

Manifestation of Daylight in Educational Spaces: A Bibliometric Framework Toward Visual Comfort and Sustainable Architecture

1. Mobin Kazemi Baneh[✉]: PhD Candidate, Department of Architecture, Sa.C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

2. Ayoob Moradkhani^{✉*}: Assistant Professor, Department of Architecture, Mari.C., Islamic Azad University, Marivan, Iran.

3. Farzin Charehjoo[✉]: Associate Professor, Department of Urban Planning and Design, Sa.C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

4. Arsalan Tahmasebi[✉]: Assistant Professor, Department of Architecture, Sa.C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

*Corresponding Author's Email Address: ayoob.moradkhani@iau.ac.ir

How to Cite: Kazemi Baneh, M., Moradkhani, A., Charehjoo, F., & Tahmasebi, A. (2026). Manifestation of Daylight in Educational Spaces: A Bibliometric Framework Toward Visual Comfort and Sustainable Architecture. *Manifestation of Art in Architecture and Urban Engineering*, 4(3), 1-22.

Abstract:

The increasing volume of research on daylight and visual comfort in educational spaces over the past two decades has necessitated a systematic and bibliometric analysis of this field. This study presents a bibliometric analysis aimed at investigating the knowledge structure, trends, and research directions in the area of daylight and visual comfort in educational environments. Data were retrieved from the Scopus database, and after applying screening criteria based on the PRISMA guidelines, 152 research and review articles published between 2000 and 2025 were selected and analyzed. Using VOSviewer software, the study analyzed the temporal distribution of publications, co-authorship patterns, keyword co-occurrence, and citation impact. The results indicate a significant growth in scientific production from 2017 onward, with the formation of thematic clusters around energy optimization, parametric design, dynamic daylight metrics, glare control, and the effects of daylight on visual perception and learning performance. Furthermore, a notable contribution from Asian countries, particularly China and Iran, is evident in both document production and citations. Finally, the findings provide a framework for guiding future research and supporting informed decisions in the sustainable design of educational spaces by identifying emerging trends and research gaps in the field.

Keywords: Daylight; Visual comfort; Educational space; Bibliometric analysis.

Received: 25 April 2026

Revised: 02 July 2026

Accepted: 18 July 2026

Initial Publication: 22 July 2026

Final Publication: 22 November 2026



تجلی نور روز در فضاهای آموزشی: چارچوبی بایلیومتریک به سوی آسایش بصری و معماری پایدار

۱. مبین کاظمی بانه ^{ID}: دانشجوی دکتری، گروه معماری، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

۲. ایوب مرادخانی ^{ID*}: استادیار گروه معماری، واحد مریوان، دانشگاه آزاد اسلامی، مریوان، ایران. (نویسنده مسئول)

۳. فرزین چاره جو ^{ID}: دانشیار گروه شهرسازی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

۴. ارسلان طهماسبی ^{ID}: استادیار گروه معماری، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: ayooob.moradkhani@iau.ac.ir

نحوه استناددهی: کاظمی بانه، مبین، مرادخانی، ایوب، چاره جو، فرزین، و طهماسبی، ارسلان. (۱۴۰۵). تجلی نور روز در فضاهای آموزشی: چارچوبی بایلیومتریک به سوی آسایش بصری و معماری پایدار. *تجلی هنر در معماری و شهرسازی*، ۴(۳)، ۱-۲۲.

چکیده

رشد فزاینده‌ی پژوهش‌ها پیرامون نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی طی دو دهه‌ی اخیر، نیاز به تحلیل نظام‌مند و کتاب‌سنجی این حوزه را ضروری ساخته است. این مطالعه به منظور واکاوی ساختار دانش، تغییرات و جهت‌گیری‌های پژوهشی در زمینه‌ی نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی، یک تحلیل بایلیومتریک ارائه می‌دهد. استخراج داده‌ها از پایگاه اسکایوس صورت گرفته و پس از اعمال معیارهای غربالگری بر اساس دستورالعمل پریسما، ۱۵۲ مقاله‌ی پژوهشی و مروری منتشر شده از بازه‌ی زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ میلادی انتخاب و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. تحلیل داده‌ها به وسیله‌ی نرم افزار VOSviewer و در سطوح تحلیل توزیع زمانی انتشارات، تحلیل هم‌نویسندگی و هم‌تالیفی، تحلیل هم‌رخدادی واژگان و تحلیل استناد انجام شده است. نتایج حاکی از رشد قابل توجه تولیدات علمی از سال ۲۰۱۷ به بعد و تشکیل خوشه‌های موضوعی پیرامون بهینه‌سازی انرژی، طراحی پارامتریک، شاخص‌های پویای نور روز، مهار خیرگی و اثر نور روز بر ادراک بصری و راندمان یادگیری است. همچنین، مشارکت پررنگ کشورهای آسیایی به ویژه چین و ایران در تولید اسناد و ارجاعات در این حوزه مشهود است. در نهایت یافته‌های پژوهش چارچوبی برای هدایت تحقیقات آینده و کمک به تصمیمات آگاهانه در طراحی پایدار فضاهای آموزشی با شناسایی روندهای جدید و گپ‌های پژوهشی حوزه فراهم می‌آورد.

کلیدواژگان: نور روز؛ آسایش بصری؛ فضای آموزشی؛ تحلیل بایلیومتریک.

تاریخ دریافت: ۵ اردیبهشت ۱۴۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۱ تیر ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۲۷ تیر ۱۴۰۵

اولین انتشار: ۳۱ تیر ۱۴۰۵

انتشار نهایی: ۱ آذر ۱۴۰۵



مقدمه

در دهه‌های گذشته، موضوع انرژی به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های جهانی تبدیل شده است (1). در این بین، ساختمان‌ها با مصرف سی تا چهل درصد انرژی کل جهان (2) توجه بسیاری را به خود جلب کرده‌اند (3). بر پایه‌ی داده‌های آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۲۱، ساختمان‌های آموزشی پس از ساختمان‌های مسکونی و اداری، بیشترین میزان استفاده از انرژی را دارند (4). این امر تا حد زیادی ناشی از وابستگی این ساختمان‌ها به تجهیزات فناوری اطلاعات، افزایش تعداد کاربران برای تطابق با برنامه‌های جدید و استفاده‌ی بیشتر از سیستم‌های روشنایی و سرمایشی می‌باشد که در مجموع سبب افزایش متوسط مصرف انرژی در این فضاها شده است (5). افزون بر این، مصرف انرژی در کاربری‌های آموزشی و استفاده از سوخت‌های فسیلی نیز یکی از موضوعات عمده‌ای است که در سال‌های اخیر با آن مواجه هستیم (6). در چنین شرایطی، بهره‌گیری موثر از نور روز^۱ به‌عنوان یکی از راهبردهای کلیدی در جهت کمینه‌سازی مصرف انرژی مطرح شده (7) و به اولویتی اساسی در فرآیند طراحی ساختمان تبدیل گردیده است (8).

مطالعات نشان می‌دهد که کیفیت و میزان دسترسی به نور روز از دیدگاه ساکنان ساختمان اهمیت بالایی دارد (7) و به ویژه در محیط‌های آموزشی، میزان روشنایی کلاس تأثیر زیادی بر کارایی دانش‌آموزان و مصرف انرژی ساختمان می‌گذارد (9). با این حال، توزیع نامساوی نور روز در کلاس‌های درس مساله‌ای رایج در بسیاری از کشورها است (10) به‌گونه‌ای که روشنایی غیربهبوده می‌تواند منجر به کاهش آسایش بصری دانش‌آموزان و افزایش نیاز به روشنایی مصنوعی شود (9).

در این میان، آسایش بصری به توانایی تأمین نور کافی در طول روز اشاره دارد؛ به‌طوری که سطح ناکافی نور روز یا شدت بیش از حد آن می‌تواند موجب ناراحتی بینایی کاربران شود (11). آسایش بصری ناکافی نه تنها بر رضایت و رفاه ساکنان اثر می‌گذارد، بلکه اهداف کمینه‌سازی مصرف انرژی را نیز تهدید می‌کند (12). به همین منظور، دستورالعمل‌های آموزشی منتشر شده توسط مؤسسات گوناگون در کشورهای مختلف بر اهمیت شرایط روشنایی پایدار در ساختمان‌های آموزشی تأکید دارند (4). در مجموع، استفاده‌ی هدفمند از نور طبیعی در فضاهای آموزشی به‌عنوان راهکاری بهینه برای ارتقای آسایش بصری، کاهش مصرف انرژی و بهبود کیفیت محیط یادگیری، جایگاه ویژه‌ای میان محققان و طراحان یافته است (7).

