



A Bibliometric Analysis Of Building Energy Simulation And Occupant Behavior Culture On Scopus Database

Somayeh Dowlat¹, Ghazal Safdarian², Heider Jahanbakhsh³, Fahimeh Motazadian^{4*}

(Received date: 2024/02/18 - Accepted date: 2024/06/13)

Abstract:

The use of fossil fuels and resulting greenhouse gas emissions has led to the significant challenge of our era, which is climate change. Buildings consume a substantial amount of energy during construction and operation, making it crucial to reduce their energy consumption. Energy simulation plays a key role in estimating and minimizing building energy usage. This study aims to comprehensively review bibliometrics on energy simulation in buildings, providing a clear understanding of the current state of research in this field. We followed a systematic research plan, involving the extraction, preprocessing, and classification of citation data from Scopus spanning the period 1982-2022. After applying the PRISMA Algorithm, we analyzed a total of 2929 studies. The objectives of the research encompass descriptive, network, and quantitative content analysis. The researcher successfully identified influential documents, authors and countries, while also creating scientific maps and identifying gaps in the field.

Key words: Energy Simulation, Building, Residents' Behavior Culture, Bibliometric Approach, Citation Network Analysis, Scopus.

¹ PhD student in architecture, Islamic Azad University, Pardis branch, Pardis, Iran sdowlat@gmail.com

² Assistant Professor, Department of Architecture, Islamic Azad University, Pardis Branch, Pardis, Iran safdariana@pardisiau.ac.ir

³ Associate Professor, Department of Architecture, Payam Noor University, Tehran Branch, Tehran, Iran H_Jahanbakhsh@pnu.ac.ir

⁴ Assistant Professor, Department of Architecture, Islamic Azad University, Pardis Branch, Pardis, Iran (corresponding author): motazedian@pardisiau.ac.ir



بررسی شبیه‌سازی انرژی در ساختمان و فرهنگ رفتار ساکنان با رویکرد کتاب‌سنجی در

پایگاه استنادی اسکوپوس

سمیه دولت^۱، غزال صفدریان^۲، حیدر جهانبخش^۳، فهیمه معتضدیان^۴

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۹ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۴)

چکیده

استفاده از انرژی‌های فسیلی و به تبع آن انتشار گازهای گلخانه‌ای علت اصلی تغییرات اقلیمی می‌باشند که از چالش‌های اصلی بشر در زمان کنونی و همین‌طور در آینده به‌شمار می‌آیند. ساختمان‌ها به‌عنوان مصرف‌کننده نصف انرژی جهان در فرایند ساخت و بهره‌برداری دارای ظرفیت ویژه‌ای در کاهش مصرف انرژی هستند. یکی از راهکارهای اساسی برای تخمین و کاهش مصرف انرژی در ساختمان، استفاده از شبیه‌سازی انرژی است. هدف این مطالعه، بررسی جامع ادبیات موجود در حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان براساس مطالعات پیشین است تا توصیف کاملی از تحقیقات انجام شده در این زمینه ارائه دهد. با استفاده از یک روش تحقیق سیستماتیک، اطلاعات استخراج شده از پایگاه اسکوپوس بین سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۲۲ میلادی، پیش‌پردازش و دسته‌بندی شدند. بابررسی تعداد ۲۹۲۹ سند علمی و با توجه به اهداف عملکردی مطالعه بیبومتریکی، روندها و افول، مهمترین مقالات، نویسندگان، کشورها در حوزه مشخص شد. همچنین، با توجه به اهداف شبکه‌ای، الگوهای هم‌استنادی مؤثر شناسایی شدند و سپس با تحلیل محتوای آشکار کلمات کلیدی نقاط داغ در حوزه مشخص شد. در نهایت، شکاف‌ها و روندهای تحقیقات آینده در حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان شناسایی و معرفی شدند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژگان کلیدی: شبیه‌سازی انرژی، ساختمان، فرهنگ رفتار ساکنان، رویکرد کتاب‌سنجی، تحلیل شبکه استنادی، اسکوپوس

sdownlat@gmail.com

safdariana@pardisiau.ac.ir

H_jahanbakhsh@pnu.ac.ir

motazedian@pardisiau.ac.ir

^۱ دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس، پردیس، ایران

^۲ استادیار گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس، پردیس، ایران

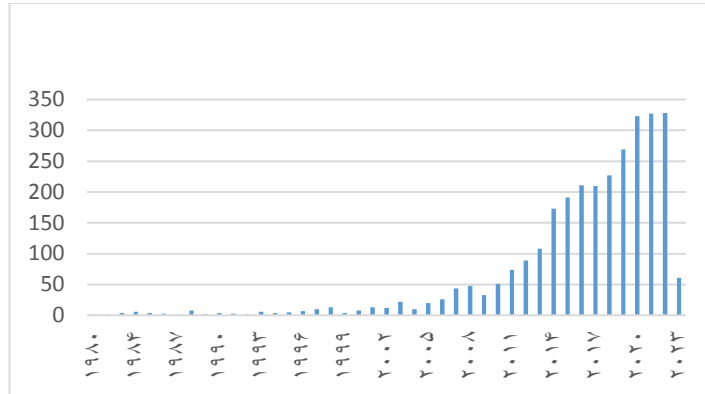
^۳ دانشیار گروه معماری، دانشگاه پیام‌نور واحد تهران، تهران، ایران

^۴ استادیار گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس، پردیس، ایران (نویسنده مسئول):



۱- مقدمه

تغییرات اقلیمی یکی از مهمترین دغدغه‌های جهان کنونی می‌باشد. ساختمان‌ها به دلیل استفاده قابل توجه از منابع طبیعی و نیز مصرف انرژی، اثرات زیست‌محیطی قابل توجهی به همراه دارند. به گزارش آژانس بین‌المللی انرژی بخش ساخت‌وساز ۳۶٪ از مصرف انرژی جهانی و نیز ۳۹٪ از میزان انتشار کربن را در سال ۲۰۱۸ میلادی، عهده‌دار بوده است (L. Wang et al., 2021). مجموع انرژی چرخه حیات ساختمان‌ها شامل انرژی نهفته و انرژی عملکردی می‌باشد. منظور از انرژی نهفته، انرژی مورد استفاده در تولید مصالح و حمل به سایت پروژه و انرژی مورد نیاز در ساخت‌وساز و نیز نگهداری و بازسازی و در نهایت تخریب ساختمان می‌باشد (Dixit et al., 2012). انرژی عملکردی، انرژی است که در زمان بهره‌برداری از ساختمان جهت گرمایش و سرمایش و روشنایی و لوازم و تجهیزات داخلی مصرف می‌شود (Dixit et al., 2010). دانشمندان در سرتاسر جهان بر روی راهبردهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان از طریق توسعه مدل‌های شبیه‌سازی انرژی در ساختمان متمرکز شده‌اند. به طور خلاصه مدل‌های شبیه‌سازی انرژی در ساختمان از نوع مدل‌های پیش‌آگهی و قانون‌محور هستند. به عبارت دیگر، مدل‌های شبیه‌سازی انرژی در ساختمان با اعمال یک سری قوانین حاکم بر سیستم به دنبال پیش‌بینی رفتار آن سیستم می‌باشند (Coakley et al., 2014). از متداول‌ترین استانداردهای شبیه‌سازی انرژی در ساختمان نیز می‌توان به ¹ASHREA، ²IBPSA و ³IEA اشاره کرد. جهت بررسی زمینه تاریخی حوزه مورد مطالعه می‌توان ذکر کرد که روش‌های شبیه‌سازی انرژی در ساختمان از سال ۱۹۶۰ میلادی، آغاز شد. در حدود ۲۰ سال، توسعه برنامه‌های ساعتی شبیه‌سازی انرژی ساختمان به نام‌های "BLAST" و "DOE-2"، در دستور کار دولت آمریکا قرار داشت. در سال ۱۹۹۶ میلادی، یک آژانس فدرال ایالت‌متحد، ابزار "Energy Plus"، را براساس توسعه برنامه قبلی یعنی "BLAST" و "DOE-2"، جهت شبیه‌سازی انرژی ساختمان ایجاد کرد که در سال ۲۰۰۱ میلادی، اولین نسخه آن به بازار آمد (D. B. Crawley et al., 2001). و بعد از آن برنامه‌های شبیه‌سازی انرژی توسعه یافته دیگری همچون "Bsim" و "Dest" و "Ecotect" و "Equest" و "HAP" و "Heed" و "TRACE" و "TRYSYS" (D. B. Crawley et al., 2008). و بعد از آن‌ها ابزارهای پارامتریک "Grasshopper"، با پلاگین‌های "Honeybees" و "MR-Comfy" و "ICE Bear, Tortuga" و "Dynamo" و "Generative Components"، به بازار آمدند (Pan et al., 2023). در سال‌های اخیر رشد و توسعه ادبیات پیرامون شبیه‌سازی انرژی به شدت افزایش یافته است. شکل ۱، نمودار تولیدات سالیانه مطالعات در حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان را نشان می‌دهد. طبق نمودار با وجود نوسانات کوچک در سال‌های مختلف، به طور کلی تولیدات علمی در حوزه مربوطه از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۲۲ میلادی، روندی صعودی را طی می‌کند. به طور میانگین در این ۴۰ سال شاهد نرخ رشد ۱۰.۵۵٪ می‌باشیم که نسبت به حوزه‌های دیگر پژوهشی نرخ رشد قابل توجهی می‌باشد.



