

کندوکاو در نسبت نورگیرها و روشنایی روز در معماری گنبدخانه‌های مساجد تاریخی و معاصر^۱

حسنعلی پورمند^۴

دانشیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس

مرضیه هومانی‌راد^۲

منصوره طاهباز^۳

دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی

دریافت: ۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۶

پذیرش: ۲۰ مهر ۱۳۹۷

کلیدواژه‌گان: نورپردازی، الگوی توزیع روشنایی، نور روز، گنبدخانه، مساجد تاریخی، مساجد معاصر.

چکیده

با توجه به اهمیت نور روز در ایجاد حالت معنوی در فضاهای عبادی، کنکاش در معماری غنی مساجد تاریخی ایران، از نظر چگونگی بهره‌گیری مناسب از نور روز، می‌تواند به شناخت و معرفی راه‌حل‌های کالبدی معمارانه برای به‌ظهور رساندن ایده‌های نو در برنامه‌ریزی و طراحی روشنایی مساجد معاصر منجر شود. در تحقیق حاضر برای بررسی رابطه بین نورگیرها و شرایط نورپردازی در فضای عبادی مسجد، کیفیت نور (چگونگی توزیع، جهت و زاویه، خیرگی و درخشندگی نور)، و کمیت نور (پراکندگی و میزان روشنایی) روز در گنبدخانه‌های پنج مسجد از معماری عصر صفویه و قاجاریه در اصفهان شامل مساجد امام، شیخ لطف‌الله، حکیم، سید، رحیم‌خان با دو مسجد معاصر از شهر تهران شامل قبا و جامع شهرک غرب مقایسه شده است. از منظر کمیت میزان روشنایی و الگوی توزیع نور روز در طول یک سال الگو و از منظر کیفیت نورپردازی ارتباط الگوی توزیع نور با فضای زیرین آن (فضای گنبدخانه مسجد و جهت قبله) بررسی و تحلیل شده است. این پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی

و بر اساس اطلاعات میدانی و کتابخانه‌ای انجام شده است. با کمک ابزارهای نورسنجی، داده‌های میدانی در سه هنگام از طول روز تهیه و سپس با نرم‌افزار ری‌دینس به یک سال تعمیم داده شده است. سپس با استفاده از معیارهای موجود در کتب استاندارد نورپردازی، میزان روشنایی، چگونگی توزیع نور، جهت نور، زاویه نور، و کیفیت بصری حاصل از آن در سطح پلان و دید ناظر تحلیل گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که مراتب استفاده از نور روز در مساجد مورد مطالعه را می‌توان به دو مرتبه تقسیم کرد: ابتدا جنبه کمی نور روز که استفاده فضا از حداقل روشنایی برای انجام مراسم عبادی یا مطالعه کتب دعا را شامل می‌شود. سپس جنبه‌های کیفی نور روز که حالت معنوی فضا را ایجاد می‌کند و شامل ایجاد سایه‌روشن‌های داخلی با تأکید لکه‌های نوری بر نقاطی خاص از فضا چون محراب یا خطوط قرآنی ترسیم‌شده بر حاشیه سقف و امثال آن می‌شود. رابطه موقعیت قرارگیری نورگیرها، ابعاد و تناسب آن‌ها، ملحقاتی همچون سایه‌بان و امثال آن با میزان نور از داده‌های کمی به دست می‌آید و رابطه فعالیت‌های عبادی با شیوه نورپردازی با نور روز، ایجاد تمرکز، و تأکید بر نقاط خاصی از فضا برای ایجاد حالت معنوی دستاورد تحلیل داده‌های کیفی تحقیق حاضر است.

۱. مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری معماری نویسنده اول است با عنوان برهم‌کنش روشنایی کیفی و ویژگی‌های کالبدی عناصر نورگذر در مساجد تاریخی اصفهان، که با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در بهمن‌ماه سال ۱۳۹۶ در دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب دفاع شده است.

۲. دکتری معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

m.hoomani@gmail.com

۳. نویسنده مسئول

m58tahbaz@yahoo.com

4. hapourmand@modares.

ac.ir



۵. منصوره طاهباز و همکاران، «نورپردازی طبیعی در خانه‌های سنتی کاشان؛ نمونه موردی خانه عامری‌ها»، ص ۸۸

۶. طاهباز و همکاران، «تأثیر طراحی معماری در بازی نور طبیعی در خانه‌های سنتی ایران»، ص ۸۰

۷. نک:

M. Tahbaz & F. Mousavi, "Daylighting Methods in Iranian Traditional Architecture (Green Lighting)".

۸. با توجه به اینکه محراب قسمتی از بخش درونی بنا است و از بیرون موقعیت آن مشخص نیست، گنبد را نشانه خارجی آن دانسته‌اند که راستای قبله را نشان می‌دهد. پیدایش گنبد در مساجد تکاملی بعدی است، «تا محوطه محراب را مورد توجه قرار دهد» (هانس گایه، «مساجد ایرانی»، ص ۵۸۷). مثلاً در مسجد حکیم اصفهان گنبدخانه‌ای دیده می‌شود که ورودی آن در دیوار قبلی است و محراب ندارد؛ بلکه این فضا آموزشی و یک مدرس است. در این پژوهش تنها گنبدخانه‌های محراب دار مساجد تاریخی بررسی شده است.

۹. اربانه یک گریو کوتاه است. در حد فاصل خود و آهانه یک گردن قرار می‌گیرد. در حالتی که دو پوشش به هم نزدیک باشند، این گردن به صورت یک دیسک درمی‌آید که به آن «اربانه» و در صورت فاصله زیاد این گردن «گریو» نامیده می‌شود (کریم پیرنیا، «گنبد در معماری ایران»، ص ۶۵).

پرسش‌های پژوهش

۱. چه عواملی در طراحی نورگیرهای گنبدخانه‌های مساجد تاریخی و معاصر می‌تواند بر کیفیت نور روز (چگونگی توزیع نور، جهت و زاویه، خیرگی و درخشندگی نور) تأثیرگذار باشد؟
۲. تفاوت نورپردازی طبیعی در گنبدخانه‌های مساجد تاریخی و معاصر از نظر میزان روشنایی، چگونگی توزیع نور، جهت و زاویه نور چیست؟
۳. در گنبدخانه‌های مساجد تاریخی و معاصر چه رابطه‌ای میان میزان روشنایی و نحوه توزیع نور روز با مشخصات نورگیر (فرم، اندازه، و مکان نورگیر) وجود دارد؟

مقدمه

در معماری امروز ایران به نورپردازی طبیعی، که منطقی‌ترین و سالم‌ترین نوع روشنایی در ساعات روز است، کمتر توجه شده است.^۵ استفاده از نور روز در معماری نیازمند توجه به مکان، فرم و اندازه نورگیرهای فضا است که باید از اولین مراحل طراحی و ایده‌های نخستین طرح مد نظر باشد. بدون رعایت این ملاحظات استفاده از نور روز به‌خوبی میسر نخواهد شد.^۶

بر اساس مطالعه‌ای که چند سال قبل در مورد نورپردازی طبیعی در بناهای تاریخی انجام شد، شش سامانه نورپردازی دیواری و سقفی همراه با ۳۶ نوع نورگیر در معماری ایران بوده است که هر کدام، با توجه به محل استقرار و نوع کاربری فضا، قواعد و معیارهای طراحی و جزئیات اجرایی خاص خود را داشته است.^۷ در مقاله حاضر با هدف شناخت رابطه بین مشخصات نورگیر مساجد تاریخی (مکان، فرم، و اندازه نورگیر) با چگونگی توزیع نور در سطح پلان و دید بصری ناظر و مقایسه آن با مساجد منتخب معاصر، شیوه‌های بهینه به‌کارگیری از نور روز برای ایجاد فضای مناسب عبادت استخراج می‌شود.

برای انتخاب نمونه‌های موردی، گنبدخانه محراب‌دار^۸ پنج مسجد تاریخی از دوره‌های صفویه و قاجاریه که از نظر دسترسی و امکان اندازه‌گیری‌های میدانی وضعیت مناسبی دارند و از نظر ابعاد و هندسه فضای گنبدخانه و مشخصات نورگیرها (مکان، فرم، اندازه، و تعداد) متنوع هستند، در نظر گرفته شد و سپس با نمونه‌های منتخب گنبدخانه‌های مساجد معاصر شهر تهران، مسجد قبا (نورگیری از سراسر گنبد) و مسجد جامع شهرک غرب (نورگیری از اربانه^۹ گنبد)، مقایسه شد. نتایج تحقیق، مبتنی بر اندازه‌گیری‌های میدانی، شبیه‌سازی رایانه‌ای، و مطالعات کتابخانه‌ای، عملکرد یک‌ساله گنبدخانه‌های مساجد را از نظر چگونگی نورپردازی طبیعی نشان می‌دهد.

۱. پیشینه تحقیق

درباره پیشینه پژوهش می‌توان گفت که مساجد مسلمانان از سوی برخی پژوهشگران حوزه نورپردازی و محققین حوزه معماری اسلامی بررسی شده است و دستاوردهایی داشته است. تحقیقات صورت‌گرفته در این زمینه را باید به دو شاخه اصلی تقسیم کرد: دسته اول مطالعات مربوط به نور روز و بهره‌گیری بهینه از آن که منجر به شکل‌گیری انجمن‌های بین‌المللی و



خیرگی و درخشندگی نور طبیعی) تأکید دارد و البته با زبان ساده و روان در مورد کیفیت روشنایی فضا صحبت می‌کند و تأثیر آن را بر مخاطب نمازگزار یا سخنران در هنگام اعمال عبادی گوناگون شرح می‌دهد. مریم ماهوش محمدی (۱۳۹۳) در کتاب حضور کیفی نور در معماری قدیم ایران با بیان جایگاه نور، از حضور تا ظهور، به بیان ارتباط نور و معماری می‌پردازد. این نوشتار در پی روشن ساختن ابزارهای بیانی نور در معماری است که این چگونگی را فراهم می‌کنند. نویسنده بر اساس بررسی روش تحقیق توصیفی-تحلیلی سه مسجد تاریخی اصفهان (مسجد شیخ لطف‌الله، مسجد امام اصفهان، و مسجد جامع) به نتیجه‌گیری رسیده، ولی ارتباط کیفیت با کمیت نور بررسی نشده است.

در باب روشنایی فضای مسجد مقالات اندکی به رشته تحریر درآمده است. ناظر و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی شفافیت معنایی گنبدها در مساجد با تأکید بر عملکرد روشنایی فضایی» با بررسی گنبدخانه هفت مسجد، شفافیت گنبدهای مساجد را با تأکید بر عملکرد روشنایی فضایی بررسی کرده‌اند. هرچند نتایج حاصله با استفاده از برداشت‌های میدانی به دست آمده؛ لکن هدف نویسندگان از چگونگی طراحی فضای معنوی گنبدخانه و رابطه آن با نورگیر حاصل نشده و به مباحث فلسفی و بدون راهکار ختم شده است. مقاله دیگری از طاهباز و همکاران (۱۳۹۲) با عنوان «نورپردازی طبیعی در خانه‌های سنتی کاشان» با بررسی خانه‌های عامری‌ها به بررسی نحوه توزیع نور طبیعی و میزان آن در انواع اتاق‌های خانه و رابطه آن با نورگیرهای فضا پرداخته‌اند. تلاش نویسندگان مبنی بر استخراج رابطه شکل و محل قرارگیری نورگیر با کیفیت نور داخلی از نظر فیزیک نور روشن شده است. از همین نویسندگان مقاله‌ای با عنوان «تأثیر طراحی معماری در بازی نور طبیعی در خانه‌های سنتی ایران» نیز منتشر شده که در آن به رابطه بین تصمیمات طراحانه معمار و کیفیت نورپردازی فضا در خانه

تولید استانداردهای نورپردازی اعم از نور طبیعی و مصنوعی شده است. دستاوردهای مذکور با رویکرد کمیت روشنایی صرفاً از سوی دو انجمن بین‌المللی، یکی انجمن روشنایی اروپا^{۱۰} و دیگری جامعه مهندسين روشنایی امریکا^{۱۱} با عنوان معیار روشنایی برای فضای عبادی در قالب هندبوک عرضه شده‌اند. در بخش تحلیل داده‌های کمی تحقیق حاضر از استانداردهای ارائه‌شده در هندبوک‌های مذکور استفاده گردیده است.

انجمن مهندسان انگلستان سیسی در سال ۲۰۱۴ در شاخه روشنایی نور روز کتابی با عنوان روشنایی روز برای محیط ساخته‌شده؛ نور برای مکان‌های عبادی منتشر کرد.^{۱۲} یکی از بخش‌های فصل سوم کتاب در باب مسجد است. در این بخش با بیان جزئیاتی در باب روشنایی کلیه فضاهای مساجد، مانند مکان عبادت، راهروها، و غیره، میزان روشنایی بر اساس لوکس و نحوه توزیع نور معرفی شده است که به طراحان کمک می‌کند تا بتوانند بر اساس معیار مذکور روشنایی فضای عبادی را طراحی کنند.

مجلد روشنایی امریکا، ایسنا^{۱۳} مشتمل بر ۳۱ فصل، یکی از هندبوک‌های روشنایی معتبر جهانی است. با اینکه در کتاب حاضر در باب فضاهای عبادی سخنی به میان نیامده، ولی فصول اولیه کتاب، شامل روش‌های اندازه‌گیری روشنایی، معرفی ابزارهای سنجش روشنایی و روش کار با دستگاه‌ها، شیوه محاسبه و تحلیل آن‌ها، و شبکه‌بندی سطوح برای استخراج داده‌ها راهنمای تحقیق حاضر است.

