دریافت: ۱۶ اردیبهشت ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۷ آبان ۱۴۰۴ صفحات ۱۳۱ الی ۱۶۷

سنجش سیستم نورپردازی در ساختمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران و اعتبارسنجی راه‌حل‌های افزایش بهره‌وری انرژی آن با ارزیابی چرخه زندگی

محمد کاظمی
دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
a.s.m.kazemi@gmail.com
عالیه کاظمی[۱]
استاد، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، ایران
aliyehkazemi@ut.ac.ir

چکیده:
از جمله راه‌حل‌های مؤثر در کاهش مصرف انرژی مرتبط با فعالیت‌ها و رفتار ساکنان اجرای فناوری‌های پیشرفته نورپردازی در بخش مسکونی است. در حالی که محیط‌های غیرمسکونی طی سال‌ها از سیستم‌های هوشمند و کارآمد نورپردازی بهره‌مند بوده‌اند، به دلیل تفاوت در نوع فعالیت‌ها و الگوهای رفتاری ساکنان، پتانسیل بهینه‌سازی انرژی در این محیط‌ها لزوماً قابل دستیابی یا انتقال مستقیم به بخش مسکونی نیست. هدف اصلی این پژوهش، بررسی سیستم نورپردازی در محیط‌های مسکونی منطقه ۱ تهران بر پایه الزامات و استانداردهای بین‌المللی و ارائه راه‌حل‌های متناظر برای ارتقای بهره‌وری انرژی این سیستم است. در این تحقیق از ترکیب روش‌های کتابخانه‌ای، میدانی، تطبیقی و قیاسی استفاده شده است. همچنین، دو خانه نمونه با رعایت اصول طراحی مطلوب نورپردازی و به‌کارگیری راه‌حل‌های افزایش بهره‌وری انرژی به‌عنوان مطالعه موردی مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. برای اعتبارسنجی راه‌حل‌ها نیز از ارزیابی چرخه عمر استفاده گرفته شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که جایگزینی لامپ‌های رشته‌ای با لامپ‌های فلورسنت فشرده، دیودهای نورگسیل و به‌ویژه دیودهای نورگسیل هوشمند می‌تواند موجب صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی و هزینه‌های اقتصادی شود. همچنین، طراحی سیستم نورپردازی متناسب با کارکردها و نیازهای بصری گوناگون، تنظیم شدت روشنایی برای هر فعالیت بر اساس استانداردهای موجود و بهره‌گیری بهینه از نور طبیعی در ترکیب با سیستم‌های کنترل هوشمند نور مصنوعی نقش چشمگیری در بهبود کیفیت و افزایش بهره‌وری سیستم نورپردازی دارند. در نهایت، با توجه به راه‌حل‌های نورپردازی در فرآیند طراحی و اجرای صحیح آن‌ها، می‌توان از بسیاری از ضعف‌های موجود در سیستم‌های کنونی نورپردازی مسکونی پیشگیری کرد.

واژه‌های کلیدی: محیط‌های مسکونی، نورپردازی داخلی، بهره‌وری انرژی، سیستم‌های هوشمند

[۱] نویسنده مسئول

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۱. مقدمه

نورپردازی در فضاهای مسکونی دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی است. شخصی‌سازی در فضاهای اجتماعی همچون نشیمن و ناهارخوری و نیز در فضاهای خصوصی مانند حمام و محل مطالعه، از انتظارات اصلی در طراحی نورپردازی مسکونی به شمار می‌رود. افراد در این فضاها زندگی می‌کنند و معمولاً با راه‌حل‌های متداول طراحی نورپردازی در محیط‌های مسکونی آشنا هستند. این آشنایی باعث می‌شود که بررسی نورپردازی مسکونی از دیدگاهی نو و دقیق، به‌ویژه از منظر بهره‌وری انرژی، دشوار باشد. درک اغلب افراد از نحوه نورپردازی فضاهای مسکونی، یک مزیت محسوب می‌شود؛ اما وابستگی به روش‌های رایج و تکراری طراحی نورپردازی، مانعی در برابر به‌کارگیری راه‌حل‌های خلاقانه و نوآورانه در این حوزه به شمار می‌آید.

عادت‌های موجود در طراحی نورپردازی مسکونی اغلب به استفاده از لامپ‌های رشته‌ای مرتبط می‌شود. با وجود افزایش تنوع و بهبود عملکرد لامپ‌های فلورسنت و دیودهای نورگسیل[1] و نیز مزایای قابل‌توجه آن‌ها در صرفه‌جویی انرژی، هنوز مقاومت‌هایی در برابر استفاده از آن‌ها مشاهده می‌شود.

به‌کارگیری منابع نوری سیار، مانند لامپ‌های رومیزی، از دیگر عادات رایج در نورپردازی مسکونی است؛ زیرا امکان تنظیم شخصی و فوری نور را برای کاربران فراهم می‌کند. با این حال، کدها و استانداردهای طراحی، نقش محدودی در نورپردازی مسکونی دارند. در حالی که کدهای صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های غیرمسکونی نقشی اساسی و تعیین‌کننده ایفا می‌کنند، این الزامات در اغلب ساختمان‌های مسکونی مورد توجه قرار نمی‌گیرند. طراحی نورپردازی مسکونی بدون در نظر گرفتن ملاحظات حفاظت از انرژی، از دیدگاه اجتماعی رفتاری غیرمسئولانه تلقی می‌شود. در این میان، محدودکردن استفاده از لامپ‌های رشته‌ای و به‌کارگیری ابزارهای هوشمند کنترل مصرف انرژی، دو رویکرد کلیدی در طراحی مسئولانه نورپردازی محسوب می‌شوند. بر همین اساس، این

[1] Lighting Emitting Diode (LED)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

پژوهش با تأکید بر اهمیت ملاحظات انرژی، به بررسی نظام نورپردازی مسکونی در منطقه ۱ تهران پرداخته و بر پایه پرسش‌های زیر طراحی شده است.

- الزامات و استانداردهای طراحی سیستم نورپردازی در بخش مسکونی با توجه به ملاحظات بهره‌وری انرژی و حفاظت انرژی چیست؟
- سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران به چه میزان با الزامات و استانداردهای بین‌المللی هماهنگ است؟
- سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران دارای چه کمبودها و ضعف‌هایی است؟
- چگونه می‌توان ضعف‌های سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران را کاهش داد یا رفع کرد و راه‌حل‌های متناظر چیست؟

برای پاسخ به این پرسش‌ها، از روش ترکیبی شامل گردآوری کتابخانه‌ای، روش میدانی و مشاهده، تطبیق و قیاس و ارزیابی چرخه زندگی[1] استفاده شده است.

این مقاله شامل چهار بخش پیشینه پژوهش، روش‌شناسی، یافته‌ها و نتیجه‌گیری است.

۲. پیشینه پژوهش

بهره‌وری پایین انرژی در ساختمان‌ها منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود، که معمولاً با هزینه‌های بالای انرژی برای خانوارهای کم‌درآمد همراه است. مصرف بالای انرژی فشار قابل‌توجهی بر شبکه تأمین برق وارد می‌کند، شبکه‌ای که در اغلب موارد از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کند. این سوخت‌ها با انتشار گازهای گلخانه‌ای و تشدید تغییرات اقلیمی جهانی همراه‌اند. با ایجاد بحران انرژی در کشورهای در حال توسعه، شکاف میان تقاضا و عرضه انرژی به حداکثر رسیده است. بسیاری از اقدامات صورت‌گرفته در این کشورها، بر حل کوتاه‌مدت مسئله انرژی از طریق استفاده بهینه از منابع موجود تمرکز دارند (Aman et al., 2013)، در حالی‌که بهبود رفتار مصرفی ساکنان ساختمان‌ها

[1] Life Cycle Assessment

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

می‌تواند به کاهش مصرف انرژی منجر شود (Ouyamg and Hokao, 2009) و به‌کارگیری فناوری‌های نوین با بهره‌وری انرژی بالا در ساختمان‌های مسکونی نیز نقشی بسیار مهم ایفا می‌کند (Kazemi and Kazemi, 2022).

پژوهش باتی و سوراپیپاتانا[1] (۲۰۱۶) در اندونزی نشان داد که لامپ‌های بکار رفته در نورپردازی داخلی نسبت به تجهیزات برقی دیگر دارای پتانسیل بالا برای کاهش مصرف انرژی برق در ساختمان‌ها هستند (Batih and Sorapipatana, 2016). نالموسو[2] و همکاران (۲۰۱۵)، میزان افزایش بهره‌وری انرژی حاصل از استفاده از دیودهای نورگسیل بهره‌ور را بیش از ۵۷/۵ درصد گزارش کردند (Nallamothu et al., 2015). در برخی کشورها، پژوهش‌هایی در زمینه ارتقای فناوری‌های نورپردازی انجام شده است. به‌عنوان نمونه، خراسانی‌زاده[3] و همکاران (۲۰۱۵) منافع انرژی و اقتصادی ناشی از استفاده از دیودهای نورگسیل در بخش مسکونی مالزی را مورد بررسی قرار دادند (Khorasanizadeh et al., 2015). همچنین، مین[4] و همکاران (۱۹۹۷) در چین، مزایا و محدودیت‌های سیستم‌های نورپردازی با بهره‌وری بالا را تحلیل کردند (Min et al., 1997). در مطالعه‌ای دیگر، مارتینز مانتخو و شینباوم پاردو[5] (۲۰۱۶) اثر استانداردهای بهره‌وری انرژی در تجهیزات نورپردازی بر مصرف برق و انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش مسکونی کنیا را بررسی کردند (Martínez-Montejo and Sheinbaum-Pardo, 2016).

بخش مسکونی در اغلب کشورها بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد (Nguyen and Aiello, 2013)، اما تعداد مطالعات مربوط به نورپردازی هوشمند و بهره‌ور در محیط‌های غیرمسکونی مانند ادارات و مدارس، بیش از مطالعات انجام‌شده در بخش مسکونی است.

[1] Batih and Sorapipatana
[2] Nallamothu
[3] Khorasanizadeh
[4] Min
[5] Martínez-Montejo & Sheinbaum-Pardo

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

این اختلاف در مصرف انرژی ناشی از تفاوت در نوع فعالیت‌ها و رفتار کاربران در این فضاها است (Cvetkovic et al., 2021).

در سال‌های اخیر، استراتژی‌های کاهش مصرف انرژی در محیط‌های مسکونی عمدتاً بر به‌کارگیری فناوری‌های ارتقایافته نورپردازی، با در نظر گرفتن فعالیت‌ها و رفتار ساکنان، متمرکز شده‌اند. در حال حاضر، دیودهای نورگسیل به‌عنوان مهمترین منابع نور بهره‌ور شناخته می‌شوند، با کارایی نوری حدود ۱۲۰ تا ۱۵۰ لومن بر وات در مقایسه با لامپ‌های فلورسنت فشرده با کارایی ۴۰ تا ۸۰ لومن بر وات (Energy Saving Trust, 2020).