شکل ۱: روند تولید اسناد علمی در بازه زمانی ۱۹۸۲-۲۰۲۲ میلادی
(مأخذ: استخراج شده از پایگاه استنادی اسکوپوس و استنباط نگارندگان، ۱۴۰۲)

به عقیده هریش و کومار، یک مدل جامع انرژی که دارای دقت و استحکام کافی باشد وجود ندارد (Harish, Kumar, 2016). همچنین برنامه‌های شبیه‌سازی انرژی دارای زبان مشترکی نیستند. نکتهٔ حائز اهمیت دیگر در مورد برنامه‌های مختلف شبیه‌سازی این است که اعتبارسنجی نتایج آن‌ها مورد مناقشه است. همچنین شبیه‌سازی انرژی در ساختمان فاقد استاندارد روشنی برای ارزیابی انرژی با ابزارهای مختلف می‌باشد و نیز تعریف واحدی از الزامات مورد نیاز ابزارها ارائه نشده است (Attia, 2010). «فرهنگ رفتار ساکنین»، از موضوعات پراهمیت و چالش برانگیز در شبیه‌سازی انرژی در ساختمان می‌باشد و اختلاف بین عملکرد پیش‌بینی شده و واقعی ساکنان در مدل‌های شبیه‌سازی انرژی به وضوح قابل مشاهده است (Diao et al., 2017). «رفتار ساکنین» می‌تواند به ۵۰٪ تقاضای گرمایش بیشتر منجر شود (Dalla Rosa, Christensen, 2011). در این راستا برخی تلاش‌ها برای تعریف دقیق‌تر رفتار ساکنان در برنامه‌های شبیه‌سازی انرژی در ساختمان صورت گرفته است (D'Oca, Hong, 2015). همچنین داده‌های هواشناسی که از پارامترهای ورودی مهم و حیاتی در برنامه‌های شبیه‌سازی هستند می‌توانند هر سال به میزان قابل توجهی تغییر پیدا کنند و دارای دقت کافی نیستند (Chan et al., 2006). دانشمندان بسیاری راه‌حل‌های فراوانی، از جمله؛ کالیبراسیون را برای رفع این اختلافات و مناقشات ارائه نموده‌اند. تا پیش‌بینی در برنامه‌های شبیه‌سازی انرژی با مصرف انرژی واقعی مطابقت بیشتری داشته باشد (Chong et al., 2021).

مطالعات مروری مختلفی از جمله؛ مُروبر روش‌های تحلیل حساسیت (Tian, 2013)، مُروبر روش‌های تطبیق مدل‌های شبیه‌سازی انرژی با داده‌های اندازه‌گیری شده (Coakley et al., 2014)، مُروبر مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های انرژی در ساختمان (Harish, Kumar, 2016)، مُروبر افزایش پایداری ساختمان در طول چرخهٔ حیات از طریق BIM⁴ (Wong, Zhou, 2015)، مُروبر تأثیر

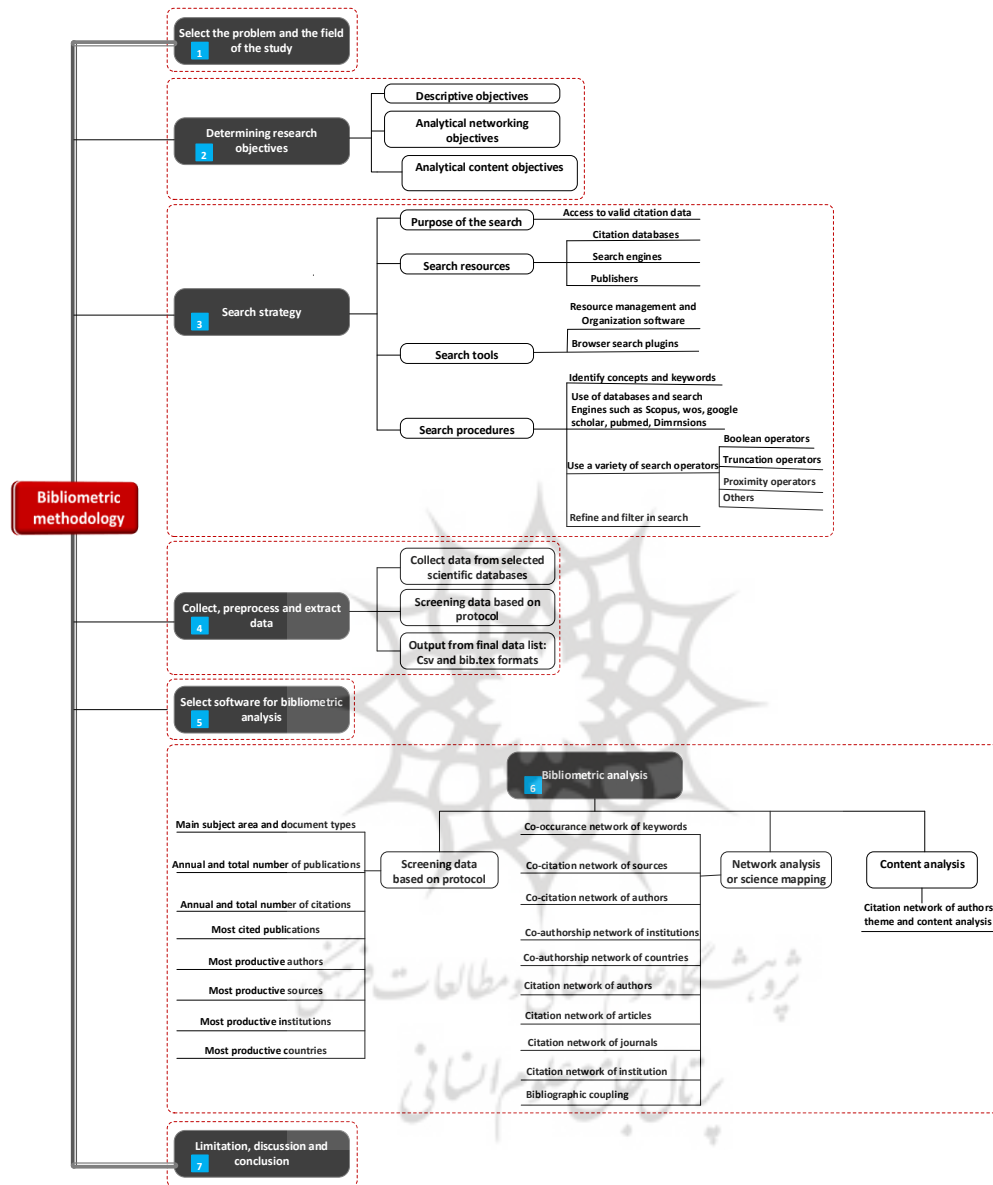


رفتار ساکنین بر تجزیه و تحلیل انرژی در ساختمان (Delzendeh et al., 2017)، بر روی حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان صورت گرفته است که هر کدام به منظور خاصی و یکی از زیرحوزه‌های شبیه‌سازی انرژی از جمله؛ نرم‌افزارها، مدل‌ها و غیره، را هدف قرار داده‌اند. هیچ کدام از این مرورها به بررسی روندهای تحقیقاتی و بررسی برترین اسناد و نویسندگان و ژورنال‌ها و کشورها (Van Nunen et al., 2018). و همین‌طور بررسی شبکه‌های هم‌استنادی، هم‌نویسندگی و زوج کتاب‌شناسی (Abdullah, 2021)، و غیره، به صورت جامع نپرداخته‌اند. لذا فقدان یک مرور کتاب‌سنجی که دارای ویژگی کل‌گرایانه و «ابعاد اجتماعی» است در حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان مشاهده می‌شود.

باتوجه به انباشت دانش در حوزه مورد مطالعه و همین‌طور نتایج متفاوت در پژوهش‌ها و نیز کیفیت متفاوت پژوهش‌ها، انجام مرور کتاب‌سنجی در این حوزه ضروری می‌نماید. در سال‌های اخیر روش کتاب‌سنجی محبوبیت زیادی یافته است و به‌طور گسترده در تحقیقات حوزه معماری و ساخت‌وساز مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله؛ نمونه‌های آن می‌توان به مرور کتاب‌سنجی بر روی ساختمان‌های سبز (Y. Li et al., 2021)، مرور کتاب‌سنجی در حوزه "BIM" (Babalola et al., 2021)، مرور کتاب‌سنجی در حوزه چرخه حیات ساختمان‌ها (Bhyan et al., 2022)، مرور کتاب‌سنجی در حوزه ساختمان‌های صفر انرژی (Omran et al., 2022)، اشاره کرد. در مطالعه کنونی پس از بیان مسأله پژوهش و ذکر ادبیات پیرامون آن، محقق در قالب رویکردی کتاب‌شناسانه ابتدا به تدوین بخش روش‌شناسی پرداخته است.