^۱ نور روز در واقع تلفیقی است از نور مستقیم خورشید، روشنایی آسمان و بازتاب پرتوها از سطح زمین و اجسام اطراف. عوامل مختلفی همچون موقعیت جغرافیایی، شکل و فرم ساختمان، نوع نورگیری (مانند نورگیری از سقف یا دیوارها)، مکان‌یابی ساختمان در محوطه، جهت‌گیری، جنس مصالح داخلی و همچنین ابعاد، محل و نوع شیشه پنجره‌ها بر کیفیت و کمیت نور روز در فضاهای داخلی تأثیر می‌گذارند.

علاوه بر این، در سال‌های اخیر گسترش استانداردهای جهانی تحلیل عملکرد ساختمان، نقش خطیری در شکل‌دهی به پژوهش‌های این حوزه ایفا کرده است. چارچوب‌هایی مانند ای‌ان ۱۷۰۳۷^۱، لید^۲، اشری ۹۰.۱^۳ و استاندارد ساختمان خوب^۴ با تأکید بر عملکرد انرژی، کیفیت محیط داخلی و سلامت کاربران، سبب شده‌اند تحقیقات مرتبط با طراحی روشنایی طبیعی در فضاهای آموزشی به سوی رویکردهای کمی، مبتنی بر شاخص‌های عملکردی و شبیه‌سازی‌های پیشرفته متمایل شود.

با وجود اهمیت روزافزون موضوع نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی، بررسی‌های سیستماتیک و کمی از روند پژوهش‌های منتشرشده در این حوزه، هنوز محدود است. از این رو، نیاز به یک تحلیل جامع و سازمان‌یافته در این حوزه به طور جدی احساس می‌شود.

در این راستا، تحلیل بیبلیومتریک به عنوان روشی دقیق و در حال پیشرفت، امکان بررسی ساختاریافته‌ی حجم وسیعی از داده‌های علمی را فراهم می‌آورد. این روش با آشکارسازی مسیرهای تحول و زمینه‌های نوظهور، درک عمیق‌تری از ساختار و تغییرات علمی ارائه می‌دهد (13، 14). این رویکرد، با بهره‌گیری از آمار توصیفی، ارتباط میان آثار منتشر شده را روشن ساخته و روندهای موجود را شناسایی می‌نماید (15). افزون بر این، در مطالعات مرور ادبیات، روش بیبلیومتریک نقش موثری در خلاصه‌سازی دانش موجود، آشکارسازی شکاف‌های پژوهشی و ترسیم مسیرهای آینده ایفا می‌کند (16). همچنین، پژوهشگران و مجلات معتبر با استفاده از این تکنیک‌ها، مسیر تحول رشته‌های مختلف و جهت‌گیری‌های نوظهور تحقیقاتی را ارزیابی و ثبت کرده‌اند (17). به همین دلیل، این رویکرد به سرعت به ابزاری محبوب و قابل اعتماد برای تحلیل و ارزیابی متون علمی بدل گشته است (18).

تحلیل کمی و زمانی اسناد منتشرشده طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ می‌تواند روند رشد علمی، نقاط عطف پژوهشی و تغییرات محورهای اصلی مطالعه را نمایان سازد. همچنین، شناخت پژوهشگران، مؤسسات و کشورهای پیش‌تاز و تحلیل شبکه‌های همکاری علمی، امکان درک ساختار کلی حوزه، شناسایی جریان‌های علمی غالب و تحلیل الگوهای همگرایی یا پراکندگی پژوهش را فراهم می‌آورد. افزون بر این، شناسایی محورهای پژوهشی و گرایش‌های نوظهور نیز، دیدگاه مشخصی از جهت‌گیری‌های آینده تحقیق را نمایش می‌دهد و محققان را در گزینش موضوعات با اهمیت و تأثیرگذار هدایت می‌کند. در نهایت، استخراج

^۱ این استاندارد (EN 17037) اروپایی به طور ویژه بر نور روز تمرکز دارد. هدف آن تضمین دسترسی باشندگان به نور طبیعی مناسب، کاهش نیاز به روشنایی مصنوعی و افزایش سلامت و راحتی کاربران است. (EN17037, 2018).

^۲ استاندارد لید (Leadership in Energy and Environmental Design - LEED) یکی از مطرح‌ترین چارچوب‌های فرامرزی برای بررسی ساختمان‌های سبز است. این استاندارد شاخص‌هایی برای طراحی، ساخت و بهره‌برداری ساختمان‌ها ارائه می‌دهد تا مصرف انرژی، آب و منابع بهینه شود. در این سیستم، نور روز یکی از فاکتورهای مهم کیفیت محیط داخلی به شمار می‌آید (Council, 2021).

^۳ این استاندارد (ASHRAE 90.1) که توسط انجمن مهندسان تأسیسات آمریکا تالیف شده، یکی از منابع اساسی در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان‌هاست. این سند دستورالعمل‌های دقیقی در جهت طراحی سیستم‌های مکانیکی، عایق‌کاری، روشنایی و تجهیزات الکتریکی ارائه می‌دهد و بسیاری از آیین‌نامه‌های ساختمانی جهان به آن استناد می‌کنند. هرچند مرکزیت اساسی آن انرژی است، اما در حوزه‌ی نور روز نیز مقرراتی دارد (ASHRAE, 2016).

^۴ این استاندارد (WELL Building Standard) بیشتر از هر چیزی به سلامت و رفاه انسان‌ها توجه دارد و کیفیت هوا، نور، آب، آلودگی صوتی، امکان فعالیت بدنی و حتی تأثیرات روانی محیط بر ساکنان را ارزیابی می‌کند. در بخش نور، شاخص‌هایی مانند مدت زمان حضور در معرض نور طبیعی، کیفیت دید به بیرون و اثر نور بر ریتم شبانه‌روزی بدن مدنظر قرار می‌گیرند. همچنین بر کنترل خیرگی توجه دارد و استفاده از عناصر کنترلی مثل پرده یا شیشه‌های ویژه را پیشنهاد می‌کند تا نور طبیعی بدون ایجاد ناراحتی دیداری وارد فضا شود.

فرصت‌های تحقیقاتی به منظور بهبود بهره‌وری نور روز، افزایش آسایش بصری و بهبود کیفیت محیط یادگیری، می‌تواند به توسعه طراحی‌های پایدار و کارآمد در فضاهای آموزشی منجر شود.

بر این اساس، هدف اصلی این مطالعه، ارائه‌ی تحلیلی جامع و چندبعدی از وضعیت علمی مطالعات نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی است. این مطالعه با بررسی روند انتشار مقالات، شناسایی نویسندگان و نهادهای اثرگذار، تحلیل گرایش‌های پژوهشی و استخراج فرصت‌های تحقیقاتی، در پی ترسیم تصویری آشکار از مسیر رشد علمی و جهت‌گیری‌های آتی در این حوزه است. به طور مشخص، این پژوهش به دنبال پاسخ به این پرسش‌های اساسی است که روند رشد و تکامل مفهومی مطالعات مرتبط با نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی طی بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ چگونه بوده و چه تغییرات زمانی و جهت‌گیری‌های علمی را تجربه کرده است؛ ساختار شبکه علمی این حوزه شامل نویسندگان، مؤسسات و کشورها چگونه شکل گرفته و پژوهشگران، نهادهای اثرگذار و الگوهای همکاری علمی در آن کدام‌اند؛ و در نهایت، محورهای پژوهشی غالب، خوشه‌های موضوعی و روندهای نوظهور چه هستند و این تحولات چه چشم‌انداز و مسیرهایی را برای تحقیقات آینده در زمینه نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی ترسیم می‌کنند.

روش‌شناسی پژوهش

منبع داده‌ها

به منظور انجام تحلیل بیبلیومتریک، داده‌های علمی از پایگاه اسکاپوس استخراج گردید. این پایگاه به عنوان یکی از معتبرترین پایگاه‌های داده شناخته می‌شود (19) و به طور گسترده به عنوان مرجعی قابل اعتماد و با کیفیت بالا برای پژوهش و تحلیل فعالیت‌های تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (20). گزینش این پایگاه به دلیل پوشش وسیع مجلات با ضریب تأثیر بالا، ساختار استاندارد داده‌های کتابشناختی و نیز قابلیت سازگاری مستقیم با نرم‌افزارهای تحلیل شبکه مانند VOSviewer صورت پذیرفت. در ادامه، دامنه زمانی اسناد مورد ارزیابی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ در نظر گرفته شد تا روندهای پژوهشی دو دهه اخیر در زمینه نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی به طور جامع و کامل پوشش داده شود.

