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

Somayeh Dowlat[1], Ghazal Safdarian[2], Heider Jahanbakhsh[3] ,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

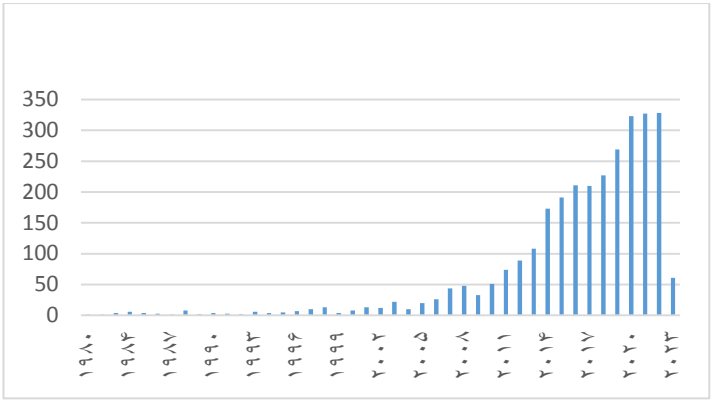
استفاده‌از انرژی‌های فسیلی و به‌تبع آن انتشار گازهای گلخانه‌ای علت اصلی تغییرات اقلیمی می‌باشند که از چالش‌های اصلی بشر در زمان کنونی و همین‌طور در آینده به‌شمار می‌آیند. ساختمان‌ها به‌عنوان مصرف‌کننده نصف انرژی جهان در فرایند ساخت و بهره‌برداری دارای ظرفیت ویژه‌ای در کاهش مصرف انرژی هستند. یکی از راهکارهای اساسی برای تخمین و کاهش مصرف انرژی در ساختمان، استفاده‌از شبیه‌سازی انرژی است. هدف این مطالعه، بررسی جامع ادبیات موجود در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان براساس مطالعات پیشین است تا توصیف کاملی از تحقیقات انجام شده دراین زمینه ارائه دهد. بااستفاده‌از یک روش‌تحقیق سیستماتیک، اطلاعات استخراج شده از پایگاه اسکوپوس بین سال‌های ۱۹۸۲تا۲۰۲۲میلادی، پیش‌پردازش و دسته‌بندی شدند. بابررسی تعداد ۲۹۲۹سند علمی و باتوجه‌به اهداف عملکردی مطالعه بیبلومتریک، روندها و افول، مهمترین مقالات، نویسندگان، کشورها در حوزه مشخص شد. همچنین، باتوجه‌به اهداف شبکه‌ای، الگوهای هم‌استنادی مؤثر شناسایی شدند و سپس با تحلیل محتوای آشکار کلمات کلیدی نقاط داغ در حوزه مشخص شد. درنهایت، شکاف‌ها و روندهای تحقیقات آینده در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان شناسایی و معرفی شدند.

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

[۱] دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه آزاداسلامی واحد پردیس، پردیس، ایران sdowlat@gmail.com
[۲] استادیار گروه معماری، دانشگاه آزاداسلامی واحد پردیس، پردیس، ایران safdariana@pardisiau.ac.ir
[۳] دانشیار گروه معماری، دانشگاه پیام‌نور واحد تهران ، تهران، ایران H_jahanbakhsh@pnu.ac.ir
[۴] استادیار گروه معماری، دانشگاه آزاداسلامی واحد پردیس، پردیس، ایران (نویسندۀ مسئول): motazedian@pardisiau.ac.ir

۱– مقدمه

تغییرات اقلیمی یکی از مهمترین دغدغه‌های جهان کنونی می‌باشد. ساختمان‌ها به‌دلیل استفادۀ قابل‌توجه از منابع‌طبیعی و نیز مصرف انرژی، اثرات زیست‌محیطی قابل‌توجهی به‌همراه دارند. به‌گزارش آژانس بین‌المللی انرژی بخش ساخت‌وساز ۳۶٪ از مصرف انرژی جهانی و نیز ۳۹٪ از میزان انتشار کربن را در سال ۲۰۱۸میلادی، عهده‌دار بوده است (L. Wang et al., 2021). مجموع انرژی چرخۀ حیات ساختمان‌ها شامل انرژی نهفته و انرژی عملکردی می‌باشد. منظور از انرژی نهفته، انرژی مورداستفاده در تولید مصالح و حمل به سایت پروژه و انرژی موردنیاز در ساخت‌وساز و نیز نگهداری و بازسازی و درنهایت تخریب ساختمان می‌باشد (Dixit et al., 2012). انرژی عملکردی، انرژی است‌که 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 برروی راهبردهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان ازطریق توسعۀ مدل‌های شبیه‌سازی انرژی در ساختمان متمرکز شده‌اند. به‌طور خلاصه مدل‌های شبیه‌سازی انرژی در ساختمان ازنوع مدل‌های پیش‌آگهی و قانون‌محور هستند. به‌عبارت‌دیگر، مدل‌های شبیه‌سازی انرژی در ساختمان با اعمال یک‌سری قوانین حاکم‌بر سیستم به‌دنبال پیش‌بینی رفتار آن سیستم می‌باشند (Coakley et al., 2014). از متداول‌ترین استانداردهای شبیه‌سازی انرژی در ساختمان نیز می‌توان به IBPSA[1], ASHREA[2] و IEA[3]، اشاره کرد. جهت بررسی زمینۀ تاریخی حوزۀ موردمطالعه می‌توان ذکر کرد که روش‌های شبیه‌سازی انرژی در ساختمان از سال ۱۹۶۰میلادی، آغاز شد. در حدود ۲۰سال، توسعۀ برنامه‌های ساعتی شبیه‌سازی انرژی ساختمان به‌نام‌های "BLAST" و "DOE-2"، در دستور کار دولت آمریکا قرار داشت. در سال ۱۹۹۶میلادی، یک آژانس فدرال ایالت‌متحده، ابزار "Energy Plus"، را براساس توسعۀ ۲برنامۀ قبلی یعنی "BLAST" و "DOE-2"، جهت شبیه‌سازی انرژی ساختمان ایجاد کرد که در سال ۲۰۰۱میلادی، اولین نسخۀ آن به بازار آمد(D. B. Crawley et al., 2001) . و بعدازآن برنامه‌های شبیه‌سازی انرژی توسعه‌یافتۀ دیگری همچون "Bsim"و "Dest" و "Ecotect" و "Equest"و "HAP"و "Heed"و "TRACE"و "TRYNSYS" (D. B. Crawley et al., 2008). و بعدازآن‌ها ابزارهای پارامتریک "Grasshopper"، با پلاگین‌های "Honeybees" و "MR-Comfy, ICE Bear, Tortuga" و "Dynamo" و "Generative Components" ، به بازار آمدند (Pan et al., 2023). در سال‌های اخیر رشد و توسعۀ ادبیات پیرامون شبیه‌سازی انرژی به‌شدت افزایش یافته است. شکل ۱، نمودار تولیدات سالیانه مطالعات در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان را نشان می‌دهد. طبق نمودار با وجود نوسانات کوچک در سال‌های مختلف، به‌طورکلی تولیدات علمی در حوزۀ مربوطه از سال ۱۹۸۲تا۲۰۲۲میلادی، روندی صعودی را طی می‌کند. به‌طور میانگین دراین ۴۰سال شاهد نرخ رشد ۱۰.۵۵٪ می‌باشیم که نسبت‌به حوزه‌های دیگر پژوهشی نرخ رشد قابل‌توجهی می‌باشد.