دسته دوم کتاب‌هایی است که با محوریت مسجد و با گرایش روشنایی به چاپ رسیده است. حاج ابراهیم زرگر و همکاران (۱۳۸۶) در کتاب راهنمای معماری مسجد مخاطب را در جهت شناخت معماری مسجد راهنمایی می‌کند، در بخش پایانی کتاب به تأثیر عوامل مؤثر بر ساماندهی فضایی مسجد شامل آب‌وهوا، روشنایی و صوت پرداخته شده است. در بخش روشنایی نویسندگان بر استفاده از روشنایی مصنوعی (به علت

10. CIE: CIBSE - Society of Light and Lighting

11. IES: Illuminating Engineering society

12. The SLL Lighting Handbook.

13. The IESNA-Lighting Handbook-references and Application-ninth Edition.



حاضر با موارد قبلی نویسندگان مقایسه گنبدخانه‌های مساجد معاصر با مساجد تاریخی و افزایش نمونه‌های مطالعاتی بر اساس اندازه‌گیری‌های میدانی، شبیه‌سازی نرم‌افزاری، و مطالعات کتابخانه‌ای برای غنای نتایج تحقیق است.

۲. روش و مراحل تحقیق

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های کاربردی و روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و بر اساس اطلاعات میدانی و کتابخانه‌ای است. این پژوهش از مراحل زیر تشکیل می‌شود: در مرحله اول مکان دقیق برداشت میدانی، موقعیت گنبدخانه اصلی، و حدود فضای زیرین آن شناسایی و انتخاب شد. بر اساس مترائز فضا و زمان برداشت، شبکه نقاط مختص هر فضا محاسبه و برای سنجش روشنایی به کمک دستگاه‌های سیار روشنایی‌سنج علامت‌گذاری و آماده شد. در مرحله دوم اطلاعات برداشت‌شده وارد نرم‌افزار اکسل^{۲۱} گردید و پس از ترسیم خطوط هم‌روشنایی، با کمک نمودارهای سه‌بعدی برنامه اکسل، نحوه توزیع نور در فضاها مشخص شد.

در مرحله بعدی به کمک نرم‌افزارهای شبیه‌ساز، نرم‌افزار اکوتکت^{۲۲} با موتور محاسباتی ریدینس^{۲۳} میزان نور دریافتی فضاها در طول سال و عملکرد سالیانه آن از نظر چگونگی الگوی توزیع نور و میزان آن تجزیه و تحلیل گردید.^{۲۴}

۲.۱. ابزارهای گردآوری اطلاعات

در خصوص ابزارهای اندازه‌گیری، با پیشرفت‌های حاصل در صنعت دیجیتال امکان گردآوری داده‌های زیادی با ابزارهای سبک و کارآمد فراهم شده است. برای برداشت دقیق اطلاعات روشنایی از دستگاه‌های دیجیتالی روشنایی‌سنج دیتالاگر^{۲۵}، روشنایی‌سنج ساده^{۲۶}، لومیننس‌متر^{۲۷}، و دستگاه آنالیز رنگ^{۲۸} استفاده شد (ت ۱). دستگاه روشنایی‌سنج دیتالاگر، که قابلیت ذخیره داده‌های روشنایی را دارد، برای اندازه‌گیری میزان

عامری‌ها پرداخته شده است. در مقاله‌ای با عنوان «آتریوم و روشنایی فضای داخلی ساختمان اداری (بررسی تأثیر فرم سقف آتریوم بر دریافت روشنایی داخلی)»^{۱۴} نیز تأثیر نوع و شکل سقف آتریوم بر میزان روشنایی داخلی ساختمان‌های اداری واقع در اقلیم گرم و خشک بررسی شده است. همچنین در فضاها آموزشی نیز پایان‌نامه کارشناسی ارشد با عنوان *ملاحظات طراحی معماری برای بهره‌وری از نور روز در ساختمان‌های آموزشی اقلیم گرم و خشک ایران*^{۱۵} و رساله دکتری با عنوان *مدل‌یابی تأثیر متغیرهای کالبدی پنجره جهت دستیابی به الگوی پنجره مطلوب کلاس از دیدگاه دانش‌آموزان مدارس راهنمایی تهران*^{۱۶} تهیه گردیده است. این موارد این موضوع را می‌رساند که غالب نوشته‌های عرضه‌شده در زمینه روشنایی نور روز بیشتر در فضاها مسکونی، اداری، و آموزشی کاربرد دارند. نویسندگان مقاله حاضر نیز در مقالات دیگری به این مبحث پرداخته‌اند، از جمله: مقاله «بررسی نقش نور روز در فضای عبادی در مساجد معاصر»^{۱۷}، «معرفی شیوه سنجش کیفیت روشنایی (عکاسی HDR) با رویکرد کشف شگردهای نور روز در معنویت‌بخشی به فضا در مسجد شیخ‌لطف‌الله و مسجد امام اصفهان»^{۱۸}، «الگوی نورپردازی طبیعی در گنبدخانه‌های مساجد تاریخی اصفهان»^{۱۹}، «کندوکاوی در نسبت ارگونومی و معنویت‌بخشی نور روز در معماری مساجد»^{۲۰}. تفاوت مقاله

۱۴. نک: مرضیه کاظم‌زاده و همکاران، «آتریوم و روشنایی فضای داخلی ساختمان اداری (بررسی تأثیر فرم سقف آتریوم بر دریافت روشنایی داخلی)». ۱۵. نک: ندا فیض‌مند، *ملاحظات طراحی معماری برای بهره‌وری از نور روز در ساختمان‌های آموزشی اقلیم گرم و خشک ایران*. ۱۶. نک: شهناز پورناصری، *مدل‌یابی تأثیر متغیرهای کالبدی پنجره جهت دستیابی به الگوی پنجره مطلوب کلاس از دیدگاه دانش‌آموزان مدارس راهنمایی تهران*. ۱۷. نک: هومان‌راد و طاهباز، «بررسی نقش نور روز در فضای عبادی در مساجد معاصر».

ت ۱. مشخصات ابزارهای اندازه‌گیری مورد استفاده، تدوین: نگارندگان.

				
روشنایی‌سنج ساده ST1301	دستگاه آنالیز رنگ RGB1002-	لومیننس متر	روشنایی‌سنج دیتالاگر TES 13339R	متر دیجیتال Leica DISTO TM D3a
بدون حافظه ذخیره اطلاعات - دامنه صفر تا ۵۰۰۰۰ لوکس	اندازه‌گیری ویژگی‌های مختلف رنگ، آر جی بی فام، غلظت و درخشندگی	اندازه‌گیری میزان درخشندگی نور در فضا، منبع نور یا سطح منعکس‌کننده	ذخیره داخلی داده‌های روشنایی از ۰/۱ تا ۹۹۹۹۰۰ لوکس	اندازه‌گیری از راه دور، سه‌بعدی و محاسبه انواع زاویه و قوس

۱۸. نک: مرضیه هومانی راد و منصوره طاهباز و حسنی تمه، «معرفی شیوه سنجش کیفیت روشنایی (عکاسی HDR) با رویکرد کشف شگردهای نور روز در معنویت‌بخشی به فضا در مسجد شیخ‌لطف‌الله و مسجد امام اصفهان».

۱۹. نک: مرضیه هومانی راد، منصوره طاهباز و حسنعلی پورمند، «الگوی نورپردازی طبیعی در گنبدخانه‌های مساجد تاریخی اصفهان».

۲۰. نک: مرضیه هومانی راد و اشکیوس شرفی نفر، «کندوکاوی در نسبت ارگونومی و معنویت‌بخشی نور روز در معماری مساجد».

21. Excel
22. Ecotect Analysis 2010
23. Radiance

۲۴. در مرحله پایانی با صاحب‌نظران برجسته عرصه فلسفه، معماری و نورپردازی در مورد فلسفه، چگونگی حضور نور طبیعی در معماری مسجد، ماهیت نور، و شیوه‌های کنترل آن در نورپردازی مدرن نیز مصاحبه‌های مفصلی انجام گرفت. پاسخ‌های آنان در میانی نظری تحقیق استفاده شد و نتایج تحقیق را قوت بخشید.

25. Data logger
26. Lux Meter
27. Luminance Meter
28. Color Analyzer Model
RGB-1002

۲۹. پس از گذر از ورودی اصلی راهروی عربی دید می‌شود که فرد پس از عبور از آن وارد فضای تقسیم با سقف کاربندی می‌شود که نمونه مطالعاتی این تحقیق برای برداشت میدانی است. فضای تقسیم ورودی که در این تحقیق گنبدخانه نام گرفته است.

و در طراحی مساجد مورد مطالعه توجه ویژه‌ای شده است. ترکیب گنبدخانه و محراب، به خاطر قداستی که دارد، بسترساز فضای معنوی معماری مساجد تلقی می‌شود.

روز ۸ تا ۱۲ خردادماه سال ۱۳۹۵ برای برداشت داده‌های میدانی مساجد اصفهان و روزهای ۶ و ۱۹ شهریور برای برداشت مساجد معاصر تهران انتخاب گردید. شایان ذکر است این برداشت یک‌روزه برای هر بنای مورد مطالعه، تنها برای صحت و اعتبارسنجی^{۳۱} نمونه شبیه‌سازی شده با شرایط واقعی است و برای مطابقت آن با شبیه‌سازی^{۳۲} به کار رفته است. به منظور کالیبره کردن نتایج شبیه‌سازی با واقعیت، میزان روشنایی محاسبه شده در گنبدخانه‌ها با روشنایی واقعی داخل گنبدخانه‌ها که در برداشت میدانی با لوکس متر به دست آمده مقایسه و در صورت ناهمخوانی، اصلاحاتی در فرضیات ورودی نرم‌افزار داده می‌شود. با یکسان شدن نتایج به دست آمده، صحت محاسبات تا حد قابل قبولی تأیید می‌شود. از طرف دیگر، برای گزینش روز برداشت، با جمع‌بندی بین شرایط موقعیت جغرافیایی، آب‌وهوایی شهرهای اصفهان و تهران، و وجود آفتاب شدید در تابستان و آسمان صاف زمان مناسب انتخاب شده است. تهیه عکس و جمع‌آوری اطلاعات از بنا ۳ بار در روز در ساعات ۹ صبح، ۱۲ ظهر، و ۳ بعدازظهر است. با توجه به اینکه ساعت ۱۲ ظهر به خاطر برگزاری نماز اهمیت دارد، ساعت‌های انتخاب شده برای اندازه‌گیری، قبل از ظهر و ظهر و بعدازظهر در نظر گرفته شده است. در «ت ۲» مشخصات بناهای مورد مطالعه به اختصار گنجانده شده است.

۳.۲. گردآوری اطلاعات میدانی

برداشت اطلاعات در گنبدخانه‌ها «بر اساس مترائ فضا و زمان هر دور برداشت توسط استانداردهای اندازه‌گیری نور»^{۳۳} مشخص می‌شود. شبکه مسجد شیخ‌لطف‌الله هر ۴ متر برای ۳۶۱ متر مربع، شبکه مسجد امام هر ۵ متر برای ۵۰۶ متر مربع،

روشنایی فضای خارج از مسجد در روی سطح بام از هنگام طلوع تا غروب خورشید استفاده می‌شود. اطلاعات اخذ شده از چهار دستگاه فوق توسط نرم‌افزار اکسل و ریدینس پیاده می‌شوند. با نرم‌افزار ریدینس ترسیم‌هایی از مقاطع مختلف پلان، نما، و سه‌بعدی ارائه می‌شود که برای تحلیل نور فضا استفاده می‌گردد.

۲.۲. محل و زمان انجام تحقیق

در تحقیق حاضر برای بررسی رابطه بین مشخصات نورگیرهای ورود نور (مکان، فرم، و اندازه) و شرایط نورپردازی حاصل از آن، گنبدخانه‌های پنج مسجد از معماری عصر صفویه و قاجاریه در اصفهان شامل مسجد امام، مسجد شیخ لطف‌الله، مسجد حکیم، مسجد سید، مسجد رحیم‌خان انتخاب شده است. در ادامه برای دستیابی به اهداف تحقیق، مساجد معاصری انتخاب شدند که به نظر می‌رسد اصول معماری مسجد در آن‌ها رعایت شده باشد. از آن‌ها می‌توان دو مسجد معاصر از شهر تهران شامل مسجد قبا^{۳۴} (نورگیری از سراسر گنبد) و مسجد جامع شهرک غرب (نورگیری از اربانه گنبد) را نام برد. مسجد قبا شیوه نورگیری منحصر به فردی از میان مساجد شهرهای تهران و اصفهان دارد. لازم به ذکر است دو نوع شیوه نورگیری برای آسمانه گنبدخانه‌ها تعریف می‌شود: نورگیری از سراسر گنبد و از اربانه گنبد. مساجد انتخابی از هر دو نوع هستند.

در منظر اول چگونگی توزیع نور، به بیان دیگر، سیستم نوردهی سقف در طول سال تحلیل شده و در منظر دوم ارتباط چگونگی توزیع نور با فضای زیرین آن (فضای شبستان مسجد و جهت قبله) برای ارزیابی رابطه نور روز و کیفیت عبادی فضا بررسی شده است.