راهبرد جستجو

در بخش جست‌وجوی پایگاه اسکاپوس، کلیدواژه‌های مورد نظر وارد گردید تا عناوین، چکیده‌ها و کلیدواژه‌های مرتبط بازیابی شوند. به منظور افزایش دقت جستجو، تنها مقالات پژوهشی و مروری منتشرشده در مجلات علمی و به زبان انگلیسی برگزیده شدند. سایر انواع اسناد (مانند نامه‌ها، کنفرانس‌ها و فصل‌های کتاب) از فرایند بررسی حذف شدند تا یکنواختی داده‌ها حفظ شود. در نهایت استراتژی جست‌وجوی پژوهش به شکل زیر تدوین گردید:

(TITLE-ABS-KEY (daylight*) OR TITLE-ABS-KEY (sunlight*) OR TITLE-ABS-KEY ("natural light*") OR TITLE-ABS-KEY ("natural illumination") OR TITLE-ABS-KEY ("daylight* performance*") OR TITLE-ABS-KEY ("daylight* design*") OR TITLE-ABS-KEY ("daylight* availability") OR TITLE-ABS-KEY ("daylight* optimization") OR TITLE-ABS-KEY ("daylight* analys*") OR TITLE-ABS-KEY ("daylight autonomy") OR TITLE-ABS-KEY ("illuminance*") AND TITLE-ABS-KEY ("visual comfort*") OR TITLE-ABS-KEY ("visual satisfaction*") OR TITLE-ABS-KEY ("visual

performance*") OR TITLE-ABS-KEY ("glare") OR TITLE-ABS-KEY ("discomfort glare*") OR TITLE-ABS-KEY ("visual quality") OR TITLE-ABS-KEY ("visual perception") OR TITLE-ABS-KEY ("visual environment*") AND TITLE-ABS-KEY ("education* space*") OR TITLE-ABS-KEY ("education* place*") OR TITLE-ABS-KEY ("education* build*") OR TITLE-ABS-KEY ("learn* environment*") OR TITLE-ABS-KEY ("classroom*") OR TITLE-ABS-KEY ("learn* space*") OR TITLE-ABS-KEY ("education* environment*") OR TITLE-ABS-KEY ("teach* space*") OR TITLE-ABS-KEY ("education* facility") OR TITLE-ABS-KEY ("school* build*") OR TITLE-ABS-KEY ("university build*") OR TITLE-ABS-KEY ("academic build*") OR TITLE-ABS-KEY ("school*") OR TITLE-ABS-KEY ("university*") OR TITLE-ABS-KEY ("college*")) AND PUBYEAR > ۱۹۹۹ AND PUBYEAR < ۲۰۲۶ AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English"))

فرآیند غربالگری

در مرحله نخست، نتایج اولیه جستجو شامل ۴۸۴ سند بود. در ادامه، با اضافه کردن فیلترهای تکمیلی به منظور افزایش دقت و ارتقای میزان انطباق مقالات با حوزه‌ی پژوهش، تعداد خروجی به ۲۶۲ سند کاهش یافت. سپس فرآیند غربالگری مطابق شکل ۱ و در سه گام صورت گرفت:

حذف اسناد تکراری: در فرآیند بازبینی نتایج استخراج شده از پایگاه اسکاپوس، هیچ موردی از تکرار یا هم‌پوشانی اسناد مشاهده نشد.

بازبینی عنوان و چکیده: در این مرحله تنها مقالاتی حفظ شدند که به‌طور مستقیم به موضوع نور روز و آسایش بصری در محیط‌های آموزشی اشاره داشتند. اسناد غیر مرتبط حذف شدند.

بازبینی محتوایی: برای تأیید نهایی، چکیده و اهداف تحقیقات مورد بررسی قرار گرفت تا تنها مقالاتی که مستقیماً به بررسی نور روز و اثر آن بر آسایش یا عملکرد بصری در فضاهای آموزشی پرداخته‌اند، باقی بمانند. در نهایت، ۱۵۲ مقاله (چهار مقاله‌ی مروری و صد و چهل و هشت مقاله‌ی پژوهشی) برای انجام تحلیل بیبلیومتریک نهایی انتخاب شدند.

شناسایی:

اسناد شناسایی شده از پایگاه اسکاپوس: ۴۸۴
اسناد پس از اعمال فیلترها (سال، زبان، نوع سند، مرحله انتشار): ۲۶۲

غربالگری:

اسناد پس از حذف موارد تکراری: ۲۶۲ (مورد تکراری یافت نشد)
اسناد حذف شده پس از بررسی عنوان، چکیده و کلیدواژه‌ها (نامرتب با موضوع): ۱۱۰

ارزیابی و ورود نهایی:

مطالعات وارد شده به تحلیل بیبلیومتریک نهایی: ۱۵۲

شکل ۱. فرایند انتخاب اسناد بر اساس روش پریسما

تحلیل داده‌ها

فرآیند تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار VOSviewer نسخه ۱.۶.۲۰ انجام گرفت. این نرم‌افزار، یک ابزار تخصصی کامپیوتری برای تهیه و مشاهده‌ی نقشه‌های بیبلیومتریک است (21). داده‌های خروجی از اسکاپوس در قالب فایل اکسل وارد نرم‌افزار شدند و تحلیل‌ها در چهار سطح انجام شد: به گونه‌ای که تحلیل توزیع زمانی انتشارات^۱ به منظور تحلیل روند رشد انتشارات در طول سال‌های مورد مطالعه صورت گرفت، تحلیل نویسندگان و هم‌تألیفی^۲ به منظور شناسایی پژوهشگران و سازمان‌های با بیشترین همکاری علمی در این زمینه‌ی پژوهشی انجام شد، تحلیل استناد^۳ در راستای شناخت کشورها و مجلات کلیدی که بیشترین اثر را بر چارچوب دانش این حوزه داشته‌اند اجرا گردید و در نهایت تحلیل هم‌رخدادی واژگان^۴ با استفاده از کلیدواژه‌های نویسندگان انجام شد تا نقشه‌ی مفهومی پژوهش ترسیم و خوشه‌های موضوعی و روندهای تحقیقاتی غالب شناسایی شوند.

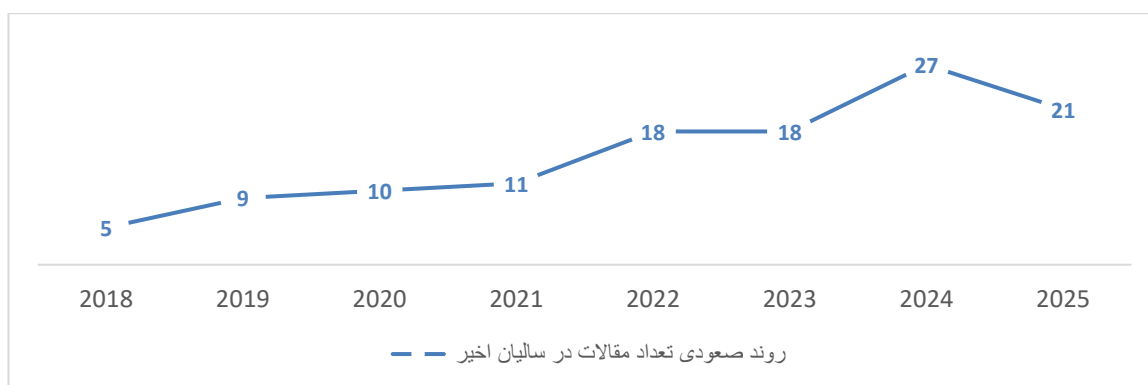
اعتبارسنجی داده‌ها

برای اطمینان از درستی نتایج، داده‌های استخراجی و مراحل پردازش، توسط دو پژوهشگر به صورت مستقل بازبینی شدند. در صورت وجود اختلاف در طبقه‌بندی یا انتخاب مقالات، تصمیم نهایی از طریق اجماع اتخاذ گردید.

یافته‌ها

روند زمانی انتشار مقالات

بر اساس شکل ۲، تعداد مقالات منتشرشده در زمینه‌ی نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ روندی محدود و نسبتاً پراکنده داشته است. با این حال، از این تاریخ به بعد، بطور چشمگیری افزایش یافته است. بیشترین حجم تولیدات علمی نیز در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۸-۲۰۲۵ (۱۱۹ مقاله) به ثبت رسیده است.