۲- روش‌شناسی

مرور سیستماتیک ادبیات وسیله‌ای مناسب جهت بررسی ادبیات پیشین و شناخت حوزه می‌باشد (Baghalzadeh Shishehgarkhaneh et al., 2022). کتاب‌سنجی از طریق یک مرور ادبیات سیستماتیک در پی ایجاد نمای کلی از مطالعات انجام شده در حوزه مورد مطالعه می‌باشد (Linnenluecke et al., 2020). روش کتاب‌سنجی دارای رویکرد کمی می‌باشد و از قراردهای فلسفی یا پارادایم اثبات‌گرایانه ناشی می‌شود (Creswell, Creswell, 2017). هم‌اکنون کتاب‌سنجی به ابزاری ضروری برای ارزیابی و تجزیه و تحلیل خروجی دانشمندان بدل شده است (Moral-Munoz et al., 2020). محققان از کتاب‌سنجی با اهداف گوناگون بهره می‌برند، اگرچه تفاسیر کتاب‌سنجی عموماً بر ۲ هدف اصلی عملکردی و شبکه‌ای، استوار است که به وسیله آن محققان اولاً؛ تسلط کلی بر حوزه مورد نظر پیدا می‌کنند دوماً؛ شکاف‌های دانش را شناسایی می‌کنند و سوماً؛ به ایده‌های تحقیقاتی جدید دست می‌یابند (Donthu et al., 2021). پژوهش حاضر در قالب یک مرور سیستماتیک و برپایه پروتکل از ۷ فاز (شکل ۲)، به عنوان روش‌شناسی پیروی می‌کند (Moradi.M, Miralmasi.M, 2020).



شکل ۲: روش شناسی کتابسنجی (Moradi.M, Miralmasi.M, 2020)

← فاز ۱) انتخاب مسئله و حوزه مورد مطالعه: همان طور که در بخش ادبیات پژوهش ذکر شد، انباشت دانش در حوزه شبیه سازی انرژی در ساختمان ها و عدم وجود یک مطالعه کل گرای کتابسنجی در حوزه مورد مطالعه، محقق را به انجام پژوهش حاضر جهت توصیف و تکامل ادبیات نظری و شناسایی خلأها برای جهت گیری پژوهش های آتی تشویق کرد.



← **فاز ۲)** تعیین اهداف پژوهش: روش کتاب‌سنجی دارای رویکرد کمی برای بیان ویژگی‌های کیفی می‌باشد (Wallin, 2005). محقق؛ اهداف پژوهش حاضر را با توجه به نظر مونز در ۳ بخش اهداف عملکردی و ترسیم نقشه‌های علمی و تحلیل محتوای آشکار در نظر گرفته است (Gutiérrez-Salcedo et al., 2018).

له اهداف عملکردی یا توصیفی شامل: شناسایی روندهای رشد و افول مطالعات در حوزه مورد نظر، شناسایی تأثیرگذارترین سند در حوزه مورد نظر، شناسایی تأثیرگذارترین مؤلف در حوزه مورد نظر، شناسایی تأثیرگذارترین کشور در حوزه مورد نظر می‌باشند. اهداف تحلیل شبکه استنادی مشتمل بر: شناسایی مؤثرترین الگوهای هم‌استنادی، شناسایی مؤثرترین الگوهای همکاری کشورها می‌باشند. و اهداف تحلیل محتوا به شناسایی واژگان کلیدی براساس تحلیل محتوا کمی می‌پردازد.

← **فاز ۳)** جست‌وجوی داده‌های استنادی: محقق با برگزیدن پایگاه استنادی اسکوپوس که پوشش محتوایی بالاتری نسبت به سایر پایگاه‌ها از جمله؛ وب او ساینس دارد (Pranckutė, 2021). در تاریخ ۲۰ فوریه ۲۰۲۳ میلادی، از طریق کلیدواژه‌های "Construction" و "Building" و "Energy Performance Simulation" و "Energy Simulation"، دستور سرچ؛

TITLE-ABS-KEY ("energy simulation* "OR" energy performance simulation*") AND (building OR construction)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "re")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE, "j")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE, "final"))

تعداد ۲۹۶۶ مطالعه را از پایگاه استنادی اسکوپوس استخراج نموده است.

← **فاز ۴)** پالایش و استخراج داده‌ها: یک مرور سیستماتیک باید براساس پروتکلی باشد که منطق و فرضیه و روش‌های برنامه‌ریزی شده را به خوبی توصیف کند (Moher et al., 2015). پژوهشگر از پروتکل PRISMA⁶، به عنوان راهنمای با کیفیت بالا که در سال ۲۰۲۰ میلادی، آبدیت شده است استفاده می‌نماید. براساس الگوریتم پریزما مطالعات تکراری، ورودی‌های اشتباه، مطالعات بدون نسخه انگلیسی در عنوان، چکیده و کلیدواژه از لیست مطالعات حذف گردیدند و نهایتاً ۲۹۲۹ مطالعه در سبد تحلیل قرار گرفت.

← **فاز ۵)** تعیین نرم‌افزار مناسب برای تجزیه و تحلیل: در پژوهش حاضر برای ارزیابی ادبیات معتبر از نرم‌افزار "Publish or Perish" (Harzing, 2016). استفاده، غربال‌گری داده‌های خام استنادی بر مبنای پروتکل استاندارد پریزما (M. J. Page et al., 2021) با اکسل انجام پذیرفت. در بخش تجزیه و تحلیل عملکردی بسته نرم‌افزاری "Bibliometrix از R"، و بخش تحلیل



شبکه با نرم‌افزار "Vos Viewer"، انجام گرفت. (جدول ۱) نرم افزارهای استفاده شده در پژوهش کنونی را نمایش می دهد.

جدول ۱: نرم افزار های مورد استفاده در پژوهش کتابسنجی کنونی - (مأخذ: جمع آوری توسط نگارندگان)

Tools	Analyzed version	Year	Developer	User interface
Publish or perish	8.6.4198.8332	2022	Anne-Wil Harzing	Desktop
Excel	2304	2019	Microsoft corporation	Desktop
Biblioshiny	4.0	2023	University of Naples Federico II (Italy)	Web
Vos viewer	1.6.18	2022	Leiden University (The Netherlands)	Desktop

← فاز ۶) بررسی نتایج: در این مرحله محقق باتوجه به اهداف ذکر شده در فاز ۲ کتابسنجی به بررسی عینی نتایج عملکردی و تحلیل شبکه و تحلیل محتوای آشکار می پردازد.

← فاز ۷) بحث و نتیجه گیری: در این فاز باتوجه به نتایج به دست آمده، به سؤالات اصلی پژوهش پاسخ داده می شود. همچنین محدودیت ها بیان شده و نقاط قوت و ضعف بررسی می گردد و در انتها پیامدها و پیشنهادهایی برای پژوهش های آتی در حوزه بیان می گردد.

۳- نتایج

۳-۱- اطلاعات کلی داده های استخراج شده

در بازه زمانی ۴۰ ساله، نرخ رشد سالانه تولیدات علمی در حوزه شبیه سازی انرژی در ساختمان ۱۰.۵۵٪ است. اسناد در ۳۸۵ ژورنال علمی به انتشار رسیده اند که در مجموع به ۱۴۱۳۶۸ مطالعه علمی دیگر ارجاع نموده اند. ۹۶٪ مقالات ژورنالی و ۴٪ از آن ها مقالات مروری می باشند. ۵.۸٪ از مقالات تک نویسنده می باشند و ۹۴.۲٪ با همکاری نویسندگان منتشر شده اند که ۲۵.۳٪ از همکاری ها در سطح بین المللی صورت گرفته است. نرخ همکاری دارای میانگین ۳.۵۵٪ می باشد که در مجموع ۲۷۵۹ سند به صورت همکاری به انتشار رسیده اند. جزئیات بیشتر برپایه (جدول ۲)، نمایش داده شده است.

جدول ۲: نمای کلی اطلاعات اصلی کتابسنجی استخراج شده با نرم افزار R- (مأخذ: جمع آوری توسط نگارندگان)

Description	Results
Timespan	1982-2022
Sources (Journals, Books, Etc)	385
Documents	2929



Annual Growth Rate %	10.55
Document Average Age	6.8
Average Citations Per Doc	30.39
References	141368
DOCUMENT CONTENTS	
Keywords Plus (ID)	10591
Author's Keywords (DE)	6488
AUTHORS	
Authors	6167
Authors of Single-Authored Docs	146
AUTHORS COLLABORATION	
Single-Authored Docs	170
Co-Authors Per Doc	3.55
International Co-Authorships %	25.3
DOCUMENT TYPES	
Article	2816
Review	113

