شماره شاپا: 2382 - 980 X

پژوهش‌های معماری اسلامی ۱۶

فصلنامه علمی - پژوهشی
قطب علمی معماری اسلامی
سال پنجم - شماره سوم - پاییز ۱۳۹۶

- **ارائه مدل کاربردی از فرآیند طراحی معماری مبتنی بر هستی‌شناسی اسلامی**
  کریم مردمی / محسن دهقانی تفتی

- **تبیین دگردیسی قلمرو در نظام سکونت بافت پیرامون حرم امام رضا(ع) نمونه مَوردی: محله نوغان مشهد**
  فرزانه احمدی / علی افشار / آزاده آقالطیفی

- **برنامه‌ریزی خدمات شهری برای زائرین در پیرامون حرم‌های مطهر؛ نمونه مطالعاتی: هسته مرکزی شهر قم**
  مهران علی‌الحسابی / محمد انام‌پور / هاله حسین‌پور

- **تحلیل مضمون کتیبه‌های قرآنی ورودی‌ها و محراب‌های مسجد جامع اصفهان**
  مریم قاسمی سیچانی / فاطمه قنبری َشیخ‌شبانی / محبوبه قنبری شیخ‌شبانی

- **الگوی نورپردازی طبیعی در گنبدخانه‌های مساجد تاریخی اصفهان**
  مرضیه هومانی راد / منصوره طاهباز / حسنعلی پورمند

- **گزارشی علمی - تحلیلی از ماجرای شگفت انگیز**
  عبدالحمید نقره‌کار

شماره شاپا: 2382 - 980 X

پژوهش های معماری اسلامی ۱۶

فصلنامه علمی - پژوهشی
قطب علمی معماری اسلامی
سال پنجم - شماره سوم - پاییز ۱۳۹۶

بسم الله الرحمن الرحیم

مدیر مسئول: معاونت پژوهشی دانشگاه علم و صنعت ایران

سردبیر: دکتر محسن فیضی

مدیر داخلی: دکتر فاطمه مهدیزاده سراج

ویراستار ادبی فارسی: سارا متولی

کارشناس مجله: امیرحسین یوسفی- زهرا کاشانی دوست

ویراستار انگلیسی: محمد رضا عطایی همدانی

هیأت تحریریه:

دکتر سید غلامرضا اسلامی : دانشیار دانشگاه تهران
دکتر حسن بلخاری : دانشیار دانشگاه تهران
دکتر مصطفی بهزادفر : استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر محمد رضا پور جعفر : استاد دانشگاه تربیت مدرس
دکتر مهدی حمزه نژاد : استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر اسماعیل شیعه : استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر منوچهر طبیبیان : استاد دانشگاه تهران
دکتر حمید ماجدی : استادواحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
دکتر اصغر محمد مرادی : استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر غلامحسین معماریان : استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکترفاطمه مهدیزاده سراج: دانشیار دانشگاه علم و صنعت ایران
مهندس عبدالحمید نقره کار:دانشیار دانشگاه علم و صنعت ایران
دکترمحمد نقی زاده: استادیار واحدعلوم تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
دکتر علی یاران : دانشیار وزارت علوم تحقیقات ، فناوری

طراح جلد و صفحه‌آرا: امیرحسین یوسفی

قیمت: ۱۵۰۰۰۰ ریال

لیست داوران این شماره:

دکتر سمانه تقدیر (استادیار دانشگاه علم و صنعت)
دکتر مهران علی الحسابی (دانشیار دانشگاه علم و صنعت)
دکتر حسن سجاد زاده (استادیار دانشگاه بوعلی همدان)
دکتر منصوره طاهباز (دانشیار دانشگاه شهید بهشتی)
دکتر عباس غفاری (استادیار دانشگاه هنر تبریز)
دکتر ابوالفضل مشکینی (استادیار دانشگاه تربیت مدرس)
دکتر هانیه صنایعیان (استادیار دانشگاه علم و صنعت)
دکتر محمدباقر کبیر صابر (استادیار دانشگاه تهران)
دکتر محمد صالح شکوهی بیدهندی (استادیار دانشگاه علم و صنعت)
دکتر مسعود ناری قمی (استادیار دانشگاه کاشان)

نشریه پژوهشهای معماری اسلامی بر اساس مجوز کمیسیون نشریات وزارت علوم تحقیقات و فناوری به شماره ۱۳۷۲۰۶/۱۸/۳ مورخ ۹۳/۷/۲۸ از شماره نخست دارای اعتبار علمی پژوهشی می باشد.

این مجله در پایگاه های (SID) و (ISC) نمایه می شود.

مقالات مندرج در این مجله، الزاماً بیانگر نقطه نظرات «پژوهش های معماری اسلامی» و «قطب علمی معماری اسلامی» نمی باشد و نویسندگان محترم، مسئول مقالات خود هستند.

نشانی دفتر مجله: دانشگاه علم و صنعت ایران / قطب علمی معماری اسلامی / کد پستی ۱۶۸۴۶۱۳۱۱۴ / **تلفن مستقیم:** ۷۷۴۹۱۲۴۳ - ۰۲۱

نشانی رایانامه: jria@iust.ac.ir / **نشانی وب:** http://iust.ac.ir/jria

فصلنامه پژوهش های معماری اسلامی / شماره شانزدهم/ پاییز ۱۳۹۶ / سال پنجم

الگوی نورپردازی طبیعی در گنبدخانه‌های مساجد تاریخی اصفهان*

مرضیه هومانی راد*
دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، دانشگاه ازاد اسلامی واحد تهران جنوب
منصوره طاهباز**
دانشیار معماری، گروه معماری، دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسئول)
حسنعلی پورمند***
دانشیار معماری، گروه پژوهش هنر، دانشگاه تربیت مدرس دانشکده هنر معماری

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش نهایی:۹۶/۰۳/۱۲

چکیـــــــده:

نور روز تنها منبع تأمین‌کننده‌ی روشنایی فضاهای تاریخی بوده است و معماران سنتی به شیوه‌ی هنرمندانه‌ای از آن به عنوان ابزاری برای افزایش کیفیت بصری فضا و انتقال مفاهیم استفاده کرده‌اند. الگوی نورپردازی نور طبیعی مساجد تاریخی و ارائه‌ی معیارهای آن سؤال اصلی پژوهش است. مقاله‌ی حاضر به منظور کشف قوانین حاکم بر اصول نورپردازی بنا و نقش نورگذرها در الگوی توزیع نور طبیعی در گنبدخانه‌ها، با بررسی پنج گنبدخانه‌ی مساجد منتخب تاریخی اصفهان (مسجد امام، مسجد شیخ‌لطف‌اله، مسجد حکیم از دوره‌ی صفویه و مسجد سید و مسجد رحیم‌خان از دوره‌ی قاجاریه) درصدد است تا الگوی نورپردازی طراحی شده معماران سنتی را استخراج نموده و راهکاری برای طراحی نورپردازی طبیعی در اختیار معماران مساجد معاصر قرار دهد. روش پژوهش، توصیفی تحلیلی بر اساس اطلاعات میدانی و کتابخانه‌ای انجام شده است. این تحقیق به کمک ابزارهای نورسنجی، داده‌های میدانی در سه زمان از طول روز تهیه شده و سپس توسط نرم‌افزار ریدینس به یک سال تعمیم داده شد. با توجه به معیارهای ارائه شده در کتب استانداردهای نورپردازی، میزان روشنایی، یکنواختی، توزیع نور و کیفیت بصری حاصل از آن در سطح پلان و دید ناظر تحلیل شد. علاوه بر آن عکاسی تایملپس جهت بررسی حرکت نور در فضا از طلوع آفتاب تا غروب از دید ناظر در برداشت میدانی به دست آمد.

نتایج حاصله نشان می‌دهد الگوی توزیع نور طبیعی، چگونگی پراکندگی، جهت و زاویه‌ی نور در مساجد مورد مطالعه به غیر از مسجد شیخ‌لطف‌اله دارای شباهت زیادی است. با وجودی که پنج مسجد مذکور از لحاظ ابعاد، تناسبات فضایی و ویژگی‌های هندسی نورگذرها با هم تفاوت دارند؛ ولی نورپردازی آنها بسیار به هم شباهت دارد. حرکت نور در هر پنج مسجد صورت یکسانی دارد. در نگاه بیننده رو به محراب، محراب نسبت به کل فضا در کل روز روشن‌تر به نظر می‌رسد. با وجود تفاوت در دوره‌های تاریخی ساخت مساجد و ویژگی‌های معماری گنبدخانه‌ها، الگوی نورپردازی یکسانی بر آنها حکم می‌کند. به واقع استفاده از الگو می‌تواند منجر به نتایج متنوعی در محصولات آن شود.

واژه های کلیدی:الگوی نورپردازی طبیعی، گنبدخانه، مساجد تاریخی اصفهان، ریدینس.

* مقاله‌ی حاضر برگرفته از رساله‌ی دکتری نویسنده‌ی اول با عنوان «برهمکنش روشنایی کیفی و ویژگی‌های کالبدی عناصر نورگذر در مساجد تاریخی اصفهان»، با راهنمایی نویسنده‌ی دوم (نویسنده‌ی مسئول) و مشاوره‌ی نویسنده‌ی سوم در دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب می‌باشد.

**m.hoomani@gmail.com ***m۵۸tahbaz@yahoo.com ****hapourmand@yahoo.com

مقدمه

تقریباً برنامه‌ریزی و طراحی معماری بدون در نظر گرفتن نورپردازی طبیعی امکان‌پذیر نمی‌باشد. با وجود نیاز مبرم به روشنایی طبیعی در معماری ایران به خصوص کاربری‌های عمومی مانند مساجد، وابستگی شدیدی به استفاده از نور مصنوعی دیده می‌شود که این امر از بدو طراحی اولیه معماران و کم‌توجهی به چگونگی طراحی نورگذرها آغاز می‌شود. کم‌توجهی به طراحی نورگذرها، تأثیر مستقیمی بر کمیت و کیفیت نور روز دارد. کندوکاو در آثار معماری تاریخی، دیدن راه‌حل‌ها، تبدیل آنها به زبان علمی و بهره‌گیری از فنون روز، بخشی از پاسخ به الگوی طراحی معاصر است. «اگرچه میان الگو و برخی دیگر از مفاهیم و تعابیر در فضای معماری تشابهات شکلی و محتوایی به چشم می‌خورد؛ لیکن تنها الگو است که می‌تواند با پرهیز از تقلید یا تکرار کار گذشتگان تجربیات آنان را در قالب آثار متنوع معماری نمایان سازد» (سلطانی و دیگران ۱۳۹۱، ۳).

کاوش عمیق در کیفیت نور حاصل شده در مساجدی که در دوره‌های مختلف تاریخی در شهر اصفهان بنا شده‌اند؛ این مسأله را روشن کرده‌است که کیفیت نور حاصل شده و گنبدخانه که با نورگذرها روشن می‌شوند؛ چگونه خواهند بود و الگوی نورپردازی طبیعی گنبدخانه‌ی مساجد را برای معماری معاصر به ارمغان آورد.

مطالعات پیشین

سالیان درازی است که مطالعات مربوط به نور روز و بهره‌گیری بهینه از آن منجر به شکل‌گیری انجمن‌های بین‌المللی در جهت انجام تحقیقات و تولید استانداردهای نورپردازی اعم از نور طبیعی و مصنوعی شده است. در حال حاضر صرفاً دو انجمن بین‌المللیCIE (انجمن روشنایی اروپا[1]) و IES (جامعه مهندسین روشنایی آمریکا[2])، معیار روشنایی برای فضاهای عبادی را در قالب هندبوک ارائه داده‌اند.

در زمینه‌ی نورپردازی با نور طبیعی در رشته‌ی معماری تحقیقاتی به صورت نظری در زمینه‌ی محاسبات نور روز یا به روش میدانی در کاربری‌های آموزشی، مسکونی و اداری انجام شده؛ ولی در رابطه با فضاهای مذهبی، به غیر از چند مورد محدود ذیل، پژوهشی انجام نشده است. سوابق پژوهشی که در زمینه‌ی معماری مسجد انجام شده را می‌توان به اختصار به گروه‌هایی چون مفاهیم باطنی معماری، مبانی نظری، رویکرد اقلیمی و نهایتاً شرح کالبدی و برنامه‌ریزی فضایی تقسیم‌بندی کرد. گذشته از مباحث مذکور، تاکنون آنچه در مورد معنویت فضای مساجد گفته شده، جنبه‌ی فلسفی داشته و به چگونگی ایجاد جنبه‌های کیفیت بخشی نور روز و الگوهای روشنایی فضای عبادی و رابطه‌ی آنها با نورگذرها در تحقیقات مذکور پرداخته نشده است. از میان منابع، کتب ذیل با موضوع مقاله ارتباط دارد.