شکل ۲. روند زمانی انتشار مقالات نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی

¹ Temporal analysis of publications

² Co-authorship analysis

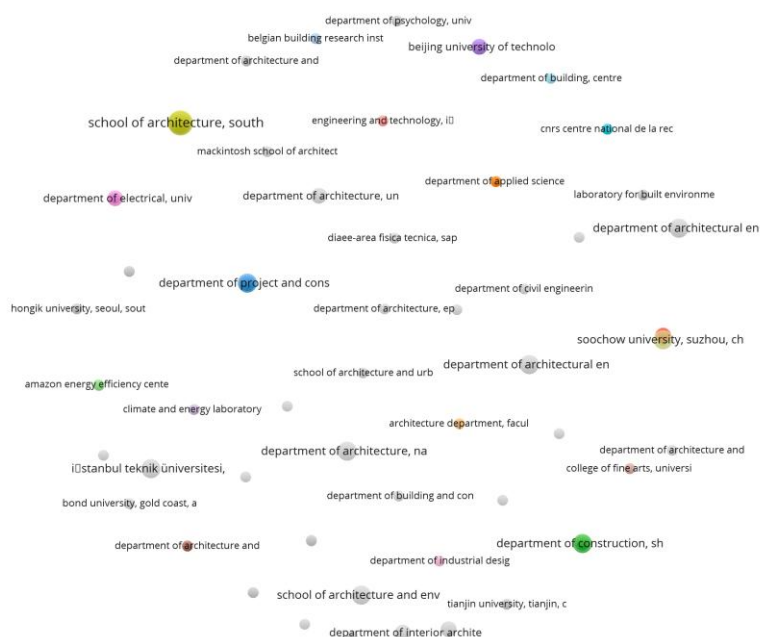
³ Citation analysis

⁴ Keyword co-occurrence analysis

شماره	نویسنده	تعداد	شماره	نویسنده	تعداد	شماره	نویسنده	تعداد	شماره
مقالات		ارجاعات		مقالات		ارجاعات		مقالات	
۶	Zomorodian, Zahra Sadat	۲۳۳	۱	Mushtaha, Emad S. N.	۱۲	۱	Zomorodian, Zahra Sadat	۲۳۳	۱

۱۰	Bian, Yu	۲	۲۲۲	Tahsildoost, Mohammad	۲	۵	Tahsildoost, Mohammad	۲
۹	Zomorodian, Zahra Sadat	۳	۲۰۸	Bakmohammadi, Parnian	۳	۳	Al-Sallal, Khaled A.	۳
۹	Xue, Peng	۴	۲۰۸	Noorzai, Esmatullah	۴	۳	Bakmohammadi, Parnian	۴
۹	Maksoud, Aref Mohamad	۵	۲۰۱	Li, Danny H. W.	۵	۳	Bian, Yu	۵
۸	Chen, Yanan	۶	۱۸۹	Wilkins, Arnold J.	۶	۳	Chiou, Yunshang	۶
۸	Sun, Yanyi	۷	۱۸۹	Winterbottom, Mark	۷	۳	Mesloub, Abdelhakim	۷
۷	Tahsildoost, Mohammad	۸	۱۴۷	Cheung, K. L.	۸	۳	Mushtaha, Emad S. N.	۸
۷	Ma, Yuan	۹	۱۴۷	Lam, Tony Ngan Tung	۹	۳	Noorzai, Esmatullah	۹
۷	Yu, Daxing	۱۰	۱۴۷	Wong, Saili	۱۰	۳	Xue, Peng	۱۰

در این زمینه، شکل ۴ به مصورسازی شبکه هم‌نویسندگی میان مؤسسات فعال حوزه‌ی پژوهشی اختصاص دارد و روابط همکاری علمی بین مؤسسات در مقالات مستخرج را تبیین کرده است. در این شبکه، هر گره نمایانگر یک مؤسسه می‌باشد و هر گره‌ای که بزرگتر است مقالات بیشتری دارد. اتصالات یا پیوندها بین گره‌ها نیز نشان می‌دهند که آن دو مؤسسه در مقالات مشابه با هم ظاهر شده‌اند. بر اساس اطلاعات ارائه شده در این شکل، تعاملات چشمگیری در سطح جهانی بین مؤسسات (دانشگاه‌ها) این حوزه مشاهده نمی‌شود.



VOSviewer

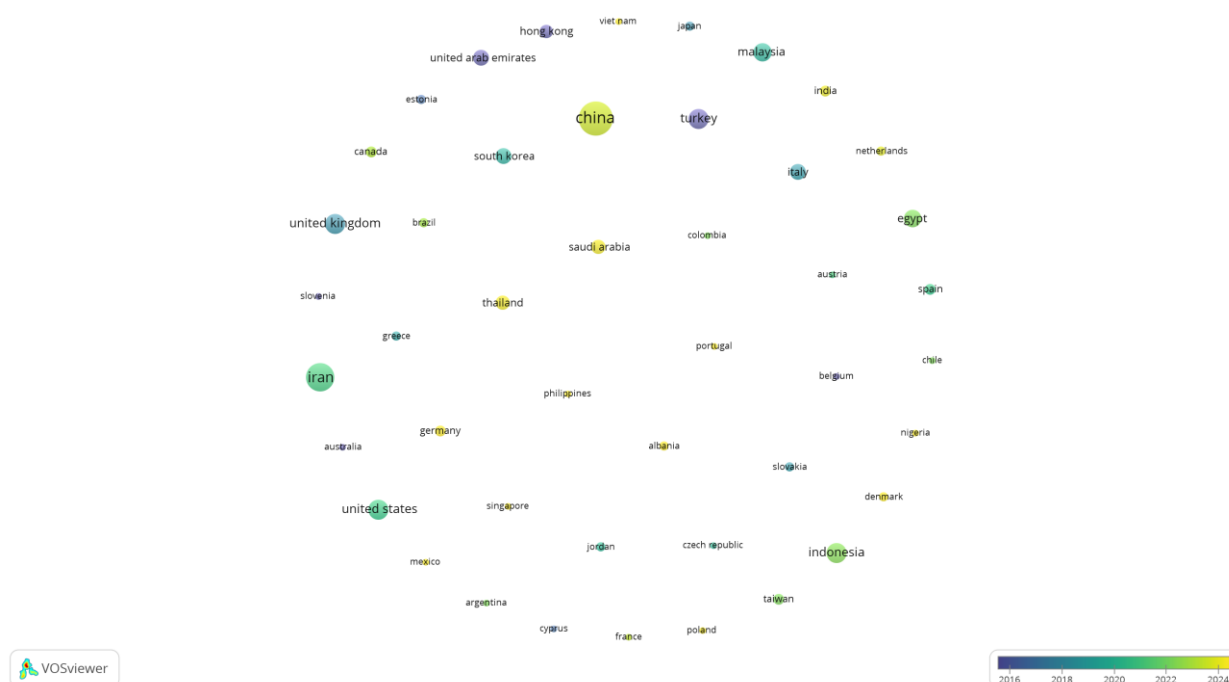
شکل ۴. شبکه هم‌نویسندگی مؤسسات (نرم افزار VOSviewer)

در این حوزه مطالعاتی، پنج مؤسسه‌ای که بیشترین عملکرد را از نظر تعداد مقالات، ارجاعات دریافتی و میزان تعامل و شبکه‌سازی (همکاری‌های مشترک با دیگر مؤسسات) داشته‌اند در جدول ۲ معرفی شده‌اند. بر اساس نتایج، مؤسسات قاره‌ی آسیا بیشترین تولید علم و بیشترین همکاری‌های مشترک با نویسندگان دیگر را داشته‌اند در صورتی که بیشترین ارجاعات مربوط به مؤسسات قاره‌ی اروپا و آسیا است.