۲-۳- تحلیل عملکردی اسناد و نویسندگان

۱۰ سند برتر در حوزه شبیه‌سازی انرژی بر مبنای شاخص کیفیت آن‌ها براساس استنادات بیشتر برپایه (جدول ۳)، اولویت‌بندی شده‌اند. مقاله اول؛ کralی و همکاران ۲۰۰۱ میلادی، درحقیقت معرفی نرم‌افزار شبیه‌سازی انرژی پلاس می‌باشد وی توضیح می‌دهد که این نرم‌افزار ترکیب ۲ نرم‌افزار "DOE-2" و "BLAST" می‌باشد که بر روی نقاط قوت آن‌ها استوار است. در بخش‌های بعدی این سند مقایسه‌ای بین ویژگی‌ها و قابلیت‌های ۳ نرم‌افزار انجام شده است. مقاله دوم؛ کralی و همکاران ۲۰۰۸ میلادی، که بیشترین استناد را دریافت کرده است مقایسه بین ۲۰ ابزار مرسوم و اصلی در حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان را مورد مقایسه قرار داده است. هدف نویسندگان از انجام این مقایسه تشویق کاربران به استفاده از مجموعه‌ای از ابزارها جهت برآورده شدن طیف متفاوت نیازهایشان در مقوله شبیه‌سازی انرژی می‌باشد. همچنین در این سند ذکر شده است که زبان مشترکی بین ابزارهای متفاوت شبیه‌سازی انرژی وجود ندارد و نیز قابلیت اطمینان به مدل‌ها در برخی موارد مورد تردید است (D. B. Crawley et al., 2008). مطالعه وی تیان ۲۰۱۳ میلادی، ۵۶۰ استناد دریافت کرده است و سومین مطالعه برتر در حوزه مورد مطالعه می‌باشد. در این مطالعه کاربرد و روش‌های تحلیل حساسیت بر روی تحلیل عملکرد انرژی در ساختمان مورد بررسی قرار گرفته است و روش‌ها به ۲ روش "Global" و "Local" طبقه‌بندی شده و ۴ رویکرد رگرسیون، مبتنی بر غربالگری، مبتنی بر واریانس متا مدل برای روش جهانی معرفی شده است که انتخاب هر کدام از روش‌ها



بر مبنای هدف، هزینه محاسباتی، مدل‌های انرژی، تعداد متغیرهای ورودی و زمان می‌باشد (Tian, 2013).

جدول ۳: اولویت‌بندی مؤثرترین اسناد علمی در حوزه شبیه‌سازی انرژی استخراج شده با نرم‌افزار R- (مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)

TI	PY	SO	TC
ENERGYPLUS: CREATING A NEW-GENERATION BUILDING ENERGY SIMULATION PROGRAM (D. B. Crawley et al., 2001).	2001	JOURNAL OF ENERGY AND BUILDINGS	1664
CONTRASTING THE CAPABILITIES OF BUILDING ENERGY PERFORMANCE (D. B. Crawley SIMULATION PROGRAMS et al., 2008)	2008	JOURNAL OF BUILDING AND ENVIRONMENT	1112
A REVIEW OF SENSITIVITY ANALYSIS METHODS IN BUILDING ENERGY ANALYSIS (Tian, 2013).	2013	JOURNAL OF RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	560
ENERGY PLUS: ENERGY SIMULATION PROGRAM (D. Crawley et al., 2000).	2000	ASHRAE JOURNAL	556
A REVIEW OF METHODS TO MATCH BUILDING ENERGY SIMULATION MODELS TO MEASURED DATA (Coakley et al., 2014).	2014	JOURNAL OF RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	514
A GENERALISED STOCHASTIC MODEL FOR THE SIMULATION OF OCCUPANT PRESENCE (J. Page et al., 2008).	2008	JOURNAL OF ENERGY AND BUILDINGS	502
A GREEN ROOF MODEL FOR BUILDING ENERGY SIMULATION PROGRAMS (Sailor, 2008).	2008	JOURNAL OF ENERGY AND BUILDINGS	478
ENERGY CONSUMPTION AND URBAN TEXTURE (Ratti et al., 2005).	2005	JOURNAL OF ENERGY AND BUILDINGS	415
A REVIEW ON MODELING AND SIMULATION OF BUILDING ENERGY SYSTEMS (Harish, Kumar, 2016).	2016	JOURNAL OF RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	382
ENHANCING ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OVER BUILDING LIFE CYCLES THROUGH GREEN BIM: A REVIEW (Wong, Zhou, 2015).	2015	JOURNAL OF AUTOMATION IN CONSTRUCTION	353



در ادامه به بررسی رتبه‌بندی نویسندگان در حوزه شبیه‌سازی انرژی با استفاده از شاخص‌های تولید، کیفیت و ترکیب هر ۲ پرداخته‌ایم. شاخص‌های "NP"، تعداد کل انتشارات و "TC"، میزان کل استنادات دریافتی ۲ شاخص مهم در پژوهش کتاب‌سنجی می‌باشند (Bornmann & Mutz, 2014). برپایه (جدول ۴)، ۱۰ مؤلف برتر در حوزه و براساس ۳ دسته شاخص تولید و استناد و ترکیبی اولویت‌بندی گردیده‌اند. "ASCIONE F"، به‌عنوان تأثیرگذارترین نویسنده تعداد ۳۱ سند علمی را از سال ۲۰۱۰ میلادی، تاکنون منتشر کرده است که در مجموع ۱۵۹۱ استناد دریافت کرده است. بعد از او "HONG T"، با انتشار ۲۹ سند و دریافت ۱۲۷۳ استناد در رتبه دوم قرار گرفته است و "BIANCO N"، با انتشار ۲۲ سند علمی و دریافت مجموعاً ۱۱۷۵ استناد رتبه سوم را از آن خود قرار داده است.

جدول ۴: اولویت‌بندی تأثیرگذارترین نویسندگان حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان - (مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)

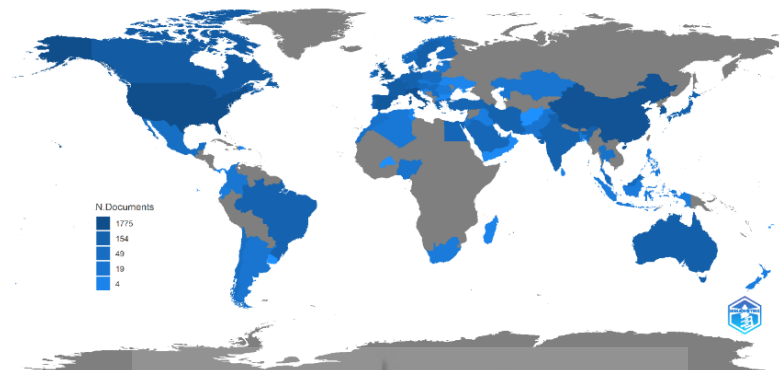
Element	H_index	G_index	M_index	TC	NP	PY_Start
ASCIONE F	20	31	1.429	1591	31	2010
HONG T	18	29	0.72	1273	29	1999
BIANCO N	17	22	1.417	1175	22	2012
LAM JC	15	17	0.484	1244	17	1993
VANOLI GP HENSEN	15	21	1.154	1339	21	2011
JLM	14	20	0.452	1470	20	1993
LIU J	14	21	0.824	785	21	2007
CHAN ALS	13	13	0.464	890	13	1996
KRARTI M	13	24	0.481	1151	24	1997
MAURO GM	13	16	1.3	666	16	2014

۳-۳- تحلیل رویکرد اجتماعی-فرهنگی عملکردی کشورها

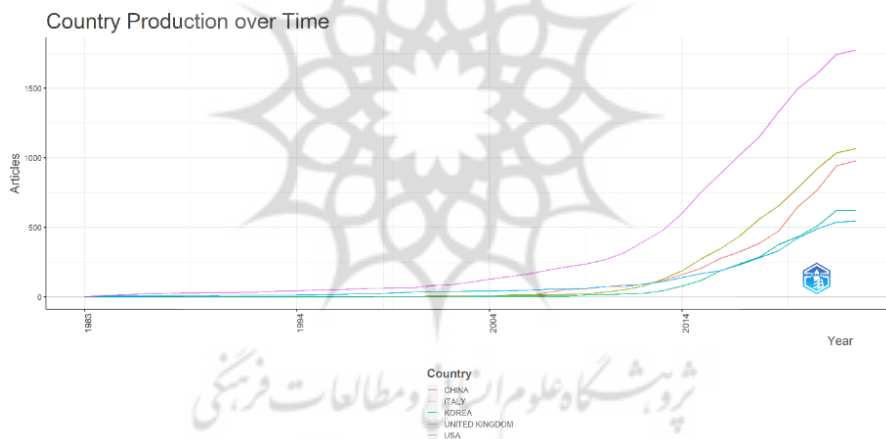
مطالعات علمی در حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان از ۸۱ کشور سرچشمه می‌گیرند. برپایه (شکل ۳)، ۵ کشور برتر براساس شاخص استناد در حوزه شبیه‌سازی در انرژی به ترتیب آمریکا و ایتالیا و چین و کره و هنگ‌کنگ می‌باشند. کشور آمریکا با تعداد کل استنادات دریافتی ۱۴۳۳۴ بیشترین میزان استناد را به خود اختصاص داده است. و نیز بیشترین میانگین استنادات دریافتی مربوط به کشور سوئیس می‌باشد. به این دلیل است که آمریکا بیشترین تولیدکننده اسناد می‌باشد و سوئیس یکی از پراستنادترین اسناد را تولید کرده است. برپایه (شکل ۴)، نمودار خطی رشد تولیدات اسناد علمی ۵ کشور ممتاز در حوزه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۲ میلادی، نمودارهای هر کشور رشد فزاینده‌ای یافته است چنانچه آمریکا در طی ۱۰ سال اخیر میزان تولیداتش ۱۷۴۳ به ۳۹۹ رسیده است و افزایش ۴/۴٪ برابری یافته است.



