نشریهٔ علمی باغ نظر، ۲۲(۱۵۱)، ۷۵-۸۶ / دی ۱۴۰۴
DOI: 10.22034/bagh.2025.518578.5798

ترجمهٔ انگلیسی این مقاله نیز با عنوان:
Integrated Analysis of Daylight Metrics in Elderly Housing Design (A Case Study of Isfahan)
در همین شمارهٔ مجله به‌چاپ رسیده است.

مقالهٔ پژوهشی

تحلیل یکپارچه شاخص‌های نور روز در طراحی مسکن سالمندان (نمونهٔ موردی شهر اصفهان)*

آزیتا طهماسبی[۱]، ریما فیاض[۲]**، احمد دلبری[۳]، علی نوری[۱]، مریم قاسمی سیچانی[۴]
۱. گروه معماری، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. گروه فناوری معماری، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران
۳. گروه سالمندی، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران
۴. گروه معماری، واحد اصفهان(خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان،ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۷ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

چکیده

بیان مسئله: در اقلیم گرم‌وخشک، بهره‌گیری مؤثر از نور طبیعی یکی از عوامل کلیدی در ارتقاء کیفیت زندگی سالمندان محسوب می‌شود؛ زیرا نور روز علاوه‌بر اثرات فیزیولوژیکی و روانی، در کاهش وابستگی به نور مصنوعی نیز نقش دارد. با این حال، بسیاری از سکونتگاه‌های سالمندان در این اقلیم از نظر دستیابی به استانداردهای روشنایی طبیعی با چالش‌هایی مواجه‌اند.

هدف پژوهش: تحلیل کمی شاخص‌های کلیدی نور روز شامل «درصد روزهای قابل قبول نور (DA)»، «کفایت روشنایی خودکار (sDA)»، «بهره‌مندی مفید از نور (UDI)» و «ضریب دید آسمان (SVF)» در نمونه‌هایی از مسکن سالمندان در شهر اصفهان است. برای دستیابی به این هدف، داده‌های میدانی با استفاده از لوکس‌متر در ساعات مختلف روز جمع‌آوری و سپس با شبیه‌سازی دقیق در نرم‌افزارهای Dialux و Ladybug اعتبارسنجی شدند.

روش پژوهش: در این تحقیق، با ترکیب رویکرد میدانی (اندازه‌گیری نور محیط با لوکس‌متر در ساعات مختلف روز) و شبیه‌سازی‌های دقیق با استفاده از نرم‌افزارهای Dialux و Ladybug، شرایط نوری فضاهای مورد بررسی ارزیابی شده‌اند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که بسیاری از فضاهای مورد بررسی از نظر شاخص‌های DA و sDA در سطح مطلوب قرار ندارند، در حالی که بخش‌هایی محدود توانستند نور طبیعی را دربازهٔ مناسب UDI (۱۰۰ تا ۳۰۰۰ لوکس) تأمین کنند. همچنین مقادیر SVF در برخی فضاها، به‌ویژه در بخش‌های شمالی یا تحت تأثیر سایه‌اندازی عناصر بیرونی، پایین‌تر از حدود استاندارد بود. جمع‌بندی یافته‌ها بیانگر آن است که طراحی فعلی سکونتگاه‌های سالمندان در اقلیم گرم‌وخشک با الزامات نوری این گروه هم‌خوانی کامل ندارد.

واژگان کلیدی: *نور روز، سالمندان، اقلیم گرم‌وخشک، شاخص‌های نور روز، شبیه‌سازی نور.*

مقدمه

طراحی فضاهای مسکونی ویژه سالمندان یکی از چالش‌های اساسی معماری معاصر محسوب می‌شود. افزایش امید به زندگی و سهم فزایندهٔ سالمندان در ساختار جمعیتی، ضرورت ایجاد محیط‌های زیستی متناسب با نیازهای این گروه را دوچندان ساخته است. در چنین شرایطی، نور طبیعی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر محیطی، نقشی تعیین‌کننده در ارتقای کیفیت زندگی سالمندان دارد. نور روز نه‌تنها عاملی برای روشنایی فضا محسوب می‌شود، بلکه بر ابعاد مختلف سلامت جسمی و روانی اثرگذار است. تنظیم ریتم شبانه‌روزی، بهبود کیفیت خواب، تقویت خلق‌وخو و ارتقای عملکرد شناختی از جمله کارکردهایی است که ارتباط مستقیم با بهره‌گیری صحیح از نور طبیعی دارد. علاوه بر این، نور روز می‌تواند در افزایش ایمنی فضا نقش‌آفرین باشد، زیرا به بهبود بینایی، کاهش خطر سقوط و تقویت توانایی جهت‌یابی سالمندان کمک می‌کند.

با وجود اهمیت یادشده، طراحی مسکن در اقلیم‌های

* این مقاله برگرفته از رسالهٔ دکتری «آزیتا طهماسبی.» با عنوان « دستیابی به اصول دریافت نور روز برای آسایش مسکن سالمندان شهر اصفهان » است که به راهنمایی دکتر «ریما فیاض» و دکتر«احمددلبری» و مشاورهٔ دکتر «علی نوری» و دکتر «مریم قاسمی سیچانی» در دانشکدهٔ معماری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال در حال انجام است.

** نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۳۹۳۱۹۳۹، fayaz@art.ac.ir

گرم‌وخشک با محدودیت‌ها و دشواری‌های ویژه‌ای همراه است. شدت بالای تابش، نوسانات دمایی روز و شب و همچنین نیاز به مدیریت مصرف انرژی، دستیابی به تعادلی میان تأمین روشنایی کافی و کنترل بار حرارتی را ضروری می‌سازد. در سکونتگاه‌های سالمندان، این ضرورت ابعاد گسترده‌تری به خود می‌گیرد، چرا که علاوه‌بر تأمین روشنایی، باید از خیرگی، نوسانات نوری و ایجاد شرایط ناایمن نیز جلوگیری شود. از سوی دیگر، بسیاری از استانداردهای رایج در حوزهٔ نورپردازی براساس نیازهای جمعیت جوان تدوین شده‌اند و حساسیت‌های بینایی سالمندان را به‌طور کامل پوشش نمی‌دهند. کاهش قدرت بینایی، افت توانایی تشخیص رنگ و نیاز به شدت نور بیشتر از جمله ویژگی‌های دوران سالمندی است که در طراحی‌های متداول کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به همین دلیل، بسیاری از سالمندان در فضاهای مسکونی خود با مشکلاتی نظیر کم‌نوری، خیرگی و ناهماهنگی میان نور طبیعی و مصنوعی روبه‌رو هستند. بر این اساس، مسئله اصلی پژوهش حاضر بر بررسی وضعیت موجود سکونتگاه‌های سالمندان در اقلیم گرم‌وخشک و میزان انطباق آن‌ها با الزامات نوری مورد نیاز این گروه متمرکز است. نبود یک رویکرد تحلیلی جامع که شاخص‌های کمی نور روز را به‌صورت هم‌زمان در نظر بگیرد، فرصت‌های بهینه‌سازی طراحی را محدود کرده است. از این‌رو، این پژوهش با تمرکز بر شهر اصفهان به تحلیل یکپارچه شاخص‌های کفایت نور روز (DA، sDA، cDA)، بهره‌مندی مفید از نور (UDI) و ضریب دید آسمان (SVF) می‌پردازد. هدف آن است که روشن شود کدام شاخص‌ها بیشترین اثرگذاری را بر کیفیت نوری فضاهای سکونتی سالمندان دارند و چگونه می‌توان با تلفیق آن‌ها، شرایط نوری متناسب با نیازهای این گروه را در اقلیم‌های گرم‌وخشک بهبود بخشید.