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

به عقیدۀ 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. نکتۀ حائزاهمیت دیگر درمورد برنامه‌های مختلف شبیه‌سازی این است‌که اعتبارسنجی نتایج آن‌ها موردمناقشه است. همچنین شبیه‌سازی انرژی در ساختمان فاقد استاندارد روشنی برای ارزیابی انرژی با ابزارهای مختلف می‌باشد و نیز تعریف واحدی از الزامات موردنیاز ابزارها ارائه نشده است (Attia, 2010). «**فرهنگ رفتار ساکنین**»، از موضوعات پراهمیت و چالش‌برانگیز در شبیه‌سازی انرژی در ساختمان می‌باشد و اختلاف بین عملکرد پیش‌بینی شده و واقعی ساکنان در مدل‌های شبیه‌سازی انرژی به‌وضوح قابل‌مشاهده است(Diao et al., 2017) . « **رفتار ساکنین**»، می‌تواند به ۵۰٪ تقاضای گرمایش بیشتر منجر شود (Dalla Rosa, Christensen, 2011). دراین‌راستا 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 به‌میزان قابل‌توجهی تغییر پیدا کنند و دارای دقت‌کافی نیستند (Chan et al., 2006). دانشمندان بسیاری راه‌حل‌های فراوانی، ازجمله؛ 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).

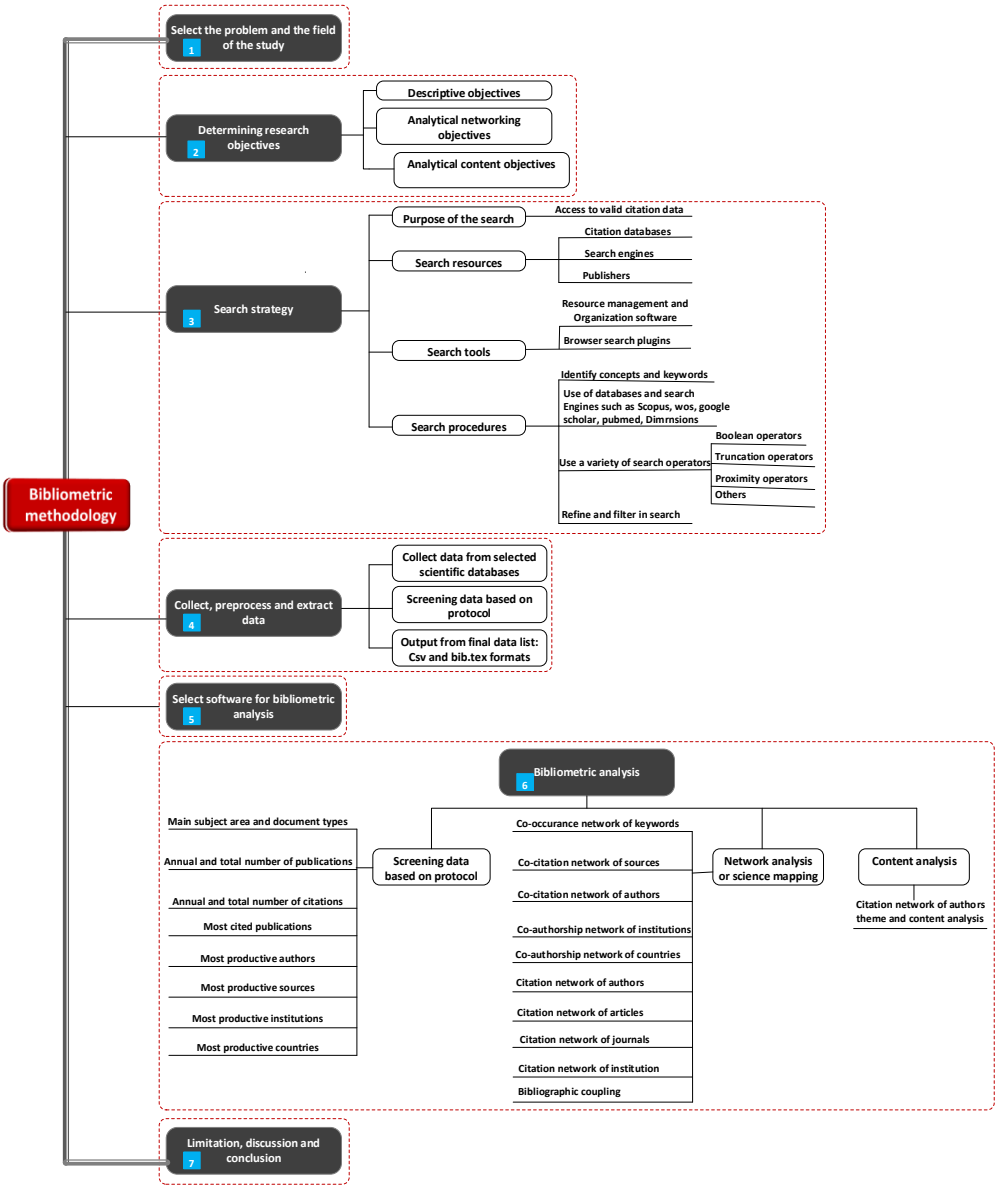
مطالعات مروری مختلفی ازجمله؛ مُروربر روش‌های تحلیل حساسیت (Tian, 2013)، مُروربر روش‌های تطبیق مدل‌های شبیه‌سازی انرژی با داده‌های اندازه‌گیری شده (Coakley et al., 2014)، مُروربر مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های انرژی در ساختمان (Harish, Kumar, 2016)، مُروربر افزایش پایداری ساختمان درطول چرخۀ حیات ازطریق BIM[4] (Wong, Zhou, 2015)، مُروربر تأثیر