o انجمن روشنایی سیبسی[3] نیز کتابی با عنوان روشنایی روز برای محیط ساخته شده، نور برای مکان‌های عبادی (۲۰۱۴) در مجموعه‌ی خود دارد. این کتاب سیزدهم جلد مجموعه‌ی هندبوک مختص روشنایی است که انجمن روشنایی اروپا برای روشنایی فضای عبادی منتشر کرده است. یکی از بخش‌های فصل سوم کتاب در باب مسجد می‌باشد. این بخش با ارائه‌ی جزئیاتی در باب روشنایی کلیه‌ی فضاهای مساجد اعم از میزان روشنایی بر اساس لوکس و میزان پراکندگی به طراحان کمک می‌کند تا بر اساس معیار مذکور مبادرت به طراحی روشنایی کنند. استاندارد ارائه شده در بخش گنبدخانه‌ی فصل مذکور، نگارندگان مقاله‌ی حاضر را در مقایسه‌ی میزان روشنایی موجود با سطح استانداردهای پیش‌بینی‌شده کمک می‌کند.

o راک[4] و همکاران (۲۰۰۰) کتابی با عنوان نور روز در ساختمان‌ها (مرجعی برای سامانه‌های نور روز و اجزای آن) بر اساس مطالعات میدانی و شبیه‌سازی منتشر کرده که به بررسی طرح موانعی بر سر راه استفاده از نور روز پرداخته است. بخشی از کتاب به تشریح عوامل برنامه‌ریزی اولیه در طراحی عملکردی نورگذرها که در روشنایی کیفی فضای داخلی تأثیرگذار بوده پرداخته؛ اما در رابطه‌ی نورگذر با فضای عبادی سخنی به میان نیامده است.

o راینهام[5] و همکاران (۲۰۱۲) در مجلدی طی بیست فصل به بیان استانداردهای مربوط به میزان روشنایی، تعاریف واحدها، ابزارها و روش‌های اندازه‌گیری، محاسبات نورپردازی داخلی و خارجی و تفسیر نتایج اندازه‌گیری روشنایی می‌پردازند. اطلاعات کتاب مذکور در برداشت میدانی (نورسنجی)،

نحوه‌ی نقطه‌یابی در فضای داخلی مساجد و تفسیر نتایج حاصل از آن توانسته راهنمایی پژوهش حاضر باشد.

o زرگر، ندیمی و مختارشاهی (۱۳۸۶) در کتاب راهنمای معماری مسجد، مخاطب را در جهت شناخت معماری مسجد راهنمایی می‌کنند. بخش پایانی کتاب به تأثیر عوامل مؤثر بر ساماندهی فضایی مسجد شامل آب و هوا، روشنایی و صوت پرداخته است. در بخش روشنایی، نویسنده تأکید بر استفاده از روشنایی مصنوعی (به علت خیرگی و درخشندگی نور طبیعی) دارد و البته با زبان ساده و روان در مورد کیفیت روشنایی فضا صحبت می‌کند و تأثیر آن را بر مخاطبِ نمازگزار یا سخنران در هنگام اعمال عبادی گوناگون شرح می‌دهد.

o مجلد روشنایی آمریکا، ایسنا[۶] (۲۰۰۰) مشتمل بر سیویک فصل، یکی از هندبوک‌های روشنایی معتبر جهانی است. با اینکه کتاب حاضر در باب فضاهای عبادی سخنی به میان نیاورده؛ ولی در فصول اولیهی کتاب، روش‌های اندازه‌گیری روشنایی، معرفی ابزارهای سنجش روشنایی و روش کار با دستگاه‌ها، شیوه‌ی محاسبه و تحلیل آنها، شبکه‌بندی سطوح برای استخراج داده‌ها راهنمای پژوهش حاضر می‌باشد.

o محمدی ماهوش (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 لطف‌اله، مسجد امام اصفهان و مسجد جامع) به نتیجه‌گیری رسیده ولی ارتباط کیفیت با کمیت نور بررسی نشده است.

محل و زمان انجام پژوهش

به منظور دستیابی به الگوی نورپردازی طبیعی گنبدخانه‌های مساجد تاریخی اصفهان، پنج مسجد انتخاب شده‌اند که در آنها الگوی توزیع نور، میزان روشنایی، کیفیت روشنایی بصری آن به عنوان سیستم نوردهی نورگذرها در طول یک سال مورد تحلیل قرار گرفته و سپس مقایسه‌ی عوامل مذکور در مساجد بر اساس طراحی نورگذرها و جهت قبله صورت می‌گیرد. «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»(حاجی ابراهیم زرگر و دیگران ۱۳۸۶، ۴۸) و در طراحی مساجد تاریخی به آن توجه ویژه‌ای شده است. ترکیب گنبدخانه و محراب -به واسطه‌ی قداستی که دارد- بسترساز فضای معنوی معماری مساجد تلقی می‌شود؛ لذا فضای مناسبی برای سنجش نورطبیعی، استخراج الگوی نورپردازی و رابطه‌ی آن با فضای گنبدخانه تلقی می شود. مسجد امام، مسجد شیخ لطف‌اله و مسجد حکیم از دوره‌ی صفویه و مسجد سید و مسجد رحیم‌خان از دوره‌ی قاجاریه انتخاب شده‌اند. علت انتخاب مساجد فوق به سبب تنوع در تعداد، ابعاد و ویژگی‌های هندسی مربوط به نورگذرها، تنوع در هندسه‌ی فضایی و نسبت سطح نورگذر به سطح جداره‌های گنبدخانه می‌باشد. به اختصار به شرح ویژگی‌های مساجد پرداخته می‌شود.

o مسجدامام اصفهان متعلق به سال ۱۰۲۱ تا ۱۰۴۱ هجری قمری (حاجی قاسمی ۱۳۷۵، ۲۰) است. اضلاع گنبدخانه‌ی مربع‌شکل ۲۲,۵ متر و ارتفاع از کف تا زیر رأس گنبد داخلی ۳۴,۵ متر می‌باشد. گنبدخانه دارای سه دسته نورگذر می‌باشد. دسته‌ی اول نورگذرهای مشبک گرداگرد گریو گنبد (هشت عدد) با ابعاد ۲,۱ در ۳,۴ متر، دسته‌ی دوم نورگذر وسیع ورود به گنبدخانه با ابعاد ۹در۱۷ متر، و دسته‌ی سوم نورگذرهای دو جبهه‌ی شرقی و غربی دیوار گنبدخانه با ابعاد ۷,۲ در ۶,۵ متر.