مبانی نظری و مرور ادبیات

نور روز، به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین عوامل محیطی در طراحی معماری، نقش کلیدی در بهبود کیفیت زندگی ساکنین ایفا می‌کند، به‌ویژه در سکونت‌گاه‌های سالمندان که حساسیت بیشتری نسبت به شرایط نوری دارند. نور طبیعی نه‌تنها به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند، بلکه تاثیرات گسترده‌ای بر سلامت روانی، ریتم شبانه‌روزی، بهبود خواب، خلق‌وخو و عملکرد شناختی سالمندان دارد (Mardaljevic et al., 2022; Figueiro et al., 2020). از این رو، تحلیل دقیق شاخص‌های نور روز به منظور بهینه‌سازی طراحی‌های معماری، به‌ویژه در اقلیم‌های گرم‌وخشک، امری ضروری تلقی می‌شود.

• تعریف و اهمیت نور روز در معماری مسکونی

نور روز (Daylight) به نوری اطلاق می‌شود که از طریق منابع طبیعی مانند خورشید وارد فضای داخلی می‌شود و شامل نور مستقیم، نور پراکنده آسمان و نور منعکس‌شده از سطوح بیرونی است (Boubekri, 2008). بهره‌گیری از نور طبیعی در معماری یکی از اصول کلیدی طراحی محسوب می‌شود و تأثیر مستقیمی بر آسایش بصری، صرفه‌جویی انرژی و ارتقای کیفیت زندگی کاربران دارد (Reinhart & Galasiu, 2006). این موضوع در معماری مسکونی، به‌ویژه در اقلیم‌های گرم و خشک که شدت تابش بالاست، اهمیت دوچندان می‌یابد؛ زیرا از یک سو تأمین روشنایی کافی ضروری است و از سوی دیگر باید از بروز خیرگی و افزایش بار حرارتی جلوگیری شود (Taleghani et al., 2014). از منظر انسانی، نور روز علاوه‌بر کارکرد روشنایی، نقش مهمی در تنظیم ریتم شبانه‌روزی (circadian rhythm) ایفا می‌کند و در بهبود کیفیت خواب، کاهش افسردگی و پشتیبانی از عملکرد شناختی مؤثر است (Figueiro et al., 2020). این امر برای سالمندان اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا کاهش بینایی، افت قدرت تشخیص رنگ و نیاز به شدت نور بیشتر، آنها را نسبت به کمبود نور طبیعی آسیب‌پذیرتر می‌سازد (van Hoof et al., 2021; Figueiro et al., 2008). در نتیجه، تأمین شرایط نوری مناسب در فضاهای مسکونی سالمندان می‌تواند مانع خطاهای حرکتی و سقوط و همچنین موجب افزایش رضایتمندی و تعاملات اجتماعی شود (Brawley, 2001; Choi & Beltran, 2022). استانداردهای بین‌المللی همچون EN ۱۷۰۳۷ و WELL Building Standard نیز بر لزوم دسترسی کافی به نور روز در فضاهای داخلی تأکید دارند و آن را نه صرفاً یک عامل عملکردی، بلکه یک مؤلفه حیاتی برای سلامت عمومی می‌دانند (CEN, 2019; IWBI, 2020). در این راستا، استفاده از شاخص‌های علمی نظیر Daylight Autonomy (DA)، Spatial Daylight Autonomy (sDA)) و Useful Daylight Illuminance (UDI) ابزارهای مهمی برای سنجش کیفیت نوری محسوب می‌شوند (Reinhart et al., 2011). این شاخص‌ها امکان شبیه‌سازی و ارزیابی کمّی شرایط نوری را در اختیار طراحان قرار می‌دهند و مبنایی برای تصمیم‌گیری‌های طراحی فراهم می‌کنند. با توجه به روند رو به رشد جمعیت سالمندان و تمایل آنان به زندگی مستقل، توجه به کیفیت نور طبیعی در طراحی

مسکن به یکی از الزامات معماری معاصر تبدیل شده است. طراحی‌هایی که تأمین نور کافی را تضمین کنند، می‌توانند به ارتقای خوداتکایی، آسایش و رفاه سالمندان کمک شایانی نمایند (Zadeh et al., 2022).

• شاخص‌های اصلی تحلیل نور روز

در ارزیابی کمّی و کیفی نور طبیعی در فضاهای مسکونی، به‌ویژه برای گروه‌های حساس مانند سالمندان، شاخص‌های بین‌المللی معتبر به‌کار می‌روند. جدول ۱ مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است.

• استانداردهای بین‌المللی مرتبط

برای ارزیابی و طراحی روشنایی طبیعی در معماری، استانداردهای بین‌المللی مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از.

- **LEEDv⁴ (U.S. Green Building Council):** این استاندارد شاخص‌های sDA و ASE (Annual Sunlight Exposure) را برای ارزیابی کیفیت نور روز لحاظ می‌کند و حداقل sDA=55% را برای فضاهای داخلی الزامی می‌داند (USGBC, 2021).
- **WELL Building Standard:** بر سلامت و اثرات بیولوژیکی نور تمرکز دارد و نور روز را به عنوان عاملی برای تنظیم ریتم شبانه‌روزی و ارتقای رفاه کاربران، به‌ویژه در فضاهای مسکونی و درمانی، در نظر می‌گیرد (IWBI, 2020).
- **EN 17037 (European Standard):** استاندارد اروپایی برای ارزیابی نور روز است که مقادیر مرجع حداقل برای سطح روشنایی و دید به بیرون را تعریف می‌کند. این استاندارد تأکید دارد که نور روز علاوه بر نقش عملکردی، بخشی از کیفیت فضایی و سلامت عمومی ساکنان است (CEN, 2019).

چارچوب نظری

چارچوب نظری این پژوهش برمبنای ارتباط علّی میان ورودی‌ها، سازوکارها، شاخص‌های نور روز و پیامدهای انسانی و عملکردی تدوین شده است. هدف این چارچوب آن است که نشان دهد چگونه متغیرهای طراحی و اقلیمی از طریق سازوکارهای میانجی، برشاخص‌های کمّی روشنایی اثر گذاشته و درنهایت کیفیت زندگی سالمندان را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