در مطالعه شبیه‌سازی در نروژ، جایگزینی تمامی منابع نوری در بلوک‌های مسکونی با دیودهای نورگسیل موجب کاهش ۴۰ درصدی در مصرف برق شد. همچنین، میلز و اشلایش (۲۰۱۴) میزان صرفه‌جویی انرژی ناشی از جایگزینی لامپ‌های فلورسنت فشرده با دیودهای نورگسیل را برای خانوارهای آلمانی حدود ۲۳ درصد برآورد کردند (Mills and Schleich, 2014). در دهه اخیر، شرکت‌های متعددی نرم‌افزارهایی ویژه برای بهبود عملکرد دیودهای نورگسیل و توسعه دیودهای نورگسیل هوشمند ارائه کرده‌اند، که این امر به بهینه‌سازی نورپردازی به‌ویژه در محیط‌های مسکونی متصل به شبکه اینترنت بی‌سیم منجر می‌شود. با این حال، شواهد تجربی کافی درباره کارایی و اثرات واقعی این فناوری‌ها هنوز در دسترس نیست. استراتژی‌های کنترل و تضعیف شدت نور در فضاهای غیرمسکونی نتایج موفقی بر تجربه کاربران داشته‌اند (Chraibi et al., 2019)، اما در بخش مسکونی به‌صورت محدود مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Brons, 2019). جدول ۱، مروری بر مطالعات اخیر در این حوزه و روش‌ها و نتایج آن‌ها ارائه می‌دهد.

جدول ۱: مطالعات اخیر در مورد نورپردازی دارای بهره‌وری انرژی بالا در بخش مسکونی (نویسندگان).

نویسندگان	سال انتشار	روش	نتایج
ژائو و همکاران (Zhao et al., 2025)	۲۰۲۵	بررسی بخش مسکونی در شهر نانیگ چین به عنوان نمونه موردی	پیشنهاد چارچوب ارزیابی برای ایجاد گروه‌های انرژی در بخش مسکونی برای دستیابی به شبکه نورپردازی خودگردان با استفاده از سیستم فتوولتائیک.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نویسندگان	سال انتشار	روش	نتایج
عبد العزیز محمود و همکاران (Abdelaziz Mahmoud et a., 2023)	۲۰۲۳	بررسی آرایش نورپردازی در خانه‌های موجود و محاسبه متوسط شدت روشنایی برای هر عملکرد	تاکید بر ضرورت توجه به پلان موقعیت و پلان فضایی در مرحله برنامه‌ریزی بخش مسکونی و همچنین ضرورت توجه به تجهیزات و لامپ‌های نورپردازی و آرایش‌های مختلف نورپردازی.
ارسلان‌اوغلو و همکاران (Aslanoglu et a., 2023)	۲۰۲۳	پرسشنامه آنلاین و مصاحبه‌های گسترده	همبستگی بین رضایت از نور طبیعی و کفایت آن و همچنین همبستگی بین روشنایی الکتریکی، کفایت آن و یکنواختی آن.
لی و همکاران (Lee et al., 2023)	۲۰۲۳	تحلیل‌های تجربی و اندازه‌گیری میدانی	مصرف انرژی ساختمان تا بیش از ۲۳ درصد با الگوهای نورپردازی مختلف و تا ۵۸ درصد با الگوهای مرتبط با تجهیزات برقی، تغییر خواهد کرد.
جنتایل (Gentile, 2022)	۲۰۲۲	مرور رفتارهای مرتبط با صرفه‌جویی انرژی نورپردازی	استفاده از تضعیف‌کننده‌های نور، ساده‌سازی ذهنی، طراحی تعاملی و استراتژی‌های بازخوردی و اطلاعاتی، چهار رفتار مرتبط با صرفه‌جویی انرژی نورپردازی هستند.
ارسلان‌اوغلو و همکاران (Aslanoglu et a., 2021)	۲۰۲۱	پرسشنامه آنلاین	تأثیر میزان و یکنواختی نورپردازی در ایجاد رضایت ساکنان مسکونی.
سوزا و همکاران (Souza et al., 2019)	۲۰۱۹	مطالعه مقایسه‌ای و آزمایشگاهی	با مقایسه لامپ‌های رشته‌ای، فلورسنت فشرده و دیودهای نورگسیل، مشخص شد که دیودهای نورگسیل، بهترین گزینه نورپردازی در بخش مسکونی هستند.
مهدوی نژاد و پور فتح اله، ۱۳۹۴	۱۳۹۴	پژوهش پیمایشی و پرسشنامه	فناوری‌های جدید نورپردازی در رونق معماری شبانه و ارتقای حس تعلق شهروندان تهرانی، سهم بسزایی دارند.
مهدوی نژاد و همکاران، ۱۳۹۷	۱۳۹۷	روش تحلیلی و توصیفی و مصاحبه	نورپردازی ساختمان‌های شهری خصوصاً خانه‌های تاریخی و فرهنگی، بیشترین تأثیر را در ایجاد تصویر شبانه شهری دارند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

بررسی مطالعات انجام‌شده در زمینه نورپردازی ساختمان در کشور ایران نشان می‌دهد که پژوهش‌های موجود در این حوزه بسیار محدود هستند. همچنین، مطالعات انجام‌شده در سایر کشورها عموماً متناسب با شرایط جغرافیایی و اقلیمی خاص آن مناطق بوده و به‌صورت مستقیم برای شرایط کشور ایران قابل استفاده نیستند. ازاین‌رو، بررسی وضعیت نورپردازی ساختمان در ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، و این پژوهش نیز با همین هدف انجام شده است. علاوه بر این، نورپردازی در بخش‌های مختلف ساختمان تفاوت‌های اساسی دارد؛ به‌گونه‌ای که بسیاری از روش‌ها و تجهیزات مورد استفاده در بخش غیرمسکونی، با ویژگی‌ها و نیازهای بخش مسکونی همخوانی کامل ندارند. به همین دلیل، در این پژوهش تمرکز به‌صورت خاص بر نورپردازی فضاهای مسکونی، به‌ویژه در منطقه ۱ تهران قرار گرفته است. از آنجا که نورپردازی در بخش مسکونی با مصرف بالای انرژی همراه است، بررسی آن از منظر ملاحظات انرژی اهمیتی دوچندان دارد. در این پژوهش، راه‌حل‌های مبتنی بر نورپردازی هوشمند و فناوری‌های با بهره‌وری انرژی بالا، همراه با تجهیزات مرتبط، بر اساس تحلیل نمونه‌های موردی موفق، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به طراحان معماری کمک کند تا جایگاه و نقش این راه‌حل‌ها را در فرآیند طراحی معماری مسکونی بهتر درک کرده و در طرح‌های خود به‌کار گیرند.

۳. روش تحقیق

در این مطالعه از ترکیب روش‌های تحقیق کتابخانه‌ای، میدانی و تطبیقی و قیاسی استفاده شده است. در ابتدا، کتاب‌ها، آیین‌نامه‌ها، استانداردها، دفترچه‌های راهنما و توصیه‌های طراحی در زمینه نورپردازی مسکونی، بررسی شده‌اند. بر این اساس، الزامات و استانداردهای بین‌المللی برای سیستم نورپردازی در ساختمان‌های مسکونی، تعیین شده‌اند. در مرحله بعد، از طریق روش میدانی، سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران، بررسی شده است. دلیل انتخاب این منطقه از تهران، ثروتمند بودن ساکنان آن است. بنابراین، مسائل و موانع اقتصادی و اجتماعی (Kazemi and Kazemi, 2022; Kazemi and Udall, 2023) برای افزایش بهره‌وری انرژی در سیستم نورپردازی، کمتر مشاهده می‌شود. در این مطالعه سیستم نورپردازی در بیش از ۵۰ واحد مسکونی مورد بررسی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

قرار گرفته اســـت. این واحدهای مســـکونی اغلب در محله زعفرانیه (خیابان امیری ثوری) و محله ولنجک قرار گرفته‌اند. برای بررســـی ســـیســـتم نورپردازی نمونه‌های انتخاب شـــده از روش‌های زیر استفاده شده است:

- مشاهده حضوری در محل،
- مصاحبه نیمه ساختار یافته با ساکنان،
- بررسی نقشه‌ها و تصاویر ارائه شده در بنگاه‌های مشاوره املاک،
- نظرات متخصصان نورپردازی کشور

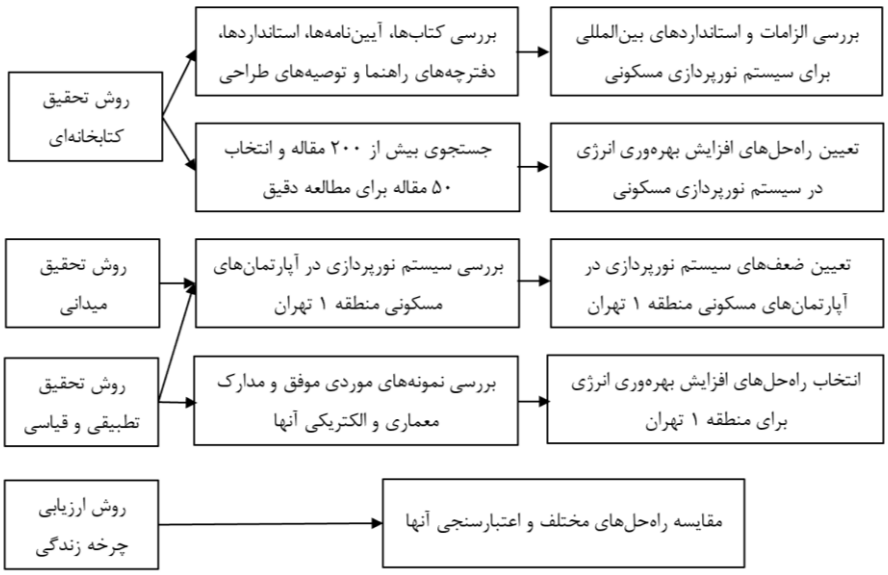
در این بررســی، ســیســتم نورپردازی موجود در این آپارتمان‌ها با الزامات و اســتانداردهای بین‌المللی، مقایسه و کمبودها و ضعف‌های آن، معرفی شده‌اند.