oمسجد شیخ لطف‌اله متعلق به سال ۱۰۱۲ تا ۱۰۲۸ هجری قمری (همان، ۱۲۴). اضلاع گنبدخانه ۱۹ در ۱۹ متر و ارتفاع از کف تا زیر رأس گنبد داخلی ۲۶,۵ متر می‌باشد. گنبدخانه دارای سه دسته نورگذر می‌باشد. دسته‌ی اول نورگذرهای مشبک گرداگرد گریو گنبد با ابعاد ۲,۲ در ۲,۷۵ متر (شانزده عدد)، دسته‌ی دوم نورگذر وسیع بالای درب ورودی با ابعاد ۴,۵ در ۵ متر، دسته‌ی سوم نورگذرهای مشبک بر روی سه دیوار گنبدخانه با ابعاد ۲,۲ در ۲,۷ متر.

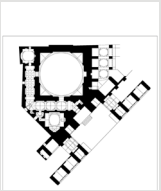
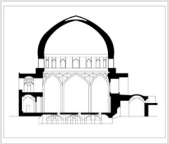
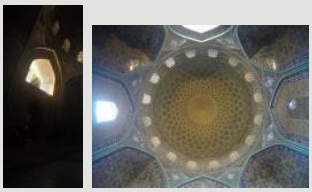
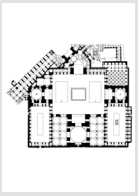
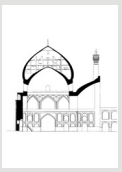
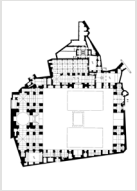
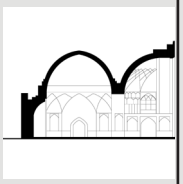
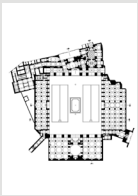
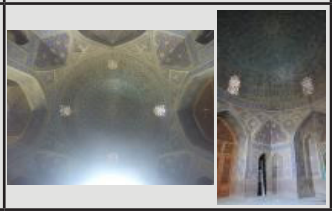
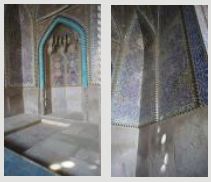
o مسجد حکیم (ایوان و گنبدخانه‌ی جنوبی) متعلق به سال ۱۰۶۹ تا ۱۰۷۱ هجری قمری (همان، ۴۰). اضلاع گنبدخانه ۱۱,۵ متر و ارتفاع از کف تا زیر رأس گنبد داخلی۱۵,۳۰ می‌باشد. گنبدخانه به غیر از نورگذر ورودی، نورگذر دیگری ندارد. ابعاد آن ۶,۳۵ در ۷ متر می‌باشد.

o مسجد سید (ایوان جنوبی) طبق کتیبه‌های بنا متعلق به سال‌های ۱۲۵۵، ۱۲۵۶ و ۱۲۹۹ هجری قمری و گنبدخانه‌ی جنوبی متعلق به سال‌های ۱۲۸۸، ۱۲۵۹ و ۱۲۹۸ می‌باشد (همان، ۱۰۴). اضلاع گنبدخانه ۱۰,۵ متر و ارتفاع از کف تا زیر رأس گنبد داخلی ۱۳,۳۰ متر می‌باشد. 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 می‌باشد.

o مسجد رحیم‌خان (ایوان و گنبدخانه‌ی جنوبی) طبق کتیبه‌های بنا متعلق به سال‌های ۱۲۹۴ و ۱۳۰۴ هجری قمری می‌باشد (همان، ۵۸). اضلاع گنبدخانه ۱۲,۷ متر و ارتفاع از کف تا زیر رأس گنبد داخلی ۱۸,۵ متر می‌باشد. گنبدخانه دارای سه دسته نورگذر می‌باشد. دسته‌ی اول نورگذرهای مشبک گرداگرد گریو گنبد با ابعاد ۱,۲ در ۱,۸ متر(شانزده عدد)، دسته‌ی دوم نورگذر بالای محراب ۱,۲ در ۲,۴ متر و نورگذر وسیع ورود به گنبدخانه ۵,۵ در ۷,۶ متر[۷] می‌باشد.

روزهای ۸ تا ۱۲ خرداد ماهِ سال ۱۳۹۵ برای برداشت‌های میدانی انتخاب گردید. علت انتخاب روز برداشت با توجه به موقعیت جغرافیایی و آب‌وهوایی شهر اصفهان و وجود آفتاب شدید و آسمان بدون ابر در تابستان به عنوان زمان مناسب انتخاب شده است. جدول شماره ۱ به اختصار به موقعیت گنبدخانه در پلان مساجد، مقطع گنبدخانه، نمای رو به محراب، نمای نورگذرها و لکه‌های حضور نور در فضا را نمایش می‌دهد (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات گنبدخانه های مورد مطالعه در پژوهش (مأخذ: نگارندگان)

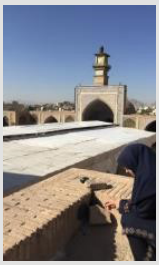
جهت قبله	پلان مسجد و موقعیت دقیق گنبدخانه در آن	مقطع گنبدخانه	نمای محراب ۷ صبح روز (برداشت میدانی)	نمای نورگذر	حضور لکه‌های نور در فضا
مسجد شیخ لطف‌الله					
مسجد امام					
					