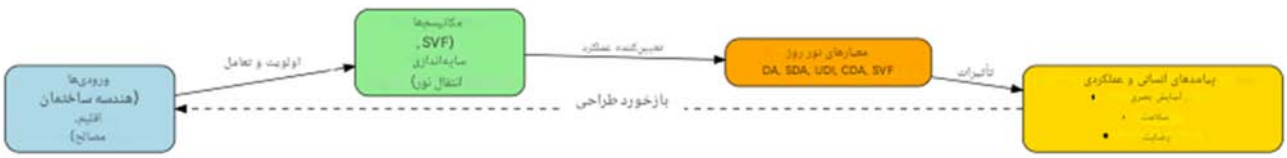
- **ورودی‌ها:** این بخش شامل هندسه (ابعاد، عمق فضا، موقعیت بازشوها)، ویژگی‌های اقلیمی (شدت و جهت تابش، تغییرات دما) و مصالح (ضرایب بازتاب و انتقال نور) است. اولویت‌بندی این متغیرها نشان می‌دهد که هندسه و اقلیم سهم بیشتری در تعیین شرایط نوری دارند، در حالی‌که مصالح به‌عنوان عامل مکمل عمل می‌کنند.
- **سازوکارها:** ورودی‌ها از طریق سازوکارهایی مانند ضریب دید آسمان (SVF)، میزان سایه‌اندازی و انتقال نور پنجره‌ها بر کیفیت روشنایی تأثیر می‌گذارند. این سازوکارها دارای ارتباطات متقابل‌اند؛ به‌عنوان نمونه، کاهش SVF نه‌تنها دید به آسمان را محدود می‌کند بلکه بر UDI و DA نیز اثر منفی دارد.
- **شاخص‌های نور روز:** نتایج کمّی تحلیل‌ها در قالب شاخص‌های DA، sDA، UDI، cDA و SVF محاسبه می‌شوند. این شاخص‌ها به‌صورت خوشه‌ای ارزیابی می‌شوند تا نشان دهند که چگونه تغییرات ورودی‌ها و سازوکارها به صورت هم‌زمان بر روشنایی طبیعی اثر می‌گذارند.
- **پیامدهای انسانی و عملکردی:** اثرات نهایی شاخص‌ها بر سه سطح از پیامدها تبیین می‌شوند.

۱. سطح عملکردی: کفایت روشنایی بصری و کاهش خیرگی،
۲. سطح زیستی-روانی: بهبود ریتم شبانه‌روزی، خواب و سلامت روانی،
۳. سطح ادراکی-اجتماعی: ارتقای کیفیت فضایی، رضایتمندی و افزایش تعاملات اجتماعی سالمندان،

این چارچوب، با نمایش روابط اولویت‌دار و متقابل میان متغیرها، نه‌تنها فرایند پژوهش را هدایت می‌کند بلکه در بخش «بحث» نیز به‌عنوان مرجع تحلیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نتیجه، هم‌پیوند نظری و هم مسیر عملی پژوهش به‌طور شفاف مشخص می‌شود (تصویر ۱).

پیشینهٔ تحقیق

در سال‌های اخیر، توجه به نقش نور روز در بهبود کیفیت زندگی سالمندان در پروژه‌های مسکن، به‌ویژه در مناطق با اقلیم گرم‌وخشک، رشد فزاینده‌ای یافته است. مطالعات متعددی به بررسی شاخص‌های کمی و کیفی نور طبیعی در فضاهای مسکونی پرداخته‌اند که هر کدام از منظری خاص، به طراحی



تصویر ۱. چارچوب نظری. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۱. شاخص‌های اصلی تحلیل نور روز. مأخذ:نگارندگان

شاخص	تعریف	واحد/ دامنه	آستانهٔ مرجع	اهمیت برای سالمندان	منبع
SVF – Sky View Factor (ضریب دید آسمان)	نسبت میدان دید قابل دسترس به آسمان از یک نقطه مشخص در فضای باز یا نیمه‌باز	بدون بعد (۰ تا ۱)	مقادیر بالاتر نشانگر دریافت بیشتر نور روز	محدودیت SVF در اقلیم گرم‌وخشک باعث کاهش نفوذ نور به فضاهای داخلی می‌شود.	Compagnon, 2004; Taleghani et al., 2014
DA – Daylight Autonomy (کفایت روشنایی روز)	درصدی از ساعات سال که روشنایی یک نقطه صرفاً با نور طبیعی به سطح موردنیاز می‌رسد.	%	معمولاً ≤ ۳۰۰ لوکس برای ≤ ۵۰% ساعات	برای سالمندان ۳۰۰–۵۰۰ لوکس توصیه می‌شود.	IES, 2022; Rogers et al., 2020
sDA – Spatial Daylight Autonomy (کفایت فضایی روشنایی روز)	درصدی از سطح فضا که حداقل سطح روشنایی در آن برای بخش عمده‌ای از سال برقرار می‌شود.	% سطح	sDA ≥ 55% (طبق LEED v4)	شاخص مهم در فضاهای نشیمن و خواب سالمندان	Reinhart et al., 2011
UDI – Useful Daylight Il-luminance (شدت نور مفید)	درصد ساعات سال که شدت نور در بازه مفید (۱۰۰–۲۰۰۰ لوکس) قرار دارد.	%	۱۰۰–۲۰۰۰ لوکس	بالاتر از ۲۰۰۰ لوکس می‌تواند موجب خیرگی سالمندان شود.	Mardaljevic & Christoffersen, 2019
cDA – Continuous Day-light Autonomy (کفایت پیوسته روشنایی روز)	مشابه DA اما شدت نور بیش از مقدار مرجع را نیز در نظر می‌گیرد و به صورت پیوسته سنجیده می‌شود.	%	آستانه ≤ ۲۰۰ لوکس (در برخی مطالعات)	برای ارزیابی روشنایی عمق فضاها در پلان‌های باز مفید است.	Galasiu et al., 2021

پایدار توجه نشان داده‌اند. برای نمونه، آقا مولایی و همکاران (Aghamolaei et al., 2024). با تحلیل نور روز در واحدهای مسکونی مناطق گرم ایران، نشان دادند که زاویهٔ تابش، ارتفاع پنجره و رنگ مصالح تأثیر بسزایی در میزان دستیابی به روشنایی مناسب دارد. همچنین در مطالعه‌ای توسط قاسمی و همکاران (Ghasemi et al., 2020). بر روی ساختمان‌های بومی یزد، ارتباط بین نسبت جداره‌های شفاف به سطوح کل بنا و شاخص UDI بررسی شده و مشخص شد که فرم و بافت بنا در تنظیم توزیع نور روز نقشی تعیین‌کننده دارد. در پژوهشی مشابه، موسوی و بهزادفر (Mousavi & Behzadfar, 2021) در بررسی خانه‌های سنتی کاشان، تأکید کرده‌اند که حیاط مرکزی و پنجره‌های مرتفع می‌توانند هم‌زمان به تهویهٔ طبیعی و افزایش عمق نفوذ نور کمک کنند. این یافته‌ها با نتایج Alwetaishi (۲۰۲۰) در اقلیم عربستان هم‌راستا بود که تأثیر استراتژی‌های سنتی بر روشنایی مطلوب داخلی را تایید کرد. در سطح بین‌المللی نیز، مطالعاتی چون لوپز و همکاران (López et al., 2022) و وان هوف و همکاران (van Hoof et al., 2021). بر اهمیت نور طبیعی در مراکز نگهداری سالمندان تأکید کرده و دریافتند که طراحی نامناسب نوری موجب افزایش تنش، اختلال خواب و حتی ناتوانی در تشخیص مسیر توسط سالمندان می‌شود. برخی دیگر نیز با معرفی شاخص‌هایی مانند DA و sDA، زمینه را برای کمی‌سازی کیفیت نور روز فراهم ساختند؛ با این حال، کاربرد این شاخص‌ها در طراحی مسکن سالمندان، به‌ویژه در زمینهٔ معماری اقلیمی مناطق خشک، همچنان محدود باقی مانده است (Reinhart et al., 2011; Mardaljevic et al., 2012). از منظر استانداردسازی نیز، استانداردهایی چون EN 17037 و WELL اگرچه معیارهای مشخصی برای تأمین نور طبیعی ارائه داده‌اند، اما در تطابق با الزامات اقلیمی ایران و ویژگی‌های فیزیولوژیکی سالمندان نیاز به بومی‌سازی دارند (CEN, 2019; IWBI, 2020).