در مسجدهایی که شبستان‌های آن‌ها دارای گنبدخانه است، این فضا بخش اصلی مسجد به حساب آمده و محراب و منبر در درون آن جای گرفته^{۳۵}



ت ۲. مشخصات مساجد مورد مطالعه، تدوین: مرضیه هومانی راد.

شبکه مسجد حکیم هر ۲/۳ متر برای ۱۳۲ متر مربع، شبکه مسجد سید هر ۱/۷۶ متر برای ۱۱۰ متر مربع، شبکه مسجد رحیم‌خان هر ۲/۱ متر برای ۱۶۱ متر مربع، شبکه مسجد قبا هر ۱/۶ متر برای ۱۱۱ متر مربع، و شبکه مسجد شهرک غرب هر

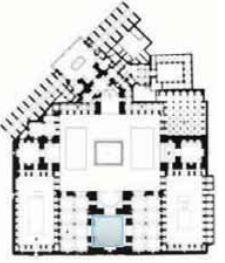
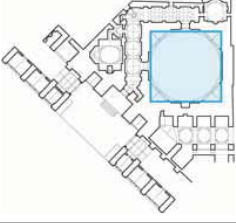
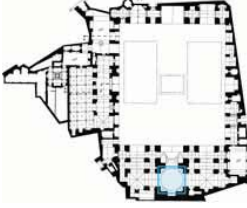
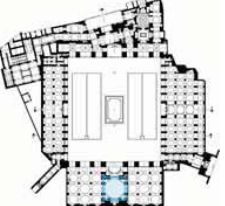
۳/۲۵ برای ۱۹۶ متر مربع که در دو تراز ارتفاعی ۱۴۰ سانتی‌متر (میانگین سطح دید انسان ایستاده) و ۶۰ سانتی‌متر (میانگین سطح دید انسان نشسته در حالت عبادت) تعیین و سپس در ساعات معین میزان روشنایی فضای داخلی برحسب لوکس^{۳۴} استخراج و در دفاتر مخصوص ثبت می‌شود. اطلاعات عددی به‌دست‌آمده از دستگاه لوکس‌متر دیتالاگر (سنجش نور فضای باز)، در مقایسه با دستگاه لوکس متر ساده (سنجش نور فضای داخلی) «نسبت میزان نور فضای باز و داخل را که در ادبیات نور روز ضریب نور^{۳۵} نامیده می‌شود»^{۳۶} نشان می‌دهد.

برای تعیین میزان بازتاب نور (بر اساس رنگ سطح) از سطوح مختلف گنبدخانه نظیر دیوارها، کف، سقف و درها، از دستگاه آنالیز رنگ استفاده شد. اطلاعات به‌دست‌آمده در برنامه شبیه‌سازی برای تعیین میزان انعکاس و رنگ سطوح استفاده می‌شود. علاوه بر رنگ سطوح، نوع مصالح استفاده‌شده فضاهای مورد مطالعه نیز در محل برداشت و در برنامه شبیه‌سازی اعمال می‌شود. اندازه دقیق فضا شامل طول، عرض، ارتفاع طاق، همچنین اندازه دقیق پنجره‌ها و مکان آن‌ها در سقف با استفاده از متر لیزری برداشت شد^{۳۷}. برداشت اطلاعات در روزهای انتخابی از ساعت ۹ صبح تا ۶ عصر بوده است. در نهایت داده‌های خروجی از نرم‌افزار ریدینس^{۳۸} و اکوتکت در نسخه ۲۰۱۱ (ترسیم‌های پلان و سه‌بعدی) در زمان‌های انقلاب تابستانه (۱ تیر) و انقلاب زمستانه (۱ دی) بررسی شده است. انتخاب زمان انقلاب زمستانه و تابستانه به دلیل تغییرات روشنایی و وضعیت خورشید مربوط به طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین روز سال و همچنین بیشترین و کمترین زاویه تابش خورشید نسبت به زمین است (ت ۳).

۳. تحلیل داده‌ها

۳.۱. تحلیل داده‌های کمی

بعد از اندازه‌گیری مقدار روشنایی در شبکه و ارتفاع مورد نظر در

جهت قبله ↓	عنوان	ابعاد فضای گنبدخانه (مکان برداشت)	محل دقیق برداشت در پلان مساجد	مکان و سال احداث
مساجد تاریخی	مسجد امام	۲۲/۵ × ۲۳/۵ با ارتفاع حداکثر ۳۸ متر		میدان نقش جهان سال ۱۰۲۱ تا ۱۰۴۱ ق مأخذ نقشه: گنجنامه، دفتر دوم، ص ۲۰.
	مسجد شیخ لطف‌الله	۱۹ × ۱۹ متر با ارتفاع حداکثر ۲۶ متر		میدان نقش جهان سال ۱۰۱۲ تا ۱۰۲۸ ق مأخذ نقشه: همان، ص ۱۱۴.
	مسجد حکیم	۱۱/۳ × ۱۱/۳ متر با ارتفاع حداکثر ۱۵/۳ متر		اصفهان، خیابان حکیم، سال ۱۰۶۹ تا ۱۰۷۱ ق مأخذ نقشه: همان، ص ۲۸.
	مسجد سید	۱۰/۵ × ۱۰/۵ متر با ارتفاع حداکثر ۱۳/۳ متر		اصفهان، خیابان مسجد سید، متعلق به سال‌های ۱۲۵۵، ۱۲۵۶ و ۱۲۹۹ ق و گنبدخانه جنوبی متعلق به سال‌های ۱۲۵۹، ۱۲۸۸ و ۱۲۹۸ ق مأخذ نقشه: همان، ص ۹۴.

علاوه بر تحقیقات نابیل و مردالجویک که بر اساس آن نیازهای بصری انسان را در فعالیت‌های مختلف ارزیابی می‌شود، در حال حاضر صرفاً دو انجمن بین‌المللی CIE (انجمن روشنایی

هر فضا، داده‌ها با برنامه اکسل روی نمودار سه‌بعدی ترسیم شد و خطوط هم‌روشنایی هر فضا در پلان و مقطع ترسیم گردید. این خطوط نحوه توزیع روشنایی در فضاهای مورد مطالعه را در زمان برداشت میدانی نشان می‌دهد.

نمودارهای میله‌ای بیان‌کننده شرایط روشنایی گنبدخانه‌ها در ماه‌های مختلف سال است. این نمودارها با توجه به دامنه‌های تعریف‌شده برای شدت نور روز (UDI)^{۳۹} که در جدول «ت ۴» قابل دیدن است، ترسیم شده است و نشان می‌دهد که چه درصدی از مساحت فضای گنبدخانه در سطح کار مورد نظر دارای روشنایی کم^{۴۰}، مکمل^{۴۱}، کافی^{۴۲} و خیره‌کننده^{۴۳} است (ت ۶). طیف رنگی به‌کاررفته در نمودارهای «ت ۶» بر اساس وضعیت روشنایی طبیعی از نظر راحتی دید انسان طبقه‌بندی گردیده که در آن روشنایی کمتر از ۱۰۰ لوکس (آبی پررنگ) به منزله روشنایی کم، روشنایی ۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس (آبی کم‌رنگ) به منزله روشنایی مکمل، روشنایی ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس (زرد تا صورتی) به منزله روشنایی کافی و روشنایی بیش از ۲۰۰۰ لوکس (قرمز) به منزله بیش‌روشنایی (بیش از اندازه) و گاه همراه با خیرگی در نظر گرفته شده است. این تقسیم‌بندی را نابیل و مردالجویک بر اساس دامنه‌های قابل قبول و قبول‌نشده‌ی روشنایی روی سطح افقی با توجه به نیازهای بصری انسان در فعالیت‌های مختلف به نام روشنایی مفید نور روز تعریف کرده‌اند.^{۴۴}

مکان و سال احداث	محل دقیق برداشت در پلان مساجد	ابعاد فضای گنبدخانه (مکان برداشت)	عنوان	جهت قبله
اصفهان، خیابان طالقانی ۱۲۹۴ و ۱۳۰۴ ق مأخذ نقشه: همان، ص ۵۸		۱۲٫۷ × ۱۲٫۷ متر با ارتفاع حداکثر ۱۸٫۵ متر	مسجد تاریخی	مسجد تاریخی
تهران، خیابان شریعتی، بالاتر از حسینیه ارشاد، کوچه قبا سال ۱۳۵۳ش مأخذ نقشه: برداشت میدانی.		هر ضلع آن ۴٫۸۰ متر و قطر هشت‌ضلعی ۱۱٫۵ متر است. حداکثر ارتفاع آن ۱۶ متر	مسجد تاریخی	مسجد تاریخی
تهران، شهرک غرب، روبه‌روی مجتمع تجاری میلااد نور سال ۱۳۶۹ش مأخذ نقشه: دفتر مهندسی مهندس علی طوسی (طراح بنا)		ابعاد گنبدخانه ۱۴ × ۱۴ متر، ارتفاع گنبد حداکثر ۱۸٫۳۰ متر	مسجد مدرن	مسجد مدرن

ت ۳ (پایین). برداشت اطلاعات روشنایی روی بام و داخل فضا به همراه شبکه‌بندی کف، دایره‌ها محل برخی نقاط اندازه‌گیری را نشان می‌دهد، عکس‌ها و تدوین: م. هومانی راد.



ت ۴ (بالا). ارزیابی شدت روشنایی طبیعی با توجه به نیازهای بصری انسان در فعالیتهای مختلف، مأخذ:

Nabil & Mardaljevic, "Useful Daylight Illuminate: A New Paradigm for Assessing, Daylighting in Building", p. 2.

ت ۵ (پایین). استاندارد میزان روشنایی و حداقل یکنواختی روشنایی شبستان، منبر و محراب در مساجد، مأخذ:

Lighting Guide 13: Lighting for places of worship (SLL LG13) 2014, p. 20-22.

اروپا) و IES (جامعه مهندسين روشنایی امریکا) معیار روشنایی برای فضاهای عبادی را در قالب هندبوک بیان کرده‌اند. در هندبوک سازمان نظام مهندسی انگلستان سیسی برای هر فضای عبادی یک الگوی پلان، که در اکثر بناهای آن دین مشابهت دارد، به طور نمونه آورده شده است. سپس دو عامل اصلی، روشنایی فضا برحسب لوکس و میزان ضریب یکنواختی^{۴۵} آن برای هر یک از جزء فضاها آورده شده است. در جدول «ت ۵» یک نمونه پلان مسجد همراه با ضریب یکنواختی و روشنایی فضا برحسب لوکس برای شبستان، منبر و محراب آمده است. برای محاسبه و خروجی تصاویر سه بعدی فضا و نمای پلان از نرم افزار ریدینس استفاده می‌شود. بر اساس معیار روشنایی مفید نور روز، روشنایی روز در پنج بازه (ت ۴) تقسیم بندی می‌شود که در خروجی‌های نرم افزار با رنگ مشخص شده است. سپس نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار اکسل به صورت نمودار بهره‌مندی فضا از نور روز برای کل سال ترسیم می‌شود. در

این تصویر نمودار میله‌ای نشان‌دهنده شرایط روشنایی مساحت فضا در ماه‌های مختلف سال و نمودار دایره‌ای نشان‌دهنده شرایط روشنایی مساحت فضا در طول یک سال الگو است. این نمودارها نشان می‌دهند که چه درصدی از مساحت فضا در سطح مورد نظر روشنایی کافی ندارد و برای فعالیت‌های بینایی (مطالعه قرآن و کتب ادعیه) به روشنایی تکمیلی نیاز است (رنگ‌های آبی پررنگ و آبی کم‌رنگ) و چند درصد از مساحت فضا در طول سال روشنایی کافی دارد (رنگ زرد و صورتی) یا احتمالاً در ایامی از سال خیرگی اتفاق می‌افتد (رنگ قرمز). نتایج طبق جدول‌های «ت ۶ و ۷» به شرح زیر است:

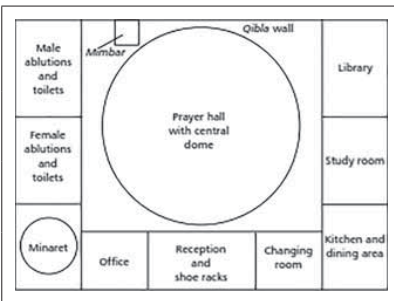
– الگوی توزیع روشنایی پلان‌های مساجد روشنایی یکنواختی را در سال نشان می‌دهد، شدت آن در ساعات صبح بیش از عصر است (ت ۸).

– میانگین روشنایی فضای گنبدخانه مسجد امام: در ساعت ۱۲ ظهر انقلابین روشنایی کافی است (عدم نیاز به روشنایی کمکی) و در کل سال نیز نیمی از فضا در برخی شرایط نیاز به روشنایی کمکی دارد. این نتیجه‌گیری بر اساس تحقیقات نابیل و مردالجویک است، اما بر اساس هندبوک روشنایی سیسی برای فضای مسجد، در کل سال مسجد امام دارای روشنایی کافی است.