Country Scientific Production



شکل ۳: تحلیل توصیفی کشورها بر پایه شاخص میزان تولیدات علمی استخراج شده با نرم افزار R - (مأخذ: جمع آوری توسط نگارندگان)



شکل ۴: نمودار خطی رشد تولیدات اسناد علمی ۵ کشور ممتاز حوزه استخراج شده با نرم افزار R - (مأخذ: جمع آوری توسط نگارندگان)

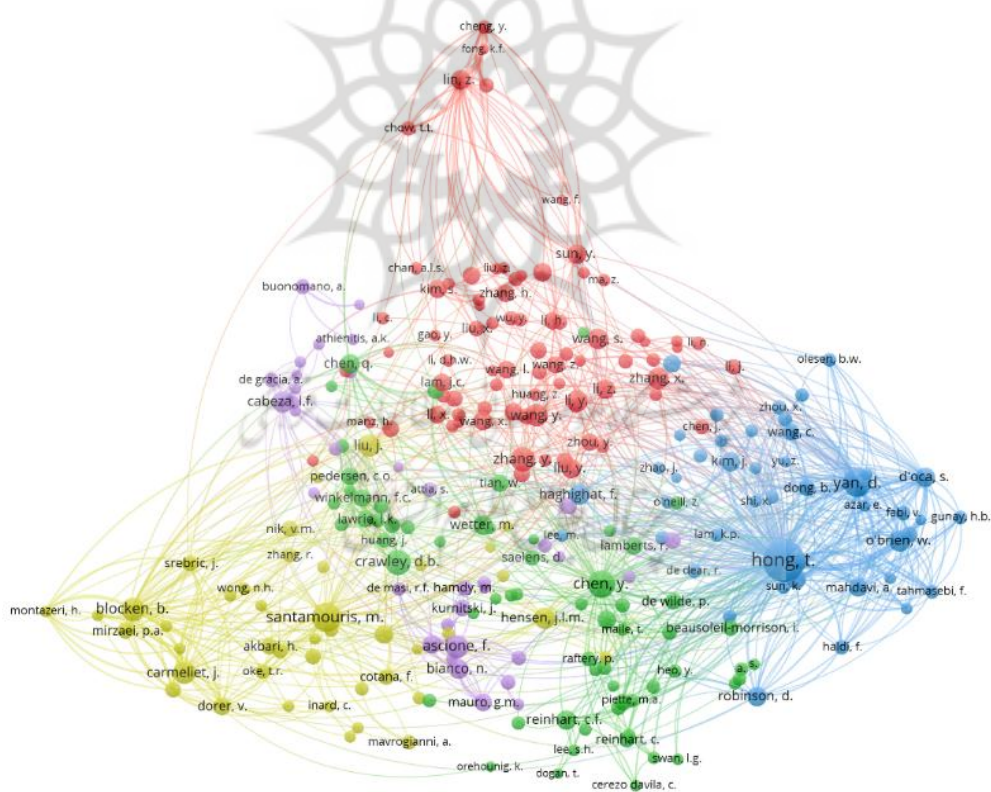
۳-۴- تحلیل شبکه هم‌استنادی نویسندگان

تحلیل هم‌استنادی نویسنده به وسیله شمارش فراوانی استناد هر اثر یک نویسنده با نویسنده دیگر در اسنادهای سند و برای تشخیص و تحلیل ساختار فکری یک حوزه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تحلیل برای شناسایی نویسندگانی به کار می‌رود که به‌طور مشترک در اسناد دیگر مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Zhong et al., 2019). بدین ترتیب اندازه گره‌ها حاکی از این است که نویسنده مورد نظر چه میزان هم‌استنادی دارد (Y. Yu et al., 2020). و ارتباط بین گره‌ها روابط استنادی ایجاد شده با نویسنده‌های



مشترک را نشان می‌دهد (Ghaleb et al., 2022). برپایه (شکل ۵)، نشان‌دهنده شبکه‌های هم‌استنادی نویسنده‌ها می‌باشد.

در نرم‌افزار "Vosviewer"، حداقل استاندارد برای هر نویسنده ۵۰ استناد در نظر گرفته شده و بدین ترتیب ۲۶۷ گره که همان نویسنده‌های هم‌استناد می‌باشند و ۵ خوشه اصلی ایجاد شده است. "Hong.t" بیشترین هم‌استنادی را با نویسندگان دیگر دارد و چنانچه از شبکه هم‌استنادی نویسندگان مشخص است. "Hong.t" در خوشه آبی؛ به ترتیب با (d'oca, s و o'brien, Yan.d). دارای قوی‌ترین لینک می‌باشد. همچنین (crawley, d.b و chen, y)، در خوشه سبز؛ بیشترین هم‌استنادی را دارا می‌باشند. در خوشه زرد؛ (santamouris, m و blocken, b)، در خوشه قرمز؛ (Zhang, y و lin, z)، و در خوشه بنفش؛ (ascione, f و cabeza, l.f)، دارای قوی‌ترین لینک می‌باشند. برپایه (جدول ۵)، که به معرفی خوشه‌ها می‌پردازد ۲ نویسنده که لینک قوی‌تری و گره بزرگتری ایجاد کرده‌اند به‌عنوان نماینده خوشه معرفی و با بررسی مطالعاتشان تم‌های اصلی موضوعی برای هر خوشه در نظر گرفته شده است



شکل ۵: شبکه هم‌استنادی نویسندگان حوزه شبیه‌سازی انرژی استخراج شده با نرم‌افزار Vosviewer - (مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)



جدول ۵: بررسی خوشه‌های به‌دست‌آمده از شبکه هم‌استنادی نویسندگان - (مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)

CLUSTER	REPRESENTATIVE AUTHORS	THEME
BLUE	hong, t- yan, d	Occupant behavior, energy efficiency, climate data
GREEN	.chen, y- crawley, d.b	Programs, tools, NZEB ⁷ , Retrofit
YELLOW	blocken, b- santamouris, m	CFD ⁸
RED	lin, z- zhang, y	Indoor environment
PURPLE	cabeza, l.f- ascione, f	PCM ⁹

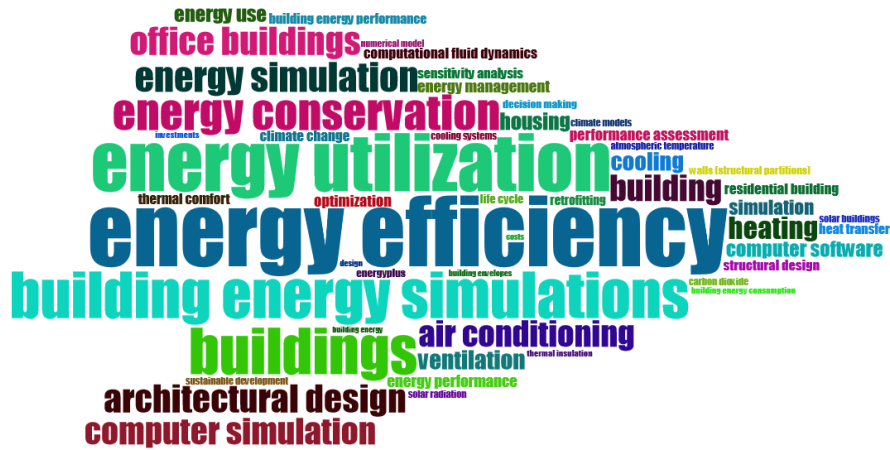
۵-۳- تحلیل شبکه هم‌رویدادی واژگان کلیدی

تحلیل کلمات کلیدی از مهمترین موضوعات در پژوهش کتابسنجی است و تحلیل هم‌رویدادی واژگان کلیدی از مهمترین تکنیک‌های کمی در پژوهش کتابسنجی می‌باشد. در تحلیل هم‌رویدادی واژگان کلیدی می‌توان ساختار مفهومی حوزه پژوهش را شناسایی کرد و بوسیله تحلیل شبکه هم‌رویدادی کلمات کلیدی زیرحوزه‌ها و عناصر مفهومی اصلی حوزه مورد نظر شناسایی می‌شوند و نیز سیر تکاملی مرزهای حوزه قابلیت بررسی پیدا می‌کند. شکل ۶ شبکه هم‌رویدادی واژگان کلیدی را در حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان نشان می‌دهد. در نرم‌افزار Vosviewr محدودیت حداقل ۱۰ مرتبه تکرار کلمات کلیدی اعمال شده است و از بین ۶۴۹۰ واژگان کلیدی برآمده از بررسی ۲۹۲۹ سند علمی، ۱۵۶ کلمه کلیدی پرتکرار و هم‌رخداد به صورت گره در شبکه ظاهر شده است. اندازه گره‌ها با میزان تکرار واژگان کلیدی رابطه مستقیم دارد. لبه‌ها (لینک‌ها) خبر از حضور دو کلمه کلیدی بصورت هم‌زمان در یک مطالعه می‌دهند و هرچه میزان ضخامت لبه‌ها بیشتر باشد، بدان معنی است که دو گره به تعداد بیشتری در مقالات مختلف تکرار شده‌اند. همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است تحلیل هم‌رویدادی واژگان مشتمل بر ۷ خوشه می‌باشد در شبکه هر رنگ نمایانگر یک خوشه می‌باشد. توضیح هر خوشه به تفصیل در جدول ۶ آمده است. و با توجه به قدرت لبه‌ها و گره‌ها در هر خوشه دو کلمه کلیدی به عنوان نماینده انتخاب شده است. با تحلیل هم‌رویدادی واژگان کلیدی می‌توان در مورد محتوا مقالات ادعاهای کلی ارائه داد و از آن می‌توان برای ارزیابی موضوعات داغ استفاده کرد. چنانچه از جدول ۶ بر می‌آید کلمات Energy plus- Residential building و Energy efficiency- Sensitively analysis و Energy performance- Building envelope و Thermal comfort-Natural و Occupant behavior-Office building -Residential building و Optimization-Energy consumption و ventilation و Simulation- Climate change بیشترین هم‌رویدادی را با هم داشته و لینک قویتری بینشان برقرار می‌باشد.