مسجد سید					

روش گردآوری اطلاعات میدانی

جمع‌آوری اطلاعات از بنا، سه بار در روز در ساعات ۹ صبح، ۱۲ ظهر و ۳ بعدازظهر می‌باشد. با توجه به اینکه ساعت ۱۲ ظهر از جهت برگزاری نماز و ظهر شرعی حائز اهمیت است؛ ساعت‌های انتخاب شده جهت اندازه‌گیری، قبل از ظهر، ظهر و بعدازظهر در نظر گرفته شده است. عکاسی تایملپس نیز از طلوع تا غروب آفتاب به ثبت حرکت و چگونگی لکه‌های نور در فضای داخلی گنبدخانه می‌پردازد. مقایسه‌ی عکاسی تایملپس در زمان طلوع با شبیه‌سازی نرم‌افزار ریدینس در همان ساعت نشان می‌دهد که دقت اطلاعات دریافتی برداشت میدانی بیش از شبیه‌سازی نرم‌افزاری در همان ساعت است. البته این نتیجه صرفاً در زمان طلوع رخ می‌دهد و در ساعات دیگر دقت نرم‌افزار اثبات شده است. از طرف دیگر، طول زمان یک دور برداشت شبکه نقاط به صورتی است که امکان اندازه‌گیری همه‌ی نقاط در یک ساعت یکسان وجود ندارد؛ لذا اندازه‌گیری زمان طلوع با توجه به امکانات تحقیق میسر نمی‌شود. شایان ذکر است این برداشت یک‌روزه برای هر بنای مورد مطالعه، تنها برای صحت و اعتبارسنجی[۸] نمونه‌ی شبیه‌سازی‌شده با شرایط واقعی است و بیشتر به دلیل مطابقت آن با شبیه‌سازی بکار رفته است. به‌منظور کالیبره کردن نتایج شبیه‌سازی با واقعیت، میزان روشنایی محاسبه‌شده در گنبدخانه‌ها با روشنایی واقعی داخل گنبدخانه‌ها که در برداشت میدانی توسط لوکس‌متر به‌دست‌آمده مقایسه شده و در صورت عدم هم‌خوانی، اصلاحاتی در فرضیات ورودی نرم‌افزار داده می‌شود. با یکسان شدن نتایج به‌دست‌آمده، صحت محاسبات تا حد قابل قبولی تأئید می‌شود. برای دقت بیشتر، در برداشت اطلاعات میدانی سعی شده میانگین زمان برداشت در گنبدخانه‌های مساجد با اختلاف کمتری نسبت به ساعت برداشت انجام شود. چراکه اطلاعات بدست آمده مبنای شبیه‌سازی اطلاعات در کل سال خواهد بود. برداشت اطلاعات در گنبدخانه‌ها بر اساس متراژ فضا و زمان هر دور برداشت توسط استانداردهای اندازه‌گیری نور (مقررات SLL برای روشنایی[۹] ۲۰۱۲، ۸۹؛ ۲۳۸-۲۳۹). (۲۰۱۲،۸۹،۲۳۸،-۲۳۹) مشخص می‌شود. شبکه‌ی مسجد شیخ‌لطف اله هر ۴ متر برای ۳۶۱ مترمربع، شبکه‌ی مسجد امام هر ۵ متر برای ۵۰۶ مترمربع، شبکه‌ی مسجد حکیم هر ۲,۳ متر برای ۱۳۲ مترمربع، شبکه‌ی مسجد سید هر ۱,۷۶ متر برای ۱۱۰ مترمربع و شبکه‌ی مسجد رحیم‌خان هر ۲,۱ متر برای ۱۶۱ مترمربع فضای گنبدخانه می‌باشد. برداشت اطلاعات در دو تراز ارتفاعی ۱۴۰ سانتی‌متر (میانگین سطح دید انسان ایستاده) و ۶۰ سانتی‌متر (میانگین سطح دید انسان نشسته در حالت عبادت) تعیین گردیده و در ساعات مشخص در دفتر ثبت اطلاعات درج گردیده است. برداشت اطلاعات در فضای داخلی گنبدخانه‌ها به کمک یک دستگاه روشنایی‌سنج[۱۰] بر حسب لوکس انجام شد. دستگاه لوکس‌متر دیتالاگر[۱۱] (سنجش نورِ فضای باز) در بام مساجد نصب گردیده است. این دستگاه در تاریخ‌های فوق‌الذکر به صورت شبانه‌روزی اطلاعات را ثبت نمودند. از یک دستگاه آنالیز رنگ برای تعیین درصد بازتاب نور (بر اساس رنگ سطح) از سطوح مختلف گنبدخانه استفاده شد. به کمک این دستگاه آرجی بی[۱۲] رنگ دیوار و کف اندازه‌گیری شده و در برنامه‌ی شبیه‌سازی برای تعیین میزان انعکاس سطوح از آن استفاده شد. به علت تفاوت اندازه نقشه‌های موجود از مساجد با اندازه‌ی واقعی بنا، اندازه‌ی دقیق گنبدخانه‌ها شامل ابعاد طول، عرض و ارتفاع، محل و اندازه‌ی دقیق نورگذرها و ابعاد آنها با استفاده از متر دیجیتال برداشت شد. این اندازه‌گیری‌ها در ترسیم پرسپکتیو گنبدخانه‌ها در برنامه راینو[۱۳] و در شبیه‌سازی کامپیوتری

(نرم‌افزار ریدینس و اکوتکت در نسخه ۲۰۱۱) مورد استفاده قرار گرفت. نرم‌افزار ریدینس از رایج‌ترین و معتبرترین نرم‌افزارهای شبیه‌سازی نور معرفی‌شده است (ریدینس[۱۴] ۲۰۱۰). تصاویر سه‌بعدی دریافتی از نرم‌افزار با فن ترسیم چشم طبیعی انسان به‌دست‌آمده که دقت تصاویر دریافتی را نشان می‌دهد. از مهم‌ترین مزایای نرم‌افزار ریدینس که آن را از سایر نرم‌افزارها متمایز می‌کند؛ عدم محدودیت هندسه فضا و مصالح متنوع در شبیه‌سازهای ساده‌ی نور است. توانایی مناسب این نرم‌افزار سبب شده که بسیاری از نرم‌افزارها به صورت اشتراکی از آن درانجام شبیه‌سازی نور استفاده نمایند (برایان[۱۵] و آیوتیف[۱۶] ۲۰۰۲). (۲۰۰۲,). از طرف دیگر با توجه به قابلیت ریدینس از نظر ساخت مصالح مختلف نظیر آجر، سنگ و... مسأله‌ای برای هماهنگ‌سازی مصالح حجم مورد نظر با مصالح واقعی به وجود نمی‌آید. علاوه بر برداشت اطلاعات نقطه به نقطه، دوربین حرفه‌ای گوپرو[۱۷] برای عکاسی تایملپس[۱۸] در محل ورود به گنبدخانه رو به محراب نصب شد و از طلوع تا غروب آفتاب هر یک دقیقه یک‌بار به عکاسی فضا پرداخت. عکس‌های بدست آمده توسط نرم‌افزار ادیوس[۱۹]به فیلم تبدیل شد. فیلم مذکور چگونگی حرکت و کیفیت لکه‌های نور را در گنبدخانه نشان می‌دهد (جدول ۲).