جدول ۲. مؤسسات برتر بر اساس شاخص‌های بیبیومتریک تعداد مقالات، ارجاعات و همکاری مشترک

شماره	مؤسسه	تعداد مقالات
۱	School of Architecture, South China University of Technology, Guangzhou, China	۵
۲	School of Architecture and Urban Planning, Guangdong University of Technology, Guangzhou, China	۴
۳	Department of Architectural Engineering, United Arab Emirates University, Al Ain, United Arab Emirates	۳
۴	Department of Architectural Engineering, University of Sharjah, Sharjah, United Arab Emirates	۳
۵	Department of Architecture, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan	۳
شماره	مؤسسه	تعداد ارجاعات
۱	Department of Project and Construction Management, University of Tehran, Tehran, Iran	۲۰۸
۲	Department of Psychology, University of Essex, Colchester, United Kingdom	۱۸۹
۳	Faculty of Education, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom	۱۸۹
۴	Department of Construction, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran	۱۶۱
۵	School of Architecture, University of Tehran, Tehran, Iran	۱۶۱
شماره	مؤسسه	تعداد همکاری‌های مشترک
۱	Department of Project and Construction Management, University of Tehran, Tehran, Iran	۴
۲	School of Architecture, South China University of Technology, Guangzhou, China	۴
۳	College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai, China	۴
۴	Department of Construction, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran	۳
۵	Department of Civil & Environmental Engineering, University of Alberta, Edmonton, Canada	۳

در ادامه‌ی نتایج پژوهش، ساختار شبکه‌ی ارجاعات در سطح کشورها مورد تحلیل قرار گرفته است. در شکل ۵ روابط این ارجاعات نمایش داده شده‌اند به گونه‌ای که هر گره نمایانگر یک کشور بوده و اندازه‌ی آن متناسب با تعداد مقالات منتشرشده توسط آن کشور می‌باشد، درحالی که پیوند میان گره‌ها بیانگر روابط میان کشورها است. بر اساس این شکل، کشورهایی که به سمت رنگ زرد تمایل دارند دارای اسناد جدیدتری هستند و به تازگی به این حوزه ورود کرده‌اند و یا در برخی موارد نقش پیش‌تاز را ایفا می‌کنند؛ از جمله می‌توان به آلمان، فیلیپین، تایلند، ویتنام، سنگاپور، دانمارک و مکزیک اشاره کرد. پس از این گروه، کشورهایی نظیر عربستان، چین، هند، کانادا، فرانسه و ایران قرار دارند. در مقابل، کشورهایی مانند امارات، ترکیه، بلژیک، هنگ‌کنگ و استرالیا در بخش‌های قدیمی‌تر شبکه قرار گرفته‌اند.



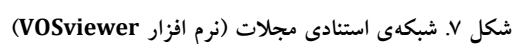
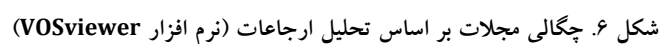
شکل ۵. شبکه‌ی ارجاعات کشورها (نرم افزار VOSviewer)

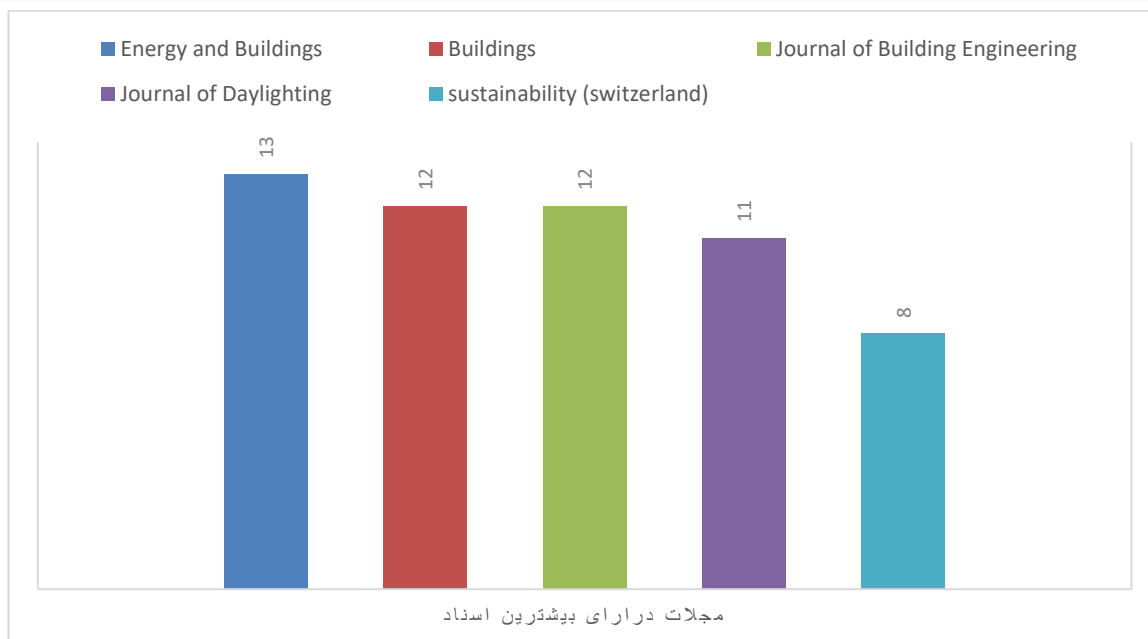
در همین راستا پنج کشور برتر این حوزه‌ی پژوهشی از نظر تعداد مقالات و ارجاعات دریافتی در جدول ۳ معرفی شده‌اند. بر اساس نتایج ارائه‌شده در این جدول، ایران و چین بیشترین سهم را در تولید مقالات داشته‌اند؛ در حالی که از نظر میزان ارجاعات دریافتی، ایران و بریتانیا جایگاه بالاتری دارند.

جدول ۳. کشورهای برتر بر اساس شاخص‌های بیبلیومتریک تعداد مقالات و ارجاعات

شماره	کشور	تعداد مقالات	شماره	کشور	تعداد ارجاعات
۱	China	۲۷	۱	Iran	۷۰۱
۲	Iran	۱۹	۲	United Kingdom	۲۸۷
۳	Indonesia	۹	۳	Hong Kong	۲۲۸
۴	Turkey	۹	۴	China	۲۲۱
۵	United Kingdom	۹	۵	Turkey	۱۶۶

در ادامه‌ی این بخش، تحلیل مجلات بر اساس شاخص‌های استنادی انجام شد. شکل ۶، مصورسازی چگالی مجلات را نشان می‌دهد؛ به گونه‌ای که هر چه مجلات در آن به طیف زرد نزدیک باشند، بیانگر دریافت ارجاعات بیشتر هستند. همچنین در شکل ۷، تمایل گره‌ها به رنگ زرد نشان‌دهنده‌ی جدیدتر بودن مقالات منتشرشده در آن مجله و پیشتازی در این حوزه‌ی پژوهشی می‌باشد. هر گره در شکل ۷ نماینده‌ی یک مجله بوده و گره بزرگ‌تر به معنی تعداد ارجاعات دریافتی بیشتر است. بر این اساس، مجلات Energy and Buildings و Applied Energy بالاترین میزان استناد را به خود اختصاص داده‌اند. با این حال، این دو مجله در مقایسه با مجلاتی مانند Energy Strategy Reviews و Facilities اسناد قدیمی‌تری دارند. در ادامه‌ی تحلیل، شکل ۸ پنج مجله‌ی برتر این حوزه را بر اساس تعداد اسناد علمی منتشرشده معرفی می‌کند.





شکل ۸. مجلات با بیشترین اسناد

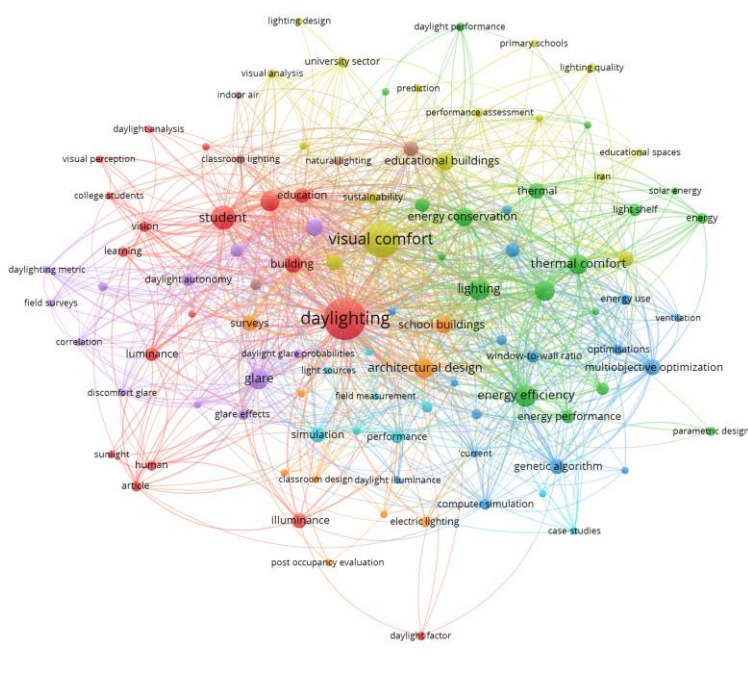
شناسایی محورهای پژوهشی و گرایش‌های نوظهور

به منظور تکمیل و تعمیق نتایج، تحلیل هم‌رخدادی واژگان کلیدی در اشکال ۹ الی ۱۱ انجام شد. این نقشه‌ها به بررسی هم‌زمانی کنار هم آمدن کلیدواژه‌های مقالات نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی می‌پردازند. در این شبکه‌ها، هر گره نمایانگر یک کلیدواژه است و اندازه‌ی آن بیانگر میزان تکرار آن واژه در اسناد می‌باشد. همچنین، پیوندهای میان گره‌ها نشان‌دهنده‌ی میزان هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها در مقالات مشترک هستند. هر خوشه نیز شامل گروهی از کلیدواژه‌هاست که ارتباط درونی قوی‌تری با هم دارند، درحالی‌که ارتباط آنها با سایر خوشه‌ها محدودتر است. بر اساس شکل ۹، خوشه‌های متعددی قابل شناسایی هستند.