در مرحله بعد با روش تحقیق کتابخانه‌ای و تحلیلی، بیش از ۲۰۰ مقاله بر اســـاس واژه‌های کلیدی نورپردازی مســـکونی، بهره‌وری انرژی، حفاظت انرژی، کنترل هوشـــمند و ســـاختمان‌های مســـکونی جستجو شـده‌اند. بر اساس عنوان، چکیده و واژه‌های کلیدی این مقالات، تقریباً ۵۰ مقاله برای مطالعه دقیق انتخاب شـده‌اند. این مقالات با توجه به زمینه اقتصـادی، سـیاسـی، اجتماعی و فرهنگی و منطقه جغرافیایی مورد نظر، بررسـی شـده‌اند و راه‌حل‌های مناسـب برای افزایش بهره‌وری انرژی در سـیسـتم نورپردازی مسکونی تعیین و با شرایط کشور ایران خصوصاً شهر تهران، تطبیق داده شده‌اند. علاوه بر این، نمونه‌های موردی در سراسر جهان برای استخراج راه‌حل‌های افزایش بهره‌وری انرژی در سیستم نورپردازی مســـکونی بررســـی شـــده‌اند. از بین نمونه‌های موردی، خانه‌ای مســـکونی در ســـاراتوگا اسپرینگز[1] در نیویورک و آپارتمانی مسکونی در گوتنبرگ[2] سوئد، با دقت تحلیل شـده‌اند. در خانه مسکونی در ساراتوگا اسپرینگز با بازطراحی سیستم‌های نورپردازی، میزان مصرف انرژی و هزینه‌های موجود، کاهش یافته‌اند. تنها در آشپزخانه این خانه با بکارگیری راه‌حل‌های افزایش بهره‌وری انرژی، هزینه‌های بهره‌برداری به میزان ۱۱۱ دلار آمریکا در ســـال کاهش یافته‌اند. در آپارتمان مســـکونی در

[1] Saratoga Springs
[2] Gothenburg

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

گوتنبرگ سوئد با بکارگیری سیستم‌های نورپردازی هوشمند، ۱۰ درصد از بار نورپردازی، کم شده است. به این دلایل، سیستم نورپردازی در این دو نمونه موردی به طور کامل تحلیل شده‌اند و راه‌حل‌های مناسب برای ارتقای سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران، ارائه شده‌اند. نهایتا روش ارزیابی چرخه زندگی برای مقایسه راه‌حل‌های ارائه شده و بررسی اعتبار آنها استفاده شده است. در این روش، با استفاده از نرم‌افزارهای SimaPro نسخه ۹ و Excel نسخه ۲۰۱۹، تأثیرات محیطی راه‌حل‌های مختلف در مراحل ساخت، بهره‌برداری، دورریزی و طول عمر مقایسه شده‌اند. تصویر ۱، خلاصه‌ای از مراحل مختلف روش تحقیق را نشان می‌دهد.



تصویر ۱: روش تحقیق مورد استفاده در پژوهش حاضر.

۴. یافته‌های تحقیق

۴-۱- الزامات و استانداردهای بین‌المللی برای سیستم نورپردازی مسکونی و مقایسه با سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران

در گام اول، منابع علمی شامل کتاب‌ها، آیین‌نامه‌ها، استانداردها، دفترچه‌های راهنما و توصیه‌نامه‌های طراحی مرتبط با سیستم نورپردازی مسکونی مورد بررسی قرار گرفتند و الزامات کلیدی نورپردازی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

در فضاهای مسکونی استخراج شد.

فضاهای مسکونی معمولاً خصوصی و دارای حریم هستند؛ بنابراین، راه‌حل‌های طراحی نورپردازی باید این مورد را مورد توجه قرار دهد. شخصی‌سازی معمولاً به طور مستقیم باعث روحیه مطلوب و واکنش روان‌شناختی مناسب در قسمت ورودی، بخش گفتگوی خودمانی و شامخوری می‌شود. این تأثیر مطلوب می‌تواند در مورد امور بصری ضروری و محدود به فعالیت‌ها و فضاهای اندک همچون تهیه غذا در آشپزخانه، آرایش در حمام و کار روی میز، تعمیم یابد.

پروژه‌های مسکونی از نظر مقیاس و پیچیدگی بسیار متنوع‌اند؛ از آپارتمان‌های کوچک تا واحدهای بزرگ و مجلل. طراحی نورپردازی در هر دو انتهای این طیف با مشکلات خاص خود همراه است. در مقایسه با انواع ساختمان‌های دیگر، بخش مسکونی دارای تعداد محدود و قابل پیش‌بینی از فعالیت‌ها و عملکردها است. این فعالیت‌ها و عملکردها معمولاً عبارتند از: (۱) فضای نشیمن و خانوادگی، (۲) فضای تهیه غذا و شامخوری، (۳) فضای توالت، حمام و آرایش و (۴) فضای خواب و رختکن. خانه‌ها ممکن است فضای اداری، فضای موسیقی یا کارگاه داشته باشند اما وجود بیش از یک یا دو مورد از این فضاها در یک خانه مستقل، غیرمعمول است. الزامات نورپردازی برای هر یک از فضاهای فوق در زیر توضیح داده شده‌اند (گروندزیک و کووک، ۱۳۹۹ ,Karlen and Benya 2004;).

نورپردازی نشیمن: فضای نشیمن به راه‌حل‌های نورپردازی انعطاف‌پذیر نیاز دارد، زیرا فعالیت‌های متنوعی مانند گفت‌وگو، مطالعه، تماشای تلویزیون، گوش دادن به موسیقی و گردهمایی‌های خانوادگی در آن انجام می‌شود. گاهی نشیمن می‌تواند شامل یک میز یا گوشه اداری، محلی برای بازی‌ها، کتابخانه و مجموعه هنری باشد. امور بصری در نشیمن بر اساس ابعاد و اهداف آن، از ساده و مقدماتی تا پیچیده و کاملاً فنی تغییر می‌کنند. شدت روشنایی باید متناسب با نیازهای حرکتی و بصری فضا باشد و استفاده از کلیدهای تضعیف‌کننده برای تنظیم سطح نور در موقعیت‌های مختلف توصیه می‌شود. لامپ‌های فلورسنت فشرده با توان مناسب گزینه‌ی مطلوبی برای این فضا هستند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نورپردازی شامخوری: در فضای شامخوری، نور طبیعی و خلق اتمسفر مطلوب از اولویت‌های طراحی محسوب می‌شوند. نورپردازی می‌تواند قابلیت تغییر حالت از رسمی و روشن تا رمانتیک یا غیررسمی را داشته باشد. به همین دلیل، استفاده از تضعیف‌کننده‌ها برای کنترل شدت نور پیشنهاد می‌شود تا ترکیب‌های متنوعی از روشنایی ایجاد گردد.

نورپردازی آشپزخانه: آشپزخانه از نظر طراحی نورپردازی، یکی از چالش‌برانگیزترین فضاهای مسکونی است. فعالیت‌های دقیق بصری در کنار خطراتی مانند تماس با ابزارهای تیز یا سطوح داغ، نیازمند نورپردازی دقیق هستند. امور بصری اصلی در آشپزخانه در سطح پیشخوان شکل می‌گیرند که شامل سطوح کاری، سینک و سطوح آشپزی است. امور بصری ثانویه شامل دسترسی بصری کافی به کابینت‌ها و قفسه‌ها در بالای سطح پیشخوان هستند. گرچه تأمین دسترسی بصری به کابیت‌ها در پایین سطح پیشخوان اهمیت دارد اما راه‌حل‌های نورپردازی برای آن، کمتر مشاهده می‌شود. آشپزخانه به سطح متوسط از نورپردازی محیطی برای فعالیت‌های کلی نیاز دارد چون معمولاً یخچال‌ها و اجاق‌ها دارای منبع نور داخلی هستند و امور مرتبط با عناصر دیگر آشپزخانه چندان نگران‌کننده نیست. منابع نورپردازی محیطی یا عمومی احتمالاً باعث ایجاد سایه کاربران بر سطوح کاری می‌شود که کار آنان را سخت می‌کنند. در این صورت می‌توان از نورپردازی موضعی برای حذف سایه‌ها بر سطوح کاری استفاده کرد. در انتخاب لامپ‌ها می‌بایست به نمود رنگی توجه شود چون بسیاری از لامپ‌های فلورسنت استاندارد باعث کاهش جذابیت غذاها می‌شوند. لامپ‌ها با دمای رنگ ۳۰۰۰ کلوین و شناسه نمود رنگ بیشتر از ۸۰ توصیه می‌شوند.

نورپردازی حمام: امور بصری موجود در حمام‌ها معمولاً مقدماتی، قابل پیش‌بینی و عملکردی هستند. نور طبیعی و زیبایی‌شناختی، موضوعات مهم در نورپردازی هر فضا هستند اما آنها از ملاحظات ثانویه در اغلب حمام‌ها محسوب می‌شوند. برخی از حمام‌های بزرگ و سفارشی دارای وان‌های بزرگ و سطوح ورزشی هستند که ممکن است به راه‌حل‌های نورپردازی دیگر نیاز داشته باشند. نورپردازی موضعی برای آرایش در برابر آینه و نورپردازی محیطی برای دوش گرفتن، نظافت و مطالعه کوتاه‌مدت از الزامات نورپردازی در حمام‌ها هستند. نورپردازی موضعی در برابر آینه، ویژگی‌های

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

خاص دارد. اول، می‌بایست نور کافی برای بررسی دقیق پوست و مو را فراهم کند. در این زمینه می‌توان از لامپ فلورسنت ۵۰ تا ۶۰ وات یا لامپ رشته‌ای یا هالوژن ۱۵۰ تا ۲۰۰ وات برای هر روشویی استفاده کرد. دوم، اثر نورپردازی می‌بایست بدون سایه باشد تا از شرایط بصری دشوار جلوگیری کرده و دید مناسب از چهره را فراهم کند. سوم، لامپ انتخابی می‌بایست کیفیت رنگ مناسب برای دید طبیعی از پوست را فراهم کند. این لامپ، لازم است دمای رنگ ۳۰۰۰ کلوین و شناسه نمود رنگ بیشتر از ۸۰ داشته باشد. نورپردازی محیطی به متغیرهای بیشتری نیاز دارد. معمولاً نور منتشر شده از لامپ‌های آینه برای این هدف مناسب است خصوصاً اگر در و محفظه دوش، شفاف باشند و توالت در مجاور آینه قرار بگیرد. در غیر این صورت، فرم‌های حمام، اشکال دیگر و موقعیت تجهیزات می‌توانند توانایی لامپ‌های آینه برای تأمین نورپردازی محیطی کافی را محدود کنند. صرف نظر از اشکال موجود در حمام و با وجود بودجه کافی می‌توان از لامپ‌های توکار برای دوش، سونا و وان و لامپی برای بالا یا مجاور توالت استفاده کرد.

نورپردازی اتاق خواب: دو قانون کلی در مورد طراحی اتاق خواب‌ها و نورپردازی آنها وجود دارند. اول، اتاق خواب‌ها می‌بایست برای خوابیدن مناسب باشند. دوم، آنها می‌بایست یک پناهگاه آرام در برابر بخش‌های اجتماعی و فعال‌تر مسکونی باشند. اتاق خواب‌های کوچک می‌توانند به عنوان مکانی برای خوابیدن و تعویض لباس باشند. اغلب اتاق خواب‌ها به عنوان مکانی برای مطالعه، تماشای تلویزیون و نوشتن یا انجام کار در خانه پشت میز، نیز در نظر گرفته می‌شوند. اتاق خواب‌های بزرگتر ممکن است به صورت مشترک استفاده شوند و در این صورت به عنوان مکانی باتوجه به حریم شخصی در نظر گرفته می‌شوند. اتاق خواب می‌تواند شامل بخش نشستن و گفتگو، بخشی برای کار پشت میز و بخش ورزشی باشند. نورپردازی اتاق خواب می‌بایست مناسب برای انجام فعالیت‌های متنوع باشد و به نیازهای مستقل دو کاربر پاسخ دهد. انتخاب لامپ برای پیوستگی رنگ در سراسر اتاق خواب اهمیت دارد. تغییر رنگ می‌تواند موقع ورود به حمام اتاق خواب شکل بگیرد. نمود رنگی در فضا می‌بایست بر اساس کیفیت نرم بصری به جای خطوط سخت و خشک انتخاب شود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

دمای رنگ و شـــناســـه نمود رنگ در این بخش توصـــیه نشـــده‌اند چون نور طبیعی مطلوب در اتاق خواب‌ها به شدت متنوع هستند.