رفتار ساکنین بر تجزیه‌وتحلیل انرژی در ساختمان (Delzendeh et al., 2017) ، بَرروی حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان صورت‌گرفته است که هرکدام به‌منظور خاصی و یکی از زیرحوزه‌های شبیه‌سازی انرژی ازجمله؛ نرم‌افزارها، مدل‌ها و غیره، را هدف قرارداده‌اند. هیچ‌کدام ازاین مرورها به‌بررسی روندهای تحقیقاتی و بررسی برترین اسناد و نویسندگان و ژورنال‌ها و کشورها (Van Nunen et al., 2018). و همین‌طور بررسی شبکه‌های هم‌استنادی، هم نویسندگی و زوج کتاب‌شناسی (Abdullah, 2021)، و غیر، به‌صورت جامع نپرداخته‌اند. لذا فقدان یک مُرور کتاب‌سنجی که دارای ویژگی کل‌گرایانه و «**ابعاد اجتماعی**»، است در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان مشاهده می‌شود.

باتوجه‌به انباشت دانش در حوزۀ موردمطالعه و همین‌طور نتایج متفاوت در پژوهش‌ها و نیز کیفیت متفاوت پژوهش‌ها، انجام مُرور کتاب‌سنجی دراین حوزه ضروری می‌نماید. در سال‌های اخیر روش کتاب‌سنجی محبوبیت زیادی یافته است و به‌طور گسترده در تحقیقات حوزۀ معماری و ساخت‌وساز مورداستفاده قرار می‌گیرد. ازجمله؛ نمونه‌های آن می‌توان به‌مُرور کتاب‌سنجی بَرروی ساختمان‌های سبز (Y. Li et al., 2021)، مُرور کتاب‌سنجی در حوزۀ "BIM" (Babalola et al., 2021)، مُرور کتاب‌سنجی در حوزۀ چرخۀ حیات[5] ساختمان‌ها (Bhyan et al., 2022)، مُرور کتاب‌سنجی در حوزۀ ساختمان‌های صفر انرژی (Omrany et al., 2022)، اشاره کرد. در مطالعۀ کنونی پس‌از بیان‌مسألۀ 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 ازطریق یک مُرور ادبیات سیستماتیک درپی ایجاد نمای کلی از مطالعات انجام‌شده در حوزۀ موردمطالعه 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 تجزیه‌وتحلیل خروجی دانشمندان بدل شده است(Moral-Munoz et al., 2020) . محققان از کتاب‌سنجی با اهداف گوناگون بهره می‌برند، اگرچه تفاسیر کتاب‌سنجی عموماً بر ۲هدف اصلی عملکردی و شبکه‌ای، استوار است‌که به‌وسیلۀ آن محققان اولاً؛ تسلط کلی‌بر حوزۀ موردنظر 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 مُرور سیستماتیک و برپایۀ پروتکل از ۷ فاز (شکل ۲)، به‌عنوان روش‌شناسی پیروی می‌کند(Moradi.M, Miralmasi.M, 2020) .



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

← **فاز ۱)** انتخاب مسئله و حوزۀ موردمطالعه: همان‌طورکه در بخش ادبیات پژوهش ذکر شد، انباشت دانش در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان‌ها و عدم‌وجود یک مطالعۀ کل‌گرای کتاب‌سنجی در حوزۀ موردمطالعه، محقق را به‌انجام پژوهش حاضر جهت توصیف و تکامل ادبیات‌نظری و شناسایی خلأها برای جهت‌گیری پژوهش‌های آتی تشویق کرد.

- **فاز ۲)** تعیین اهداف‌پژوهش: روش کتاب‌سنجی دارای رویکرد کمی برای بیان ویژگی‌های کیفی می‌باشد (Wallin, 2005). محقق؛ اهداف پژوهش حاضر را باتوجه‌به نظر مونز در ۳بخش اهداف عملکردی و ترسیم نقشه‌های علمی و تحلیل محتوای آشکار درنظر گرفته است (Gutiérrez-Salcedo et al., 2018).
  - اهداف عملکردی یا توصیفی شامل: شناسایی روندهای رشد و افول مطالعات در حوزۀ موردنظر، شناسایی تأثیرگذارترین سند در حوزۀ موردنظر، شناسایی تأثیرگذارترین مؤلف در حوزۀ موردنظر، شناسایی تأثیرگذارترین کشور در حوزۀ موردنظر می‌باشند. اهداف تحلیل شبکۀ استنادی مشتمل‌بر: 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 نسبت‌به سایر پایگاه‌ها ازجمله؛ وب او ساینس دارد (Pranckutė, 2021) . در تاریخ ۲۰فوریه ۲۰۲۳میلادی، ازطریق 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 ۲۹۶۶مطالعه را از پایگاه استنادی اسکوپوس استخراج نموده است.