جدول ۶: بررسی خوشه‌های به‌دست‌آمده از شبکه هم‌رویدادی واژگان کلیدی - (مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)

CLUSTER	KEY WORDS	REPRESENTATIVE THEME
Cluster 1 RED	bim, building design, building information modeling, building performance, deep learning, energy analysis, energy conservation, energy efficiency, energy management, energy optimization, energy simulation, equest, green building, hvac systems, interoperability, monte carlo simulation, regression analysis, renewable energy, retrofit, sensitivity analysis, social housing, sustainability, sustainable design	Energy simulation – Energy efficiency
Cluster 2 GREEN	building energy simulation, buildings, commercial buildings, computational fluid dynamics, cooling load, efficiency, energy demand, energy modeling, energy plus, heating load, indoor air quality, infiltration, residential building, solar radiation, space heating, thermal insulation, thermal simulation, typical meteorological year, urban heat island, urban microclimate, ventilation, weather data	Energy plus- Residential building
Cluster 3 DARK BLUE	bayesian calibration, building energy performance, building energy retrofit, building envelope, building retrofit, building stock, calibration, designbuilder, dynamic energy simulation, dynamic simulation, energy audit, energy conservation measures, energy performance simulation, energy retrofit, genetic algorithm, green roof, mediterranean climate, multi-objective optimization, nzeb, parametric analysis, passive design, uncertainty analysis	Energy performance- Building envelope
Cluster 4 YELLOW	air conditioning, artificial neural network, building energy consumption, building energy efficiency, building energy performance, building energy use, building performance simulation, co-simulation, data mining, energy modelling, machine learning, model calibration, occupancy, occupant behavior, office building, optimization, residential buildings, surrogate model, urban building energy modeling	Building simulation- Residential building
Cluster 5 PURPLE	building energy simulation, cfd, computational fluid dynamics, convective heat transfer, coupling, energy performance, energy saving, green roof, heat transfer, microclimate, natural ventilation, night ventilation, passive cooling, phase change material, thermal comfort, thermal conductivity, thermal energy storage, thermal mass, thermal performance	Thermal comfort- Energy saving
Cluster 6 LIGHT BLUE	China, emissions, energy consumption, energy efficiency measures, energy simulation, energy use, experimental validation, heat pumps, hvac, ida-ice, life cycle assessment, life cycle cost, model validation, office building, optimization, renovation, solar energy, trnsys, uncertainty, validation	Optimization-Energy consumption
Cluster 7 ORANGE	Building, building energy, citygml, climate change, cooling, daylight, daylighting, energy, glazing, heating, modelica, modeling, overheating, shading, simulations, visual comfort, window, zero energy building	Simulation- Climate change



شکل ۷: نمودار ابری واژگان کلیدی حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان و در رابطه با فرهنگ رفتار ساکنان استخراج شده با نرم‌افزار R (مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)

۴- بحث

با افزایش جمعیت کره زمین تا سال ۲۰۵۰ میلادی، میزان احداث روزانه ساختمان‌های جدید به ۱۳۰۰۰ ساختمان خواهد رسید (Pereira et al., 2021). جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهره‌وری تغییرات اجتماعی و انرژی بالاتر ساختمان‌ها، شبیه‌سازی انرژی در ساختمان ضروری می‌نماید. این مطالعه با رویکرد کتاب‌سنجی و بررسی ۲۹۲۹ مطالعه استخراج شده از پایگاه استنادی "Scopus"، در حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان در ۴۰ سال گذشته نشان داد که روند تولیدات علمی در این حوزه همواره روبه رشد بوده است. و حوزه مورد مطالعه یک حوزه بین‌رشته‌ای می‌باشد. خصوصاً نرخ رشد بالای تولیدات علمی در ۱۰ سال اخیر تأکید بر ۳ موضوع دارد: اهمیت پرداختن به حوزه، علاقه‌مندی محققان به پرداختن در این حوزه، وجود مباحث چالش‌برانگیز در حوزه. از جمله؛ مباحث چالش‌برانگیز در حوزه می‌توان به: اولاً؛ اعتبارسنجی مدل‌های شبیه‌سازی انرژی در ساختمان، که مطالعات اخیر همچون (Abolhassani et al., 2022). در این خصوص انجام شده‌اند و ثانیاً؛ اختلاف بین عملکرد پیش‌بینی شده و واقعی ساکنان (Panchabikesan et al., 2021). و نیز فرهنگ استفاده‌کنندگان اشاره کرد. کشورهای آمریکا و ایتالیا و چین ۳ کشور برتر در حوزه شبیه‌سازی انرژی هستند. بیشترین همکاری بین‌المللی مربوط به کشور آمریکا است که بیشترین همکاری را با کشورهای چین و انگلستان و ایتالیا و کره جنوبی داشته است. کلمات کلیدی؛

(Energy Efficiency و Energy Utilization و Building Energy Simulation و Energy Conservation)



می‌توانند به‌عنوان نقاط داغ در تحقیقات مربوط به حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان باشند. همچنین موضوعاتی همچون Machin Learning و Zero Energy Building، که در سال‌های اخیر به حوزه شبیه‌سازی انرژی وارد شده‌اند و بیشترین فراوانی انتشارات را در سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۲۰ داشته‌اند، از موضوعات جدید حوزه مورد مطالعه می‌باشند (L. Wang, Witte, 2022)-(Alwetaishi, 2022). به‌طور خلاصه با بررسی شبکه هم‌استنادی نویسندگان می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که ۵ خوشه بسیار پراهمیت در حوزه شامل: ۱. ابزارهای شبیه‌سازی انرژی در ساختمان، ۲. فرهنگ رفتار ساکنان، ۳. Cfd، ۴. محیط داخلی و ۵. Pcm، می‌باشند. بررسی خوشه‌های شبکه هم‌استنادی نشان می‌دهد که ۴ نویسنده برتر Hong.t و Yan.d و d'oca.s و O'Brien، همگی دارای مطالعات برتری در زمینه «رفتار ساکنان»، می‌باشند و در ضمن در مطالعاتی که از استناد بالا برخوردارند و با موضوع رفتار ساکنان باهم همکاری داشته‌اند. (Hong et al., 2015, 2017; Hong, Taylor-Lange, et al., 2016; Yan et al., 2015, 2017) همچنین «chen, y» و «crawley, d.b»، هر ۲ بر روی ابزارها و نرم‌افزارهای حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان محور مطالعه داشته‌اند (D. B. Crawley et al., 2001; Hong, Sun, et al., 2016). به‌نظر می‌رسد دلیل لینک قوی بین «blocken, b» و «santamouris, m»، مطالعه هر ۲ نویسنده در زمینه (Urban Physics & Climate)، باشد (Santamouris et al., 2001; Toparlak et al., 2017). «lin, z» و «zhang, y» هر ۲ دارای مطالعاتی با محوریت «Indoor Environment» داشته‌اند (Mo et al., 2009). «cabeza, l.f» و «ascione, f»، هر ۲ از نویسندگان برتر در زمینه «Pcm»، می‌باشند (Ascione et al., 2014; Cabeza et al., 2011).

این پژوهش دارای تعدادی محدودیت نیز می‌باشد از جمله اینکه: اگرچه اسکوپوس مجموعه بزرگی از اطلاعات استنادی را نمایندگی می‌کند. با این وجود این مطالعه به استفاده از یک پایگاه استنادی به‌عنوان منبع جمع‌آوری اطلاعات استنادی که همان پایگاه استنادی اسکوپوس می‌باشد محدود می‌باشد. که بخشی از کل داده‌های استنادی موجود را شامل می‌شود. محدودیت دیگر مربوط به ماهیت رویکرد کتاب‌سنجی است که یک رویکرد کمی می‌باشد. همچنین اطلاعات استنادی به مقاله‌های ژورنالی و مروری محدود شده است و مقالات کنفرانسی و کتاب‌ها و رساله‌های دکتری و غیره، در سبد تحلیل قرار نگرفته‌اند. ضمناً در این پژوهش فقط اطلاعات استنادی به زبان انگلیسی در نظر گرفته شده است که منجر به دست‌کم گرفتن مطالعات به زبان‌های دیگر می‌شود.