با مقایســه ســیســتم نورپردازی در آپارتمان‌های مســکونی منطقه ۱ تهران با الزامات و اســتانداردهای بین‌المللی، کمبودها و ضــعف‌های این ســیســتم، تعیین و تحلیل شــده‌اند. آرایش ثابت و تکراری در فضاهای مختلف مسکونی، یکی از ضعف‌های سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران اســت. معمولاً از منابع نقطه‌ای نور که با خیرگی مســتقیم و انعکاس همراه هســتند، اســتفاده می‌شــود. در آشــپزخانه، یک منبع نقطه‌ای نور در مرکز قرار می‌گیرد که معمولاً از یک یا چند لامپ رشته‌ای یا فلورسنت فشرده، شکل گرفته است. در نشیمن نیز از منبع نقطه‌ای نور به صورت لوستر با مجموعه لامپ‌ها اســتفاده می‌شــود (تصــویر ۲). برای شــامخوری نیز معمولاً از یک لوســتر اســتفاده می‌شود که بر اساس میز موجود، تنظیم نشده است (تصویر ۳).

تصویر ۲: نشیمن آپارتمان ۱۳۰ متری در ولنجک (نویسندگان).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

تصویر ۳: فضای شامخوری آپارتمان ۱۳۵ متری در زعفرانیه (نویسندگان).

سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران، معمولاً بدون توجه به سطوح شدت روشنایی افقی و عمودی مورد نیاز برای امور بصری مختلف، طراحی شده است که از ضعف‌های این سیستم است. برای نمونه، همان‌گونه که در الزامات اشاره شد، در آشپزخانه فعالیت‌های مختلف انجام می‌شود که برخی از آنها با خطراتی همچون بریده شدن دست و سوختن، همراه هستند. اما بدون توجه به این واقعیت‌ها، معمولاً از یک منبع نقطه‌ای نور در مرکز آشپزخانه استفاده می‌شود که باعث ایجاد سایه‌های شدید و خیرگی ناراحت‌کننده و حتی ناتوان‌کننده می‌شود. در این صورت، امکان بروز این خطرات، افزایش می‌یابد. همچنین، در اغلب موارد از لامپ‌هایی در بالای پیشخوان و زیر کابینت‌های فوقانی استفاده نمی‌شود (تصویر ۴).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

تصویر ۴: آشپزخانه آپارتمان ۲۷۵ متری در زعفرانیه (نویسندگان).

ضعف دیگر در سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران، استفاده نادرست از نور طبیعی است. به دلیل (۱) در نظر گرفته نشدن جهت‌گیری مناسب برای پنجره‌ها، (۲) ساخته نشدن سایه‌بان‌های افقی یا عمودی مناسب برای آنها، (۳) عدم بکارگیری کرکره‌های ثابت و متحرک و (۴) بی‌توجهی به نقش پوشش گیاهی، نور طبیعی باعث خیرگی شدید در فضا می‌شود (تصویر ۵). به این دلیل، ساکنان معمولاً با پوشاندن پنجره‌ها، از ورود این نور جلوگیری می‌کنند. نور طبیعی می‌بایست بر اساس استفاده بهینه از انرژی خورشیدی، طراحی شود. همچنین، نورپردازی الکتریکی با کنترل‌کننده‌های هوشمند می‌بایست با میزان نور طبیعی موجود در ساعات مختلف هماهنگ شود اما این تدابیر در آپارتمان‌های مسکونی این منطقه از تهران، رعایت نشده‌اند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

تصویر ۵: نشیمن و فضای شامخوری آپارتمان ۲۶۰ متری در زعفرانیه (نویسندگان).

ضعف دیگر در سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران، اجرای بسیار ضعیف این سیستم است. برای نمونه، در برخی از آپارتمان‌ها از سیستم نورپردازی غیرمستقیم در نشیمن استفاده شده است که با فعالیت‌های مختلف موجود در آن هماهنگ است. اما با پیش‌آمدگی زیر سقف و استفاده از لامپ‌های نامتعارف در آن، روشنایی لازم برای امور بصری فراهم نمی‌شود و این سیستم، غیر کاربردی خواهد بود. معمولاً به جای آن از لوستر و تجهیزات نورپردازی دیگر استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که این سیستم غیرمستقیم نمی‌بایست با لامپ‌های رشته‌ای اجرا شود و نوارهای LED مناسب هستند. این نوارها، امکان کنترل از راه دور و تنظیم میزان نور و حتی رنگ را دارند و باعث انعطاف‌پذیری سیستم نورپردازی می‌شوند و به نیازهای مختلف بصری، پاسخ مناسب می‌دهند. لامپ‌های بکار رفته در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران، همچنان رشته‌ای و فلورسنت هستند. در حالی که لامپ‌های کم مصرف LED با قیمت مناسب، موجود هستند. همان‌گونه که اشاره شد

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

ســاکنان این منطقه، از توان مالی خوبی برخوردار هســتند و دلیل انتخاب نشــدن لامپ‌های LED با مصرف کمتر، طول عمر بیشتر و نمود رنگی بهتر مورد سؤال است. می‌توان اشاره کرد که در برخی از این آپارتمان‌ها، نورپردازی به عنوان یک تجمل در نظر گرفته شــده اســت. هر چند این تجمل، با خیرگی شدید همراه است و زیبایی ندارد (تصاویر ۶ و ۷).

تصویر ۶: فضای تقسیم آپارتمان ۳۵۰ متری در زعفرانیه (نویسندگان).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

تصویر ۷: اتاق خواب آپارتمان ۳۵۰ متری در زعفرانیه (نویسندگان).

۴-۲- راه‌حل‌های افزایش بهره‌وری انرژی در سیستم نورپردازی یک خانه در ساراتوگا اسپرینگز نیویورک

با هدف ارائه راه‌حل‌های عملی برای رفع ضعف‌های شناسایی‌شده در سیستم نورپردازی آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران، نمونه‌های موفق بین‌المللی در زمینه نورپردازی مسکونی مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در این بخش، سیستم نورپردازی یک خانه در ساراتوگا اسپرینگز نیویورک، بررسی و تحلیل شده است. این پروژه در محله‌ای مجلل از ساراتوگا اسپرینگز قرار دارد و توسط سازنده‌ای طراحی شده که رویکردی پایدار و آگاهانه نسبت به نورپردازی و مصرف انرژی داشته است. ارزش تقریبی این خانه ۶۰۰۰۰۰ دلار آمریکا بوده و مساحت آن ۳۷۲ مترمربع است که حتی بر اساس استانداردهای آمریکایی نیز یک خانه‌ی بزرگ محسوب می‌شود.فضای زندگی در طبقه همکف شامل نشیمن، شامخوری، غذاخوری در آشپزخانه، فضای مطالعه، فضای خورشیدی، حمام و اتاق خواب والدین است. طبقه فوقانی دارای سه اتاق خواب و دو حمام است.

این خانه به صورت سفارشی طراحی شده است. اشتیاق مالک به استفاده از سیستم‌های نورپردازی نوآورانه و دارای بهره‌وری انرژی بالا، عامل کلیدی در موفقیت این طرح بوده است. پیش از آغاز

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

ساخت، تیم طراحی با بررسی پلان همکف، سبک معماری خانه و نحوه‌ی ارتباط آن با ساختمان‌های مجاور، به درک جامعی از موقعیت پروژه دست یافته است. همچنین با شناخت سبک زندگی، برنامه‌های زمانی و اولویت‌های مالک، طرح نورپردازی را متناسب با الگوهای استفاده از فضاها تنظیم کرده‌اند. طراح داخلی نیز در هماهنگی کامل با تیم ساخت، میان انتخاب مبلمان، رنگ‌ها، پارچه‌ها، تایل‌ها، سطوح و بافت‌ها با طرح سیستم نورپردازی، ارتباطی منسجم برقرار کرده است. بدین ترتیب، تمامی داده‌های به‌دست‌آمده از این مرحله، به طور مستقیم در راه‌حل‌های طراحی نورپردازی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

یکی از ضعف‌های اصلی در سیستم نورپردازی آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران، طراحی نورپردازی بدون توجه به اجزای معماری و نیازهای بصری ساکنان است. استفاده از آرایش‌های تکراری و ثابت با منابع نقطه‌ای نور رو به پایین موجب خیرگی، ایجاد سایه‌های شدید و در نتیجه، کاهش آسایش بصری می‌شود. در مقابل، سیستم نورپردازی در خانه مورد مطالعه بر اساس یکپارچگی با عناصر معماری از جمله سقف‌های مرتفع و شیب‌دار، ستون‌ها و کابینت‌ها طراحی شده است. در این خانه، بیشتر نورپردازی عمومی از طریق منابع پنهان در حفره‌ها و لبه‌پوش‌ها تأمین می‌شود. این راهبرد امکان بهره‌گیری از لامپ‌های فلورسنت خطی نسل جدید را فراهم کرده است که دارای ابعاد کوچک، شاخص نمود رنگ متنوع، توان و طول مختلف و قابلیت تضعیف نور هستند. نورپردازی محیطی عمومی در سراسر خانه به‌صورت غیرمستقیم انجام گرفته و نتیجه آن ایجاد فضایی نرم، روشن، بدون خیرگی و با حداقل گسیختگی نوری است (تصویر ۸).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

تصویر ۸: نشیمن در خانه واقع در ساراتوگا اسپرینگز نیویورک (Banwell et al., 2004**).**

در حالی‌که در بسیاری از آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران همچنان از لامپ‌های رشته‌ای پرمصرف استفاده می‌شود، در این خانه تمام منابع نور بر اساس معیار بهره‌وری انرژی و هماهنگی با معماری داخلی انتخاب شده‌اند. علاوه بر نورپردازی یکپارچه، امکان استفاده از لامپ‌های تزئینی و تجهیزات نصب سطحی نیز فراهم بوده است. مالک با مشاهده گزینه‌های گوناگون، برای انتخاب محصولات هماهنگ با معیار ستاره انرژی از مؤسسه حفاظت محیط زیست ایالات متحده ترغیب شده است. در مواردی که گزینه‌های دارای گواهی با سلیقه زیبایی‌شناختی مالک هماهنگ نبوده‌اند، از لامپ‌های فلورسنت فشرده با پایه پیچی به‌عنوان جایگزین لامپ‌های رشته‌ای تزئینی استفاده شده است. لوستر فضای شامخوری (تصویر ۹)، لامپ آویز گوشه‌ی آشپزخانه (تصویر ۱۰) و دو لامپ رومیزی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

در اتاق‌خواب طبقه فوقانی با لامپ‌های فلورسنت فشرده جایگزین شده‌اند. افزایش بهره‌وری انرژی در این پروژه صرفاً به جایگزینی یک‌به‌یک لامپ‌ها محدود نشده، بلکه محل قرارگیری صحیح منابع نور و انتخاب دقیق نوع لامپ‌ها به‌عنوان راه‌حل اصلی تعریف شده است. تنها تعداد اندکی از فضاهای خاص که نیاز به نور متمرکز یا تأکیدی داشتند، از لامپ‌های رشته‌ای هالوژن توکار و منابع نور نقطه‌ای استفاده کرده‌اند. هماهنگی میان دمای رنگ گرم و شاخص نمود رنگ در منابع فلورسنت و هالوژن، موجب ایجاد جلوه‌ای بصری دلپذیر در فضا شده است.