- **فاز ۴)** پالایش و استخراج داده‌ها: یک مَرور سیستماتیک باید براساس پروتکلی باشد که منطق و فرضیه و روش‌های برنامه‌ریزی شده را به‌خوبی توصیف کند(Moher et al., 2015) . پژوهشگر از پروتکل PRISMA[6]، به‌عنوان راهنمای با کیفیت بالا که در سال ۲۰۲۰میلادی، آپدیت شده است استفاده می‌نماید. براساس الگوریتم پریزما مطالعات تکراری، ورودی‌های اشتباه، مطالعات بدون نسخۀ انگلیسی در عنوان، چکیده و کلیدواژه از لیست مطالعات حذف گردیدند و نهایتاً ۲۹۲۹مطالعه در سبد تحلیل قرارگرفت.
- **فاز ۵)** تعیین نرم‌افزار مناسب برای تجزیه‌وتحلیل: در پژوهش حاضر برای ارزیابی ادبیات معتبر از نرم‌افزار "Publish or Perish" (Harzing, 2016).استفاده، غربال‌گری داده‌های خام استنادی برمبنای پروتکل استاندارد پریزما (M. J. Page et al., 2021) با اکسل انجام پذیرفت. در بخش تجزیه‌وتحلیل 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: جمع‌آوری 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: دراین مرحله محقق باتوجه‌به اهداف ذکر شده در فاز ۲ کتاب‌سنجی به‌بررسی عینی نتایج عملکردی و تحلیل شبکه و تحلیل محتوای آشکار می‌پردازد.

← **فاز ۷)** بحث و نتیجه‌گیری: دراین فاز باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده، به سؤالات اصلی پژوهش پاسخ داده می‌شود. همچنین محدودیت‌ها بیان شده و نقاط قوت و ضعف بررسی می‌گردد و در انتها پیامدها و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی در حوزه بیان می‌گردد.

۳– نتایج

۱–۳– اطلاعات کلی داده‌های استخراج شده

در بازۀ زمانی ۴۰ساله، نرخ رشد سالانه تولیدات علمی در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان ۱۰.۵۵٪ است. اسناد در ۳۸۵ژورنال علمی به انتشار رسیده‌اند که در مجموع به ۱۴۱۳۶۸مطالعۀ علمی دیگر ارجاع نموده‌اند. ۹۶٪ مقالات ژورنالی و ۴٪ از آن‌ها مقالات مروری می‌باشند. ۵.۸٪ از مقالات تک نویسنده می‌باشند و ۹۴.۲٪ باقی با همکاری نویسندگان منتشر شده‌اند که ۲۵.۳٪ از همکاری‌ها در سطح بین‌المللی صورت گرفته است. نرخ همکاری دارای میانگین ۳.۵۵٪ می‌باشد که در مجموع ۲۷۵۹ سند به‌صورت همکاری به‌انتشار رسیده‌اند. جزئیات بیشتر برپایۀ (جدول ۲)، نمایش داده شده است.

جدول۲: نمای کلی اطلاعات اصلی کتابسنجی استخراج شده با نرم‌افزار R-(مأخذ: جمع‌آوری 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

۱۰سند برتر در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی برمبنای شاخص کیفیت آن‌ها براساس استنادات بیشتر برپایۀ (جدول ۳)، اولویت‌بندی شده‌اند. مقالۀ اول؛ کرالی و همکاران ۲۰۰۱میلادی، درحقیقت معرفی نرم‌افزار شبیه‌سازی انرژی پلاس می‌باشد وی توضیح می‌دهد که این نرم‌افزار ترکیب ۲نرم‌افزار "DOE-2" و "BLAST"، می‌باشد که برروی نقاطقوت آن‌ها استوار است. در بخش‌های بعدی این سند مقایسه‌ای بین ویژگی‌ها و قابلیت‌های ۳نرم‌افزار انجام شده است. مقالۀ دوم؛ کرالی و همکاران ۲۰۰۸میلادی، که بیشترین استناد را دریافت کرده است مقایسه بین ۲۰ابزار مرسوم و اصلی در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان را موردمقایسه قرارداده است. هدف نویسندگان از انجام این مقایسه تشویق کاربران به استفاده‌از مجموعه‌ای از ابزارها جهت برآورده شدنِ طیف متفاوت نیازهایشان در مقولۀ شبیه‌سازی انرژی می‌باشد. همچنین دراین سند ذکر شده است که زبان مشترکی بین ابزارهای متفاوت شبیه‌سازی انرژی وجود ندارد و نیز قابلیت اطمینان به مدل‌ها در برخی موارد موردتردید است (D. B. Crawley et al., 2008). مطالعۀ وی تیان ۲۰۱۳میلادی، ۵۶۰استناد دریافت کرده است و سومین مطالعۀ برتر در حوزه موردمطالعه می‌باشد. دراین مطالعه کاربرد و روش‌های تحلیل حساسیت برروی تحلیل عملکرد انرژی در ساختمان موردبررسی قرارگرفته است و روش‌ها به ۲روش"Global" و "Local"، طبقه‌بندی شده و ۴رویکرد رگرسیون، مبتنی‌بر غربالگری، مبتنی‌بر واریانس متا مدل برای روش جهانی معرفی شده است که انتخاب هرکدام از روش‌ها

برمبنای هدف، هزینۀ محاسباتی، مدل‌های انرژی، تعداد متغیرهای ورودی و زمان می‌باشد (Tian, 2013).