خوشه‌ی قرمز به دلیل مجموعه کلیدواژه‌هایی که در بر می‌گیرد بر نقش نور طبیعی در فضاهای آموزشی، بخصوص کلاس‌های درس و محیط‌های دانشگاهی مرکزیت دارد. خوشه‌ی سبز به تحلیل استراتژی‌های بالابردن بهره‌وری انرژی به وسیله‌ی عملکرد نور روز، صرفه‌جویی انرژی و طراحی پارامتریک در فضاهای آموزشی می‌پردازد. خوشه‌ی آبی پررنگ نشانگر استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی رایانه‌ای به منظور طراحی نور روز و بررسی مصرف انرژی ساختمان‌هاست. خوشه‌ی زرد به مفاهیم کلان معماری، فضاهای آموزشی و پایداری می‌پردازد و پیوستگی بین مصرف انرژی، آسایش بصری و طراحی پایدار را ارزیابی می‌کند. خوشه‌ی بنفش بر شاخص‌های مدرن ارزیابی نور روز به مانند خودکفایی نور روز، شاخص‌های دینامیک و کنترل خیرگی توجه دارد. خوشه‌ی آبی کمرنگ به ارزیابی کیفیت محیط داخلی از منظر نورپردازی می‌پردازد و بر شاخص روشنایی مفید نور روز و منابع نوری تأکید دارد. خوشه‌ی نارنجی به جنبه‌های طراحی معماری کلاس‌های درس با تأکید بر کنترل کیفیت و توسعه پایدار می‌پردازد. خوشه‌ی قهوه‌ای به تحلیل نور طبیعی، تابش خورشیدی و نقش نور مصنوعی در تکمیل سیستم روشنایی توجه دارد.

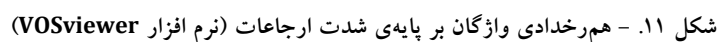
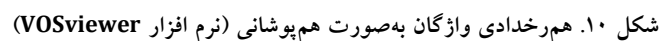
مطابق با شکل ۱۰، کلیدواژه‌هایی که به طیف رنگ زرد نزدیک‌تر هستند، بیانگر روندهای جدیدتر پژوهشی در این حوزه‌اند؛ از جمله واژگانی مانند دانشجویان کالج^۱، نور خورشید^۲، صرف انرژی^۳، معیار نور روز^۴ و طراحی پارامتریک^۵. پس از این گروه، کلیدواژه‌هایی نظیر فضاهای آموزشی^۶، کلاس‌های دانشگاهی^۷ و اثرات خیرگی^۸ در زمره‌ی مفاهیم نسبتاً جدیدتر قرار می‌گیرند. از سوی دیگر، بر اساس شکل ۱۱، واژه‌هایی که به سمت رنگ زرد تمایل بیشتری دارند دارای میانگین ارجاعات بالاتری هستند. در این میان، مفاهیمی همچون شبیه‌سازی نور روز^۹، نور طبیعی^{۱۰}، حفظ انرژی^{۱۱}، طراحی پارامتریک و طراحی معماری^{۱۲} از نظر میانگین استنادی جایگاه برجسته‌تری دارند.

در نهایت، جدول ۴ به معرفی ده کلیدواژه‌ی برتر از نظر بیشترین تعداد تکرار و بیشترین تعداد پیوند کلیدواژه با سایر کلیدواژه‌ها در این حوزه‌ی پژوهشی اختصاص یافته‌است.



شکل ۹. شبکه‌ی هم‌رخدادی واژگان (نرم افزار VOSviewer)

- 1 College students
- 2 Sunlight
- 3 Energy consumption
- 4 Daylighting metric
- 5 Parametric design
- 6 Educational spaces
- 7 University classrooms
- 8 Glare effects
- 9 Daylight simulation
- 10 Natural lighting
- 11 Energy conservation
- 12 Architectural design



جدول ۴. کلیدواژه‌های برتر از نظر بیشترین تعداد تکرار و پیوند با سایر کلیدواژه‌ها

شماره	کلیدواژه	تعداد تکرار	شماره	کلیدواژه	تعداد پیوند کلیدواژه با سایر کلیدواژه‌ها
۱	Daylighting	۸۱	۱	Daylighting	۴۳۰
۲	Visual comfort	۵۹	۲	Visual comfort	۳۱۷
۳	Student	۲۷	۳	Student	۱۷۹
۴	Energy efficiency	۲۲	۴	Energy utilization	۱۶۵
۵	Lighting	۲۲	۵	Energy efficiency	۱۴۶
۶	Glare	۲۰	۶	Lighting	۱۴۵
۷	Energy utilization	۱۹	۷	Thermal comfort	۱۴۰
۸	Architectural design	۱۸	۸	Architectural design	۱۳۸
۹	Thermal comfort	۱۸	۹	Glare	۱۳۱
۱۰	Classroom	۱۷	۱۰	Educational buildings	۱۱۷

بحث

یافته‌های این تحقیق، تصویری جامع از وضعیت علمی حوزه‌ی نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی طی دو دهه‌ی اخیر (بازه‌ی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵) ارائه می‌دهد. تحلیل‌های صورت گرفته نشانگر این هستند که رشد انتشارات در این حوزه از سال ۲۰۱۷ به بعد شتاب قابل توجهی گرفته است، که می‌تواند به دلیل افزایش توجه بین‌المللی به پایداری انرژی، سیاست‌های معماری سبز و افزایش اهمیت کیفیت محیط یادگیری باشد. این روند رو به رشد با پیدایش فناوری‌های شبیه‌سازی نوری، نرم‌افزارهای تحلیل عملکرد ساختمان و استانداردهای به‌روز مانند ای‌ان ۱۷۰۳۷ و ساختمان خوب هم‌زمان بوده است.

از نظر جغرافیایی، کشورهای آسیایی به‌ویژه چین و ایران در تولید علم این حوزه پیشرو بوده‌اند. چین با بیشترین تعداد اسناد و ایران با بیشترین میزان ارجاع، رتبه‌ی خاصی در تشکیل بدنه‌ی علمی این حوزه دارند. حضور فعال دانشگاه‌های ایرانی، نشانگر توجه ویژه‌ی تحقیقات انجام‌شده در ایران بر موضوعات وابسته با طراحی پایدار، کمینه‌سازی انرژی و آسایش بصری در فضاهای آموزشی است. در مقابل، کشورهای اروپایی و آمریکا علیرغم سهم کمتر در اسناد، از نظر میزان اثرگذاری علمی و میانگین ارجاعات، مقام بهتری دارند که این امر می‌تواند به دلیل کیفیت بالاتر خروجی‌های پژوهشی و انتشار در مجلات با ضریب تأثیر بالاتر باشد.

بررسی همکاری‌های علمی نشان داد که شبکه‌های همکاری در این زمینه غالباً درون‌منطقه‌ای هستند و ارتباطات فرامرزی هنوز به سطح خوبی نرسیده است. این امر به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه قابل مشاهده است و می‌تواند یکی از دلایل محدود بودن تبادل تجربیات و استانداردهای طراحی بین مناطق گوناگون باشد. استحکام شبکه‌های پژوهشی بین‌المللی و شکل‌گیری برنامه‌های چندملیتی می‌تواند باعث انسجام نظری بیشتر و انتقال دانش کاربردی در مقیاس بین‌المللی شود.

از نظر محتوایی، تحلیل هم‌رخدادی واژگان هشت خوشه را مشهود ساخت که نشانگر تنوع موضوعی و چندبعدی بودن تحقیقات نور روز در فضاهای آموزشی است. واکاوی روند کلیدواژه‌های جدیدتر مانند طراحی پارامتریک، معیار نور روز و دانشجویان کالج نیز بیانگر این است که جهت‌گیری پژوهش‌ها در

سالیان گذشته به سوی استفاده از ابزارهای محاسباتی پارامتریک و تحلیل‌های رفتاری کاربران در محیط‌های دانشگاهی در حال توسعه است. این روند، گامی در راستای پیوند فناوری‌های مدرن طراحی با اصول روان‌شناسی محیطی محسوب می‌شود.