با وجود مطالعات متعدد، چندین شکاف کلیدی در حوزهٔ نور روز در مسکن سالمندان در اقلیم‌های گرم‌وخشک مشاهده می‌شود:

- عدم تلفیق جامع شاخص‌های نوری مانند DA، sDA، UDI و SVF در تحلیل یکپارچه طراحی،
- کمبود مطالعات عددی و شبیه‌سازی‌شده در حوزهٔ طراحی نور روز برای جمعیت سالمندان به‌صورت اختصاصی،
- عدم بومی‌سازی استانداردهای بین‌المللی با زمینه‌های اقلیمی ایران.
- کم توجهی به اثرات غیر بصری نور طبیعی (Melanopic Lighting) در طراحی مسکن سالمندان،
- نبود مطالعات موردی کافی در زمینهٔ تطبیق فرم، جهت‌گیری و مصالح معماری با عملکرد نوری مناسب در مناطق گرم‌وخشک ایران.

این موارد، ضرورت انجام پژوهشی جامع با تمرکز بر تحلیل یکپارچه شاخص‌های نور روز در طراحی پایدار مسکن سالمندان را نشان می‌دهد (جدول ۲).

جدول ۲. پیشینهٔ تحقیق. مأخذ: نگارندگان.

نام پژوهشگر	سال	عنوان پژوهش	منطقه	روش پژوهش	شاخص‌های نوری	جمعیت هدف	شکاف پژوهشی
آقامولایی و همکاران (Aghamolaei et al.)	2022	بررسی عملکرد نور روز در ساختمان‌های گرمسیری	جنوب ایران	شبیه‌سازی DIALux	UDI، DA	عمومی	عدم تمرکز بر سالمندان
قاسمی و همکاران (Ghasemi et al.)	2020	تحلیل نور طبیعی در معماری بومی یزد	یزد	شبیه‌سازی + تحلیل میدانی	UDI	عمومی	کمبود تحلیل ترکیبی شاخص‌ها
موسوی و بهزادفر (Mosavi & Behzadfar)	2021	بررسی تأثیر حیاط مرکزی در نورگیری	کاشان	کیفی	توزیع روشنایی	عمومی	عدم توجه به شاخص‌های عددی
لوپز و همکاران (Lopez et al.)	2022	ارزیابی روشنایی در مراکز سالمندان	اسپانیا	اندازه‌گیری میدانی	DA، SVF	سالمندان	نبود انطباق اقلیمی
ون هوف و همکاران (Van Hoof et al.)	2021	طراحی محیطی برای سالمندان	هلند	مرور سیستماتیک	نور عمومی	سالمندان	عدم بررسی اقلیم خشک
الویتایشی (Alwetaishi)	2020	تحلیل نور روز در اقلیم گرم عربستان	عربستان	شبیه‌سازی	DA، sDA	عمومی	عدم تمرکز بر گروه‌های خاص

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی-توسعه‌ای بوده و با رویکرد ترکیبی (کمّی-کیفی) و روش توصیفی-تحلیلی انجام شد. هدف، ارزیابی کیفیت نور طبیعی در طراحی مسکن سالمندان با تأکید بر شاخص‌های جامع نور روز در اقلیم گرم‌وخشک شهر اصفهان است. چارچوب روش‌شناسی به گونه‌ای طراحی شد که امکان تحلیل دقیق پارامترهای مؤثر بر روشنایی طبیعی در فضاهای مسکونی سالمندان فراهم شود. جدول ۳ داده‌ها از دو مسیر اصلی گردآوری شدند.

- **شبیه‌سازی دینامیک:** با استفاده از افزونه Ladybug 1.4.0 در محیط Grasshopper-Rhino 7 و فایل اقلیمی EPW اصفهان. شبکهٔ نمونه‌برداری بر مبنای گرید ۰/۵×۰/۵ متر و دورهٔ زمانی یک‌ساله تنظیم شد. شاخص‌های مورد بررسی شامل sDA، UDI، cDA و SVF در سه ارتفاع ۰/۸، ۱/۱ و ۱/۱ متر (مطابق خط دید نشسته یا وضعیت خوابیده سالمندان) و در اتاق‌های منتخب (اتاق‌های ۲، ۷، ۱۲ و ۱۷) محاسبه شد.
- **اندازه‌گیری میدانی:** داده‌های شدت روشنایی (لوکس)، دما و رطوبت نسبی با استفاده از لوکس‌متر و ترمومتر دیجیتال در چند روز متوالی و ساعات ۹، ۱۲ و ۱۵ ثبت شد. این داده‌ها مرجع اعتبارسنجی شبیه‌سازی بودند (تصویر ۲).

نمونهٔ‌موردی شامل ساختمان‌های مسکونی سالمندان در بافت مرکزی اصفهان بود که به صورت هدفمند و با توجه به عمق فضا، درصد بازشوها و وجود سایه‌اندازی (درختان بلند، جان‌پناه‌ها، سایبان‌ها) انتخاب شدند. اطلاعات تکمیلی از

تصویر ۲. دستگاه اندازه‌گیری شدت روشنایی(لوکس متر مدل ST-1301). مأخذ: نگارندگان.

طریق مشاهده، عکس‌برداری، گفتگو با ساکنان و نقشه‌های معماری گردآوری شد (تصاویر ۳ و ۴).

ابتدا اندازه‌گیری میدانی انجام شد تا داده‌های واقعی محیط

به دست آید. سپس شبیه‌سازی دینامیک براساس ورودی‌ها صورت گرفت و نتایج آن با داده‌های میدانی مقایسه شد. در صورت وجود اختلاف، مدل شبیه‌سازی کالیبره شد. به این ترتیب، نتایج میدانی نقش مرجع برای اعتبارسنجی شبیه‌سازی ایفا کردند. اعتبارسنجی با مقایسهٔ نتایج شبیه‌سازی و داده‌های میدانی انجام شد. معیارهای آماری شامل.

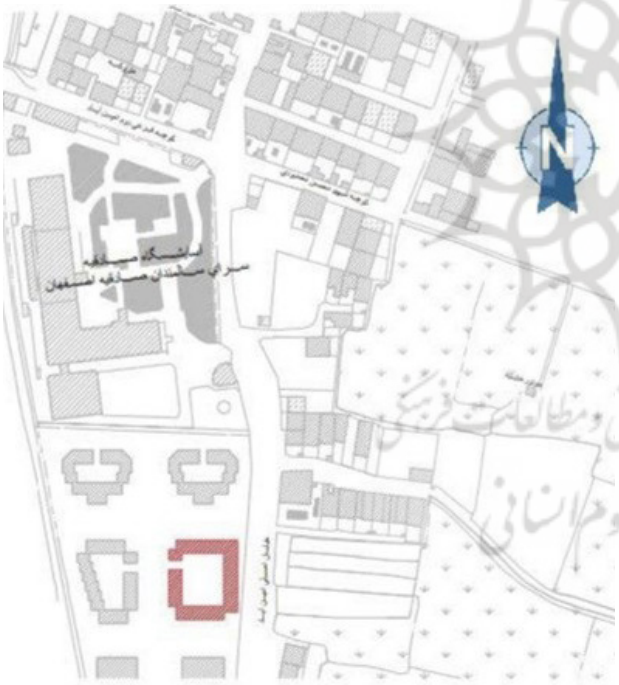
- **RMSE (Root Mean Square Error)** برای ارزیابی خطای کلی،
- **MAE (Mean Absolute Error)** برای خطای مطلق میانگین،
- **MBE (Mean Bias Error)** برای بررسی گرایش مدل به بیش‌برآورد یا کم‌برآورد.