جدول۳: اولویت‌بندی مؤثرترین اسناد علمی در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی استخراج شده با نرم‌افزار R-(مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)

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

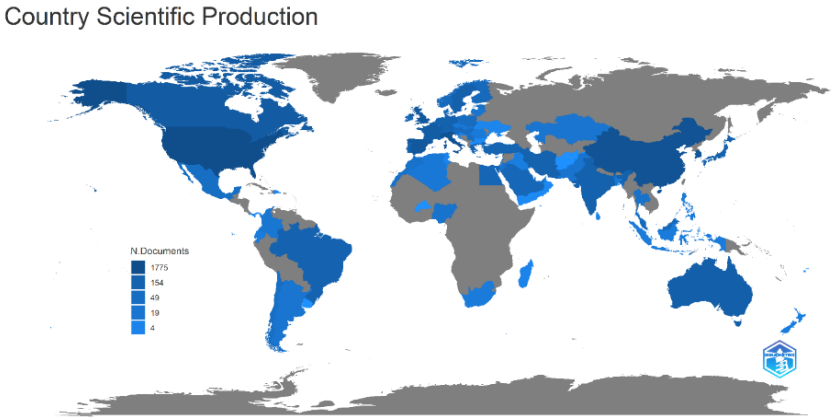
در ادامه به‌بررسی رتبه‌بندی نویسندگان در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی بااستفاده‌از شاخص‌های تولید، کیفیت و ترکیب هر۲ پرداخته‌ایم. شاخص‌های "NP"، تعدادکل انتشارات و "TC"، میزان کل استنادات دریافتی ۲شاخص مهم در پژوهش کتاب‌سنجی می‌باشند (Bornmann & Mutz, 2014). برپایۀ (جدول ۴)، ۱۰مؤلف برتر در حوزه و براساس ۳دسته شاخص تولید و استناد و ترکیبی اولویت‌بندی گردیده‌اند. "ASCIONE F"، به‌عنوان تأثیرگذارترین نویسنده تعداد ۳۱ سند علمی را از سال ۲۰۱۰میلادی، تاکنون منتشر کرده است‌که در مجموع ۱۵۹۱استناد دریافت کرده است. بعداز او "HONG T"، با انتشار ۲۹سند و دریافت ۱۲۷۳استناد در رتبۀ دوم قرارگرفته است و "BIANCO N"، با انتشار ۲۲سند علمی و دریافت مجموعاً ۱۱۷۵استناد رتبۀ سوم را ازآن خود قرار داده است.

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

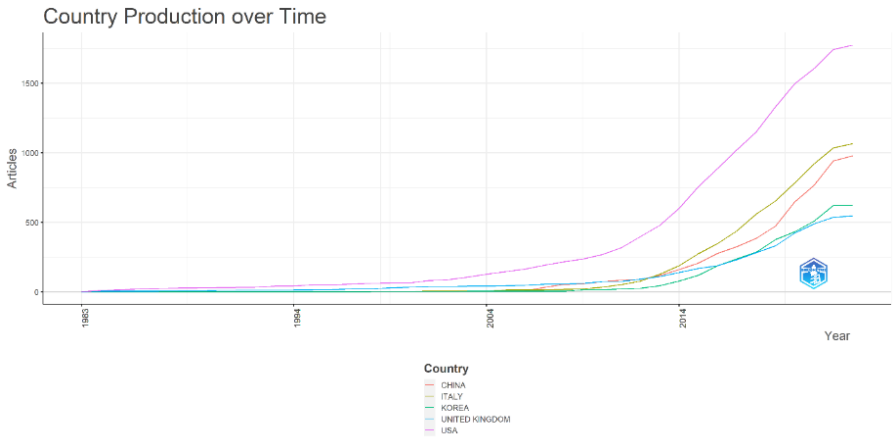
Element	H_index	G_index	M_index	TC	NP	PY_Start
ASCIONE F	20	31	1.429	1591	31	2010
HONG T	18	29	0.72	1273	29	1999
BIANCO N	17	22	1.417	1175	22	2012
LAM JC	15	17	0.484	1244	17	1993
VANOLI GP	15	21	1.154	1339	21	2011
HENSEN JLM	14	20	0.452	1470	20	1993
LIU J	14	21	0.824	785	21	2007
CHAN ALS	13	13	0.464	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 حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان از ۸۱کشور سرچشمه می‌گیرند. برپایۀ (شکل ۳)، ۵کشور برتر براساس شاخص استناد در حوزۀ شبیه‌سازی در انرژی به‌ترتیب آمریکا و ایتالیا و چین و کره و هنگ‌کنگ می‌باشند. کشور آمریکا با تعداد کل استنادات دریافتی ۱۴۳۲۴ بیشترین میزان استناد را به‌خود اختصاص داده است. و نیز بیشترین میانگین استنادات دریافتی مربوطبه کشور سوئیس می‌باشد. به‌این دلیل است‌که آمریکا بیشترین تولیدکنندۀ اسناد می‌باشد و سوئیس یکی از پراستنادترین اسناد را تولید کرده است. برپایۀ (شکل ۴)، نمودار خطی رشد تولیدات اسناد علمی ۵کشور ممتاز در حوزه موردمطالعه را نشان می‌دهد. بین سال‌های ۲۰۱۲تا۲۰۲۲میلادی، نمودارهای هر کشور رشد فزاینده‌ای یافته است چنانچه آمریکا درطی ۱۰سال اخیر میزان تولیداتش ۳۹۹به۱۷۴۳ تولید علمی رسیده است و افزایش ۴/۴٪ برابری یافته است.