– میانگین روشنایی فضای گنبدخانه مسجد شیخ لطف‌الله در ساعت ۱۲ ظهر انقلابین، روشنایی کم (نیاز به روشنایی

شدت روشنایی	وضعیت روشنایی	شرایط نیاز به روشنایی مصنوعی کمکی
کمتر از ۱۰۰ لوکس	روشنایی کم (ناکافی)	نیاز به روشنایی الکتریکی
۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس	روشنایی مکمل (نسبتاً ناکافی)	نیاز به روشنایی کمکی در برخی شرایط
۳۰۰ تا ۹۰۰ لوکس	روشنایی کافی	عدم نیاز به روشنایی کمکی
۹۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس	روشنایی عالی	عدم نیاز به روشنایی کمکی
بیش از ۲۰۰۰ لوکس	احتمال خیرگی	نیاز به کنترل خیرگی در برخی شرایط

مسجد	space	Minimum uniformity	Maintained illuminance (Lux)	مسجد شیخ لطف‌الله	
				منبر	محراب
	شبستان	۰/۴	۱۵۰		
	منبر	۰/۶	۳۰۰		
	محراب	۰/۶	۳۰۰		



الکتريکی) است و در طول سال نیز کل فضا کماکان نیاز به روشنایی الکتريکی دارد. این نتیجه‌گیری بر اساس تحقیقات سيبسی، روشنایی مسجد کافی نیست. نابل و مردالجویک است، همچنین بر اساس هندبوک روشنایی

۳۰. اکبر حاج ابراهیم زرگر و همکاران، راهنمای معماری مسجد، ص ۴۸.

31. Validate

۳۲. کالیبره کردن ورودی‌های نرم‌افزار

33. SLL Code for Lighting, pp. 89, 238-239.

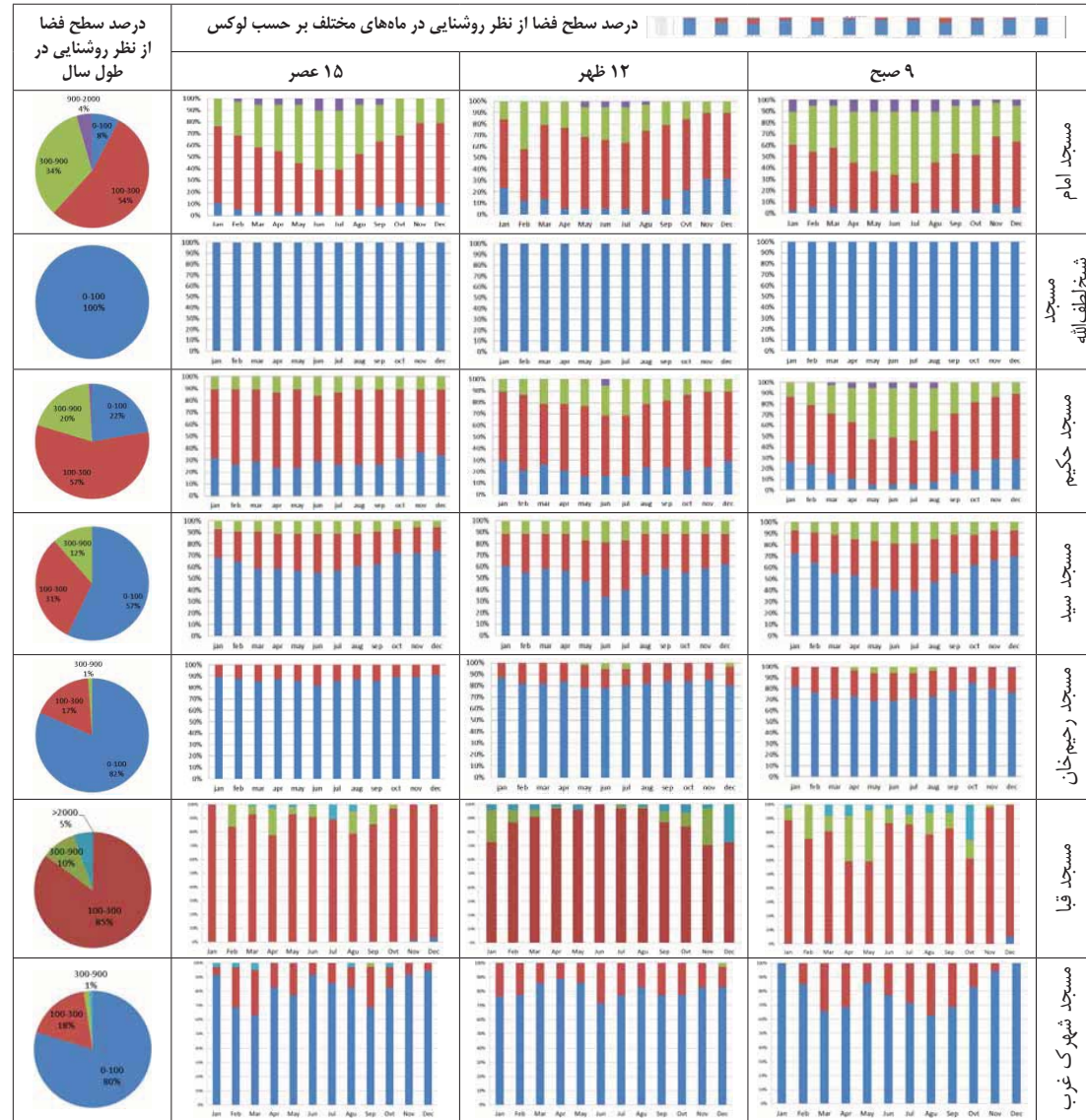
۳۴. مقدار روشنایی که به واحد سطح می‌رسد را شدت روشنایی می‌گویند و با E نشان می‌دهند. واحد شدت روشنایی برابر لوکس است و با ابزارهای مخصوص اندازه‌گیری می‌شود. (کاوه احمدیان تازه‌محلله، طراحی روشنایی و آموزش نرم‌افزار DIALUX، ص ۹).

35. Daylight Factor

36. R.G. Hopkinson, Architectural Physics, Lighting, pp. 50-54.

۳۷. لازم به ذکر است که با وجود نقشه‌های مساجد تاریخی موجود در کتب، اندازه‌گیری ابعاد اصلی اجزای بنا در زمان برداشت انجام شد؛ لیکن مساجد معاصر بخصوص مسجد قبا، به دلیل فقدان نقشه، کل فضا توسط گروه رولوه با دقت برداشت و نقشه‌های به‌دست‌آمده پس از بررسی و اصلاح نهایی برای تهیه سه‌بعدی فضا و دیگرام‌های مقاطع استفاده شد.

ت ع درصد سطح فضا از نظر روشنایی در کل سال در نمونه‌های مطالعه‌شده؛ تدوین: نگارندگان



– میانگین روشنایی فضای گنبدخانه مسجد حکیم در ساعت ۱۲ ظهر انقلابین دارای روشنایی مکمل (نیاز به روشنایی کمکی در برخی شرایط) است و در کل سال نیز بیش از نیمی از فضا نیاز به روشنایی کمکی دارد. این نتیجه‌گیری بر اساس تحقیقات نایل و مردالجویک است، اما بر اساس هندبوک روشنایی سیسی برای فضای مسجد، در کل سال مسجد حکیم دارای روشنایی کافی است.

– میانگین روشنایی فضای گنبدخانه مسجد سید در ساعت ۱۲ ظهر انقلابین مانند مسجد حکیم است، با این تفاوت که در کل سال بیش از نیمی از فضای گنبدخانه زیر ۱۰۰ لوکس روشنایی

دارد و در نتیجه فضا نیاز به روشنایی الکتریکی دارد. بر اساس هندبوک روشنایی سیسی نیز، حداقل روشنایی را ندارد.

– میانگین روشنایی فضای گنبدخانه مسجد رحیم‌خان در ساعت ۱۲ ظهر انقلابین با کمی افزایش لوکس روشنایی نسبت به مسجد شیخ‌لطف‌الله است، اما کماکان روشنایی کم (نیاز به روشنایی الکتریکی) است و در کل سال نیز کل فضا کماکان نیاز به روشنایی الکتریکی دارد. همچنین بر اساس هندبوک روشنایی سیسی، روشنایی مسجد کافی نیست.

– میانگین روشنایی فضای گنبدخانه مسجد قبا در ساعت ۱۲ ظهر انقلابین بیشتر از مسجد جامع شهرک غرب است و دارای

ت ۰.۷ میانگین روشنایی فضای گنبدخانه در ساعت ۱۲ ظهر و حداکثر درصد سطح فضا از نظر روشنایی در طول سال در نمونه‌های مورد مطالعه، تدوین: نگارندگان.

حد اکثر درصد سطح فضا از نظر روشنایی در طول سال بر حسب لوکس	درصد سطح فضا از نظر روشنایی در طول سال طبق تحقیقات نایل و مردالجویک					میانگین روشنایی فضای گنبدخانه در ساعت ۱۲ ظهر بر حسب لوکس		نام مسجد	
	بیش از ۲۰۰۰ لوکس	۹۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس	۳۰۰ تا ۹۰۰ لوکس	۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس	صفر تا ۱۰۰ لوکس	۲۱ ژوئن (انقلاب تابستانه) ۹۵/۳/۳۱	۲۱ دسامبر (انقلاب زمستانه) ۹۵/۹/۳۰		
	احتمال خیرگی (نیاز به کنترل خیرگی در برخی شرایط)	روشنایی عالی (عدم نیاز به روشنایی کمکی)	روشنایی کافی (عدم نیاز به روشنایی کمکی)	روشنایی مکمل (نیاز به روشنایی کمکی در برخی شرایط)	روشنایی کم (نیاز به روشنایی الکتریکی)				
۵۴٪ فضا بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس	–	۴	۳۴	۵۴	۸	۴۳۶/۷۶	۳۴۸/۸۶	مسجد امام	مساجد تاریخی
۱۰۰٪ فضا زیر ۱۰۰ لوکس	–	–	–	–	۱۰۰	۱۷/۵۸	۱۰/۷۱	مسجد شیخ‌لطف‌الله	
۵۷٪ فضا بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس	–	۱	۲۰	۵۷	۲۲	۷۳/۲۸۶	۱۱/۱۷۸	مسجد حکیم	
۵۷٪ فضا زیر ۱۰۰ لوکس	–	–	۱۲	۳۱	۵۷	۶۴/۱۹۱	۳۴/۱۲۳	مسجد سید	
۸۲٪ فضا زیر ۱۰۰ لوکس	–	–	۱	۱۷	۸۲	۶۶/۹۹	۵۷/۵۰	مسجد رحیم‌خان	
۸۵٪ فضا بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس	۵	–	–	۱۰	۸۵	۲۱۲/۵۳	۲۰/۳/۸	مسجد قبا	مساجد معاصر
۸۰٪ فضا زیر ۱۰۰ لوکس	–	۱	۱	۱۸	۸۰	۷۲/۷۸	۶۳/۶۲	مسجد شهرک غرب	

لیکن طبق تجربه میدانی از طلوع تا غروب آفتاب، نیاز به روشنایی الکتریکی در مساجد احساس نمی‌شود. لازم به ذکر است که، نتیجه فوق بر اساس استانداردهای روشنایی نایل و مردالجویک گرفته شده است. در فضاهایی که انجام فعالیت بینایی در درجه اول اهمیت است، مثل فضاهای صنعتی، آموزشی، یا اداری، روشنایی اهمیت بیشتری دارد و باید به خوبی تأمین شود.

در فضاهایی که فعالیت‌های عمومی در درجه اول است، مثل فضاهای تفریحی، مراکز خرید، یا مسکونی، جذابیت بینایی^{۴۶} اهمیت بیشتری دارد و روشنی بینایی^{۴۷} می‌تواند با اهمیت کمتری مطرح شود^{۴۸}.

پس چون در مساجد فعالیت بینایی به‌جز هنگام مطالعه قرآن یا کتب ادعیه در درجه دوم اهمیت است، کاستی نور عامل منفی برای روشنایی گنبدخانه‌ها به‌شمار نمی‌رود. «استاندارد روشنایی برای فضای عبادی مسجد در سطح کف فضا ۱۵۰ لوکس و در دید عمودی ۱۰۰ لوکس پیشنهاد شده است»^{۴۹}. در صورتی که صرفاً به الگوی روشنایی پرداخته شود، می‌توان استاندارد فوق را مبنی بر روشنایی مکمل پذیرفت.

۲.۳. تحلیل داده‌های کیفی

برای آنکه معمار بتواند از نور طبیعی در طراحی فضای مسجد بهره‌گیرد، مستلزم آن است که ابتدا عمیقاً نور و جنبه‌های مختلف آن را بشناسد و شیوه‌های مناسب برای ایجاد جنبه‌های کیفی نور را به کار گیرد (ت ۸).

روشنایی مکمل (نیاز به روشنایی کمکی در برخی شرایط) است و در کل سال نیز اکثر فضا نیاز به روشنایی کمکی دارد. این نتیجه‌گیری بر اساس تحقیقات نایل و مردالجویک است، اما بر اساس هندبوک روشنایی سیسی برای فضای مسجد، در کل سال روشنایی مسجد قبا کافی است.

– میانگین روشنایی فضای گنبدخانه مسجد شهرک غرب در ساعت ۱۲ ظهر انقلابین کمی بیش از مسجد رحیم‌خان است و کماکان روشنایی کمتر از ۱۰۰ لوکس را دارد، بنا بر این روشنایی آن کم (نیاز به روشنایی الکتریکی) است و در کل سال نیز کل فضا کماکان نیاز به روشنایی الکتریکی دارد. همچنین بر اساس هندبوک روشنایی سیسی، روشنایی مسجد کافی نیست. تفاوت طراحی در مقدار روشنایی به ایده شکل‌گیری و هدف معمار از نوع فعالیت مورد انتظار از فضا نشئت می‌گیرد. تحقیقات نایل و مردالجویک بر اساس نیاز انسان به روشنایی در فعالیت‌های مختلف عرضه شده، در حالی که هندبوک روشنایی سیسی صرفاً برای فضای مسجد با در نظر گرفتن تفاوت روشنایی شبستان، محراب، و منبر تنظیم شده است؛ اما باز انتظار معمار در طراحی روشنایی فضا به رویکردهای معنایی و فلسفی آن نیز برمی‌گردد که در تعیین حال‌وهوای فضا و تأثیر آن بر احساس ناظر و فعالیت عبادی فرد بسیار مؤثر است.