جدول ۲. ابزار گردآوری اطلاعات و روش برداشت (مأخذ: نگارندگان)

متر دیجیتال Leica DISTO ™ D3a	روشنایی سنج دیتا لاگر TES 13339R	دستگاه آنالیز رنگ RGB1002	روشنایی‌سنج ST1301 ساده	دوربین گوپرو HDPRO4 مدل		
						

روش تحلیل اطلاعات

طراحی گنبدخانه‌های مساجد تاریخی از لحاظ فرم، ابعاد و تعداد نورگذر متنوع هستند. برای شناخت قواعد به کار رفته در الگوی نورپردازی طبیعی، گنبدخانه‌هایی انتخاب شدند که در این خصوص تنوع داشته باشند. مسجد حکیم به غیر از روزن ورودی، هیچ نورگذری در گریو گنبد ندارد. بقیه مساجد ۴، ۸ و ۱۶ نورگذر دارند.

برای کمک به تجزیه و تحلیل وضعیت روشنایی در اتاق‌ها، «روشنایی مفید نور روز» بر اساس نیاز به فعالیت‌های بینایی و فعالیت‌های عمومی طبقه‌بندی شد که در آن روشنایی کمتر از ۱۰۰ لوکس (آبی رنگ) به عنوان روشنایی کم، روشنایی ۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس (قرمز رنگ) به عنوان روشنایی کمکی، روشنایی بین ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس(سبز رنگ) به عنوان کافی و روشنایی بیش از ۲۰۰۰ لوکس(بنفش رنگ) به عنوان بیش روشنایی و گاه همراه با خیرگی در نظر گرفته شد (مردالجویک[۲۰] و نابیل[۲۱] ۲۰۱۰؛ مردالجویک ۲۰۰۵). نرم‌افزار اکسل، اکوتکت و ریدینس برای ترسیم نمودارها استفاده شد. با مجموعه‌ی اطلاعات و تحلیل‌ها می‌توان به میزان نور دریافتی در فضاهای بسته، الگوی توزیع نور و کیفیت روشنایی بصری گنبدخانه‌ها را ارزیابی کرد. شبیه‌سازی کامپیوتری در برنامه‌ی اکوتکت[۲۲] با محاسب ریدینس به منظور تعمیم اطلاعات به کل ایام سال انتخاب شد. نمودار ماهانه و سالانه نشان می‌دهد که چه درصدی از مساحت اتاق در دامنه های مختلف روشنایی مفید نور روز قرار می‌گیرد.

نتایج حاصل از اطلاعات شبیه سازی

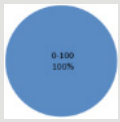
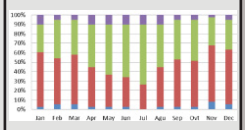
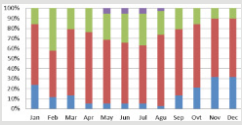
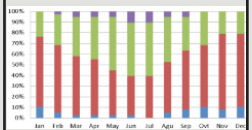
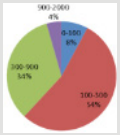
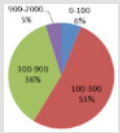
o میزان روشنایی در مساجدی که ورودی مستقیم به صحن دارند متفاوت ازمسجد شیخ لطف‌اله بوده که به‌وسیله‌ی راهروی دسترسی صورت می‌گیرد. بیش از نیمی از روشنایی مسجد امام و مسجد حکیم (با وجود عدم نورگذر در گریو گنبد) بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس است. این مساجد به دوره‌ی صفویه تعلق دارند؛ اما بیش از نیمی از

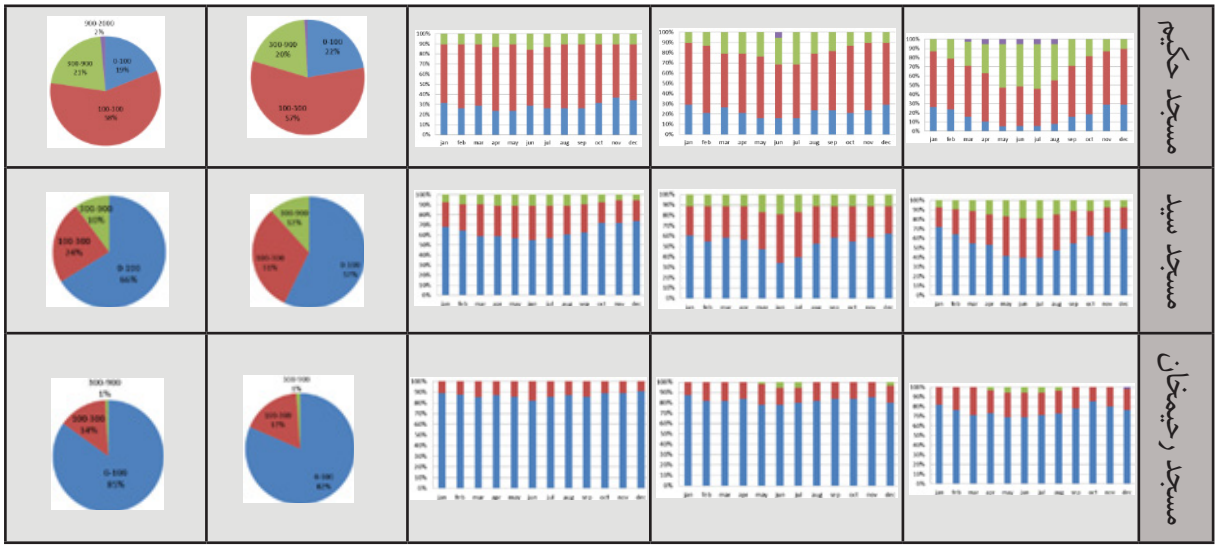
روشنایی مسجد سید و مسجد رحیم خان بین ۰ تا ۱۰۰ لوکس قرارگرفته است. این مساجد به دوره‌ی قاجاریه تعلق دارند. با وجودی که مسجد رحیم‌خان دارای ۱۶ نورگذر در گریو گنبد و نورگذری بالای محراب است؛ اما روشنایی آن مانند مسجد سید با چهار نورگذر در گریو گنبد است. مسجد حکیم به غیر از نورگذر ورود به گنبدخانه نورگذر دیگری ندارد؛ ولی میزان روشنایی آن با مسجد امام با ۸ نورگذر و اختلاف ارتفاع ۱۱ متری شباهت دارد.

o مسجد شیخ لطف‌اله به‌واسطه‌ی تفاوت در دسترسی با وجود سه دسته نورگذر در فضا نور بسیار کمتری نسبت به بقیه مساجد دارند؛ اما در کیفیت بصری فضایی با مساجد دیگر شباهت بسیار دارد. هر ۵ مسجد با وجود تفاوت در تعداد و کیفیت نورگذرها دارای یک ویژگی مشترک است. دیوار محراب نسبت به جبهه‌های دیگر در دید بصری شخصی که وارد گنبدخانه می‌شود؛ از همه‌ی سطوح روشن‌تر است. این ویژگی در پلان نیز تکرار می‌شود. بدین صورت که میزان روشنایی در ابتدای ورود به گنبدخانه بیش از محراب در نمای پلان است. با این وجود در دید بصری فرد ناظر، محراب روشن‌تر به نظر می‌رسد.