تصویر ۹: فضای شامخوری خانه در ساراتوگا اسپرینگز نیویورک (Banwell et al., 2004).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

تصویر ۱۰: آشپزخانه خانه در ساراتوگا اسپرینگز نیویورک (Banwell et al., 2004).

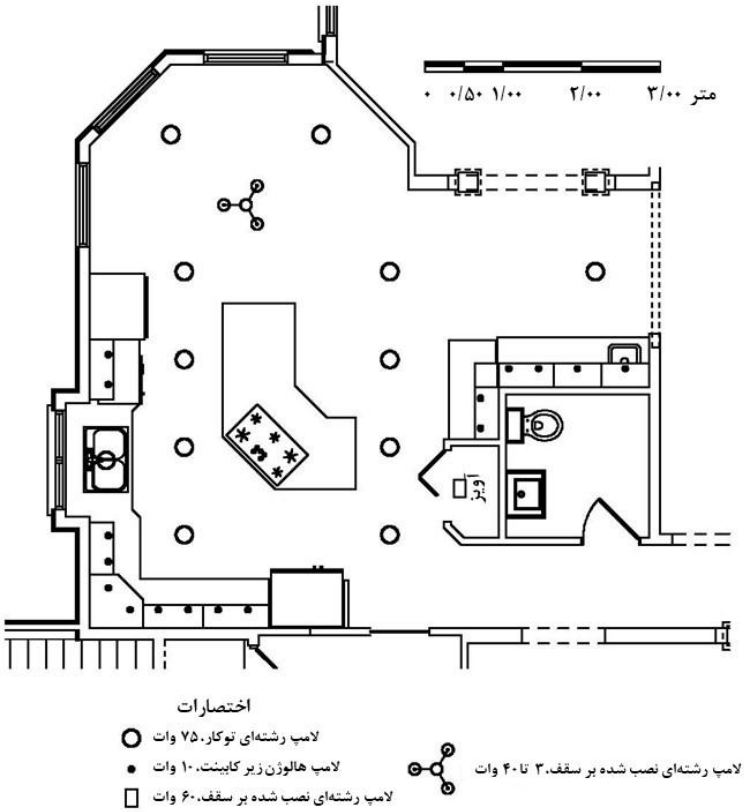
یکی دیگر از ضعف‌های مشهود در نورپردازی مسکونی منطقه ۱ تهران، بی‌توجهی به سطوح شدت روشنایی افقی و عمودی مورد نیاز برای فعالیت‌های مختلف است. در مقابل، در این خانه، شدت روشنایی فضاهای کلیدی مطابق با توصیه‌های انجمن مهندسی روشنایی آمریکای شمالی[1] تنظیم شده است. بار سیستم نورپردازی کل ساختمان برابر با ۹/۸ وات بر مترمربع (۰/۸۸ وات بر فوت‌مربع) است؛ در حالی‌که مقدار معمول در سایر ساختمان‌های مسکونی بین ۲۲ تا ۲۸ وات بر مترمربع (۲/۰ تا ۲/۶ وات بر فوت مربع) است.

برای مقایسه، آشپزخانه به‌عنوان پرمصرف‌ترین فضای خانه انتخاب شده است. در این بخش، صرفه‌جویی سالانه‌ای معادل ۱۱۱ دلار آمریکا نسبت به آشپزخانه‌های مشابه حاصل شده است (تصاویر

[1] Illuminating Engineering Society of North America

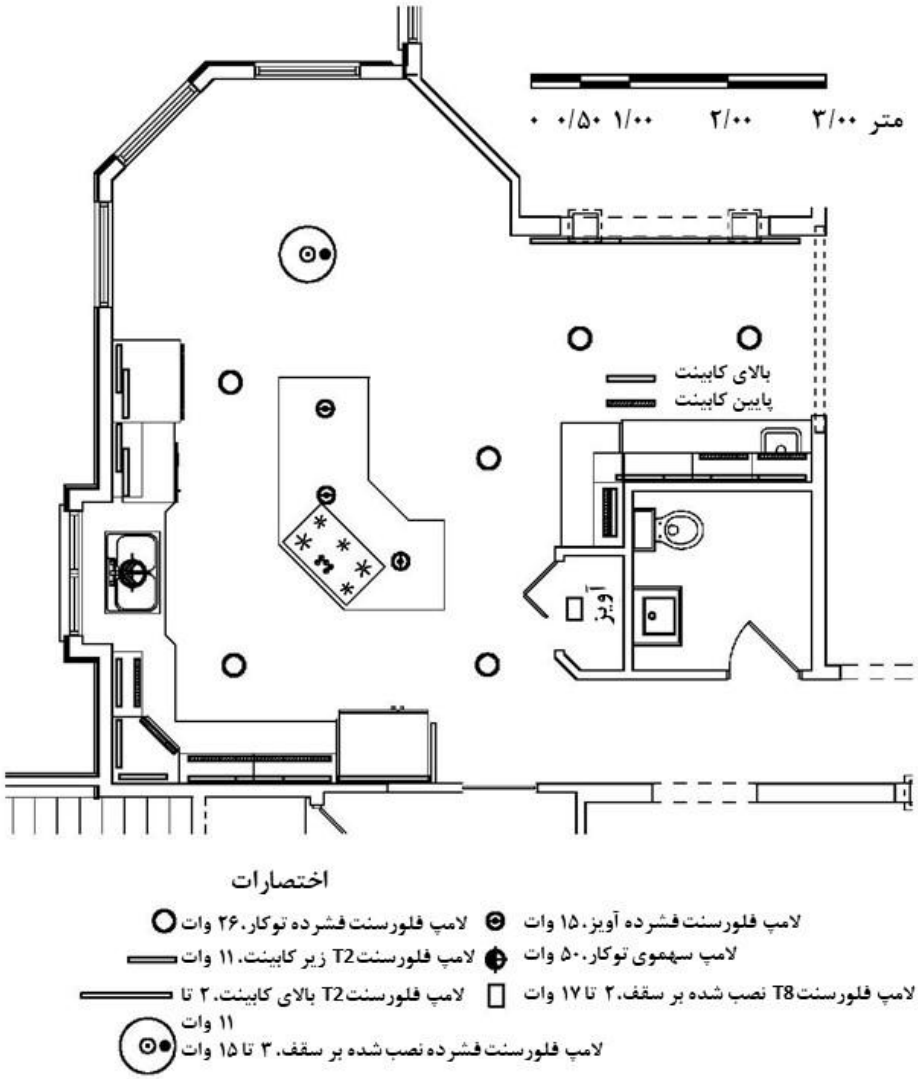
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۱۱ و ۱۲). هرچند این صرفه‌جویی فقط برای آشپزخانه محاسبه شده، اما کاهش مصرف انرژی در سایر فضاهای خانه نیز بر اساس برآورد بار کل ساختمان قابل پیش‌بینی است. اثربخشی بیشتر، عمر طولانی‌تر منابع نوری و نیاز کمتر به تعویض، از دیگر دستاوردهای این سیستم محسوب می‌شود.



تصویر ۱۱: طراحی مقدماتی آشپزخانه در خانه واقع در ساراتوگا اسپرینگز نیویورک با هزینه بهره‌برداری سالانه ۲۱۳ دلار (Banwell et al., 2004**).**

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]



تصویر ۱۲: طراحی اصلی آشپزخانه در خانه واقع در ساراتوگا اسپرینگز نیویورک با نورپردازی دارای بهره‌وری انرژی بالا با هزینه بهره‌برداری سالانه ۱۰۲ دلار (Banwell et al., 2004).

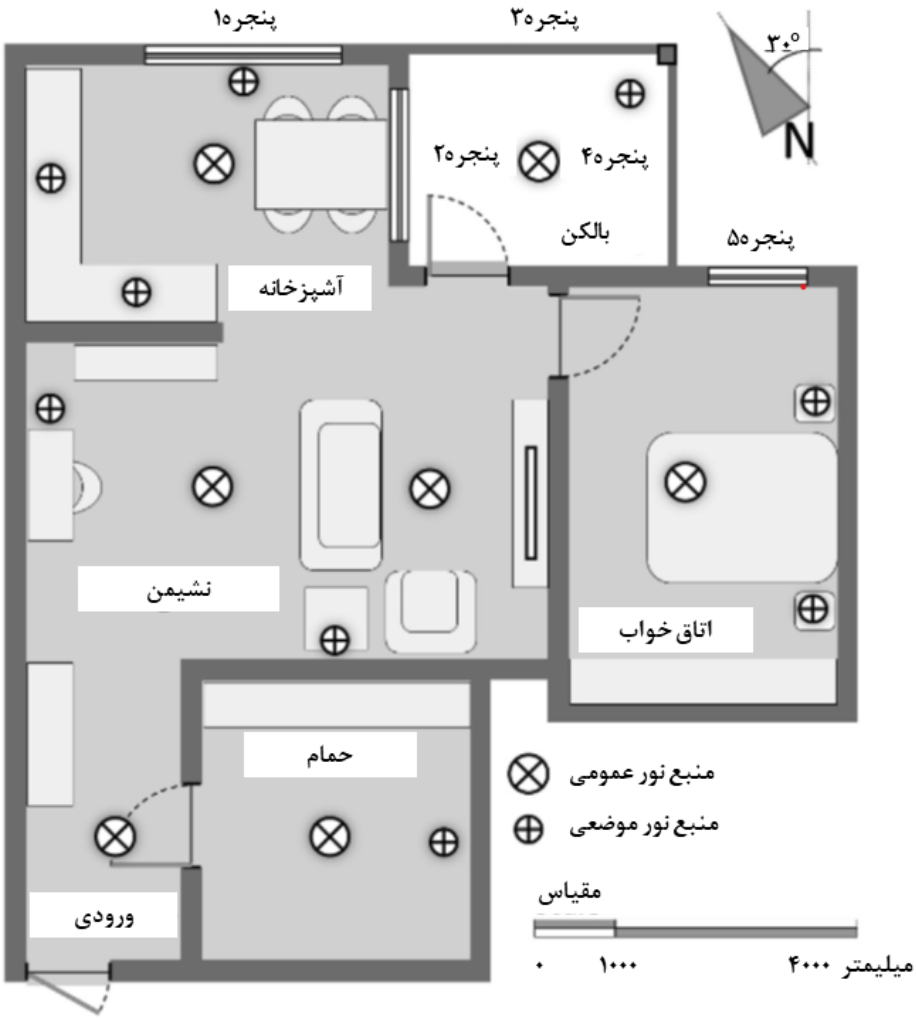
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

باید توجه داشت که هزینه تجهیزات و نصب سیستم نورپردازی در این خانه بالاتر از نورپردازی معمولی بوده است. یارانه در نظر گرفته‌شده برای خرید و نصب تجهیزات دارای بهره‌وری انرژی بالا، ۱۰۰۰۰ دلار آمریکا (۱/۷ درصد از کل هزینه ساخت) بوده است. هزینه کل تجهیزات و نصب نیز ۲۷۰۰۰ دلار آمریکا (۴/۵ درصد از کل هزینه ساخت) برآورد شده است. متأسفانه، مالکان مسکونی تمایل دارند تا تصمیمات نورپردازی بر اساس هزینه اولیه و نه هزینه کل بهره‌برداری در طول عمر خانه، اتخاذ شود.