شکل ۳: تحلیل توصیفی کشورها برپایۀ شاخص میزان تولیدات علمی استخراج شده با نرم‌افزار R –(مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)



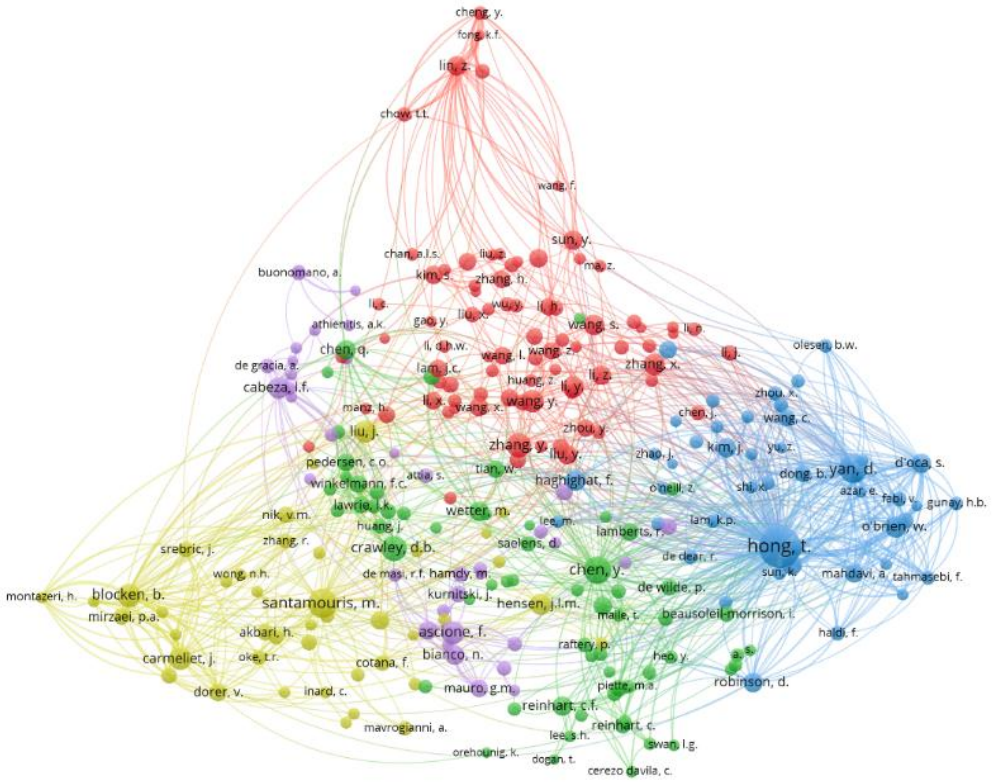
شکل ۴: نمودار خطی رشد تولیدات اسناد علمی ۵کشور ممتاز حوزۀ استخراج شده با نرم‌افزار R –(مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)

۴-۳- تحلیل شبکۀ هم‌استنادی نویسندگان

تحلیل هم‌استنادی نویسنده به‌وسیلۀ شمارش فراوانی استناد هر اثر یک نویسنده با نویسندۀ دیگر در استنادهای سند و برای تشخیص و تحلیل ساختار فکری یک حوزه مورداستفاده قرار می‌گیرد. این تحلیل برای شناسایی نویسندگانی به‌کار می‌رود که به‌طور مشترک در اسناد دیگر مورداستفاده قرارگرفته‌اند (Zhong et al., 2019). بدین‌ترتیب اندازۀ گره‌ها حاکی‌از این است‌که نویسندۀ موردنظر چه‌میزان 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). برپایۀ (شکل ۵)، نشان‌دهندۀ شبکه‌های هم‌استنادی نویسنده‌ها می‌باشد.

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



شکل ۵: شبکۀ هم‌استنادی نویسندگان حوزۀ شبیه‌سازی انرژی استخراج شده با نرم‌افزار Vosviewer**–(مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)**

جدول۵ : 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]