۵- نتیجه‌گیری

در این مرور سیستماتیک، ارزیابی بر روی پژوهش‌های جهانی انجام شده بین سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۲۲ میلادی، ارائه شده است. مطالعات در حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان رشد زیادی را خصوصاً از سال ۲۰۱۵ میلادی، تاکنون تجربه کرده‌اند. بررسی مطالعات حکایت از چندرشته‌ای بودن حوزه



و گستردگی اجتماعی-فرهنگی متنوع جغرافیایی آن دارد. کشورهای توسعه‌یافته سال‌هاست که در این حوزه صاحب‌نظر بوده‌اند و کشورهای در حال توسعه همچنان با سهم اندکی دنبال‌کننده هستند و نیز فقدان حضور کشورهای آفریقایی در بین ۱۰ کشور برتر، لزوم توجه این کشورها به حوزه مورد مطالعه را تأکید می‌کند. این مطالعه درکی جامع از فعالیتهای صورت‌گرفته ۴۰ ساله اخیر در حوزه مورد مطالعه را ارائه می‌دهد. موضوعاتی همچون (Machin learning, Artificial Neural Network)، از موضوعات جدیدالورود به حوزه هستند که احتمالاً می‌بایست بخشی از پژوهش‌های آتی به سمت آن‌ها گرایش یابد. پیشنهاد می‌گردد مطالعات آتی از پایگاه‌های استنادی دیگر و یا با مرجع چند پایگاه استنادی صورت گیرد. و نیز مطالعات آینده از پایگاه‌های استنادی بدون محدودیت مقاله‌های ژورنالی و مروری صورت پذیرد. همچنین مطالعه‌های آتی، پژوهش‌های مرتبط با حوزه و به زبان‌های دیگر را نیز مورد بررسی قرار دهند. پیشنهاد می‌گردد که کنار کار کتاب‌سنجی، تحلیل محتوای پنهان که دارای رویکرد کیفی است و یا مرور آمیخته صورت پذیرد. در نهایت، این پژوهش با کلیه نقاط قوت و ضعف و با رویکرد کتاب‌سنجی در حوزه شبیه‌سازی انرژی در ساختمان انجام پذیرفت و توانست به اهداف خود در کنار محدودیت‌ها دست یابد تا بتواند به‌عنوان مطالعه پژوهشی با محوریت مروری در علم سهم داشته باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



۶- پی‌نوشت‌ها

1. *International Building Performance Simulation Association*
2. *American Society Of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers*
3. *International Energy Agency*
4. *Building Information Modeling*
5. *Life Cycle*
6. *Preferred Reporting Items For Systematic Reviews & Meta-Analyses literature Search Extension*
7. *Net Zero Energy Building*
8. *Computational Fluid Dynamics*
9. *Phase Change Material*





۷- منابع

- Abdullah, K. H. (2021). Mapping of marine safety publications using VOSviewer. *ASM Science Journal*, 16, 1-9.
- Abolhassani, S. S., Amayri, M., Bouguila, N., & Eicker, U. (2022). A new workflow for detailed urban scale building energy modeling using spatial joining of attributes for archetype selection. *Journal of Building Engineering*, 46, 103661.
- Alnajem, M., Mostafa, M. M., & ElMelegy, A. R. (2021). Mapping the first decade of circular economy research: A bibliometric network analysis. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 38(1), 29-50.
- Alwetaishi, M. (2022). Can we learn from heritage buildings to achieve nearly zero energy building and thermal comfort? A case study in a hot climate. *Advances in Building Energy Research*, 16(2), 214-230.
- Andersen, R., Fabi, V., Toftum, J., Corgnati, S. P., & Olesen, B. W. (2013). Window opening behaviour modelled from measurements in Danish dwellings. *Building and Environment*, 69, 101-113.
- Ascione, F., Bianco, N., De Masi, R. F., de' Rossi, F., & Vanoli, G. P. (2014). Energy refurbishment of existing buildings through the use of phase change materials: Energy savings and indoor comfort in the cooling season. *Applied Energy*, 113, 990-1007.
- Attia, S. (2010). *Building performance simulation tools: Selection criteria and user survey*.
- Azar, E., & Menassa, C. C. (2012). A comprehensive analysis of the impact of occupancy parameters in energy simulation of office buildings. *Energy and Buildings*, 55, 841-853.
- Babalola, A., Musa, S., Akinlolu, M. T., & Haupt, T. C. (2021). A bibliometric review of advances in building information modeling (BIM) research. *Journal of Engineering, Design and Technology*, ahead-of-print.
- Baghalzadeh Shishehgarkhaneh, M., Keivani, A., Moehler, R. C., Jelodari, N., & Roshdi Laleh, S. (2022). Internet of Things (IoT), Building Information Modeling (BIM), and Digital Twin (DT) in Construction Industry: A Review, Bibliometric, and Network Analysis. *Buildings*, 12(10), 1503.
- Bhyan, P., Shrivastava, B., & Kumar, N. (2022). Systematic literature review of life cycle sustainability assessment system for residential buildings: Using bibliometric analysis 2000-2020. *Environment, Development and Sustainability*, 1-29.



- Bornmann, L., & Mutz, R. (2014). Growth rates of modern science: A bibliometric analysis. *Journal of the Association for Information Science and Technology*.
- Cabeza, L. F., Castell, A., Barreneche, C. de, De Gracia, A., & Fernández, A. I. (2011). Materials used as PCM in thermal energy storage in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1675–1695.
- Calì, D., Andersen, R. K., Müller, D., & Olesen, B. W. (2016). Analysis of occupants' behavior related to the use of windows in German households. *Building and Environment*, 103, 54–69.
- Campra, M., Paolo, E., & Brescia, V. (2021). State of the art of COVID-19 and business, management, and accounting sector. A bibliometric analysis. *International Journal of Business and Management*, 16(1), 1–35.
- Chan, A. L., Chow, T.-T., Fong, S. K., & Lin, J. Z. (2006). Generation of a typical meteorological year for Hong Kong. *Energy Conversion and Management*, 47(1), 87–96.
- Chong, A., Gu, Y., & Jia, H. (2021). Calibrating building energy simulation models: A review of the basics to guide future work. *Energy and Buildings*, 253, 111533. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111533>
- Coakley, D., Raftery, P., & Keane, M. (2014). A review of methods to match building energy simulation models to measured data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 123–141.
- Crawley, D. B., Hand, J. W., Kummert, M., & Griffith, B. T. (2008). Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. *Building and Environment*, 43(4), 661–673. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.027>
- Crawley, D. B., Lawrie, L. K., Winkelmann, F. C., Buhl, W. F., Huang, Y. J., Pedersen, C. O., Strand, R. K., Liesen, R. J., Fisher, D. E., & Witte, M. J. (2001). EnergyPlus: Creating a new-generation building energy simulation program. *Energy and Buildings*, 33(4), 319–331.
- Crawley, D., Pedersen, C., Lawrie, L., & Winkelmann, F. (2000). EnergyPlus: Energy Simulation Program. *Ashrae Journal*, 42, 49–56.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Cusenza, M. A., Guarino, F., Longo, S., & Cellura, M. (2022). An integrated energy simulation and life cycle assessment to measure the operational and embodied energy of a Mediterranean net zero energy building. *Energy and Buildings*, 254, 111558.
- Dalla Rosa, A., & Christensen, J. E. (2011). Low-energy district heating in energy-efficient building areas. *Energy*, 36(12), 6890–6899.
- Delzendeh, E., Wu, S., Lee, A., & Zhou, Y. (2017). The impact of occupants' behaviours on building energy analysis: A research review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1061–1071.



- Diao, L., Sun, Y., Chen, Z., & Chen, J. (2017). Modeling energy consumption in residential buildings: A bottom-up analysis based on occupant behavior pattern clustering and stochastic simulation. *Energy and Buildings*, 147, 47–66.
- Dixit, M. K., Fernández-Solís, J. L., Lavy, S., & Culp, C. H. (2010). Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. *Energy and Buildings*, 42(8), 1238–1247.
- Dixit, M. K., Fernández-Solís, J. L., Lavy, S., & Culp, C. H. (2012). Need for an embodied energy measurement protocol for buildings: A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3730–3743. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.021>
- D'Oca, S., & Hong, T. (2015). Occupancy schedules learning process through a data mining framework. *Energy and Buildings*, 88, 395–408.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Duarte, C., Van Den Wymelenberg, K., & Rieger, C. (2013). Revealing occupancy patterns in an office building through the use of occupancy sensor data. *Energy and Buildings*, 67, 587–595.
- Gaetani, I., Hoes, P.-J., & Hensen, J. L. (2016). Occupant behavior in building energy simulation: Towards a fit-for-purpose modeling strategy. *Energy and Buildings*, 121, 188–204.
- Geng, S., Wang, Y., Zuo, J., Zhou, Z., Du, H., & Mao, G. (2017). Building life cycle assessment research: A review by bibliometric analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 176–184.
- Ghaleb, H., Alhajlah, H. H., Bin Abdullah, A. A., Kassem, M. A., & Al-Sharafi, M. A. (2022). A scientometric analysis and systematic literature review for construction project complexity. *Buildings*, 12(4), 482.
- Gunay, H. B., O'Brien, W., & Beausoleil-Morrison, I. (2013). A critical review of observation studies, modeling, and simulation of adaptive occupant behaviors in offices. *Building and Environment*, 70, 31–47.
- Gutiérrez-Salcedo, M., Martínez, M. Á., Moral-Munoz, J. A., Herrera-Viedma, E., & Cobo, M. J. (2018). Some bibliometric procedures for analyzing and evaluating research fields. *Applied Intelligence*, 48, 1275–1287.
- Harish, V. S. K. V., & Kumar, A. (2016). A review on modeling and simulation of building energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1272–1292. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.040>
- Harzing -, A.-W. (2016, February 6). *Publish or Perish*. Harzing.Com. <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>
- Hong, T., D'Oca, S., Turner, W. J., & Taylor-Lange, S. C. (2015). An ontology to represent energy-related occupant behavior in buildings. Part I: Introduction to the DNAs framework. *Building and Environment*, 92, 764–777.



