (2026). Energy Efficient Smart Control Strategies: Applying Machine Learning to Enhance Efficiency in Eco-Friendly Building Management for Renewable Energy Systems. *Sustainable Computing: Informatics and Systems, 50*, 101315. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.suscom.2026.101315

• Tang, S. C., Xiao, R., & Cai, X. Y. (2024). Media façades research agenda: a bibliometric analysis from 2003 to 2022 [Review; Early Access]. *Architectural Science Review, 16*. https://doi.org/10.1080/00038628.2024.2305886

• Uzair, M., & Ali Abbas Kazmi, S. (2023). A multi-criteria decision model to support sustainable building energy management system with intelligent automation. *ENERGY AND BUILDINGS, 301*, Article 113687. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113687

• Vittori, F., Tan, C. F., Pisello, A. L., Chong, A., Piselli, C., & Miller, C. (2025). BIM-to-BRICK: Using graph modeling for IoT/BMS and spatial semantic data interoperability within digital data models of buildings. *ENERGY AND BUILDINGS, 348*, 116368. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.116368

• Wang, G. Y. X., Zhu, P. C., Yao, S., Yuan, J. Y., & Hu, T. H. (2024). Occupant behavior model and its involvement in building optimization design: a review [Early Access]. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 17*. https://doi.org/10.1080/13467581.2024.2358195

• Wieser, M., Onnis, S., & Meli, G. (2020). Thermal performance of light earth enclosures. Possibilities of its application in the Peruvian territory. *Revista De Arquitectura, 22*(1), 164–174. https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2633

• Wu, T. J., Wu, J. X., Yang, Y. X., & Dong, W. (2024). A bibliometric review of perceptions of the built environment supported by multi-source data [Early Access]. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 16*. https://doi.org/10.1080/13467581.2024.2349746

• Xu, C., Tian, X., Yang, R., Song, S., Han, F., Kong, D., & Zhang, Y. (2026). Performance evaluation of building-

integrated photovoltaic windows with triple-glazing: Summer assessment in cold climate. *Energy and Buildings, 358,* 117247. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2026.117247

• Yu, P., Zhang, H., Song, Y., Hui, H., & Chen, G. (2024). District Cooling System Control for Providing Operating Reserve Based on Safe Deep Reinforcement Learning. *IEEE Transactions on Power Systems, 39*(1), 40–52. https://doi.org/10.1109/TPWRS.2023.3237888

• Zhang, X. C., & Zhang, X. Q. (2024). Low-carbon design optimization of reinforced concrete building structures using genetic algorithm [; Early Access]. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 15*. https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2278466

• Zhao, Q., Zhang, N., Zhang, Z., Zeng, Y., Shady, A., & Yuan, Y. (2026). Scalable epoxy-based radiative cooling coatings with ternary filler synergy for efficiency and low-cost building thermal management [Article]. *Energy and Buildings, 358*, Article 117236. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2026.117236

COPYRIGHTS
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Bagh-e Nazar Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نحوهٔ ارجاع به این مقاله:

جاوید، پریسا؛ یاوری، معصومه؛ فتوتیان، پویا؛ نجفی، محمد و جاوید، محمد. (۱۴۰۵). تحلیل علم‌سنجی بر رویکردهای حل مسئله در مدیریت انرژی ساختمان . *باغ نظر*، ۲۳(۱۶۲)، ۸۱-۱۰۰.

DOI: 10.22034/bagh.2026.578916.6008
URL: https://www.bagh-sj.com/article_247150.html