نمودارها نشان می‌دهد که روشنایی مساجد معاصر از جنس روشنایی مکمل (مسجد قبا) و کم (مسجد شهرک غرب) است؛

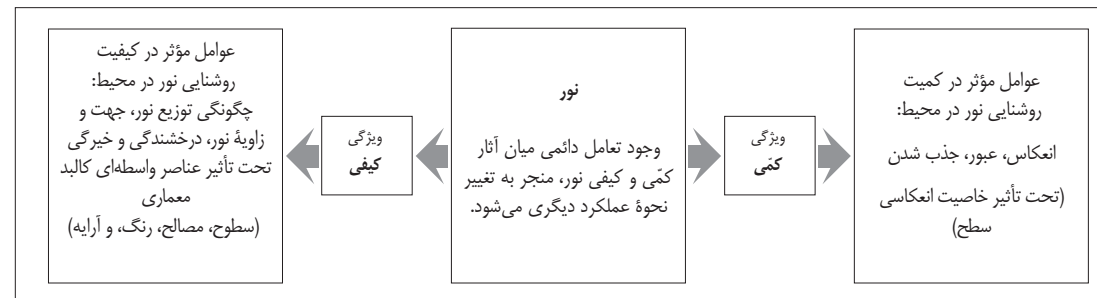
۳۸. نرم‌افزار ریدینس از رایج‌ترین و معتبرترین نرم‌افزارهای شبیه‌سازی نور معرفی شده است (Radiance, 2010). تصاویر سه‌بعدی دریافتی از نرم‌افزار با فن ترسیم چشم طبیعی انسان به دست آمده که دقت تصاویر دریافتی را نشان می‌دهد.

39. Useful Daylight Illumination
40. low
41. supplementary
42. enough
43. Exceeded/ glare

۴۴. نک:

J. Mardaljevic & A. Nabil, "Useful Daylight illuminate: A New Paradigm for Assessing, Daylighting in Building".

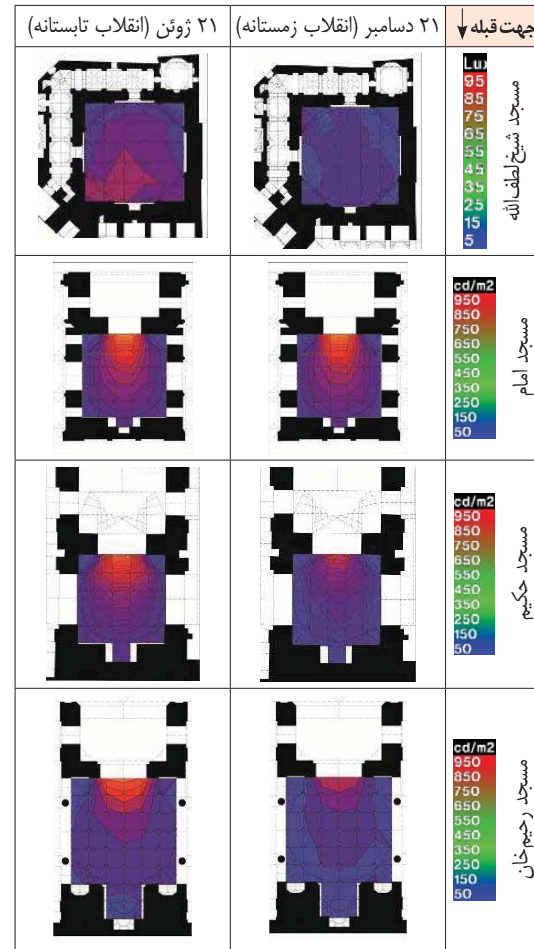
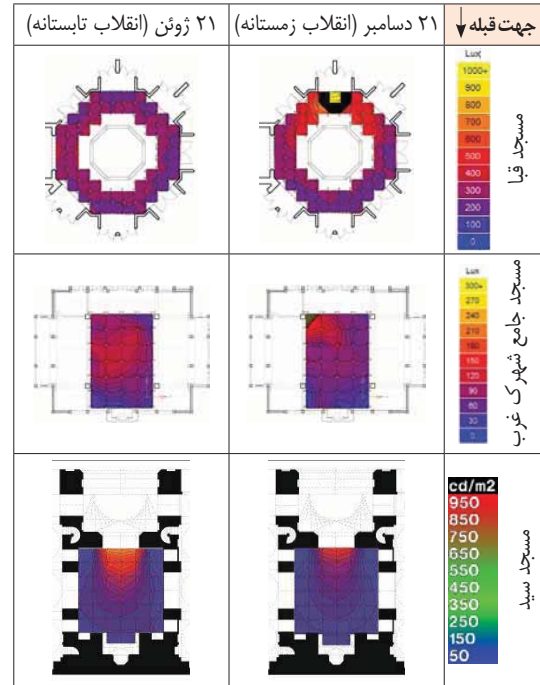
ت ۸. ابعاد مختلف نور، تدوین: نگارندگان.



ویژگی نورگیرها در میزان نور ورودی به فضا نقش اساسی دارند، مانند موقعیت مکانی نورگیر در سطح دیوار، ابعاد، هندسه و فرم نورگیر، و ملحقاتی مانند سایبان نورگیر.

بین عوامل طراحی نورگیر و جنبه‌های کیفی و کمی نور حاصل از آن در فضا رابطه مستقیمی هست و هر فضایی، بر حسب نور مورد نیاز و تأثیرات روانی نور بر کاربران داخل

فضا، به یک نوع نورگیر نیازمند است. در نتیجه شیوه نورگیری و احساس کاربر در فضای داخلی با هم ارتباط مستقیم دارند. در مکان‌هایی که در آن‌ها ارتباط بینایی بین داخل و خارج نامطلوب است، شیوه نورگیری با نورگیرهای فوقانی^۵ پیشنهاد می‌شود که در معماری فضاهای عبادی بسیار کاربرد دارد. گروتو می‌گوید: «تمامی توجه در نورپردازی با نورگیرهای سقفی به چیزی جلب می‌شود که در این نور قرار گرفته است»^{۵۱}. شکل سطوح، انعکاس سطوح، و مشخصات فضایی که با نور از بالا روشن می‌شوند بسیار تعیین کننده است. «ت ۱۰ و ۱۱» تأثیرات قرارگیری نورگیرهای فوقانی و نوردهی از بالا را نشان می‌دهند. علاوه بر آن، الگوی توزیع نور این نورگیرها نیز متفاوت است. در نتیجه با آن‌ها امکانات بالقوه‌ای در اختیار معمار قرار می‌گیرد که در فضاهای عبادی بسیار استفاده شده است. ارتفاع بلند فضا،



۴۵. یکنواختی توزیع روشنایی (Uniformity): نسبت یکنواختی روشنایی یعنی نسبت حداقل روشنایی به متوسط روشنایی در ارتفاع سطح کار پیشنهاد شده است. این مقدار توزیع کاملاً یکنواخت نور در همه سطح فضا را نشان می‌دهد. شرایط توزیع روشنایی و ضریب یکنواختی فضاها در سه گروه قابل تقسیم‌بندی است:

(۱) ضریب یکنواختی بین ۰/۶ تا ۰/۷ که نشان‌دهنده توزیع یکنواخت روشنایی در سطح اتاق است که امکان استفاده از کلیه سطوح اتاق را برای انجام فعالیت‌های بصری فراهم می‌کند.

(۲) ضریب یکنواختی توزیع روشنایی بین ۰/۳ تا ۰/۵ که برای انجام فعالیت‌های عمومی و غیر بصری مناسب است.

(۳) ضریب یکنواختی کمتر از ۰/۳ که عدم یکنواختی روشنایی را نشان می‌دهد. (The SLL Lighting Hand book, CIBSE).

- 46. Visual interest
- 47. Visual lightness
- 48. *The SLL Lighting Handbook*, p. 119.

ت ۹ (راست و چپ). توزیع نور در ارتفاع ۱۴۰ سانتی‌متر در انقلاب تابستانه و انقلاب زمستانه ساعت ۱۲ ظهر روی پلان مسجد، تدوین: نگارندگان.

در مجموع می‌توان گفت که برای بررسی نور روز در فضاهای عبادی دو گام اصلی برداشته می‌شود: گام اول برای شناخت کیفیت نور و شیوه‌های دستیابی به آن و گام دوم شناخت چگونگی حضور کمی نور و آثار آن. بررسی و مطالعه تطبیقی مساجد معماری تاریخی و معاصر مورد مطالعه در تحقیق حاضر نشان می‌دهد که هدف اصلی از کنترل نور در معماری مساجد معاصر جنبه روشنایی بخشی با رویکرد کمی است و به کارگیری جنبه‌های کیفی نور، اعم از شیوه‌ها کنترل خیرگی و درخشندگی نور روز در فضای داخلی در حاشیه قرار می‌گیرد.

با اینکه هدف معماران مساجد مورد مطالعه خلق فضای عبادی بوده است، اما شیوه استفاده از نور طبیعی و طراحی نورگیرها در مساجد تاریخی و معاصر مورد مطالعه تفاوت‌های اساسی با یکدیگر دارند. رویکرد مساجد تاریخی متضاد با رویکرد مساجد معاصر مورد مطالعه در مقوله نور است. معمار مساجد تاریخی با اشراف بر شیوه‌های کنترل نور روز از همه ابزارهای در اختیارش، همچون نور طبیعی، بهره گرفته است تا مکانی شایسته برای عبادت بنا و مخلوق را به خدا نزدیک‌تر کند. در نتیجه از نور کمک می‌گیرد که نشانی از عالم والا است. این هدف آسمانی در طراحی مساجد معاصر مورد مطالعه به استفاده تک‌بعدی از جنبه‌های کمی نور تنزل یافته و از شیوه‌های کنترل نور مبنی بر قابلیت‌های کیفی آن غفلت شده است.

شاخصه اصلی کیفیت نور، که قابلیت بیشتری در طراحی

نورگیرهای فوقانی، انعکاس، و الگوی توزیع نور یکنواخت رابطه مستقیم با یکدیگر دارند. اچ اونز^{۵۲} معتقد است:

هرچه ارتفاع روزنه ورودی نور مرتفع‌تر باشد، روشنایی روز به عمق فضای داخلی بیشتر نفوذ کرده و درخشندگی را در میدان دید کمتر می‌نماید^{۵۳}.

علاوه بر مکان نورگیر، تعداد و چیدمان آن در سقف نیز بر الگوی توزیع نور تأثیرگذار است. «تعیین محل ورودی‌های نور در بیش از یک دیوار باعث توزیع متعادل‌تر نور می‌شود»^{۵۴}. از سوی دیگر، الگوی توزیع نوری که از طراحی نورگیرها حاصل می‌شود، ارتباط مستقیم با کیفیت طراحی نورگیرها دارد.

سایه‌بان‌های بالای نورگیر و صفحات مجوف برای جلوگیری از ورود مستقیم نور باعث می‌شود الگوی توزیع روشنایی یکنواخت شده و کمترین تشعشعات به داخل فضا راه یابد. شیب حفرة داخلی سقف تا محل نورگیر باعث توزیع نور یکنواخت شده و از تباين جلوگیری می‌کند^{۵۵} (ت ۱۲ و ۱۳).

با دقت در طراحی اکثر گنبدخانه‌های مساجد تاریخی ایران می‌توان گفت که نورگیری اصلی فضا از طریق نورگیرهای فوقانی تأمین شده است. نورگیری فوقانی علاوه بر آنکه می‌تواند الگوی توزیع نور یکنواختی را به ارمغان آورد، به خاطر کاهش ارتباط کاربر فضا با بیرون زمینه‌های تمرکز و تفکر برای فعالیت عبادی را پدید می‌آورد. لازم به ذکر است که همه جزئیات خاص طراحی نورگیر باید مد نظر باشد تا الگوی بهینه نوردهی فضا تأمین شود (ت ۱۴).

49. LG13, Lighting for places of worship (SLL LG13). CIBSE(The Society of Light and Lighting), pp. 20 – 23.

50. Clerestory

۵۱. یورگ گروتز، زیباسنختی در معماری، ص ۴۴۵.

52. Evans, Benjamin H

۵۳. بنجامین اچ. اونز، نور روز در معماری، ص ۷۹.

۵۴. ویکتور. ام. الگی و دیوید ایگن، روشسنایی و نورپردازی در معماری، ص ۲۷-۲۸.

۵۵. همان، ص ۴۴-۴۵.

ت ۱۰ (راست). تأثیرات نوردهی از بالا، برگرفته از: الگی و ایگان، روشسنایی و نورپردازی در معماری، ص ۳۹-۴۰.

ت ۱۱ (چپ). الگوی توزیع نور از بالا، برگرفته از: همان، ص ۱۳-۱۴ و ۲۴ و ۲۷-۲۸.