۴-۳- راه‌حل‌های افزایش بهره‌وری انرژی در سیستم نورپردازی یک خانه در گوتنبرگ سوئد

مورد بعدی که برای بررسی راه‌حل‌های نورپردازی در خانه‌های مسکونی انتخاب شده است، آپارتمانی دارای دو اتاق خواب است که مساحت آن ۷۵ مترمربع (تصویر ۱۳). این خانه یکی از معمولی‌ترین خانه‌های مسکونی در سوئد است (Statistics Sweden, 2020). در این مطالعه، وضعیت اقامت در سه فضای اصلی شامل آشپزخانه با مساحت ۱۲ مترمربع، نشیمن با مساحت ۲۴ مترمربع و اتاق خواب با مساحت ۱۲ مترمربع، مورد بررسی قرار گرفته است. فضاهایی مانند حمام، ورودی و بالکن بررسی نشده‌اند، زیرا به‌طور معمول، برنامه‌ریزی برای سیستم‌های نورپردازی هوشمند در فضاهایی با زمان اقامت بسیار کوتاه، توصیه نمی‌شود (Gentile, 2015). این سایت در شهر گوتنبرگ سوئد با عرض جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۱۱ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی قرار دارد و داده‌های اقلیمی مورد نیاز از فرودگاه گوتنبرگ استخراج گردیده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]



تصویر ۱۳: پلان همکف خانه در گوتنبرگ سوئد با نمایش محل منابع نور. نورپردازی عمومی از سقف و نورپردازی موضعی با مبلمان هماهنگ شده است. پنجره‌های ۱، ۲ و ۵ دارای ارتفاع ۰/۹۰ متر هستند. پنجره‌های ۳ و ۴ به طور کامل به اندازه دیوار هستند (Moadab et al., 2021).

یکی از ضعف‌های اصلی سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران، انعطاف‌ناپذیری سیستم و فقدان امکان تنظیم یا تضعیف نور است. در نمونه موردی مورد بررسی،

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

صحنه‌های نورپردازی متناسب با فعالیت‌های مختلف هر فضا تعریف شده‌اند. برای هر فضا سه سطح نور شامل ۱۰۰ درصد (روشنایی کامل برای انجام فعالیت‌ها)، ۵۰ درصد (نور پس‌زمینه یا حالت نیمه‌روشن) و ۰ درصد (خاموش) در نظر گرفته شده است. برای مثال، دو صحنه نورپردازی در آشپزخانه عبارت‌اند از: (۱) تهیه غذا و نظافت و (۲) غذا خوردن. نور عمومی و دو نور موضعی تضعیف شده در فضاهای مؤثر نشیمن و آشپزخانه برای تأمین سطح نور ۱۰۰ درصد، بکار گرفته شده‌اند. همچنین، نور موضعی کامل در آشپزخانه به همراه نور عمومی و نور موضعی تضعیف شده در نشیمن برای تأمین سطح نور ۵۰ درصد، در نظر گرفته شده‌اند. چند گزینه نورپردازی برای فعالیت‌های همزمان در آپارتمان همچون تهیه غذا و نظافت در آشپزخانه و استراحت و تماشای تلویزیون در نشیمن، در نظر گرفته شده است. این صحنه‌ها بازتابی از تنظیمات واقعی کاربران در فضاهای مسکونی هستند و بر اساس توصیه‌های مؤسسات معتبر همچون *E*nergy Saving Trust (2020) و تعاریف موجود برای تضعیف نور دستی و خودکار به عنوان روش ارتقای مصرف انرژی برق در نورپردازی، طراحی شده‌اند (Newsham et al., 2008; Li rt al., 2006; Shishegar and Boubekri, 2017). نور طبیعی نیز از طریق پنجره‌های جبهه شمال‌شرقی آپارتمان با حداقل خیرگی تأمین می‌شود. سیستم‌های نورپردازی الکتریکی در دو دسته نور عمومی و نور موضعی سازمان‌دهی شده‌اند. نور عمومی برای ایجاد روشنایی یکنواخت و ایمنی محیط در سطح کف در نظر گرفته شده و نور موضعی برای فعالیت‌های خاص نظیر آشپزی و مطالعه طراحی شده است. سطح روشنایی مورد نیاز برای این فعالیت‌ها برابر با ۴۰۰ لوکس و مطابق با توصیه‌های *Energy Saving Trust (2020)* تعیین گردیده است. ارتفاع نصب تجهیزات نورپردازی ۲/۵ متر از کف و برای نور موضعی در اتاق خواب ۱/۵ متر است.

در سیستم‌های معمولی نورپردازی مسکونی در تهران، عدم استفاده از کنترل خودکار و ناهماهنگی نور مصنوعی با نور طبیعی از نقاط ضعف اساسی است. اما در نمونه موردی گوتنبرگ، سه نوع منبع نور کم‌مصرف شامل لامپ‌های فلورسنت فشرده (CFL)، دیودهای نورگسیل (LED) و دیودهای

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نورگسیل هوشمند (Smart LED) به کار رفته‌اند. نوع سوم علاوه بر ویژگی‌های فنی مشابه LED، دارای سیستم کنترل هوشمند مبتنی بر شبکه اینترنتی برای تبادل داده است.

استفاده از لامپ‌های رشته‌ای و پر مصرف و عدم امکان کنترل خودکار نورپردازی الکتریکی و تنظیم آن در ساعات مختلف عملیات و بر اساس سطوح مختلف نور طبیعی، از ضعف‌های سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران است. اما در این نمونه موردی، سه نوع منبع نور کم مصرف، استفاده شده‌اند.

در این آپارتمان، حسگر نور طبیعی در آشپزخانه و اتاق خواب و حسگر حضور در تمامی فضاها نصب شده‌اند. در تنظیمات معمول، واکنش کاربران به سطح روشنایی بر اساس قضاوت ذهنی صورت می‌گیرد و اغلب منجر به مصرف بیشتر انرژی می‌شود. اما در تنظیم هوشمند، سیستم کنترل به‌صورت خودکار و بر اساس داده‌های حسگرها عمل کرده و تنها در صورت حضور ساکنان و ناکافی بودن نور طبیعی، منابع نور مصنوعی را فعال می‌کند.

علاوه بر این، الگوریتم یادگیری اقامتی در سیستم هوشمند به‌گونه‌ای عمل می‌کند که هنگام ورود ساکنان به فضا، نور به‌طور خودکار روشن و بلافاصله پس از خروج خاموش می‌شود. این سیستم هوشمند، با یادگیری الگوهای رفتاری کاربران، سبب صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی شده است. نتایج نشان می‌دهد که در حالت هوشمند، میانگین صرفه‌جویی سالانه انرژی در مقایسه با حالت معمول به میزان ۱۰ درصد است؛ به‌طوری‌که مصرف از ۹۷ به ۸۸ کیلووات‌ساعت برای یک نفر، از ۱۵۴ به ۱۳۹ کیلووات‌ساعت برای دو نفر، و از ۱۱۹ به ۱۰۷ کیلووات‌ساعت برای سه نفر کاهش یافته است.

۴-۴- ارزیابی چرخه زندگی برای اعتبارسنجی راه‌حل‌های ارائه شده

در این بخش، بر اساس ارزیابی چرخه زندگی، سه گزینه لامپ رشته‌ای-هالوژن، فلورسنت فشرده و دیود نورگسیل برای فضاهای مسکونی مقایسه شده‌اند. ابتدا، از روش لومن که توسط کمیته روشنایی[1]

[1] Commission on Illumination

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

پیشنهاد شده، برای ارزیابی سیستم‌های نورپردازی استفاده شده است. روش لومن برای تخمین شار نوری موردنیاز برای محیط معین بر اساس فعالیت‌های موجود، سن ساکنان، میزان انعکاس سطوح، تجهیزات استفاده شده و میزان نور منتشر شده از لامپ‌ها، بکار می‌رود. با مشخص بودن ابعاد محیط، با استفاده از معادله (۱) می‌توان شاخص مکانی (K) را محاسبه کرد. در این معادله، C طول محیط، L عرض محیط و HM فاصله بین لامپ و صفحه کار است (International Commission on Illumination, 1996).

$$K = \frac{\mathrm{C} * \mathrm{L}}{(\mathrm{C} + \mathrm{L}) * H_M} \qquad (۱)$$

با استفاده از این معادله، می‌توان شاخص مکانی برای هر کدام از فضاهای مسکونی را محاسبه کرد. فرض می‌شود که ارتفاع سقف، ۳/۲ متر و ارتفاع صفحه کار از کف، ۰/۷ متر باشد. محاسبات برای چهار فضای نشیمن با ابعاد ۶/۱۰ در ۴/۲۳ متر (مساحت ۲۵/۸۰ مترمربع)، آشپزخانه با ابعاد ۴/۵۱ در ۲/۶۴ متر (مساحت ۱۱/۸۹ مترمربع)، اتاق خواب ۱ با ابعاد ۴/۳۸ در ۲/۹۶ متر (مساحت ۱۲/۹۶ مترمربع) و اتاق خواب ۲ با ابعاد ۳/۵۳ در ۲/۵۱ متر (مساحت ۸/۸۵ مترمربع) انجام شده‌اند. در این صورت شاخص مکانی برای این چهار فضا به ترتیب برابر است با: ۱/۰۰، ۰/۶۷، ۰/۷۱ و ۰/۵۹.

برای محاسبه شار نوری کل بر حسب لومن (Ø) در این چهار فضای مسکونی، می‌توان از معادله (۲) استفاده کرد. در این معادله، E شدت روشنایی بر حسب لوکس، S مساحت بر حسب متر مربع، μ ضریب بهره‌برداری و d ضریب استهلاک است (International Commission on Illumination, 1996).

$$\emptyset = \frac{\mathrm{E} * \mathrm{S}}{\mu * d} \qquad (۲)$$

شدت روشنایی موردنیاز برای نشیمن ۲۰۰ لوکس، برای آشپزخانه ۳۰۰ لوکس و برای اتاق خواب ۲۰۰ لوکس است. در این صورت، میزان شار نوری مورد نیاز برای حفظ روشنایی مطلوب در صفحه

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

کار برای نشیمن ۷۹۸۸/۵۴ لومن، آشپزخانه ۶۱۵۶/۲۱ لومن، اتاق خواب ۱، ۴۱۹۹/۱۳ لومن و اتاق خواب ۲، ۳۰۵۳/۵۸ لومن محاسبه شده است.