نتایج شبیه‌سازی در نرم‌افزار Excel سازماندهی شد. میانگین

جدول ۳. مشخصات ورودی پژوهش. مأخذ: نگارندگان.

نوع داده	ابزار/منبع	توضیحات
فایل اقلیمی	EPW (اصفهان)	داده‌های یک‌ساله اقلیمی
نرم‌افزار	Rhino 7 + Grasshopper + Ladybug 1.4.0	شبیه‌سازی دینامیک نور روز
شاخص‌ها	sDA, UDI, cDA, SVF	شاخص‌های منتخب نور روز
ارتفاع صفحه کار	۰/۸، ۰/۱، ۱/۱ متر	معادل خط دید نشسته/خوابیده سالمندان
ابزار میدانی	لوکس‌متر، ترمومتر دیجیتال	اندازه‌گیری در ساعات ۹، ۱۲، ۱۵

سطحی، بیشینه، کمینه و انحراف معیار محاسبه شد. خروجی‌ها به‌صورت نقشه‌های حرارتی و جداول براساس استانداردهای LEED v4، EN 17037، ASHRAE و WELL تحلیل و طبقه‌بندی شدند. در بخش SVF، تصویرسازی هندسی از موانع اطراف ساختمان برای تعیین درصد دید مستقیم آسمان استفاده شد.



تصویر۳. موقعیت بنا در شهر اصفهان. مأخذ: نگارندگان.

تحلیل یافته‌ها

این بخش به تحلیل شاخص‌های نور روز در فضاهای منتخب مسکن سالمندان (اتاق‌های ۲، ۷، ۱۲ و ۱۷) می‌پردازد. داده‌ها شامل نتایج شبیه‌سازی با افزونه Ladybug و اندازه‌گیری‌های میدانی (لوکس‌متر) بوده و نتایج در چارچوب اهداف پژوهش سازماندهی شده‌اند.

- **شاخص cDA (کفایت پیوسته نور روز)**

شاخص cDA بیانگر درصد زمان‌هایی است که شدت روشنایی طبیعی در یک نقطه از فضا از آستانهٔ تعریف‌شده (۲۰۰ لوکس) فراتر می‌رود. فرمول آن به صورت زیر تعریف می‌شود:

تصویر۴. تصاویر خانه سالمندان (نمونهٔموردی منتخب). مأخذ: نگارندگان.

• **فرمول(۱):**

$$cDAx=TtotalTdaylight,x\geq Emin\times100$$

که در آن:

$Tdaylight,x \geq Emin$: مجموع مدت زمان‌هایی در روز که شدت روشنایی طبیعی در نقطه x بالاتر از حداقل آستانهٔ تعریف‌شده (مثلاً ۲۰۰ لوکس) است.

$Ttotal$: کل زمان ارزیابی‌شده در روز.

شبیه‌سازی‌ها در سه ارتفاع (۰/۸، ۱/ ۰ و ۱/۱متر) انجام شد. نتایج نمونه‌ای در قالب نقشه‌های حرارتی نمایش داده شده است (تصویر ۳، Heatmap توزیع cDA در اتاق ۱۷ در ارتفاع ۸/ ۰ متر).

شبیه‌سازی در سه ارتفاع کلیدی (۰/۸، ۰/۱- و ۱/۱- متر) و در سه اتاق مختلف انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده به تفکیک مکان و ارتفاع در قالب نقشه‌های حرارتی (Heatmap) تحلیل شدند. نمونه‌ای از نقشه‌ها در زیر آمده است (تصویر ۵ مربوط به ROOM 17 در ارتفاع ۰/۸- متر است).

درنهایت نتایج در جدول ۴ نشان می‌دهد که.

- در هیچ‌یک از اتاق‌ها میانگین cDA از ۴۰% فراتر نرفته است،
- افزایش ارتفاع موجب بهبود نسبی مقادیر شد (ارتباط با خط دید نشسته سالمندان)،
- وجود پرده‌ها و درختان بلند در کاهش cDA نقش اصلی داشته است.

• تحلیل شاخص sDA

شاخص sDA نشان‌دهندهٔ درصد مساحت فضایی است که در آن روشنایی طبیعی حداقل ۳۰۰ لوکس در بیش از ۵۰٪ ساعات برقرار است (جدول۵).

بیشترین سطح قابل‌پذیرش در اتاق ۰۲ مشاهده شد. در اتاق‌هایی با پنجره جنوبی و بازشوهای وسیع‌تر، sDA بالاتر از ۴۵٪ بوده است، در حالی که در فضاهای تحت سایه‌اندازی، شاخص کمتر از مقادیر توصیه‌شده WELL و LEED ثبت شد.

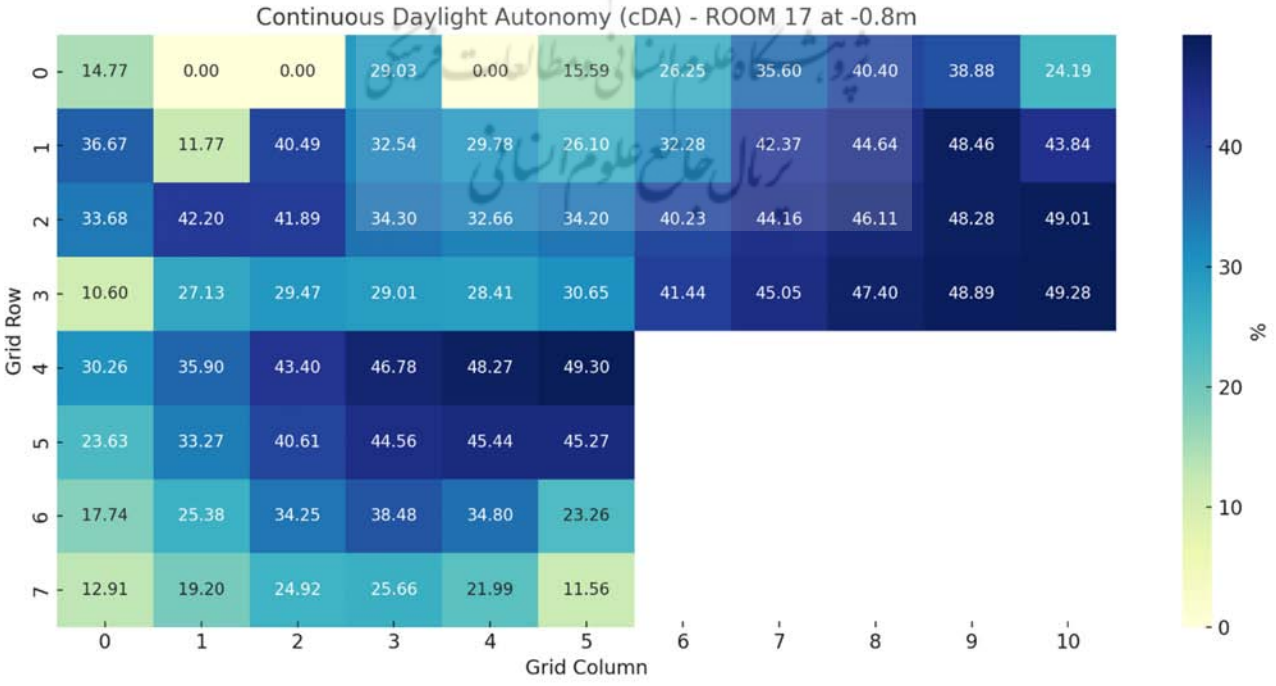
• شاخص UDI

UDI درصد ساعات سال را نشان می‌دهد که شدت روشنایی در بازهٔ ۱۰۰—۲۰۰۰ لوکس قرار دارد (جدول ۶).