در نهایت، از نظر منابع علمی، مجلات *Energy and Buildings* و *Applied Energy* بیشترین تعداد ارجاع را در این زمینه پژوهشی داشته‌اند. این موضوع حاکی از آن است که تحقیقات مرتبط با نور روز، از حدود صرفاً معماری فراتر رفته و به زمینه‌ی گسترده‌تر مهندسی انرژی و پایداری وارد شده‌اند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف ترسیم چشم‌انداز مطالعات مربوط به نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی، به وسیله‌ی یک تحلیل بیبلیومتریک، ادبیات منتشر شده در پایگاه اسکاپوس بین بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ را مورد ارزیابی قرار داد (۱۵۲ مطالعه). با استفاده از شاخص‌های بیبلیومتریک، شبکه‌های هم‌نویسندگی، استنادی، هم‌رخدادی واژگان، جریان‌های علمی غالب و شکاف‌های پژوهشی این حوزه مشخص شدند.

نتایج نشان داد که تحقیقات این حوزه رشد قابل ملاحظه‌ای به ویژه از سال ۲۰۱۷ به بعد داشته‌اند. بررسی خوشه‌ای کلیدواژه‌ها نشان داد که مفاهیمی مانند شبیه‌سازی نور روز، نور طبیعی، حفظ انرژی، طراحی پارامتریک و طراحی معماری محورهای اصلی پژوهش هستند چون میانگین ارجاعات بیشتری دارند. همچنین طبق نتایج، کشورهای چین با ۲۷ مقاله و ایران با ۱۹ مقاله بیشترین سهم انتشارات را به خود اختصاص داده‌اند. نویسندگان برجسته مانند زهراسادات زمردیان با ۶ مقاله و محمد تحصیلدوست با ۵ مقاله، بیشترین تعداد انتشار مقاله و مجلات *Energy and Buildings* با ۱۳ مقاله و *Buildings* با ۱۲ مقاله، بیشترین تعداد اسناد را دارند.

این مطالعه ضمن ارائه یک تحلیل بیبلیومتریک نسبتاً جامع از مطالعات مرتبط با نور روز و آسایش بصری در فضاهای آموزشی، دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. نخست آنکه تحلیل فقط در پایگاه اسکاپوس و مقالات انگلیسی زبان انجام شده است بنابراین امکان نادیده گرفتن برخی از اسناد علمی وجود دارد. دوم، تمرکز بر بازه‌ی زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ و مقالات پژوهشی و مروری این بازه است که ممکن است باعث شود برخی روندهای نوظهور یا اطلاعات کاربردی موجود در کنفرانس‌ها، رساله‌های دانشگاهی و گزارش‌ها در نتایج دیده نشود. سوم، نتایج تحلیل بیبلیومتریک به شدت به استراتژی سرچ اتخاذ شده وابسته است، هر چند که تلاش شده در این پژوهش ترکیبی جامع از کلیدواژه‌های مرتبط این حوزه به کار گرفته شود، ممکن است تنوع واژگان و تغییر مفاهیم در طول زمان باعث نادیده گرفتن برخی مطالعات مرتبط شده باشد. چهارم، مرکزیت شاخص‌های بیبلیومتریک، امکان بررسی عمیق محتوای کیفی تحقیقات را محدود می‌سازد.

در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که ادبیات علمی این حوزه با عبور از مرحله‌ی اکتشافی، اکنون در جایگاه تثبیت مفاهیم و همگرایی بین رویکردهای فنی، ادراکی و آموزشی قرار دارد. با این حال، شکاف‌هایی همچنان قابل مشاهده است؛ از جمله نبود روشی جامع در راستای ارزیابی هم‌زمان آسایش بصری، انرژی و عملکرد آموزشی، همچنین کمبود پژوهش‌های میدانی در مناطق مختلف اقلیمی. از این رو، مطالعات آینده باید با اصرار بر استفاده از داده‌های واقعی محیطی و تحلیل در مقیاس‌های مختلف (از کلاس تا پردیس آموزشی) گسترش یابند.

به طور کلی، یافته‌های این پژوهش می‌تواند به عنوان نقشه‌ی راهی برای سیاست‌گذاران، طراحان و پژوهشگران به منظور بهبود کیفیت محیط‌های آموزشی و افزایش سلامت و کارایی کاربران مورد استفاده قرار گیرد. بهره‌گیری از نور طبیعی، علاوه بر کاهش مصرف انرژی، به طور مستقیم بر فرآیند یادگیری، سلامت

روانی و تجربه‌ی ادراکی دانش‌آموزان تأثیرگذار است؛ از این رو، پیوند راهبردهای طراحی نور روز با معیارهای آسایش بصری باید به یکی از پایه‌های اساسی طراحی مدارس و دانشگاه‌های آینده تبدیل شود.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

خلاصه مبسوط

Extended Abstract

Introduction

Energy use has become a central global concern because of its environmental, economic, and social consequences (1). Buildings account for approximately 30–40% of worldwide energy consumption (2) and therefore represent a major target for efficiency-oriented design and policy interventions. Within the building sector, educational facilities are among the most energy-intensive building types after residential and office buildings (4). Their high consumption is associated with expanding information-technology infrastructure, increasing numbers of users, changing educational programs, and greater reliance on lighting and cooling systems (5). The continued use of fossil-based energy in schools and universities further intensifies the need for sustainable architectural responses.

Daylight is one of the most important passive strategies for reducing energy demand while improving indoor environmental quality. Its effective use can decrease dependence on artificial lighting (7) and has consequently become a fundamental priority in building design (8). In educational environments, daylight quality and availability influence students' visual experience,

learning conditions, and the energy performance of buildings (9). Nevertheless, daylight is often distributed unevenly across classrooms, producing areas of insufficient illumination as well as zones exposed to excessive brightness or glare. Such conditions can reduce visual comfort, impair users' satisfaction, and increase the use of electric lighting (9). Visual comfort therefore depends not merely on the presence of natural light but on the provision of adequate and well-balanced illumination without disturbing brightness contrasts or excessive intensity. Failure to achieve this balance can undermine both occupant well-being and energy-saving objectives (12).

The growing influence of standards such as EN 17037, LEED, ASHRAE 90.1, and WELL has encouraged researchers to evaluate daylight through measurable performance indicators, simulation tools, and user-centered criteria. However, despite the rapid expansion of publications, systematic quantitative assessments of this field remain limited. Bibliometric analysis is suitable for examining large bodies of literature, identifying intellectual structures, tracing scientific development, and detecting emerging themes (13, 14). It clarifies relationships among publications and reveals dominant patterns through descriptive and network-based indicators (15). It can also summarize accumulated knowledge, expose research gaps, and support the formulation of future research agendas (16). Accordingly, this study aimed to map the scientific development of research on daylight and visual comfort in educational spaces between 2000 and 2025. It examined publication growth, influential authors and institutions, national and international collaboration, citation patterns, dominant thematic clusters, emerging keywords, and opportunities for future research.

Methods and Materials

The study employed a bibliometric research design. Scientific records were retrieved exclusively from the Scopus database for the period from 2000 to 2025. The search strategy combined terms related to daylight and natural illumination, visual comfort and glare, and educational buildings and learning spaces. Searches were conducted within document titles, abstracts, and keywords. Eligibility was restricted to final English-language research and review articles published in scientific journals. Conference papers, book chapters, letters, and other document types were excluded to maintain the consistency of the dataset.

The initial search retrieved 484 documents. After applying filters related to publication year, language, document type, and publication stage, 262 records remained. No duplicate records were identified. Titles, abstracts, and keywords were subsequently reviewed to exclude studies that did not directly address daylight and visual comfort in educational settings. A final content assessment retained only studies investigating daylight and its relationship with visual comfort or visual performance in schools, classrooms, universities, or other educational spaces. The final dataset comprised 152 articles, including 148 original research articles and four review articles.

The bibliographic data were exported to Excel and analyzed using VOSviewer version 1.6.20. Four complementary analyses were conducted. Temporal publication analysis was used to examine changes in scientific output throughout the study period. Co-authorship analysis was conducted at the author and organizational levels to identify prominent researchers, institutions, and patterns of scientific collaboration. Citation analysis was used to determine the countries and journals with the greatest scientific influence. Keyword co-occurrence analysis was performed to map the conceptual structure of the literature and identify thematic clusters and emerging research trends. To strengthen the validity of the findings, two researchers independently reviewed the extracted data and analytical procedures. Any disagreement regarding the inclusion or classification of documents was resolved through consensus.