برای محاسبه تعداد لامپ‌های مورد نیاز (n) در هر کدام از این فضاهای مسکونی از معادله (۳) استفاده شده است. $\emptyset$ شار نوری موردنیاز برای روشن کردن محیط بر حسب لومن و φ شار نوری تولیدشده توسط هر لامپ بر حسب لومن است (International Commission on Illumination, 1996).

$$n = \frac{\emptyset}{\varphi} \quad (۳)$$

شار نوری تولید شده توسط لامپ رشته‌ای-هالوژن ۶۳۰/۰۵ لومن، لامپ فلورسنت فشرده ۷۵۹/۲۷ لومن و دیود نورگسیل ۷۲۷/۲۵ لومن است (Souza et al., 2019). جدول ۲، تعداد لامپ‌های مورد نیاز برای چهار فضای مسکونی منتخب را مشخص کرده است.

جدول ۲: تعداد لامپ‌های مورد نیاز برای نشیمن، آشپزخانه و اتاق خواب ۱ و ۲.

محیط مورد نظر	لامپ رشته‌ای-هالوژن	لامپ فلورسنت فشرده	دیود نورگسیل
نشیمن	۱۳	۱۱	۱۱
آشپزخانه	۱۰	۸	۸
اتاق خواب ۱	۷	۶	۶
اتاق خواب ۲	۵	۴	۴

طیف انتشار لامپ‌های رشته‌ای- هالوژن شامل تمام اجزای نور مرئی به همراه بخشی از پرتو فرابنفش با طول موج حدود ۳۸۰ نانومتر و بخشی از پرتو فروسرخ با طول موج حدود ۷۸۰ نانومتر است. بنابراین، این نوع لامپ‌ها نوری نزدیک به نور طبیعی تولید می‌کنند. طیف انتشار لامپ‌های فلورسنت فشرده به نوع گاز استفاده‌شده در آنها وابسته است؛ این لامپ‌ها معمولاً حاوی بخار جیوه و گاز آرگون هستند. کیفیت نوری این لامپ‌ها به فشار و نوع گاز بستگی دارد. لامپ‌های فلورسنت به دلیل دارا بودن طیف انتشار مناسب شناخته می‌شوند و طول موج‌های غالب آنها شامل زرد (۶۱۱ نانومتر)، سبز (۵۴۶ نانومتر) و ارغوانی (۴۳۵ نانومتر) است. دمای رنگ همبسته (CCT) در این لامپ‌ها بین ۳۰۰۰ تا بیش از ۶۵۰۰

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

کلوین متغیر است. در مقابل، دیودهای نورگسیل مبتنی بر فناوری حالت جامد هستند و طیف انتشار خوبی دارند که عمدتاً شامل نور سبز با طول موج ۵۵۰ نانومتر و آبی با طول موج ۴۵۰ نانومتر است. دمای رنگ همبسته این منابع نوری معمولاً بالاتر از ۵۰۰۰ کلوین است (Souza et al., 2019). جدول ۳ ویژگی‌های مقایسه‌ای لامپ‌های رشته‌ای- هالوژن، فلورسنت فشرده و دیودهای نورگسیل را نشان می‌دهد.

جدول ۳: ویژگی‌های مختلف لامپ رشته‌ای- هالوژن، فلورسنت فشرده و دیود نورگسیل.

	لامپ رشته‌ای- هالوژن	لامپ فلورسنت فشرده	دیود نورگسیل
توان بر حسب وات	۴۲/۱۷	۱۱/۲۳	۸/۳۹
طول عمر بر حسب ساعت	۱۰۰۰	۸۰۰۰	۱۵۰۰۰
قیمت واحد بر حسب تومان	۱۵۰۰۰	۳۵۰۰۰	۴۰۰۰۰
استفاده روزانه بر حسب ساعت بر روز	۵	۵	۵
دوره تحلیل بر حسب سال	۱۰	۱۰	۱۰
هزینه ماهانه مصرف برق به تومان (آبان ۱۴۰۴- تهران)	۴۱۱۶	۱۰۷۸	۷۸۴

بر اساس جداول ۲ و ۳، در یک دوره تحلیل ۱۰ ساله برای چهار فضای مسکونی منتخب، به‌طور میانگین به ۵۱۴ لامپ رشته‌ای- هالوژن، ۵۱ لامپ فلورسنت فشرده یا ۲۹ دیود نورگسیل نیاز است. این تفاوت عمدتاً ناشی از اختلاف در توان مصرفی و طول عمر این سه نوع لامپ است.

ارزیابی چرخه عمرمعمولا برای مقایسه اثرات زیست‌محیطی، تأثیرات بر سلامت انسان و میزان تخریب منابع در تولید و استفاده از انواع لامپ‌ها به کار رفته است. این ارزیابی شامل تمامی مراحل از استخراج مواد اولیه تا مرحله دفع نهایی است. جدول ۴ بر اساس مطالعه سوزا[1] و همکاران (Souza et

[1] Souza

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

al., 2019) تأثیرات زیست‌محیطی این سه نوع لامپ را در مراحل ساخت، بهره‌برداری و دورریزی مقایسه می‌کند.

جدول ۴: مقایسه تأثیرات محیطی لامپ رشته‌ای-هالوژن، فلورسنت فشرده و دیود نورگسیل در مراحل مختلف به ازای هر لامپ.

مرحله	تأثیرات اقلیمی	گرمایش جهانی (کیلوگرم CO_2)	تخریب لایه اوزون (کیلوگرم CFC-11)	اکسایش فتوشیمیایی (کیلوگرم C_2H_4)	اسیدسازی (کیلوگرم SO_2)	یوتریفیکاسیون[1] (کیلوگرم PO_4)	مصرف انرژی تجدیدناپذیر (مگاژول)
ساخت	رشته‌ای-هالوژن	۰/۲۴۲۸	۲/۳۵E-۰۸	۰/۰۰۲۰	۰/۰۴۰۴	۰/۰۰۲۵	۶/۳۴۶۲
	فلورسنت فشرده	۶/۴۴۲۳	۵/۹۲E-۰۷	۰/۰۰۴۸	۰/۰۲۶۴	۰/۰۲۹۳	۱۷۰/۹۶۴۸
	دیود نورگسیل	۵۶/۷۴۱۴	۴/۰۲E-۰۶	۰/۰۲۱۰	۰/۲۳۸۶	۰/۱۹۷۸	۳۷۰۹/۱۲۷
بهره‌برداری	رشته‌ای-هالوژن	۰/۱۹۷۷	۹/۵۳E-۰۹	۸/۲۲E-۰۵	۰/۰۰۰۲	۵/۸۷E-۰۵	۱/۳۴۳۴
	فلورسنت فشرده	۰/۰۵۹۸	۲/۴۵E-۰۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۳/۴۶۳۶
	دیود نورگسیل	۰/۶۸۳۹	۳/۳۱E-۰۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۲	۰/۶۴۷۱
دورریزی	رشته‌ای-هالوژن	۰/۰۱۰۹	۱/۹۴E-۱۱	۳/۴۳E-۰۶	۱/۸۵E-۶	۵/۸۷E-۰۵	۰/۰۰۴۱
	فلورسنت فشرده	۰/۱۳۱۸	۳/۰۷E-۱۱	۵/۹۱E-۰۶	۳/۱۳E-۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶۷
	دیود نورگسیل	۰/۰۱۹۰	۳/۱۴E-۱۱	۵/۹E-۰۶	۳/۱۲E-۱۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۶۷
طول عمر	رشته‌ای-هالوژن	۹۸/۴۲۶۳	۱/۲۰E-۰۵	۰/۰۸۰۷	۰/۵۳۱۶	۰/۱۲۶۷	۱۳۳۱/۴۷۹
	فلورسنت فشرده	۱۱۸.۱۳۶۷	۱/۳۲E-۰۵	۰/۰۸۹۵	۰/۵۳۷۴	۰/۱۶۳۴	۱۵۹۳/۳۷۹
	دیود نورگسیل	۱۸/۲۳۲۹۰	۱/۷۲E-۰۵	۰/۱۱۲۰	۰/۷۷۱۶	۰/۳۴۲۷	۵۲۳۰/۲۴۶

[1] Eutrophication

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

بر مبنای مقادیر جدول ۴ و تعداد لامپ‌های مورد نیاز در دوره ۱۰ ساله، دیودهای نورگسیل دارای بیشترین پتانسیل برای جایگزینی با لامپ‌های رشته‌ای و فلورسنت فشرده هستند. این لامپ‌ها با الزامات و استانداردهای نورپردازی مسکونی مطابقت دارند و از بهره‌وری انرژی بسیار بالاتری برخوردارند. علاوه بر این، پیش‌بینی می‌شود قیمت دیودهای نورگسیل در آینده نسبت به لامپ‌های فلورسنت فشرده کاهش یابد.

۴-۵- تحلیل حساسیت[1] برای ارزیابی چرخه زندگی

هدف اصلی از تحلیل عدم اطمینان در ارزیابی چرخه عمر، سنجش اعتبار یافته‌ها است (Kaddoura et al., 2025). این تحلیل به تصمیم‌گیرندگان دید جامعی نسبت به دقت داده‌ها ارائه می‌دهد. برای کاهش عدم اطمینان و افزایش قابلیت اطمینان نتایج، می‌توان از تحلیل حساسیت جهانی[2] (GSA) استفاده کرد. این روش که برای ارزیابی چرخه عمر نیز تطبیق یافته است (Jaxa-Rozen et al., 2021)، سهم هر پارامتر ورودی در واریانس خروجی مدل را محاسبه می‌کند. به عنوان نمونه، پتانسیل گرمایش جهانی[3] (GWP) را می‌توان تابعی از متغیرهای مختلف P_1، P_2، ...، P_n در نظر گرفت و از معادله (۴) برای تحلیل حساسیت جهانی استفاده کرد. در این معادله، V واریانس و E ارزش مورد انتظار است (Kaddoura et al., 2025).

$$GSA = \frac{\mathrm{V[E[GWP}/p_i]}{\mathrm{V[GWP]}} \qquad (۴)$$

در این تحقیق، به دلیل استفاده از داده‌های دقیق و معتبر، نتایج حاصل از تحلیل حساسیت جهانی، هم‌خوانی بالایی با خروجی مدل پایه نشان می‌دهد.