یافته‌ها نشان می‌دهد که نواحی نزدیک به پنجره دارای مقادیر UDI بالا (۶۰٪—۸۰٪) هستند، در حالی که نواحی دورتر افت محسوسی دارند (تا ۳۰٪). این امر نیاز به طراحی بازشوهای جانبی یا نورگیر سقفی را برجسته می‌سازد.

• تحلیل شاخص فاکتور دید آسمان SVF

شاخص SVF یا فاکتور دید آسمان (Sky View Factor)، بیانگر نسبت مساحت آسمان قابل‌مشاهده از نقطه‌ای مشخص به کل نیم‌کره آسمان است و با مقادیر بین صفر تا یک بیان می‌شود. در این پژوهش، برای سنجش میزان دسترسی بصری به آسمان، تحلیل SVF با استفاده از ابزار Ladybug و با در نظر گرفتن سایه‌اندازی درختان، سایه‌بان‌ها و ساختمان‌های مجاور انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که واحدهای رو به حیاط یا با جان‌پناه کوتاه‌تر، SVF بالاتری داشتند (۰/۴۵-۰/۶۵). در مقابل، سایه‌اندازی درختان بلند و دیوارهای متراکم



تصویر۵. توزیع Cda. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۴. میانگین و دامنه شاخص cDA در اتاق‌ها. مأخذ: نگارندگان.

اتاق	ارتفاع (m)	میانگین cDA (٪)	حداکثر cDA (٪)	حداقل cDA (٪)
اتاق ۱۷	-۰/۸	۳۶/۲۹	۴۹/۱۵	۳/۰۱
اتاق ۱۷	-۱	۳۶/۲۷	۴۸/۲۷	۳/۲۳
اتاق ۱۷	-۱/۱	۳۵/۶۳	۴۹/۶۸	۴/۸۲
اتاق ۱۲	-۰/۸	۳۵/۳	۴۹/۳۸	۲/۶۴
اتاق ۱۲	-۱	۳۶/۴۱	۴۹/۷۸	۰/۳۶
اتاق ۱۲	-۱/۱	۳۳/۵۲	۴۷/۰۶	۴/۱۶
اتاق ۰۷	-۰/۸	۳۷/۶۷	۴۹/۶۱	۴/۸۹
اتاق ۰۷	-۱	۳۷/۷۹	۴۸/۳۸	۳/۹
اتاق ۰۷	-۱/۱	۳۳/۷۱	۴۸/۹۲	۰/۷۲
اتاق ۰۲	-۰/۸	۳۸/۶۷	۴۸/۵۷	۲/۰۷
اتاق ۰۲	-۱	۳۴/۵۹	۴۹/۳۲	۲/۲۸
اتاق ۰۲	-۱/۱	۳۶/۴۱	۴۷/۰۶	۳/۰۹

جدول ۵. میانگین و دامنهٔ شاخص sDA. مأخذ: نگارندگان.

نام فضا	ارتفاع تحلیل	میانگین sDA (٪)	بیشینه (٪)	کمینه (٪)	سطح ارزیابی کیفی
اتاق ۱۷	-۰/۸ متر	۴۱/۲	۴۹/۳	۱۱/۶	نسبتاً مطلوب
اتاق ۱۷	-۰/۱ متر	۴۲/۷	۴۹/۱۸	۱۱/۰۷	مطلوب
اتاق ۱۷	-۱/۱ متر	۴۱/۵	۴۹/۰۴	۱۰/۹۶	نسبتاً مطلوب
اتاق ۰۷	-۰/۸ متر	۴۳/۱	۴۹/۳۳	۱۱/۴۳	مطلوب
اتاق ۰۷	-۰/۱ متر	۴۴/۵	۴۹/۲۵	۱۰/۸۹	مطلوب
اتاق ۰۲	-۰/۸ متر	۴۲/۳	۴۸/۸۲	۲۱/۲۲	مطلوب
اتاق ۰۲	-۰/۱ متر	۴۳/۷	۴۹/۲۷	۱۸/۶۳	مطلوب
اتاق ۰۲	-۱/۱ متر	۴۴/۱	۴۹/۲۶	۲۰/۱۶	مطلوب

جدول ۶. نتایج شاخص UDI در فضاهای منتخب. مأخذ: نگارندگان.

نام فضا	ارتفاع تحلیل	بازه ۳۰۰۰-۱۰۰ لوکس (٪)	بازه زیر ۱۰۰ (٪)	بازه بالای ۳۰۰۰ (٪)	تفسیر عملکرد
اتاق ۱۷	-۰/۱ متر	۷۶ /۵	۱۸/۲	۵/۳	مطلوب
اتاق ۱۷	-۱/۱ متر	۷۴/۸	۲۰/۶	۴/۶	نسبتاً مطلوب
اتاق ۰۷	-۰/۱ متر	۷۸/۹	۱۷/۱	۴	مطلوب
اتاق ۰۲	-۰/۱ متر	۷۴/۱	۱۹/۳	۶/۶	نسبتاً مطلوب
اتاق ۰۲	-۱/۱ متر	۷۵/۳	۲۰/۱	۴/۶	مطلوب
اتاق ۱۲	-۰/۱ متر	۷۲/۶	۲۱/۷	۵/۷	نسبتاً مطلوب

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

موجب کاهش SVF به حدود ۳٪ شد که مستقیماً بر کاهش DA و UDI نیز اثر گذاشت (جدول۷).

• نتایج اعتبارسنجی

اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی با هدف اطمینان از انطباق نتایج محاسباتی با شرایط واقعی انجام شد. برای این منظور، داده‌های میدانی شامل شدت روشنایی (لوکس) با استفاده از لوکس‌متر دیجیتال و شرایط محیطی (دما و رطوبت نسبی) با ترمومتر در چند روز متوالی و در ساعات ۹، ۱۲ و ۱۵ برداشت شد. برداشت‌ها در اتاق‌های منتخب (۰۲، ۰۷، ۱۲ و ۱۷) و در سه ارتفاع تحلیلی (۰/۸، ۱/ ۰ و ۱/ ۱ متر) انجام گرفت تا شرایط واقعی زندگی سالمندان در حالت نشسته و خوابیده بازنمایی شود. خروجی‌های شبیه‌سازی به کمک افزونه Ladybug در محیط Grasshopper□Rhino استخراج و با داده‌های میدانی مقایسه شدند. معیارهای آماری زیر به‌عنوان شاخص‌های سنجش خطا مورد استفاده قرار گرفتند:

- **RMSE = 18. 7 lux**: بیانگر میزان انحراف کلی بین داده‌های شبیه‌سازی و اندازه‌گیری. این مقدار نشان می‌دهد که پراکندگی خطا در سطح متوسط و قابل‌قبول قرار دارد.
- **MAE = 12. 4 lux**: خطای مطلق میانگین، نشان‌دهندهٔ تفاوت میانگین بدون در نظر گرفتن جهت خطاست. این شاخص نیز حاکی از دقت نسبی مدل در بازتولید شدت روشنایی است.
- **MBE = –4. 6 lux**: خطای میانگین بایاس که گرایش مدل را به کم‌برآورد نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان داد علت این گرایش به عوامل محیطی نظیر وجود پرده‌های نیمه‌شفاف، سطوح بازتابندهٔ داخلی و تغییرات موقتی شرایط آسمان در زمان برداشت میدانی باز می‌شود که به‌طور کامل در شبیه‌سازی لحاظ نشده بودند.