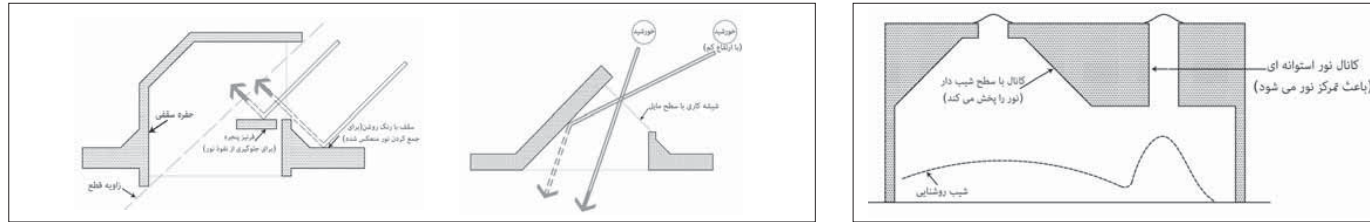
ورود نور از چند جهت؛ پراکندگی بیش‌تر نور؛ نهایتاً نور یکنواخت‌تر	نور بهینه و یکنواخت در طول روز	الگوی توزیع نور در نوردهی از بالا
با لحاظ کردن مهار تشعشع آسمان و نور خورشید	بهترین روش دسترسی به نور حتی در آسمان ابری	
ارتفاع سقف بیش‌تر، توزیع نور بهتر در نتیجه باز شو کمتر	سه برابر بیش‌تر از نوردهی از کنار	

سطوح نورپردازی شده داخلی جایگزین چشم‌انداز خارجی	قطع تداوم بصری کاربر فضا با بیرون	تأثیرات روانی نوردهی از بالا بر مخاطب
حفظ سیکل حیاتی انسان با محیط بیرون	اطلاعات لازم در مورد آب و هوا و گذشت زمان	
تمرکز فرد بر فعالیت عبادی و ایجاد خلوت	تناسب و تمرکز روی فضای داخل	

۵۶. نک: هومانی‌راد، طاهباز، پورمند، همان.

فضای عبادی دارد، کنترل جهت و زاویه نور برای تأکید بر مکان، مسیر، یا نقطه‌ای خاص است که ذهن مخاطب را به سوی هدفی خاص هدایت می‌کند. این ویژگی که در مساجد تاریخی مورد مطالعه با «تأکید نور بر محراب»^{۵۶} و حرکت بر

آیه‌های قرآن نقش‌شده بر دیوار انجام شده، ذهن هر بیننده‌ای را از بدو ورود به فضا به سمت قبله و خداوند متوجه می‌کند. درحقیقت فضا به جای آنکه قصد خودنمایی داشته باشد، با هدف کمک به احساس کاربر، او را برای عبادت و احساس معنویت



نوع مسجد	مساجد تاریخی مورد مطالعه	مساجد معاصر مورد مطالعه
دیدگاه	جنبه معنایی و کیفی نور روز	جنبه روشنایی بخشی و کمی نور روز
مبانی نظری	اندیشه شکل‌گیری برگرفته از مراتب نور در عالم عرفان و فلسفه	اندیشه شکل‌گیری برگرفته از فیزیک نور
دانشمندان این عرصه	امام محمد غزالی نویسنده کتاب مشكاة الانوار و یکی از بزرگ‌ترین متفکرین جهان اسلام (۴۵۰-۵۰۵) در تفسیر آیه نور، مراتب نور را به ۵ مرحله تقسیم کرده است، از پایین‌ترین درجه، نور حس آغاز می‌شود و سپس به ترتیب به نور خیال، نور عقل، نور آگاهی، و سپس نور وحی، که بالاترین مرتبه آن است، منتهی می‌گردد. در تفسیر سوره نور خداوند می‌فرماید همه این نورها انعکاس یک نور است و آن نور الهی است (نک: محمد غزالی، مشكاة الانوار).	ویکتور الگی، یورگ گروت، بنجامین ایچ. اونز، و دیوید ایگان برخی از پیشروترین آن‌ها به‌شمار می‌روند.
شیوه طراحی فضا در خصوص نور	به حداقل نور در فضا بسنده شده و فضا در نیمه تاریکی فرورفته است؛ البته این شیوه در مسجد شیخ‌لطف‌الله بر اساس ایده شکل‌دهنده با تاریکی بیشتری همراه است، ولی در مساجد امام، سید، حکیم، و رحی خان با تاریکی کمتری همراه است.	نوردهی از بالا با دو رویکرد الگوی توزیع نور و تأثیرات روانی آن در ارتباط با فضای عبادی که به صورت نوردهی از سراسر گنبد و نوردهی از اربانه گنبد طراحی شده است.
تفسیر شیوه طراحی	«مسجد مکان درک حقایق الهی و رسیدن به معرفت روحانی است و برای رسیدن به این حقیقت نیاز به نور مادی (نور حس) نیست. وجود نور در مسجد تا حدی طراحی شده تا مسیر برای فرد قابل تشخیص باشد. کاربرد نور مادی در مسجد انکارنشدنی است، اما هدف از این نور که انعکاس‌هایش بر نقش‌ها و طرح‌ها دل یک انسان معنوی را به سوی نور حقیقی عالم می‌برد، راهنمایی است برای رسیدن به نور الهی» (داداشی، «گفتگو»).	تمرکز بر فضای داخلی با توجه به الگوی نوردهی و روشنایی یکنواخت همراه با برخی نقاط خیرگی و درخشندگی ناشی از طراحی نامناسب نورگیرها در طراحی سقف.
نتیجه نهایی	در فضای مسجد سعی شده نحوه نورپردازی طبیعی انسان را متوجه حضور خداوند کند و با تغییر در تناسبات فضا، نور، رنگ، و سایر عناصر دخیل در فضای معماری، احساس معنویت و نبیل به ملکوت را در بازدیدکننده تحریک کند. در مسجد امام نیز از ویژگی‌های کیفی نور در راستای این هدف بهره گرفته شده است.	توجه یک‌سویه به جنبه روشنایی بخشی نور بدون توجه به تمامی قابلیت‌های کیفی ارتقای احساس معنویت در فضا.

ت ۱۲ (بالا، راست). رابطه فرم سقف و الگوی توزیع نور، مأخذ: همان، ص ۴۴. ت ۱۳ (بالا، چپ). کنترل‌کننده‌های خارجی و چگونگی هدایت نور، مأخذ: همان، ص ۴۵. ت ۱۴ (پایین). مقایسه مبانی نظری شکل‌گیری مساجد، تدوین: نگارندگان.

۵۷. نک:

Hopkinson, *The Lighting of Building*; K.W.Houser & D.K. Tiller, "Measuring the Subjective Response to Interior Lighting: Paired Comparison and Semantic Differential Scaling".

۵۸. نک:

P.M. Biner, "An Arousal Optimization Model of Lighting Level Preferences, An Interaction of Social Situation and Task Demands"; I. Knez, "Effects



ت ۱۵. مسجد قبا: تفاوت لکه‌های نور ناشی از روزن‌های کاربردی و نورگیر زیر کاربردی مشهود است. لکه‌های سمت راست تصویر ناشی از روزن‌های کاربردی و لکه‌های نوری سمت چپ ناشی از نورگیر زیر کاربردی است، عکس: م. هومانی راد.



نور گذری (شیشه‌خور) به جرز، لکه‌های نوری حاصل از آن وسعت کمتر و یکنواختی بیشتری دارند و از خیرگی آن کاسته می‌شود. نور انعکاسی و ملایم، گذشته از کنترل کیفی نور، در ذهن بیننده خوشایندتر خواهد بود. بنا بر این می‌توان گفت که برای دستیابی به نور کنترل‌شده و بدون کنتراست آزردهنده صرف شبکه گسترده نورگیرها در کل سقف و رعایت نسبت لازم بین سطح شیشه‌خور و جرز نورگیر کافی نیست و نیاز به سایه‌بان برای جلوگیری از ورود پرتوهای مستقیم نور خورشید در زوایای عمودی است. از طرف دیگر، انعکاس پرتوهای نور برای دستیابی به کنتراست خوشایند لازم است. این پدیده به‌وضوح در تصویر مسجد قبا به خاطر تفاوت در بود و نبود سایه‌بان در طراحی نورگیرها دیده می‌شود (ت ۱۵). در این فضا لکه‌های بزرگ و کنترل‌نشده نور با خیرگی زیاد کنتراست ناخوشایندی را در فضا ایجاد کرده است.

۴.۱.۲. رابطه نورگیرها با کنترل کیفی نور

بر اساس یافته‌های تحقیق، مطالعات کتابخانه‌ای، برداشت میدانی، و نتایج شبیه‌سازی روشنایی در طول یک سال، با وجود تفاوت در فرم سقف و شیوه نورگیری در مساجد، تجربه فضا و الگوی توزیع روشنایی حاصل از نرم‌افزار ریدینس، نور یکنواختی را در کل سال نشان می‌دهد. ایجاد نور یکنواخت فضای داخلی

آماده می‌کند. نکته‌ای که نباید از آن غافل شد این است که، «در عمل انسان روشنایی محیط را با روشی کیفی ارزیابی می‌کند که در بسیاری موارد ارتباطی با مقادیر کمی روشنایی ندارد»^{۵۷}. در نتیجه بایستی عوامل دیگری علاوه بر موارد فوق در تأثیرات روشنایی بر کاربر فضا وجود داشته باشد؛ چرا که «روشنایی مطلوب می‌تواند در موقعیت‌های مختلف از دید ناظر تعاریف متفاوت داشته باشد»^{۵۸}. تفاوت درک از روشنایی مطلوب ناشی از تفاوت در ویژگی‌های شخصیتی و تفاوت‌های جنسی کاربر فضا است. «محرک اصلی درون ذهن و روح انسان است، نور ابزار تحریک است نه خود محرک»^{۵۹}. در نتیجه پیچیدگی تأثیرات نور بر انسان، معمار باید، پیش از اقدام به طراحی، به ابعاد آن اشراف داشته باشد.

۴. بررسی و نتیجه‌گیری

۴.۱. رابطه نورگیرها با الگوی توزیع نور (رویکرد کمی)

۴.۱.۱. رابطه سایه‌بان با حضور کیفی نور

بر اساس یافته‌های تحقیق، مطالعات کتابخانه‌ای، برداشت میدانی، و نتایج شبیه‌سازی روشنایی در طول یک سال، با وجود تنوع در فرم، اندازه، و مکان نورگیرها در گنبدخانه‌ها (ت ۱۶)، ترسیم‌های دریافتی از نرم‌افزار ریدینس در کل سال نور یکنواختی را نشان می‌دهد. با وجود این، لکه‌های گذرا و پراکنده از نور گهگاه در همه مساجد دیده می‌شود که در مسجد قبا^{۶۰} (نورگیرها منتهالیه دیوار) (ت ۱۵) و مسجد جامع شهرک غرب با خیرگی و درخشندگی کنترل‌نشده و در مساجد تاریخی کنترل‌شده‌تر است. علت این پدیده وجود سایه‌بان بر فراز نورگیرها در مساجد معاصر و دوپوسته بودن نورگیرها در مساجد تاریخی است که مانع از ورود مستقیم پرتوهای نور به فضای داخلی می‌شود. البته ضخامت سایه‌بان در میزان نور انعکاسی تأثیرگذار است. از سوی دیگر، با کاهش نسبت سطح

و کمیت آن، طبق نظریهٔ ویکتور الگی^{۶۱}، با به‌کارگیری سه عامل ارتفاع بلند سقف، نورگیری از بالا^{۶۲}، و جنس سطوح به دست می‌آید که در طراحی گنبدخانهٔ مساجد لحاظ شده است؛ اما

ت ۱۶. محل قرارگیری نورگیرها، فرم سایه‌بان، فرم سقف و دیواره‌ها، بودن نورگیرها و دید داخلی به نورگیرها در مساجد تاریخی و معاصر،

عنوان مسجد	دید داخلی به سقف گنبدخانه	موقعیت نورگیرها در گنبدخانه	دسته‌بندی نورگیرها و مشخصات آن‌ها
مسجد تاریخی مسجد امام			دستهٔ اول نورگیرهای مشبک گرداگرد گریو گنبد با ابعاد ۲/۱ در ۳/۴ متر و دستهٔ دوم نورگیر وسیع ورودی با ابعاد ۱۷ در ۹ متر و دستهٔ سوم نورگیرهای دو جبههٔ شرقی و غربی دیوار گنبدخانه با ابعاد ۷/۲ در ۶/۵ متر
مسجد شیخ طه الله			دستهٔ اول نورگیرهای مشبک گرداگرد گریو گنبد با ابعاد ۲ در ۳ متر و دستهٔ دوم نورگیر وسیع بالای در ورودی با ابعاد ۴/۵ در ۵ متر و دستهٔ سوم نورگیرهای مشبک بر روی سه دیوار گنبدخانه با ابعاد ۲/۵ در ۳ متر
مسجد حکیم			گنبدخانه غیر از نورگذر ورودی، نورگذر دیگری ندارد. ابعاد آن ۶/۳۵ در ۷ متر است.
مسجد سید			گنبدخانه دارای چهار نورگذر با ابعاد ۱/۲ در ۱/۷ متر در گریو گنبد است. نورگذر ورود به گنبدخانه نیز ۴/۵ در ۶/۸ متر است.
مسجد رحیم خان			گنبدخانه دارای سه دسته نورگذر است. دستهٔ اول نورگذرهای مشبک گرداگرد گریو گنبد با ابعاد ۱/۲ در ۱/۸ متر (شانزده عدد) و دستهٔ دوم نورگذر بالای محراب با ابعاد ۱/۲ در ۲/۴ متر و نورگذر وسیع ورود به گنبدخانه ۵/۵ در ۷/۶ متر است.
مسجد قبا			دستهٔ اول روزنه‌هایی که در کاربندی سقف گسترده شده با ابعاد متغیر در ارتفاع ۷ متری و دستهٔ دوم نورگیرهای زیر کاربندی در منته‌الیه فوقانی دیوار گنبدخانه که در دو ردیف یکی با شیشه‌های رنگی و دیگری ساده قرار دارد.
مسجد معاصر مسجد شهرک غرب			دستهٔ اول نورگیری اصلی فضا؛ نورگیر وسیع و پیوسته زیر گنبد با ارتفاع متغیر از ۲/۵ متر تا ۰/۸ متر و دستهٔ دوم نورگیرهای سمت جنوب شرقی در طبقهٔ همکف و طبقهٔ بالا و دستهٔ سوم نورگیرهای کشیدهٔ بالای محراب

ت ۱۷. تصویر راست: پرتوهای تلطیف‌شده نور و لکه‌های نور حاصل از آن در مساجد تاریخی دیده می‌شود. لازم به ذکر است که در مسجد حکیم، به علت فقدان نورگیر، لکه نور وجود ندارد. در مساجد معاصر لکه‌های نور سطح وسیعی را پوشانده و خیرگی ایجاد کرده است. در مسجد قبا لکه‌های نور و خیرگی ناشی از آن در اثر نورگیر یکپارچه زیر سقف در روی سطح زمین دیده می‌شود و در مقایسه با لکه‌های نوری ناشی از روزنه‌های کاربردی بر دیوار کاملاً مشهود است. دایره‌های قرمز رنگ تأثیر نورگیر زیر سقف و مستطیل‌های زرد رنگ تأثیر روزنه‌های کاربردی در تصویر مسجد قبا است؛ عکس‌ها و تدوین: م. هومانی راد.