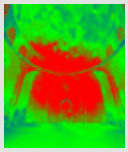
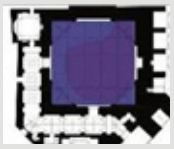
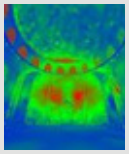
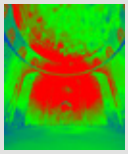
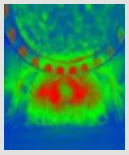
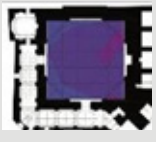
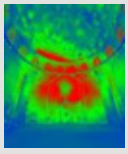
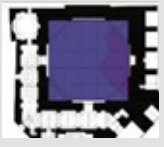
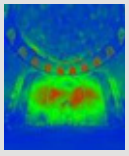
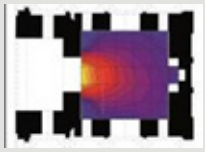
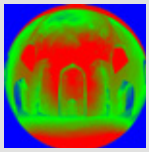
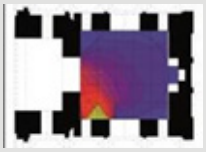
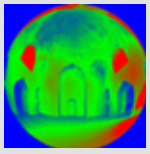
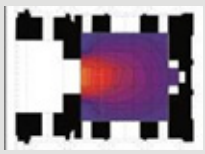
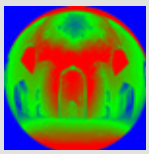
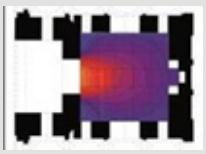
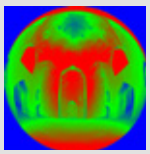
o طبق عکاسی تایملپس در روز، برداشت میدانی جهت حرکت نور در هنگام طلوع خورشید از محراب آغاز شده و با حرکت روی دیوار غربی محراب به سمت کف زمین ادامه می‌یابد. لکه‌های حضور نور در فضا تا حدود ساعت ۱۰ صبح به پایان می‌رسد و پس از آن روشنایی یکنواختی بدون حضور لکه‌های نور در فضا جریان دارد. سپس در حدود ساعت ۳,۵ بعد از ظهر آرام‌آرام لکه‌ها از میانه فضای گنبدخانه شروع به ظهور می‌کنند و با نزدیک شدن به غروب، حرکت آنها از کف زمین شروع شده و تا دیوار شرقی و تا گریو ادامه می‌یابد. این لکه‌ها در مسجد حکیم به علت عدم وجود نورگذر در گریو وجود ندارد اما در چهار مسجد دیگر به صورت آشکارا دیده می‌شود. البته باید اذعان کرد که حضور لکه‌ها و معنای آنها در مسجد شیخ لطف‌اله متفاوت از سه مسجد دیگر است. کنتراست و تضاد روشنایی لکه‌های نور در مسجد شیخ لطف‌اله به علت کاهش روشنایی مسجد بیشتر حس می‌شود و توجه مخاطب را به آیات قرآن که با سوره شمس (در دیوار غربی) آغاز می‌شود؛ جلب می‌کند. در سه مسجد دیگر حضور لکه‌های نور، یادآور گذر زمان برای مخاطبی است که بدون حرکت در فضا، زمان روز را درک کرده؛ تنوع و زیبایی دلپذیری را در فضا به وجود می‌آورد. نور در معماری مذهبی وظیفه‌ی عرفانی و توجه به عالم معنا را بر دوش می‌کشد؛ نشانی از حضور الهی را در مکان به منصه‌ی ظهور می‌رساند (جداول ۳، ۴ و ۵).