[1] Sensitivity Analysis
[2] Global Sensitivity Analysis
[3] Global Warming Potential

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۵. نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش، مقایسه سیستم نورپردازی در آپارتمان‌های مسکونی منطقه ۱ تهران با الزامات و استانداردهای بین‌المللی و ارائه راهکارهایی مناسب برای کاهش یا رفع ضعف‌های این سیستم است. نتایج حاصل نشان می دهد که مهم‌ترین ضعف‌های سیستم نورپردازی در این آپارتمان‌ها عبارت‌اند از: (۱) استفاده از آرایش تکراری و ثابت منابع نقطه‌ای نور با تابش رو به پایین در فضاهای مختلف، (۲) بی‌توجهی به شدت روشنایی افقی و عمودی متناسب با فعالیت‌های بصری، (۳) عدم انعطاف‌پذیری سیستم نورپردازی برای عملکردهای گوناگون، (۴) استفاده نامناسب از نور طبیعی و بروز خیرگی، (۵) استفاده از لامپ‌های رشته‌ای و پرمصرف و (۶) نبود سیستم کنترل خودکار نورپردازی.

همچنین، یافته‌ها نشان داد که با بکارگیری لامپ‌های فلورسنت فشرده و دیودهای نورگسیل به جای لامپ‌های رشته‌ای استاندارد، حداقل به میزان ۳۰ درصد در بار نورپردازی صرفه‌جویی می‌شود. ارتقای لامپ‌ها به دیودهای نورگسیل هوشمند می‌تواند باعث ۱۰ درصد صرفه‌جویی بیشتر در بار نورپردازی شود. در صورت طراحی مناسب و شخصی‌سازی‌شده، سیستم نورپردازی با بهره‌وری انرژی بالا از سوی ساکنان به‌عنوان جایگزینی مناسب برای لامپ‌های سنتی پذیرفته می‌شود.

یافته‌های این تحقیق، چگونگی ترکیب نورپردازی دارای بهره‌وری انرژی بالا با شرایط طراحی خوب برای تحقق معیار زیبایی‌شناختی را نشان می‌دهد. این موضوع در خانه ساراتوگا اسپرینگز در نیویورک و آپارتمان مسکونی در گوتنبرگ سوئد، تحلیل شده است. در این نمونه‌های موردی، در صورت عدم وجود تکنولوژی‌های نورپردازی دارای بهره‌وری انرژی بالا و با کیفیت زیاد همچون ویژگی‌های رنگ خوب و عدم وجود پدیده چشمک‌زن، طراحی خوب به تنهایی کافی نبود. همچنین، تکنولوژی‌های نورپردازی دارای بهره‌وری انرژی بالا و با کیفیت زیاد، نمی‌توانند طراحی با کیفیت کم و دارای خیرگی و سایه را خنثی کنند.

یافته‌های این تحقیق با نتایج مطالعه جنتایل (Gentile, 2022) هماهنگ هستند که بر تعامل نورپردازی دارای بهره‌وری انرژی بالا و جنبه‌های مختلف طراحی، تأکید کرده است. همچنین یافته‌های

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

این تحقیق، نتایج مطالعه سوزا و همکاران (Souza et al., 2019) را تأیید می‌کنند که دیودهای نورگسیل را بهترین گزینه برای نورپردازی مسکونی، معرفی کرده‌اند.

از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به تمرکز بر سیستم نورپردازی در بخش مسکونی منطقه ۱ تهران خصوصاً محله زعفرانیه و ولنجک اشاره کرد. تقریباً ۵۰ واحد مسکونی در این منطقه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده، یافته‌های این تحقیق با بررسی بخش مسکونی در مناطق دیگر تهران، تعمیم یابد. همچنین، در این مطالعه، بر عوامل فرهنگی و روان‌شناختی مرتبط با سیستم نورپردازی در بخش مسکونی، تمرکز نشده است. این عوامل می‌تواند بر شدت روشنایی تعیین شده برای هر عملکرد، ساعات استفاده از روشنایی الکتریکی، میزان و چگونگی ترکیب روشنایی الکتریکی و نور طبیعی و میزان رضایت ساکنان تأثیر بگذارند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به بررسی عوامل فرهنگی و روان‌شناختی مؤثر بر کمیت و کیفیت سیستم نورپردازی در بخش مسکونی پرداخته شود.

۶. منابع

گروندزیک، والتر و کووک، آلیسون. (۱۳۹۹). کتاب تأسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان. ترجمه محمد کاظمی. انتشارات دانشگاه تهران.

محمدجواد مهدوی‌نژاد، مائده پورفتح‌اله. (۱۳۹۴). فناوری‌های جدید نورپردازی و ارتقای حس تعلق شـــهروندان (مطالعه موردی: بدنه‌های شهری تهران). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۴۷، ۱، ۱۳۱-۱۴۱.

محمدجواد مهدوی‌نژاد، مژگان ارباب‌زاده، مریم ارباب. (۱۳۹۷). نقش معماری نور و نورپردازی ابنیه در آوازه‌ســـازی و مدیریت چشم‌انداز شبانه شهری. مدیریت شهری، ۱۷، ۵۳، ۲۹۰-۲۶۹.

Abdelaziz Mahmoud, N.S., Samanoudy, G.E., Jung, C. (2023). Simulating the natural lighting for a physical and mental well-being in residential building in Dubai, UAE. Ain Shams Engineering Journal, 14, 101810.

Aman, MM., Jasmon, GB., Mokhlis, H., Bakar, AHA. (2013). Analysis of the performance of domestic lighting lamps. Energy Policy, 52, 482-500.

Aslanoglu, R., Kazak, J.K., Yekhanialibeiglou, S., Pracki, P., Ulusoy, B. (2023). An international survey on residential lighting: Analysis of summer-term results. Building and Environment, 232, 109972.

Aslanoglu, R., Pracki, P., Kazak, J.K., Ulusoy, B., Yekhanialibeiglou, S. (2021). Short-term analysis of residential lighting: A pilot study. Building and Environment, 196, 107781.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

Banwell, P., Brons, J., Freyssinier-Nova, JP., Rizzo, P., Figueiro, M. (2004). A demonstration of energy-efficient lighting in residential new construction. Lighting. Res. Technol, 36(2), 147-160.

Batih, H., Sorapipatana, C. (2016). Characteristics of urban households' electrical energy consumption in Indonesia and its saving potentials. Renew Sustain Energy Rev, 57, 1160-1173.

Brons, J. (2019). Sensor-controlled corridor lighting in a high-rise residential tower: Occupancy patterns, dimming energy savings, and occupant acceptance. LEUKOS, 15(4), 293-307.

Chraibi, S., Creemers, P., Rosenkotter, C., Loenen, EJ., Aries, MBC., Rosemann, **ALP.** (2019). Dimming strategies for open office lighting: User experience and acceptance. Light. Res. Technol, 51(4), 531-529.

Cvetkovic, D., Nesovic, A., Terzic, I. (2021). Impact of people's behavior on the energy sustainability of the residential sector in emergrncy situations caused by COVID-19. Energy Build, 230, 110532

Energy Saving Trust. (2020). The right light – selecting low energy lighting 2016, P. 17.

Gentile, N. (2015). Lighting control systems for energy saving and user acceptance: state of the art and future directions. Lund University, Faculty of Engineering, Lund.

Gentile, N. (2022). Improving lighting energy efficiency through user response. Energy and Building, 263, 112022.

International Commission on Illumination. (1996). Calculations for interior lighting: Basic method.

Jaxa-Rozen, M., Partiwi, A.S., Trutnevyte, E. (2021). Variance-based global sensitivity analysis and beyond in life cycle assessment: An application to geothermal heating networks. The International Journal of Life Cycle Assessment, 26, 1008-1026.

Kaddoura, M., Majeau-Bettez, G., Amor, B., Margni, M. (2025). Global sensitivity analysis reduces data collection efforts in LCA: A comparison between two addictive manufacturing technologies. Science of the Total Environment, 975, 179269.

Karlen, M., Benya, JR. (2004). Lighting Design Basics. John Wiley & Sons, Inc, 73-87.

Kazemi, M. (by Grondzik, W.T., Kwok, A.G.). (2020). Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. University of Tehran Press. [In Persian]

Kazemi, M., Kazemi, A. (2022). Financial Barriers to Residential Buildings' Energy Efficiency in Iran. Energy Efficiency, 15(5), Article 30, 1-15.

Kazemi, M., Udall, J. (2023). Behavioral Barriers to the Use of Renewable and Energy-Efficient Technologies in Residential Buildings in Iran. Energy Efficiency, 16 (7), Article 79, 1-16.

Khorasanizadeh, H., Parkkinen, J., Parthiban, R., Moore, JD. (2015). Energy and economic benefits of LED adaption in Malaysia. Renew Sustain Energy Rev, 49, 629-637.

Lee, R., Choi, M., Yoon, J., Kim, D. (2023). Impacts of lighting and plug load variations on residential building energy consumption targeting zero energy building goals. Journal of Building Engineering, 75, 106962.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

Li, DHW., Lam, TNT., Wong, SL. (2006). Lighting and energy performance for an office using high frequency dimming controls. Energy Convers. Manage, 47(9), 1133-1145.

Martínez-Montejo, SA., Sheinbaum-Pardo, S. (2016). The impact of energy efficiency standards on residential electricity consumption in Mexico. Energy Sustain Dev, 32, 50-61.

Mills, B., Schleich, J. (2014). Household transitions to energy-efficient lighting. Energy Econ, 46, 151-160.

Min GF., Mills, E., Zhang, Q. (1997). Energy efficient lighting in China: Problems and prospects. Energy Policy, 25(1), 77-83.

Moadab, NH., Olsson, T., Fischl, G., Aries, M. (2021). Smart versus conventional lighting in apartments – Electric lighting energy consumption simulation for three different households. Energy & Buildings, 244, 111009.

Nallamothu, BK., Selvam, C., Srinivas, K., Prabhakaran, S. (2015). Study on energy savings by using efficient utilities in buildings, In Proceedings of the paper presented at the 2015 communication, control, and intelligent systems (CCIS).

Newsham, GR., Aries, MBC., Mancini, S., Faye, G. (2008). Individual control of electric lighting in a daylit space. Light. Res. Technol, 40(1), 25-41.

Nguyen, TA., Aiello, M. (2013). Energy intelligent buildings based on user activity: A survey. Energy Build, 56, 244-257.

Ouyamg, J., Hokao, K. (2009). Energy-saving potential by improving occupants' behavior in urban residential sector in Hangzhou City, China. Energy Build, 41(7), 711-720.

Shishegar, N., Boubekri, M. (2017). Quantifying electrical energy savings in offices through installing daylight responsive control systems in hot climates. Energy Build, 153, 87-98.

Souza, DF., Silva, PPF., Fontenele, LFA., Barbosa, GD., Jesus, MO. (2022). Efficiency, quality, and environmental impacts: A comparative study of residential artificial lighting. Energy Reports, 5, 409-424.

Souza, DF., Silva, PPF., Fontenele, LFA., Barbosa, GD., Jesus, MO. (2019). Efficiency, quality, and environmental impacts: a comparative study of residential artificial lighting. Energy Reports, 5, 409-424.

Statistics Sweden, Housing, construction, and building. (2020). Available from: https://www.scb.se/en/finding-statistics/statistics-by-subject-area/housing-construction-and-building/.

Zhao, X., Luo, Y., Qiu, J., He, J. (2025). Improvement of energy utilization in residential districts at the early design stage: Achieving lighting self-sufficiency of buildings through a PV-DC power distribution system. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 80, 104402.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]