نیز دیده می‌شود.

اطلاعات به‌دست‌آمده از الگوی روشنایی مساجد معاصر مورد مطالعه، بر اساس مطالعات میدانی و شبیه‌سازی نرم‌افزاری، دلالت بر بی‌توجهی به قابلیت‌های هدایتگری و جلوه‌های معنایی نور دارد. گاه‌به‌گاه لکه‌های نور در مسجد قبا نیز دیده می‌شود؛ اما به جهت خاصی (قبله) اشاره ندرد و پراکنده و گذرا در همه سو دیده می‌شود. بقیه لکه‌های آفتاب با خیرگی و درخشندگی همراه است. لکه‌های نور در مسجد شهرک غرب با خیرگی همراه است و به جهت خاصی نیز تأکید نمی‌کند.

معماران مساجد تاریخی با اشراف بر کنترل پرتوها و القای معانی مستتر در آن، به طراحی نورگیرها پرداخته و برای چگونگی حضور نور در فضا برنامه‌ریزی کرده‌اند، در حالی که در مساجد معاصر نورگیر تنها ابزاری برای روشنایی داخلی است. به‌طور کلی ویژگی هدایتگری، جهت‌دهی، و زاویه نور در فضای عبادی، به دلیل انتقال مفاهیم معنوی و جلب توجه کاربر فضا، در مقایسه با دیگر ویژگی‌های کیفی نور اعم از کنترل درخشندگی و خیرگی و توزیع نور مناسب در فضا ارجحیت دارد. سه عاملی که ذکر شد از اهمیت جنبه‌های کمی نور نمی‌کاهد؛ بلکه برای استفاده از پتانسیل‌های نور باید از همه جنبه‌های آن برای دستیابی به آرمان فضای عبادی بهره گرفت.

ویژگی‌های هندسی نورگیر، اعم از مکان، ابعاد، فرم، و نسبت شیشه (سطح نورگذر) به جرز آن، از عواملی است که، فراتر از تأثیرگذاری بر جنبه‌های کمی نور، بر جنبه‌های کیفی نور تأثیر دارد.

پرتوهای نور ورودی به فضا در هر یک از مساجد جلوه‌ها و معانی متفاوتی دارند. لکه‌های نور در مسجد شیخ‌لطف‌الله، که بر سطح زمین و دیوارها نقش می‌بندد، تحت تأثیر شکل اسلیمی نورگیرها و انعکاس نور قبل از ورود به فضا، سبب ایجاد نقوش خوشایندی می‌شود که بر حسب زاویه خورشید، زمان روز، و تغییرات آسمان متغیر و ناپایدار و بر احساس بیننده در فضا تأثیرگذار است. حرکت لکه‌های نور با چرخش در فضا از طلوع آفتاب تا غروب آفتاب بر روی آیات قرآن سطوح دیوارهای شرقی و غربی تأکید و معنای فراتری را ایجاد می‌کند. هم‌زمانی حرکت و حضور لکه‌های نور با وجود آیات قرآن و مضامین آن در طی روز خبر از آگاهی طراح آن از هدفمندی پرتوها می‌دهد. طراح آگاهانه فضا را تاریک خلق کرده است تا اهمیت ورود لکه‌های نور را بر مخاطب آشکار کند و توجه او را جلب کند (ت ۱۷). از سوی دیگر الگوی توزیع روشنایی در سال (ت ۹) نشان می‌دهد که محراب در کلیه اوقات روز و سراسر سال به نسبت تمامی فضا روشن‌تر بوده و بر آن تأکید شده است (ت ۱۸). نمونه این هدفمندی پرتوهای نور با تأکید نور بر محراب در مسجد امام



۵۹. نبوی، «گفتگوی شخصی هومانی‌راد با رضا نبوی».

ت ۱۸. الگوی توزیع نور فضای داخلی و تأکید نور بر محراب در زمان انقلاب تابستانه در ارتفاع ۱۴۰ سانتی‌متری در ساعت ۱۲ ظهر. عکس‌ها و تدوین: م. هومانی‌راد.

۲.۴. رابطه الگوی توزیع نور با فعالیت عبادی (رویکرد کیفی)

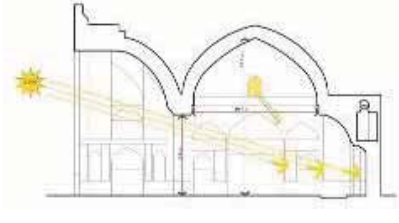

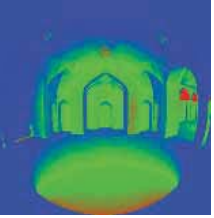
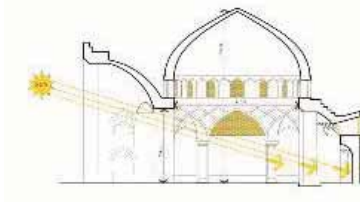

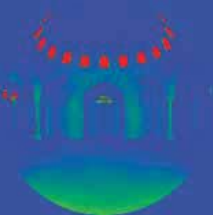
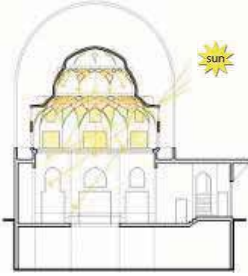

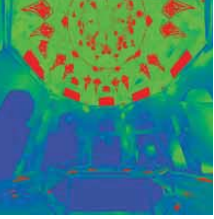
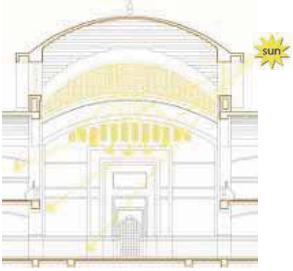

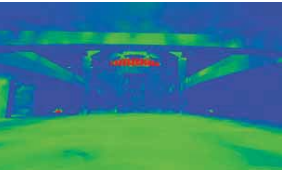
۱.۲.۴. رابطه فعالیت با شیوه نوردهی طبیعی

بر اساس یافته‌های تحقیق، مطالعات کتابخانه‌ای، برداشت میدانی، و نتایج شبیه‌سازی روشنایی در طول یک سال، شیوه نوردهی با چگونگی فعالیت در فضا رابطه مستقیم دارد. هرچه طراحی فضا به سمت فعالیت جمعی سوق داده شود، به روشنایی بیشتری نسبت به فضاهای خلوت و دنج نیاز دارد. تفاوت‌های به‌کارگیری این نگرش در مساجد منتخب عصر صفویه و قاجاریه

به‌وضوح دیده می‌شود. برای دستیابی به فضای خلوت شخصی برای ارتباط با خالق و دعوت فرد به عبادت و تفکر راهکارهایی برای طراحی روزه‌های ورود نور در مساجد تاریخی اتخاذ شده است. ورود نور انعکاسی و نوردهی از بالا در مسجد شیخ لطف‌الله باعث شده که فرد، به دلیل نداشتن ارتباط مستقیم با فضای خارج، در محیطی نسبتاً تاریک احساس خلوت را در فضای مسجد تجربه کند. در این بنا که نور طبیعی به مقدار کم وارد و فضا در تاریکی غوطه‌ور می‌شود، شرایط برای حضور نور معنوی مهیا می‌شود و فضا به درون‌گرایی و فردگرا بودن متمایل است.

عنوان مسجد	چگونگی ورود پرتوها و تأکید بر محراب در مساجد تاریخی و خلاف آن در مساجد معاصر	نمای رو به محراب در دید مخاطب	نمای رو به محراب در تصاویر خروجی از نرم‌افزار ریدینس
مسجد امام	 مأخذ نقشه: گنجنامه، دفتر دوم، ص ۲۱.		
مسجد شیخ لطف‌الله	 مأخذ نقشه: همان، ص ۱۱۵.		
مسجد حکیم	 مأخذ نقشه: همان، ص ۲۹.		

طبق نتایج حاصل از شبیه‌سازی در کل سال، شدت روشنایی در بخش اعظم مساحت گنبدخانه مسجد شیخ‌لطف‌الله همواره کمتر از صد لوکس است که صحت شواهد میدانی را تأیید می‌کند. لازم به ذکر است که میانگین روشنایی مسجد شیخ‌لطف‌الله

عنوان مسجد	چگونگی ورود پرتوها و تأکید بر محراب در مساجد تاریخی و خلاف آن در مساجد معاصر	نمای رو به محراب در دید مخاطب	نمای رو به محراب در تصاویر خروجی از نرم‌افزار ریدینس
مسجد سید	<p>ماخذ نقشه: همان، ص ۹۵.</p> 		
مسجد رحیم‌خان	<p>ماخذ نقشه: همان، ص ۵۹.</p> 		
مسجد قبا	<p>ماخذ نقشه: برداشت میدانی.</p> 		
مسجد شهوک غرب	<p>ماخذ نقشه: دفتر مهندسی مهندس علی طوسی (طراح بنا).</p> 		

در ماه‌های دسامبر و ژوئن از ۱۰/۷۱ تا ۱۷/۵۸ متغیر است، در حالی که مسجد شهرک غرب در ماه‌های دسامبر و ژوئن از ۶۳/۶۲ تا ۷۲/۷۸ در حال تغییر است. بنا بر این با اینکه هر دو مسجد زیر صد لوکس روشنایی دارند، ولی مسجد شهرک غرب با اختلاف معناداری از مسجد شیخ‌لطف‌الله و طبق تجربه میدانی روز برداشت (از طلوع تا غروب آفتاب) نیازی به روشنایی کمکی (الکتریکی) در طول روز ندارد.

از نگرش دیگر، ورود هم‌زمان نور مستقیم و دید به صحن اصلی و شبستان‌های مجاور در مسجد امام فضا را به سمت فعالیت‌های جمعی سوق و محدوده خصوصی را کاهش می‌دهد. شدت روشنایی در این مسجد تا ۹۰۰ لوکس افزایش می‌یابد که تفاوت دیدگاه طراحی آن با مسجد شیخ‌لطف‌الله به‌وضوح دیده می‌شود.

شیوه طراحی مذکور از نکات غفلت‌شده در طراحی گنبدخانه‌های مساجد معاصر مورد مطالعه است. اکثر فضای مساجد معاصر مورد مطالعه با روشنایی مطلوب فرد را به سمت فعالیت‌های گروهی سوق می‌دهد، در حالی که برای فضای خلوت فرد فکری صورت نگرفته و کل فضا فقط به یک نوع فعالیت تمایل دارد. تنوع فضایی حاصله از شیوه نوردهی طبیعی در مسجد امام هست. روشنایی طبیعی شبستان‌های زمستانه مسجد امام شباهت زیادی به روشنایی گنبدخانه مسجد شیخ‌لطف‌الله دارد. فرد می‌تواند بر اساس نیاز خود فضای مورد انتظارش را انتخاب کند. انعطاف‌پذیری فضا بر اساس روشنایی از نکات سنجیده و هوشمندانه‌ای است که از سوی معماران مساجد تاریخی دیده شده و در حال حاضر به فراموشی سپرده شده است.