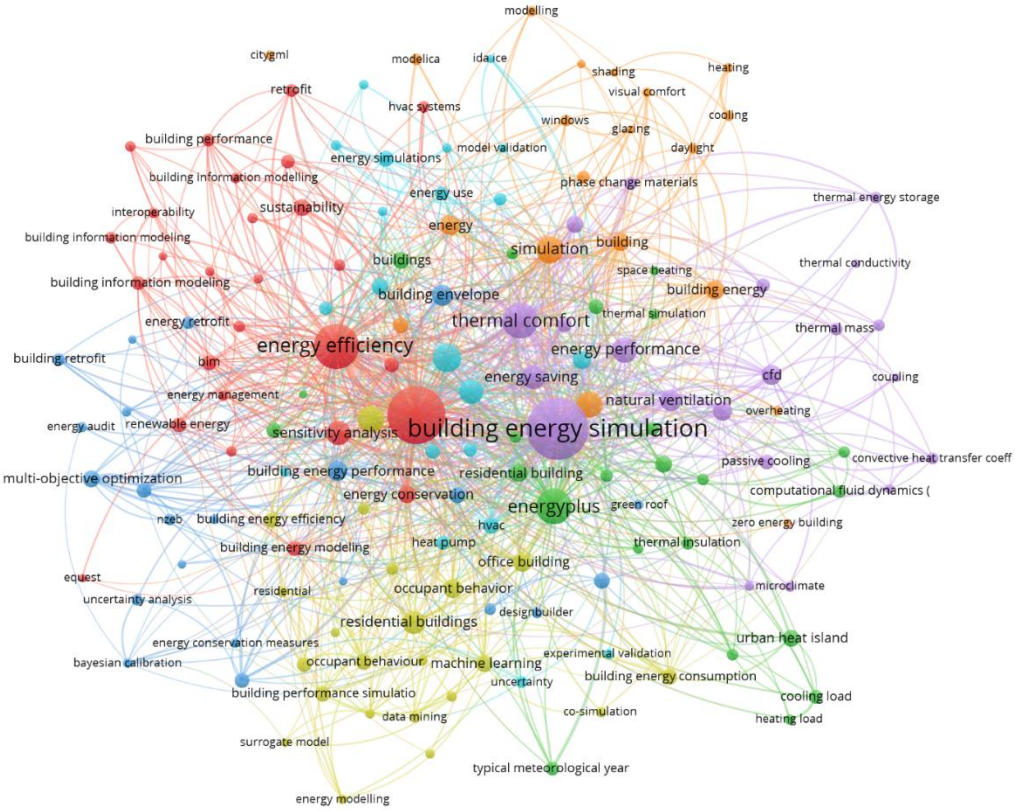
۵–۳– تحلیل شبکه هم‌رویدادی واژگان کلیدی

تحلیل کلمات کلیدی از مهمترین موضوعات در پژوهش کتابسنجی است و تحلیل هم رویدادی واژگان کلیدی از مهمترین تکنیک های کمی در پژوهش کتابسنجی می‌باشد. در تحلیل هم‌رویدادی واژگان کلیدی می‌توان ساختار مفهومی حوزه پژوهش را شناسایی کرد و بوسیله تحلیل شبکه هم رویدادی کلمات کلیدی زیرحوزه ها و عناصر مفهومی اصلی حوزه مورد نظر شناسایی می شوند و نیز سیر تکاملی مرزهای حوزه قابلیت بررسی پیدا می کند. شکل ۶ شبکه هم‌رویدادی واژگان کلیدی را در حوزه شبیه سازی انرژی در ساختمان نشان می‌دهد.در نرم افزار 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 هم رخداد به صورت گره در شبکه ظاهر شده است. اندازه گره ها با میزان تکرار واژگان کلیدی رابطه مستقیم دارد. لبه ها (لینک ها) خبر از حضور دو کلمه کلیدی بصورت همزمان در یک مطالعه می‌دهند و هرچه میزان ضخامت لبه ها بیشتر باشد، بدان معنی است که دو گره به تعداد بیشتری در مقالات مختلف تکرار شده اند. همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است تحلیل هم رویدادی واژگان مشتمل بر ۷ خوشه می باشد در شبکه هر رنگ نمایانگر یک خوشه می باشد. توضیح هر خوشه به تفضیل در جدول ۶ آمده است. و با توجه به قدرت لبه ها و گره ها در هر خوشه دو کلمه کلیدی به عنوان نماینده انتخاب شده است. با تحلیل هم‌رویدادی واژگان کلیدی می‌توان درمورد محتوا مقالات ادعاهای کلی ارائه داد و از آن می‌توان برای ارزیابی موضوعات داغ استفاده کرد. چنانچه از جدول ۶ بر می‌آید کلمات Energy efficiency- Sensitively analysis و Energy plus- Residential buildingو Energy performance- Building envelopeو

Occupant behavior-Office building -Residential buildingو Thermal comfort-Natural ventilationو Optimization-Energy consumptionو Simulation- Climate change بیشترین هم‌رویدادی را با هم داشته و لینک قویتری بینشان برقرار می‌باشد.

جدول۶: بررسی خوشه‌های به‌دست‌آمده از شبکه هم‌رویدادی واژگان کلیدی –(مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)

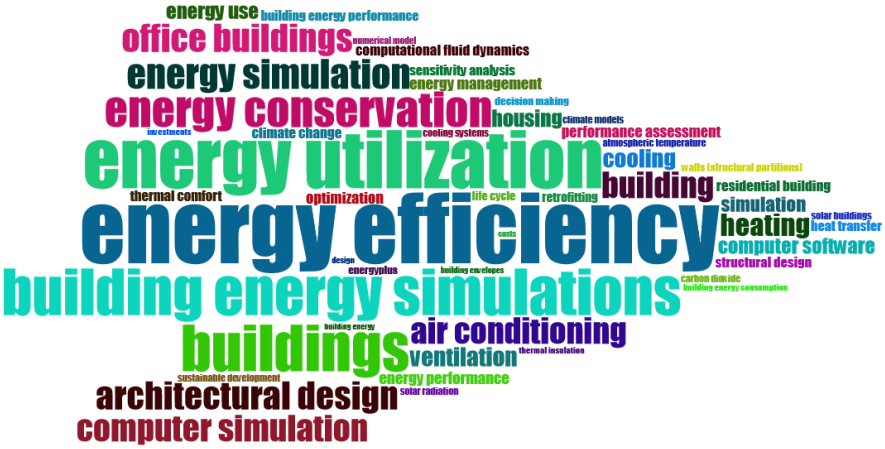
CLUSTER	KEY WORDS	REPRESENTATIVE THEME
Cluster 1 RED	bim, building design, building information modeling, building performance , deep learning, energy analysis, energy conservation, energy efficiency, energy management, energy optimization, energy simulation, equest, green building, hvac systems, interoperability, 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



شکل۶: شبکه هم‌رویدادی واژگان کلیدی –(مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)

۶-۳- تحلیل محتوای آشکار کلیدواژه‌ها

در پژوهش کتاب‌سنجی، ارزیابی و بررسی کلمات‌کلیدی اهمیت زیادی دارد (Alnajem et al., 2021) . به‌جهت ارزیابی گرایش‌های تحقیق و زمینه‌های مهم در حوزۀ و نیز شناختن محدوده‌های حوزه، بررسی کلمات‌کلیدی موردنیاز است (Campra et al., 2021) . برپایۀ (شکل ۷)، نمودار ابری کلمات کلیدی رخ داده در اطلاعات استنادی در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان را نمایش می‌دهد. از پرتکرارترین کلمات‌کلیدی به‌ترتیب شامل؛ (Energy Efficiency و Energy Utilization و Building Energy Simulation و Buildings و Energy Conservation)، می‌باشند که می‌توانند به‌عنوان نقاط داغ در تحقیقات مربوطبه به حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان درنظر گرفته شوند.