برای شفاف‌سازی روند تطابق داده‌ها، مقایسهٔ گرافیکی بین مقادیر شبیه‌سازی‌شده و اندازه‌گیری‌شده ترسیم شد (تصویر ۳). همان‌گونه که نمودار نشان می‌دهد، الگوی تغییرات شدت روشنایی در دو مجموعه داده مشابه بوده و تنها در برخی نقاط، مدل شبیه‌سازی کمتر از داده‌های واقعی برآورد داشته است. این همبستگی کلی بیانگر توانایی مدل در بازنمایی شرایط واقعی نور روز در فضای مورد مطالعه است. با توجه به مقادیر RMSE و MAE در محدودهٔ قابل‌قبول و گرایش اندک به کم‌برآوردی، می‌توان نتیجه گرفت که مدل شبیه‌سازی دقت کافی برای تحلیل شاخص‌های کفایت نور روز (DA، sDA، cDA)، بهره‌مندی مفید از نور (UDI) و ضریب دید آسمان (SVF) را داراست. بنابراین، یافته‌های کمی حاصل از شبیه‌سازی می‌توانند مبنای مطمئنی برای تحلیل و تفسیر در مراحل بعدی پژوهش باشند (تصویر۶).

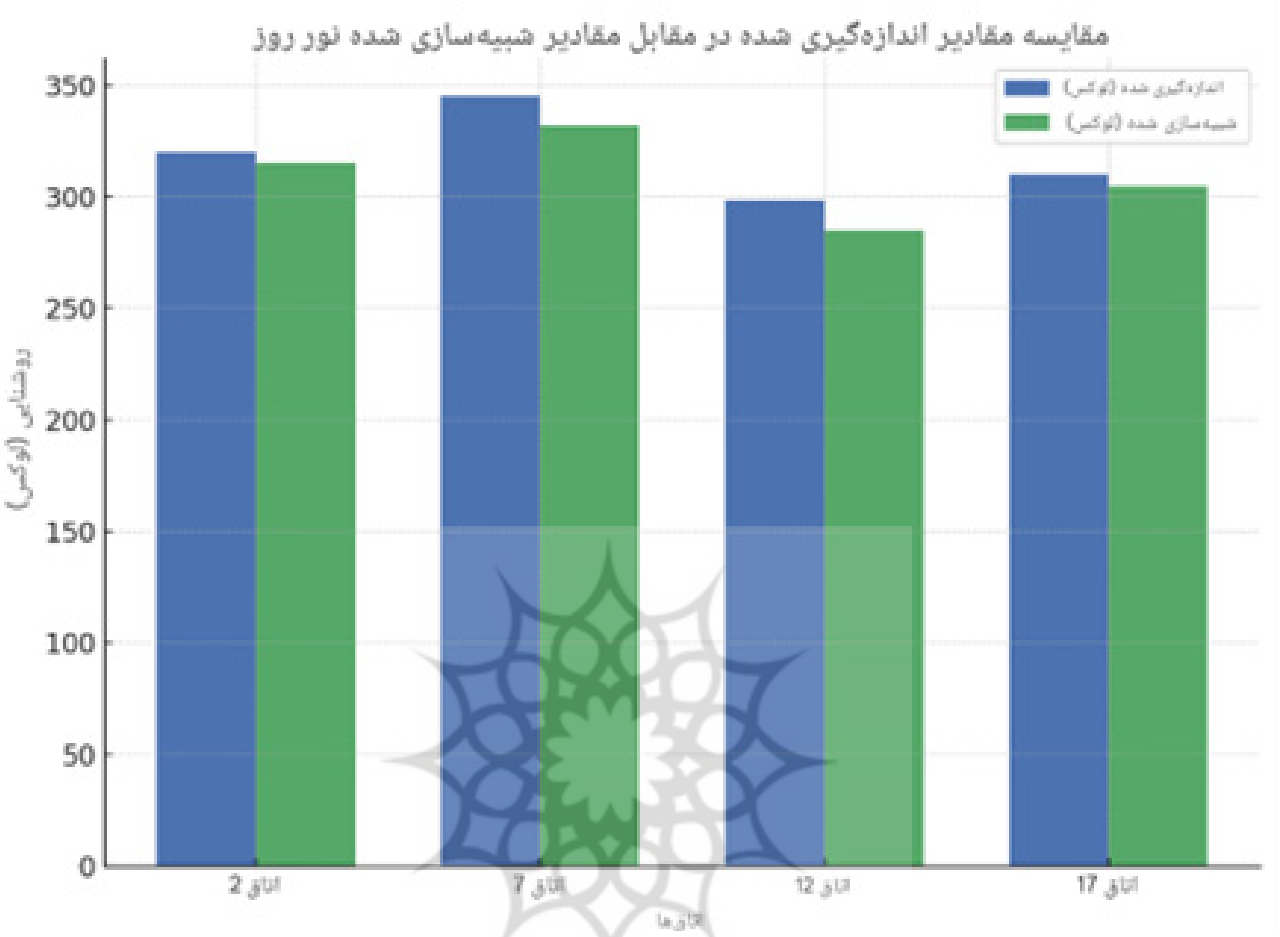
نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تحلیل یکپارچه شاخص‌های نور روز در مسکن سالمندان در اقلیم گرم‌وخشک شهر اصفهان انجام شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های cDA، UDI، sDA و SVF ابزارهای کلیدی برای ارزیابی کیفیت روشنایی طبیعی هستند و می‌توانند پاسخ روشنی به پرسش اصلی تحقیق دربارهٔ کفایت و توزیع نور روز در فضاهای سالمندان ارائه دهند. دستاوردهای کلیدی عبارت‌انداز:

- میانگین شاخص cDA در هیچ‌یک از اتاق‌های بررسی‌شده از ۴۰٪ فراتر نرفت و نشان‌دهندهٔ نیاز به بهبود یکنواختی روشنایی است.
- شاخص sDA در اتاق‌هایی با بازشوهای جنوبی و بزرگ‌تر به سطوح بالاتری رسید (حدود ۴۵٪)، در حالی که فضاهای شمالی عملکرد ضعیف‌تری داشتند.
- UDI در محدوده نزدیک به بازشوها در بازهٔ مطلوب ۷۰٪—۸۰٪ قرار گرفت اما در عمق فضا افت چشمگیری داشت.
- SVF تحت تأثیر سایه‌اندازی درختان و دیوارهای مجاور به مقادیر

جدول ۷. نتایج شاخص SVF در اتاق‌های منتخب. مأخذ: نگارندگان.

موقعیت	SVF میانگین	حداقل	حداکثر	شرایط هندسی مؤثر	تفسیر دسترسی به آسمان
اتاق ۱۷ جنوبی	۰/۴۲	۰/۳۱	۰/۵۸	مجاورت با دیوار L شکل + سایه درختان	محدود
اتاق ۰۷ شرقی	۰/۵۳	۰/۴	۰/۶۲	مجاورت با حیاط + سایبان کم‌عمق	نسبتاً باز
اتاق ۰۲ شمالی	۰/۳۸	۰/۲۹	۰/۵۱	جهت‌گیری بسته + ارتفاع دیوار جانبی	محدود
اتاق ۱۲ مرکزی	/۴۷	۰/۳۶	۰/۶۱	نیمه محصور با ارتفاع متوسط	متوسط



تصویر ۶. اختلاف بین داده‌های میدانی و شبیه‌سازی‌شده را برای اتاق‌های منتخب. مأخذ:نگارندگان.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پایین (حدود ۰/۳) کاهش یافت و این امر مستقیماً بر کاهش DA و UDI اثرگذار بود.