- Hong, T., & Lin, H.-W. (2013). *Occupant behavior: Impact on energy use of private offices*. Lawrence Berkeley National Lab.(LBNL), Berkeley, CA (United States).
- Hong, T., Sun, H., Chen, Y., Taylor-Lange, S. C., & Yan, D. (2016). An occupant behavior modeling tool for co-simulation. *Energy and Buildings*, 117, 272-281.
- Hong, T., Taylor-Lange, S. C., D'Oca, S., Yan, D., & Corgnati, S. P. (2016). Advances in research and applications of energy-related occupant behavior in buildings. *Energy and Buildings*, 116, 694-702.
- Hong, T., Yan, D., D'Oca, S., & Chen, C. (2017). Ten questions concerning occupant behavior in buildings: The big picture. *Building and Environment*, 114, 518-530.
- Hosseini, M., Bigtashi, A., & Lee, B. (2021). Generating future weather files under climate change scenarios to support building energy simulation-A machine learning approach. *Energy and Buildings*, 230, 110543.
- Im, P., Joe, J., Bae, Y., & New, J. R. (2020). Empirical validation of building energy modeling for multi-zones commercial buildings in cooling season. *Applied Energy*, 261, 114374.
- Jia, M., Srinivasan, R. S., & Raheem, A. A. (2017). From occupancy to occupant behavior: An analytical survey of data acquisition technologies, modeling methodologies and simulation coupling mechanisms for building energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 525-540.
- Jin, Y., Yan, D., Kang, X., Chong, A., & Zhan, S. (2021). Forecasting building occupancy: A temporal-sequential analysis and machine learning integrated approach. *Energy and Buildings*, 252, 111362.
- Li, X., Wu, P., Shen, G. Q., Wang, X., & Teng, Y. (2017). Mapping the knowledge domains of Building Information Modeling (BIM): A bibliometric approach. *Automation in Construction*, 84, 195-206.
- Li, Y., Leung, G. M., Tang, J. W., Yang, X., Chao, C. Y., Lin, J. Z., Lu, J. W., Nielsen, P. V., Niu, J., & Qian, H. (2007). Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment-a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air*, 17(1), 2-18.
- Li, Y., Rong, Y., Ahmad, U. M., Wang, X., Zuo, J., & Mao, G. (2021). A comprehensive review on green buildings research: Bibliometric analysis during 1998-2018. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 46196-46214.
- Linnenluecke, M. K., Marrone, M., & Singh, A. K. (2020). Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Australian Journal of Management*, 45(2), 175-194. <https://doi.org/10.1177/0312896219877678>
- Mo, J., Zhang, Y., Xu, Q., Lamson, J. J., & Zhao, R. (2009). Photocatalytic purification of volatile organic compounds in indoor air: A literature review. *Atmospheric Environment*, 43(14), 2229-2246.
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & PRISMA-P Group. (2015). Preferred reporting



- items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- Moradi.M, & Miralmasi.M. (2020). *Pragmatic research method* ((F. Seydi, Ed.) (1st ed.)). School of quantitative and qualitative research. <https://analysisacademy.com/>
 - Moral-Munoz, J., Herrera-Viedma, E., Espejo, A., & Cobo, M. (2020). Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. *El Profesional de La Información*, 29. <https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>
 - Omrany, H., Chang, R., Soebarto, V., Zhang, Y., Ghaffarianhoseini, A., & Zuo, J. (2022). A bibliometric review of net zero energy building research 1995–2022. *Energy and Buildings*, 111996.
 - Østergård, T., Jensen, R. L., & Maagaard, S. E. (2016). Building simulations supporting decision making in early design–A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 187–201.
 - Page, J., Robinson, D., Morel, N., & Scartezzini, J.-L. (2008). A generalised stochastic model for the simulation of occupant presence. *Energy and Buildings*, 40(2), 83–98.
 - Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
 - Pan, Y., Huang, Z., & Wu, G. (2007). Calibrated building energy simulation and its application in a high-rise commercial building in Shanghai. *Energy and Buildings*, 39(6), 651–657.
 - Pan, Y., Zhu, M., Lv, Y., Yang, Y., Liang, Y., Yin, R., Yang, Y., Jia, X., Wang, X., & Zeng, F. (2023). Building energy simulation and its application for building performance optimization: A review of methods, tools, and case studies. *Advances in Applied Energy*, 100135.
 - Panchabikesan, K., Haghghat, F., & El Mankibi, M. (2021). Data driven occupancy information for energy simulation and energy use assessment in residential buildings. *Energy*, 218, 119539.
 - Pereira, V., Santos, J., Leite, F., & Escórcio, P. (2021). Using BIM to improve building energy efficiency–A scientometric and systematic review. *Energy and Buildings*, 250, 111292.
 - Prancutè, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. *Publications*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/publications9010012>
 - Pratavia, E., Vivian, J., Lombardo, G., & Zarrella, A. (2022). Evaluation of the impact of input uncertainty on urban building energy simulations using uncertainty and sensitivity analysis. *Applied Energy*, 311, 118691.



- Santamouris, M., Papanikolaou, N., Livada, I., Koronakis, I., Georgakis, C., Argiriou, A., & Assimakopoulos, D. N. (2001). On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy*, 70(3), 201–216.
- Santos, R., Costa, A. A., & Grilo, A. (2017). Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. *Automation in Construction*, 80, 118–136.
- Tian, W. (2013). A review of sensitivity analysis methods in building energy analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 411–419. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.014>
- Toparlar, Y., Blocken, B., Maiheu, B., & Van Heijst, G. J. F. (2017). A review on the CFD analysis of urban microclimate. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1613–1640.
- Van Nunen, K., Li, J., Reniers, G., & Ponnet, K. (2018). Bibliometric analysis of safety culture research. *Safety Science*, 108, 248–258.
- Wallin, J. A. (2005). Bibliometric methods: Pitfalls and possibilities. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 97(5), 261–275.
- Wang, C., Yan, D., & Jiang, Y. (2011). A novel approach for building occupancy simulation. *Building Simulation*, 4, 149–167.
- Wang, L., Lee, E. W., Hussian, S. A., Yuen, A. C. Y., & Feng, W. (2021). Quantitative impact analysis of driving factors on annual residential building energy end-use combining machine learning and stochastic methods. *Applied Energy*, 299, 117303.
- Wang, L., & Witte, M. J. (2022). Integrating building energy simulation with a machine learning algorithm for evaluating indoor living walls' impacts on cooling energy use in commercial buildings. *Energy and Buildings*, 272, 112322.
- Wong, J. K. W., & Zhou, J. (2015). Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. *Automation in Construction*, 57, 156–165.
- Yan, D., Hong, T., Dong, B., Mahdavi, A., D'Oca, S., Gaetani, I., & Feng, X. (2017). IEA EBC Annex 66: Definition and simulation of occupant behavior in buildings. *Energy and Buildings*, 156, 258–270.
- Yan, D., O'Brien, W., Hong, T., Feng, X., Gunay, H. B., Tahmasebi, F., & Mahdavi, A. (2015). Occupant behavior modeling for building performance simulation: Current state and future challenges. *Energy and Buildings*, 107, 264–278.
- Yu, C., Du, J., & Pan, W. (2019). Improving accuracy in building energy simulation via evaluating occupant behaviors: A case study in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 202, 109373.
- Yu, Y., Li, Y., Zhang, Z., Gu, Z., Zhong, H., Zha, Q., Yang, L., Zhu, C., & Chen, E. (2020). A bibliometric analysis using VOSviewer of publications on COVID-19. *Annals of Translational Medicine*, 8(13).



- Zalba, B., Marin, J. M., Cabeza, L. F., & Mehling, H. (2003). Review on thermal energy storage with phase change: Materials, heat transfer analysis and applications. *Applied Thermal Engineering*, 23(3), 251–283.
- Zhang, Z., Chong, A., Pan, Y., Zhang, C., & Lam, K. P. (2019). Whole building energy model for HVAC optimal control: A practical framework based on deep reinforcement learning. *Energy and Buildings*, 199, 472–490.
- Zhong, B., Wu, H., Li, H., Sepasgozar, S., Luo, H., & He, L. (2019). A scientometric analysis and critical review of construction related ontology research. *Automation in Construction*, 101, 17–31.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جامع علوم انسانی