Findings

Publication output was limited and relatively dispersed between 2000 and 2017, followed by a marked acceleration. A total of 119 articles were published between 2018 and 2025. Annual output increased from five articles in 2018 to 27 articles in

2024, before reaching 21 articles in 2025. These results demonstrate that the field experienced its most substantial expansion during the final eight years of the study period.

The co-authorship networks indicated limited international integration. Authors and institutions generally collaborated within national or regional boundaries rather than through extensive cross-border networks. Zahra Sadat Zomorodian ranked first in publication output with six articles and also received the highest citation count among authors, with 233 citations. Mohammad Tahsildoost published five articles and received 222 citations. Parnian Bakmohammadi and Esmatullah Noorzai each received 208 citations. Emad S. N. Mushtaha demonstrated the greatest total link strength, with 12 collaborative links, followed by Yu Bian with 10 links.

At the organizational level, the School of Architecture at South China University of Technology produced the largest number of articles, with five documents, followed by the School of Architecture and Urban Planning at Guangdong University of Technology with four. The Department of Project and Construction Management at the University of Tehran received 208 citations and shared the highest organizational collaboration strength. Overall, Asian institutions led scientific production and collaborative activity, whereas the most highly cited institutions were distributed across both Asia and Europe.

China ranked first in publication output with 27 articles, followed by Iran with 19. Indonesia, Turkey, and the United Kingdom each produced nine articles. Iran achieved the highest citation total, with 701 citations, followed by the United Kingdom with 287, Hong Kong with 228, China with 221, and Turkey with 166. Journal analysis showed that *Energy and Buildings* and *Applied Energy* had the strongest citation impact. Regarding publication volume, *Energy and Buildings* ranked first with 13 documents, followed by *Buildings* and the *Journal of Building Engineering* with 12 each, the *Journal of Daylighting* with 11, and *Sustainability* with eight.

Keyword co-occurrence analysis revealed eight thematic clusters. These clusters addressed natural light in classrooms and university spaces; energy efficiency, energy conservation, and parametric design; computer simulation of daylight and building energy use; architecture, sustainability, and visual comfort; dynamic daylight indicators, daylight autonomy, and glare control; indoor environmental quality and useful daylight illuminance; architectural design and quality control in classrooms; and the combined roles of natural, solar, and artificial light.

“Daylighting” was the most frequent keyword, occurring 81 times and achieving a total link strength of 430. It was followed by “visual comfort,” with 59 occurrences and a link strength of 317, and “student,” with 27 occurrences and a link strength of 179. Recent themes included college students, sunlight, energy consumption, daylighting metrics, parametric design, university classrooms, educational spaces, and glare effects. Conceptual directions with comparatively high citation impact included daylight simulation, natural lighting, energy conservation, parametric design, and architectural design.

Discussion and Conclusion

The findings demonstrate that daylight and visual comfort in educational spaces have developed from a relatively fragmented topic into an established interdisciplinary research domain. The substantial increase in publications after 2017 appears to reflect the convergence of global energy concerns, green-building policies, advances in lighting simulation, performance-based standards, and growing recognition of the relationship between environmental quality and learning. The prominence of journals specializing in energy and building performance also shows that daylight research now extends beyond conventional architectural design into energy engineering, sustainability, environmental psychology, and educational performance.

China and Iran have become major contributors to the literature, while Iran’s high citation total indicates its considerable scientific influence. Nevertheless, the collaboration maps reveal that knowledge production remains geographically

fragmented. Most authors and institutions collaborate primarily with partners from the same country or region. Stronger multinational research networks could improve the comparability of findings, facilitate the exchange of climatic and technical knowledge, and support the development of assessment frameworks applicable across different geographical and educational contexts.

The thematic structure indicates a transition from basic evaluations of illumination toward integrated computational and user-centered approaches. Parametric design, dynamic daylight metrics, glare analysis, and behavioral assessment are increasingly being combined with energy optimization and sustainable design. This shift creates opportunities to connect architectural technologies with environmental perception and educational outcomes. However, major gaps remain. The literature lacks a comprehensive method capable of simultaneously evaluating visual comfort, energy performance, and learning-related outcomes. Field-based evidence is also insufficient across different climatic regions, age groups, educational levels, and spatial scales.

The study was limited to English-language journal articles indexed in Scopus and excluded conference papers, dissertations, reports, and other potentially relevant sources. Its findings also depended on the selected search terms and bibliometric indicators, which cannot replace a detailed qualitative evaluation of individual studies. Future research should therefore combine bibliometric mapping with systematic content analysis, real-time environmental measurements, occupant evaluations, and comparative investigations ranging from individual classrooms to entire educational campuses. Overall, the results provide a roadmap for researchers, designers, and policymakers. Integrating daylight strategies with visual-comfort criteria can reduce energy consumption while supporting healthier, more effective, and more sustainable schools and universities.

References

1. Nocerino G, Leone MF. Computational LEED: computational thinking strategies and Visual Programming Languages to support environmental design and LEED credits achievement. *Energy and Buildings*. 2023;278:112626.
2. Taileb A, Sherzad MF. Controlling Thermal Bridging as a Value-Added Technique to Enhance Energy Efficient Building Envelopes. *Future Cities & Environment*. 2024;10(1):1-15.
3. Wang X, Li W, Luo Z, Wang K, Shah SP. A critical review on phase change materials (PCM) for sustainable and energy efficient building: Design, characteristic, performance and application. *Energy and buildings*. 2022;260:111923.
4. Baydoğan MÇ, Özkantar V. Evaluation of daylight performance metrics according to country guidelines: The case of educational buildings in Turkey. *Energy and Buildings*. 2023;297:113487.
5. Elbellahy S, Alotaibi BS, Abuhussain MA. Field measurements of post-operation evaluation of daylighting and thermal comfort in hot and arid climates: A pilot study of three educational buildings on the Najran University campus in Saudi Arabia. *Journal of Building Engineering*. 2024;82:108174.
6. Khani A, Khakzand M, Faizi M. Multi-objective optimization for energy consumption, visual and thermal comfort performance of educational building (case study: Qeshm Island, Iran). *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2022;54:102872.
7. EN17037. Daylight in buildings. European Committee for Standardization; 2018.
8. Bakmohammadi P, Noorzai E. Optimization of the design of the primary school classrooms in terms of energy and daylight performance considering occupants' thermal and visual comfort. *Energy Reports*. 2020;6:1590-607.
9. Budhiyanto A, Chiou Y-S. Visual comfort and energy savings in classrooms using surveillance camera derived HDR images for lighting and daylighting control system. *Journal of Building Engineering*. 2024;86:108841.
10. Liu B, Liu Y, Deng Q, Hu K. A study on daylighting metrics related to the subjective evaluation of daylight and visual comfort of students in China. *Energy and Buildings*. 2023;287:113001.
11. Ali LA, Mustafa FA. Evaluating the impact of mosque morphology on worshipers' visual comfort: Simulation analysis for daylighting performance. *Ain Shams Engineering Journal*. 2024;15(2):102412.
12. Atzeri AM, Cappelletti F, Tzempelikos A, Gasparella A. Comfort metrics for an integrated evaluation of buildings performance. *Energy and Buildings*. 2016;127:411-24.
13. Donthu N, Kumar S, Mukherjee D, Pandey N, Lim WM. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of business research*. 2021;133:285-96.
14. Passas I. Bibliometric analysis: the main steps. *Encyclopedia*. 2024;4(2):1014-25.
15. Ninkov A, Frank JR, Maggio LA. Bibliometrics: methods for studying academic publishing. *Perspectives on medical education*. 2022;11(3):173-6.

16. Klarin A. How to conduct a bibliometric content analysis: Guidelines and contributions of content co-occurrence or co-word literature reviews. *International Journal of Consumer Studies*. 2024;48(2):e13031.
17. Mukherjee D, Lim WM, Kumar S, Donthu N. Guidelines for advancing theory and practice through bibliometric research. *Journal of business research*. 2022;148:101-15.
18. Öztürk O, Kocaman R, Kanbach DK. How to design bibliometric research: an overview and a framework proposal. *Review of managerial science*. 2024;18(11):3333-61.
19. Saini L, Khasa S. Insights from bibliometric analysis: exploring digital payments future research agendas. *International Journal of Electronic Finance*. 2024;13(4):494-526.
20. Liu W, Wang H. Red alert: Millions of “homeless” publications in Scopus should be resettled. *Journal of the Association for Information Science and Technology*. 2025;76(10):1283-91.
21. Van Eck N, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics*. 2010;84(2):523-38.