از نظر محدودیت، پژوهش حاضر تنها بر یک نمونۀموردی در اصفهان متمرکز بود و بررسی شرایط فصلی و مقایسه با اقلیم‌های دیگر انجام نشد. در مسیر پژوهش‌های آتی، ترکیب تحلیل نور روز با شاخص‌های حرارتی و روان‌شناختی سالمندان می‌تواند تصویر جامع‌تری از کیفیت زیست‌محیطی فراهم آورد.

پیشنهادها

با توجه به یافته‌های این پژوهش، توصیه‌های اجرایی و پژوهشی زیر ارائه می‌شود.

• طراحی و معماری

- بهره‌گیری از استانداردهای بین‌المللی مانند EN ۱۷۰۳۷ و WELL برای ارزیابی نور روز در مسکن سالمندان.
- بهینه‌سازی جهت‌گیری ساختمان و کاهش موانع سایه‌اندازی (مانند جان‌پناه‌های مرتفع یا درختان بلند در مجاورت).
- طراحی بازشوها متناسب با خط دید سالمندان در حالت نشسته یا خوابیده

• اجرایی

- استفاده از مصالح شفاف با ضریب انتقال نور بالا (مانند شیشه‌های دوجداره با عبور نور مناسب).
- پیش‌بینی نورگیرهای سقفی یا جانبی برای بهبود توزیع نور در عمق فضا

• **پژوهشی**

-بررسی هم‌زمان شاخص‌های نوری و حرارتی در فصول مختلف سال.
-مطالعه اثرات روان‌شناختی و فیزیولوژیک نور طبیعی بر سالمندان.
- استفاده از فناوری‌های نوین مانند حسگرهای محیطی و واقعیت افزوده برای ثبت و تحلیل دقیق‌تر داده‌ها.

اعلام تعارض منافع

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

فهرست منابع

• Aghamolaei, M., Ghaffarianhoseini, A., & Norouzi, N. (2022). Daylight performance in residential buildings of hot climates: A simulation-based analysis. *Sustainable Cities and Society, 76*, 103430. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103430

• Alwetaishi, M. (2020). The impact of daylight and orientation on visual comfort in residential buildings: A case of hot dry climate. *Building and Environment, 183*, 107193. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107193

• Boubekri, M. (2008). *Daylighting, architecture and health: Building design strategies*. Architectural Press.

• Brawley, E. C. (2001). Environmental design for Alzheimer's disease: A quality of life issue. *Alzheimer's Care Quarterly, 2*(3), 10–16. https://doi.org/10.1080/13607860120044846

• CEN. (2019). *EN 17037: Daylight in buildings*. European Committee for Standardization.

• Choi, J., & Beltran, L. (2022). Daylighting and human health: A review of recent research and future directions. *Building and Environment, 208*, 108588. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108588

• Compagnon, R. (2004). Solar and daylight availability in the urban fabric. *Energy and Buildings, 36*(4), 321–328. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.01.039

• Figueiro, M. G., Plitnick, B., & Rea, M. S. (2008). Lighting for older adults with Alzheimer's disease: Effects on circadian rest–activity patterns. *Lighting Research & Technology, 40*(3), 261–276. https://doi.org/10.1177/1477153508091684

• Figueiro, M. G., Steverson, B., & Rea, M. S. (2020). Circadian-effective light and its impact on health. *Lighting Research & Technology, 52*(4), 427–445. https://doi.org/10.1177/1477153520933116

• Galasiu, A. D., & Veitch, J. A. (2021). Daylighting and health: A review of the evidence and implications for daylighting design. *Lighting Research & Technology, 53*(2), 135–156. https://doi.org/10.1177/1477153520905485

• Ghasemi, R., Mousavi, S. M., & Behzadfar, M. (2020). An analysis of daylight distribution in vernacular houses of Yazd, Iran. *Energy and Buildings, 216*, 109960. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109960

• *Illuminating Engineering Society (IES)*. (2022). Lighting handbook (11th ed.). IES.

• *International WELL Building Institute (IWBI)*. (2020). WELL building standard v2. IWBI.

• López, A., Hernández, P., & Ruiz, D. P. (2022). Evaluation of skylight daylighting in elderly care centers. *Journal of Daylighting, 9*(1), 28–42. https://doi.org/10.15627/jd.2022.4

• Mardaljevic, J., & Christoffersen, J. (2019). Daylight metrics and energy savings: A critical review. *Lighting Research & Technology, 51*(6), 779–794. https://doi.org/10.1177/1477153519852825

• Mardaljevic, J., Andersen, M., Roy, N., & Christoffersen, J. (2012). Daylighting metrics for residential buildings: A comparative study. *Lighting Research & Technology, 44*(2), 223–237. https://doi.org/10.1177/1477153511436165

• Mardaljevic, J., Heschong, L., & Lee, E. S. (2022). Annual daylight simulations for health-oriented building design. *Building Simulation, 15*(1), 1–12. https://doi.org/10.1007/s12273-021-0837-2

• Mousavi, M., & Behzadfar, M. (2021). Courtyard houses in Kashan: The role of form in daylight performance. *Frontiers of Architectural Research, 10*(3), 347–359. https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.02.003

• Reinhart, C. F., & Galasiu, A. D. (2006). *Residential daylighting: An overview of benefits and limitations*. NRC-IRC Research Report.

• Reinhart, C. F., Mardaljevic, J., & Rogers, Z. (2011). Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. *LEUKOS, 7*(2), 119–134. https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2010.07.02002

• Rogers, C., & Figueiro, M. G. (2020). A light-based intervention to improve sleep and mood in older adults: A field study. *The Gerontologist, 60*(7), 1342–1350. https://doi.org/10.1093/geront/gnz182

• Taleghani, M., Sailor, D. J., & Ban-Weiss, G. (2014). Microclimate and building energy performance in traditional courtyard and modern compact urban forms. *Energy and Buildings, 69*, 285–292. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.039

• *U.S. Green Building Council (USGBC)*. (2021). LEED v4 for building design and construction. USGBC.

• van Hoof, J., Kort, H. S. M., van Waarde, H., & Blom, M. M.

(2021). Environmental interventions and the design of homes for older adults with dementia: An overview. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias, 36*, 1–9. https://doi.org/10.1177/15333175211002164

• Zadeh, R. A., Shepley, M. M., & Owczarzak, M. J. (2022). Environmental design for aging in place: Evidence-based strategies. *HERD: Health Environments Research & Design Journal, 15*(1), 121–135. https://doi.org/10.1177/1937586721992083

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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

نحوهٔ ارجاع به این مقاله:

طهماسبی، آزیتا، فیاض، ریما؛ دلبری، احمد؛ نوری، علی و قاسمی سیچانی، مریم. (۱۴۰۴). تحلیل یکپارچه شاخص‌های نور روز در طراحی مسکن سالمندان (نمونهٔ موردی شهر اصفهان). *باغ نظر*، ۲۲(۱۵۱)، ۷۵-۸۶.

DOI: 10.22034/bagh.2025.518578.5798
URL: https://www.bagh-sj.com/article_232443.html