شکل ۷: نمودار ابری واژگان‌کلیدی حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان و دررابطه‌با فرهنگ رفتار ساکنان استخراج شده با نرم‌افزار R
(مأخذ: جمع‌آوری توسط نگارندگان)

۴– بحث

با افزایش جمعیت کرۀ زمین تا سال ۲۰۵۰میلادی، میزان احداث روزانه ساختمان‌های جدید به ۱۳۰۰۰ساختمان 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 ۲۹۲۹مطالعه استخراج شده از پایگاه استنادی "Scopus"، در حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان در ۴۰سال گذشته نشان‌دادکه روند تولیدات علمی دراین حوزه همواره روبه رشد بوده است. و حوزۀ موردمطالعه یک حوزۀ بین‌رشته‌ای می‌باشد. خصوصاً نرخ رشد بالای تولیدات علمی در ۱۰سال اخیر تأکیدبر ۳موضوع دارد: اهمیت پرداختن به‌حوزۀ، علاقه‌مندی محققان به پرداختن دراین حوزه، وجود مباحث چالش‌برانگیز در حوزه. ازجمله؛ مباحث چالش‌برانگیز در حوزه می‌توان به: اولاً: اعتبارسنجی مدل‌های شبیه‌سازی انرژی در ساختمان، که مطالعات اخیر همچون (Abolhassani et al., 2022) . دراین 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 ۳کشور برتر در حوزه شبیه‌سازی انرژی هستند. بیشترین همکاری بین‌المللی مربوطبه کشور آمریکا است که بیشترین همکاری را با کشورهای چین و انگلستان و ایتالیا و کره‌جنوبی داشته است.
کلمات‌کلیدی؛

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

می‌توانند به‌عنوان نقاط داغ در تحقیقات مربوطبه حوزۀ شبیه‌سازی انرژی در ساختمان باشند. همچنین موضوعاتی همچون Machin Learning و Zero Energy Building، که در سال‌های اخیر بـه حـوزۀ شبیه‌سازی انرژی وارد شده‌اند و بیشترین فراوانـی انتشـارات را در سـال‌هـای ۲۰۲۱–۲۰۲۰ داشـته‌انـد، از موضـوعات جدیـد حـوزۀ موردمطالعـه مـی‌باشـند (L. Wang, Witte, 2022)-(Alwetaishi, 2022). به‌طورخلاصه با بررسی شبکۀ هم‌استنادی نویسندگان می‌توان چنین نتیجه‌گیری کـرد کـه ۵خوشـه بسـیار پراهمیت در حوزه شامل: ۱. ابزارهای شبیه‌سازی انرژی در ساختمان، ۲. فرهنگ رفتار ساکنان، ۳. Cfd، ۴. محیط‌داخلی و ۵. Pcm، می‌باشند. بررسی خوشه‌های شبکۀ هم‌استنادی نشان می‌دهد که ۴نویسـندۀ برتـر Hong.t و Yan.d و d’oca.s و O’Brien، همگی دارای مطالعات برتـری در زمینـۀ « **رفتـار سـاکنان**»، می‌باشند و درضمن در مطالعاتی‌که از استناد بالا برخوردارند و بـا موضـوع رفتـار سـاکنان بـاهم همکـاری داشته‌اند. (Hong et al., 2015, 2017; Hong, Taylor-Lange, et al., 2016; Yan et al., 2015, 2017) همچنین "chen, y" و "crawley, d.b"، هر۲ برروی ابزارها و نرم‌افزارهـای حـوزۀ شـبیه‌سـازی انرژی در ساختمان‌محور مطالعه داشته‌اند (D. B. Crawley et al., 2001; Hong, Sun, et al., 2016) . به‌نظر می‌رسد دلیل لینک قوی بین "blocken, b" و "santamouris, m"، مطالعـۀ هـر۲ نویسـنده در زمینۀ (Urban Physics & Climate)، باشد (Santamouris et al., 2001; Toparlar et al., 2017) . "lin, z" و "zhang, y" هر۲ دارای مطالعاتی با محوریت "Indoor Environment" داشته‌اند (Mo et al., 2009). و "cabeza, l.f" و "ascione, f"، هر۲ از نویسندگان برتـر در زمینـۀ "Pcm"، مـی‌باشـند (Ascione et al., 2014; Cabeza et al., 2011).

این پژوهش دارای تعدادی محدودیت نیز می‌باشد ازجمله اینکه: اگرچه اسکوپوس مجموعۀ بزرگـی از اطلاعات استنادی را نمایندگی می‌کند. بااین‌وجود این مطالعه به استفاده‌از یک پایگـاه اسـتنادی بـه‌عنـوان منبع جمع‌آوری اطلاعات استنادی که همان پایگاه استنادی اسکوپوس می‌باشد محدود می‌باشد. که بخشی از کل داده‌های استنادی موجود را شامل می‌شود. محدودیت دیگر مربوطبه ماهیت رویکـرد کتـاب‌سـنجی است‌که 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 دراین پژوهش فقط اطلاعات استنادی به زبان انگلیسی درنظرگرفته شده اسـت کـه منجربـه دسـت‌کـم گـرفتن مطالعات به زبان‌های دیگر می‌شود.

۵– نتیجه‌گیری

دراین مـرور سیسـتماتیک، ارزیـابی بـرروی پـژوهش‌هـای جهـانی انجـام شـده بـین سـال‌هـای ۱۹۸۲تا۲۰۲۲میلادی، ارائه شده است. مطالعات در حوزۀ شبیه‌سـازی انـرژی در سـاختمان رشـد زیـادی را خصوصاً از سال ۲۰۱۵میلادی، تاکنون تجربه کرده‌اند. بررسی مطالعات حکایت از چندرشته‌ای بودن حـوزه

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

۶– پی‌نوشت‌ها

1. *International Building Performance Simulation Association*
2. *American Society Of Heading, 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 bibliometrix 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., Haghighat, 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.
- Pranckutė, 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
- Prataviera, 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., Marın, 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.