۴.۲.۲. ایجاد تمرکز با نور روز

محراب نقطه اوج طراحی مساجد به‌شمار می‌رود و معماران از همه ابزارهای در اختیارشان کمک می‌گیرند تا بیشترین توجه به آن مبذول شود. این توجه از تزئیناتی مانند گچ‌کاری یا

کاشی‌کاری شروع می‌شود و با طراحی‌های حجمی ویژه خاتمه می‌یابد. در این میان نور به منزله ابزار محسوس دیگری به این فرایند کمک قابل توجهی کرده است. پس از ورود فرد به گنبدخانه، دید مستقیم به محراب توسط نور روز تأکید و نهایتاً محراب و دیوار آن به نسبت کل فضا روشن‌تر دیده می‌شود. تفاوت شدت نور مزبور به محراب به میزان روشنایی داخلی برمی‌گردد. هرچه فضا تاریک‌تر باشد، کنتراست شدیدتری بین نور تابیده‌شده بر محراب و دیگر سطوح فضا ایجاد می‌شود و در نتیجه، به علت تضاد با تاریکی شبستان، محراب روشن‌تر دیده می‌شود. به همین دلیل گنبدخانه مسجد شیخ‌لطف‌الله با تک‌نور عظیم ورودی از سمت شمال و فضای نیمه‌تاریک برای دعوت شخص به خلوت دارای کنتراست شدیدتری نسبت به گنبدخانه مسجد امام است. مسجد امام با نورگیر وسیع ورودی روشنایی مطلوب و یکنواختی برای فعالیت‌های گروهی فراهم کرده است و نور روز بر محراب با کنتراست کمتری دیده می‌شود. روشنایی تأکیدی بر محراب در کل ساعات روز (طلوع تا غروب آفتاب) و در کل سال طبق اطلاعات شبیه‌سازی برقرار است. توجه به محراب صرف تأکید به جهت قبله نیست. روحانی مسجد چه در محراب عبادت بر سر نماز جماعت بنشیند یا بر روی منبر وعظ و خطابه کند، باید، با ایجاد تمرکز و توجه، مخاطبین را به خود متوجه کند و معماری نور به این تمرکز کمک می‌کند. غفلت معماران معاصر از توجه به قابلیت‌های نور روز برای این هدف احساس می‌شود. به طور مثال تأکید نور بر محراب در مسجد جامع شهرک غرب از طریق طراحی با نور مصنوعی انجام شده است (ت ۱۸).

۵. جمع‌بندی

در این تحقیق چگونگی توزیع نور توسط نورگیرهای مختلف در هفت مسجد مورد مطالعه و رابطه آن با کیفیت نور بررسی و مقایسه شده است. مطالعه شرایط نورپردازی مساجد تاریخی

۶۰. علت انتخاب فضای ورودی مسجد قبا طراحی سقف متفاوت آن (نورگیری از سراسر گنبد) است که مشابه آن در مساجد معاصر دیگر در شهر تهران یافت نشد. شبستان اصلی مسجد دارای سقف مسطح است و مطالعه آن کمکی به نتایج تحقیق نمی‌کند.

۶۱. از محققین معاصر و پیشرو در بررسی رابطه بین معماری و انرژی است. او همچنین نویسنده کتاب‌های مختلف در زمینه معماری‌های خورشیدی است.

۶۲. در هر هفت مسجد نورگیرهای ورود نور بالاتر از ۲/۳ ارتفاع از کف قرار دارند و جهت ورود نور از بالا است.

نور روز، بخصوص در فضای عبادی، دامن گیر اکثر مساجد معاصر شده باشد.

با عنوان موضوع تکمیلی در تحقیقات آتی، می توان سؤالات زیر را پیشنهاد کرد: آیا در نورپردازی همه مساجد تاریخی، علاوه بر جنبه های کمی نور، به جنبه های کیفی نور روز نیز توجه شده است؟ آیا می توان الگویی مشخص حاوی همه جنبه های کیفی و کمی نور را از شرایط نورپردازی مساجد تاریخی استخراج و از آن به منظور طراحی نورپردازی مساجد معاصر استفاده کرد؟ بررسی تأثیر تغییر مشخصات نورگیرها بر میزان روشنایی و چگونگی توزیع نور موضوعاتی هستند که می توانند در مطالعات آتی در نظر گرفته شوند.

نشان داد که می توان از قابلیت های طراحی مناسب نورگیرها برای بهره گیری بهینه از نور روز به مثابه پیام رسان معنوی در فضای عبادی مساجد بهره گرفت. بر پایه این نگرش، وجود نور در معماری صرفاً برای روشنایی نیست؛ بلکه چگونگی ورود آن در فضا کیفیت حسی آن را تعیین می کند. در نتیجه نباید برای ایجاد احساس معنویت تنها به عوامل کمی نور بسنده کرد؛ بلکه مراتب کیفی نور نقش تعیین کننده تری دارد.

پس از مرور بر شکل گیری مساجد بررسی شده این پژوهش (در دوره تاریخی صفویه، قاجاریه و معاصر)، این بیم ایجاد می شود که غفلت از ویژگی های چندجانبه و قابلیت های کیفی

منابع و مآخذ

- احمدیان تازه محله، کاوه. طراحی روشنایی و آموزش نرم افزار DIALUX، تهران: طراح، ۱۳۹۰.
- الگی، ویکتور. ام و دیوید ایگان. روشنایی و نورپردازی در معماری، ترجمه محمدطالع خراسانیان، تهران: دایره صنعت و طراح، ۱۳۸۹.
- اونز، بنجامین اچ. نور روز در معماری، ترجمه شهرام پوردیهیمی و هوری عدل طباطبایی، تهران: نخستین، ۱۳۷۹.
- پیرنیا، کریم. «گنبد در معماری ایران»، تهیه و تنظیم زهره بزرگمهری، در اثر، ش ۲۰ (زمستان ۱۳۷۰)، ص ۵-۱۳۹.
- پورناصری، شهناز. مدل یابی تأثیر متغیرهای کالبدی پنجره جهت دستیابی به الگوی پنجره مطلوب کلاس از دیدگاه دانش آموزان مدارس راهنمایی تهران، پایان نامه دکتری معماری، تهران: دانشگاه علم و صنعت، دانشکده معماری، ۱۳۹۰.
- حاجی قاسمی، کامبیز. گنجنامه، دفتر دوم: مساجد اصفهان، تهران: مرکز اسناد و تحقیقات دانشکده معماری دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۴.
- حاج ابراهیم زرگر، اکبر و حمید ندیمی و رافونه مختارشاهی. راهنمای معماری مسجد، تهران: دید، ۱۳۸۶.
- داداشی، ایرج. «گفتگوی شخصی هومانی راد با داداشی»، دفتر ریاست پژوهشکده حوزه هنری، ۱۳۹۰.
- رضوی، نیلوفر. ارزیابی عاطفی روشنایی، تحلیل آثار هیجانی نور و جایگاه آن در معماری، رساله دکتری معماری، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده معماری و شهرسازی، ۱۳۸۶.
- طاهباز، منصوره و شهربانو جلیلیان و فاطمه موسوی و مرضیه کاظم زاده. «نورپردازی طبیعی در خانه های سنتی کاشان؛ نمونه موردی خانه عامری ها»، در مطالعات معماری ایران، ش ۴ (پاییز و زمستان ۱۳۹۲)، ص ۸۷-۱۰۸.
- طاهباز، منصوره و شهربانو جلیلیان و فاطمه موسوی و مرضیه کاظم زاده. «تأثیر طراحی معماری در بازی نور طبیعی در خانه های سنتی ایران»، در آرماتشهر، ش ۱۵ (پاییز و زمستان ۱۳۹۴)، ص ۷۱-۸۱.
- طهوری، نیر. «مقام بهشت در هنرهای سنتی ایران»، در خیال، ش ۱۶ (زمستان ۱۳۸۴)، ص ۴-۱۷.
- غزالی، محمد. مشکاة الانوار، ترجمه صادق آینه‌وند، تهران: امیرکبیر، ۱۳۶۴.
- فیضمند، ندا. ملاحظات طراحی معماری برای بهره‌وری از نور روز در ساختمان‌های آموزشی اقلیم گرم و خشک ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده هنر و معماری، ۱۳۹۰.
- کاظم‌زاده، مرضیه و وحید قبادیان و منصوره طاهباز. «آتریوم و روشنایی

راهنما: منصوره طاهباز، دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، ۲ بهمن ۱۳۹۶.

هومانی‌راد، مرضیه و منصوره طاهباز و حسنی تمله. «معرفی شیوه سنجش کیفیت روشنایی (عکاسی HDR) با رویکرد کشف شگردهای نور روز در معنویت‌بخشی به فضا در مسجد شیخ‌لطف‌الله و مسجد امام اصفهان»، در *آرمانشهر، ویژه‌نامهٔ منتخب مقالات دومین همایش روشنایی و نورپردازی ایران* (۱۳۹۴)، ص ۱۵-۲۶.

هومانی‌راد، مرضیه و حسنی تمله و منصوره طاهباز. «نور طبیعی و فضای معنوی در مسجد شیخ‌لطف‌الله اصفهان»، در *هنرهای سنتی-اسلامی، ش ۱ (تابستان ۱۳۹۲)*، ص ۴۳-۶۰.

هومانی‌راد، مرضیه و اشکیوس شرفی نفر. «کندوکاوی در نسبت ارگونومی و معنویت‌بخشی نور روز در معماری مساجد»، در *آرمانشهر، ویژه‌نامهٔ منتخب مقالات دومین همایش روشنایی و نورپردازی ایران* (۱۳۹۴)، ص ۱-۱۳.

هومانی‌راد، مرضیه و منصوره طاهباز. «بررسی نقش نور روز در فضای عبادی در مساجد معاصر»، در *آرمانشهر، ویژه‌نامهٔ منتخب مقالات اولین همایش روشنایی و نورپردازی ایران* (۱۳۹۳)، ص ۱۱-۲۳.

هومانی‌راد، مرضیه و منصوره طاهباز و حسنعلی پورمند. «الگوی نورپردازی طبیعی در گنبدخانه‌های مساجد تاریخی اصفهان»، در *پژوهش‌های معماری اسلامی، ش ۳ (پاییز ۱۳۹۶)*، ص ۶۷-۸۲.

فضای داخلی ساختمان اداری (بررسی تأثیر فرم سقف آتریوم بر دریافت روشنایی داخلی)، در *آرمانشهر، ویژه‌نامهٔ منتخب مقالات دومین همایش روشنایی و نورپردازی ایران* (۱۳۹۴)، ص ۵۳-۶۱.

گابه، هانس. «مساجد ایرانی»، ترجمهٔ سیدمحمد طریقی، در *فصلنامهٔ هنر، ش ۳۳ (تابستان و پاییز ۱۳۷۶)*، ص ۵۷۸-۵۹۷.

گروتز، یورگ. *زیباشناختی در معماری*، ترجمهٔ جهان‌شاه پاکزاد و عبدالرضا همایون، تهران: دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۷۵.

ماهوش محمدی، مریم. *حضور کیفی نور در معماری قدیم ایران، تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی، ۱۳۹۳*.

معتضدیان، فهیمه و محمدجواد مهدوی‌نژاد. «گونه‌شناسی انواع و مشخصات رف‌های نوری»، در *آرمانشهر، ویژه‌نامهٔ منتخب مقالات دومین همایش روشنایی و نورپردازی ایران* (۱۳۹۴)، ص ۹۱-۱۰۳.

ناظر، زینب و آریتا بلالی اسکویی و محمدعلی کی‌نژاد. «ارزیابی شفافیت معنایی گنبد‌ها در مساجد با تأکید بر عملکرد روشنایی فضایی»، در *پژوهش‌های معماری اسلامی، ش ۱۲ (پاییز ۱۳۹۵)*، ص ۹۴-۱۱۲.

نبوی، رضا. «گفتگوی شخصی هومانی‌راد با رضا نبوی»، دفتر گروه سینما و تئاتر دانشکدهٔ سوره، ۱۳۹۰.

هومانی‌راد، مرضیه. *برهم‌کنش روشنایی کیفی و ویژگی‌های کالبدی عناصر نورگذر در مساجد تاریخی اصفهان*، رسالهٔ دکتری رشتهٔ معماری، استاد

Biner P.M. & D.L. Butler & A.R. Fischer & A.j. Westergren. "An Arousal Optimization Model of Lighting Level Preferences, An Interaction of Social Situation and Task Demands", in *Environment and Behavior*, 20(1) (1989), pp. 3-16.

Hopkinson, R.G. *Architectural Physics, Lighting*, London: Her Majesty's Stationary Office, 1963.

_____. *The Lighting of Building*, London: Faber and Faber Ltd., 1972.

Houser K.W. & D.K. Tiller. "Measuring the Subjective Response to Interior Lighting: Paired Comparison and Semantic Differential Scaling", in *Lighting Research and Technology*, 35(3) (2003), pp. 183-198.

Knez I. "Effects of Indoor Lighting on Mood and Cognition", in *Journal of Environmental Psychology*, 15 (1998), pp. 39-51.

Lighting Guide 13: Lighting for places of worship (SLL

LG13). CIBSE(The Society of Light and Lighting), 2014.

Nabil, A. & J. Mardaljevic. "Useful Daylight illuminate: A New Paradigm for Assessing, Daylighting in Building", in *Lighting Research and Technology*, Vol. 37, No. 1 (2005), pp. 41-59.

Radiance 2010, access at: <http://radsite.ibl.gov/radiance>.

Tahbaz, Mansoureh & Fatemeh Moosavi. "Daylighting Methods in Iranian Traditional Architecture (Green Lighting)", in *CISBAT.Proceedings, Lausanne, (2-3SEP 2009)*, pp.273-278.

The IESNA-Lighting Handbook-references and Application-ninth Edition, Publication Department IESNA, 2000.

The SLL Code for Lighting, London: The Society of Light and Lighting. CIBSE, 2012.

The SLL Lighting Handbook. London: The Society of Light and Lighting. CIBSE, 2009.