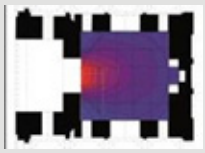
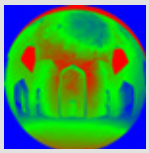
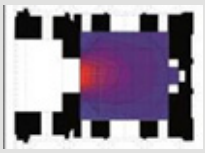
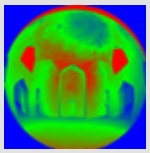
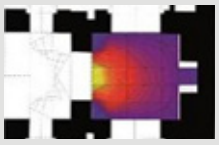
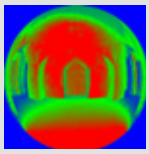
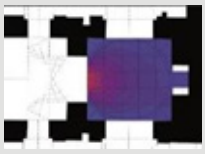
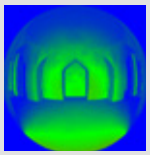
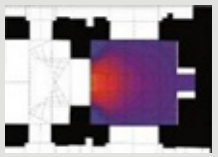
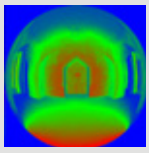
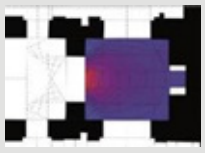
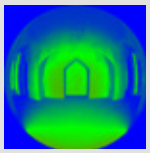
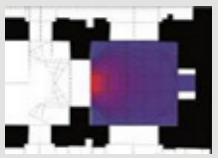
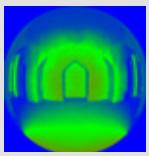
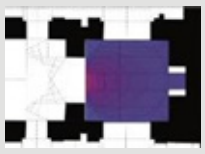
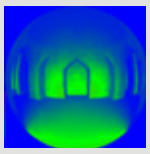
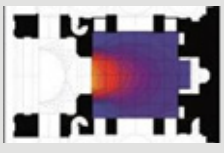
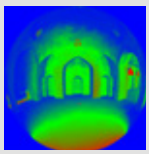
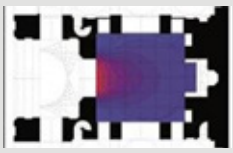
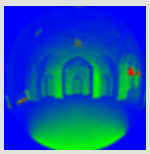
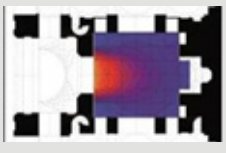
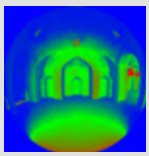
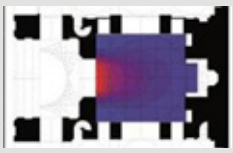
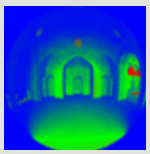
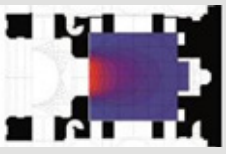
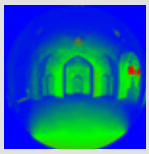
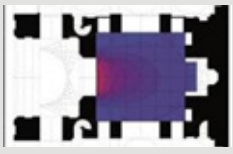
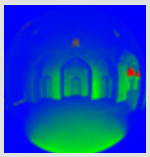
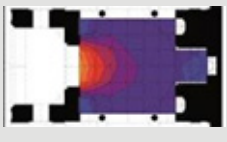
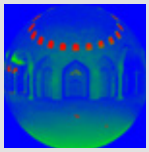
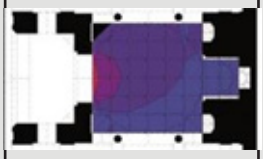
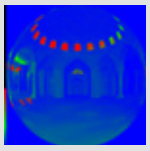
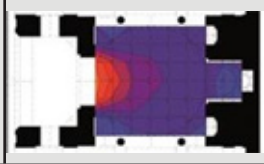
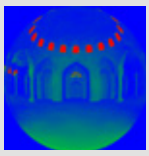
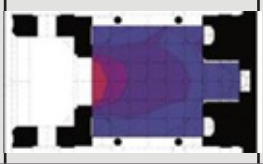
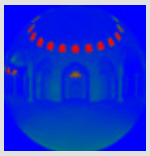
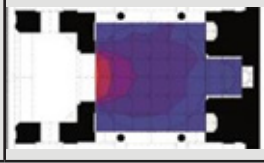
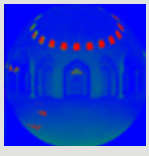
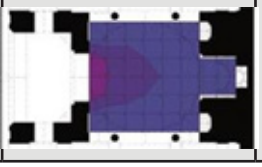
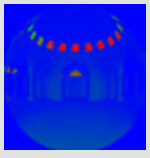
جدول ۳. تغییرات روشنایی مساجد مورد مطالعه در طول یک سال در ارتفاع ۶۰ و ۱۴۰ سانتی‌متری (مأخذ: نگارندگان)

نام مسجد	9 a.m.	12a.m.	15p.m.	در طول یکسال در ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر	در طول یکسال در ارتفاع ۱۴۰ سانتی‌متر
			0-100 100-300 300-900 900-2000 2000>		
مسجد شیخ لطف اله					
مسجد امام					

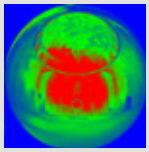
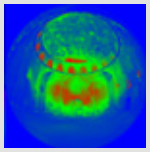
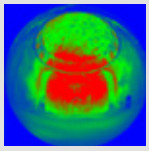
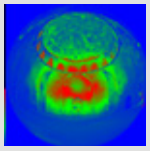
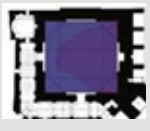
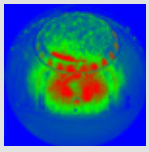
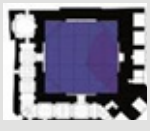
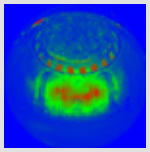
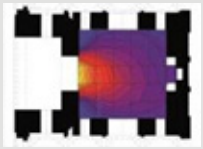
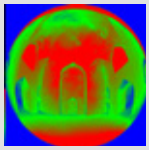
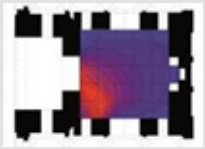
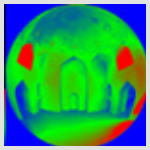
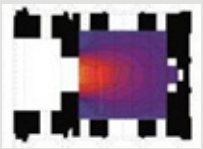
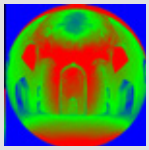
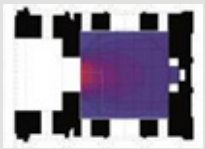
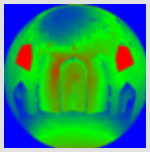
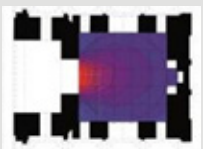
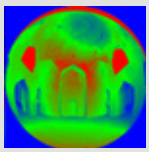
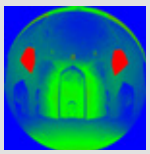
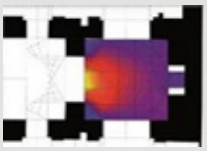
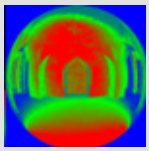
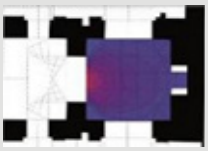
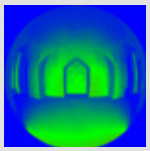
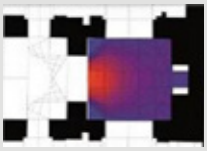
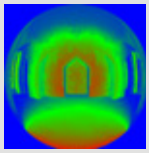
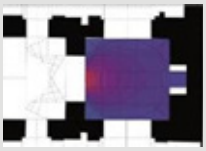
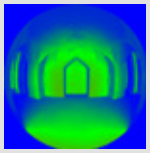
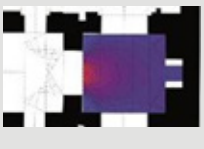
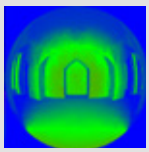
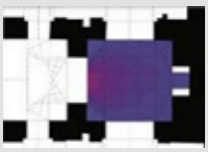
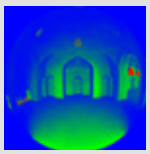


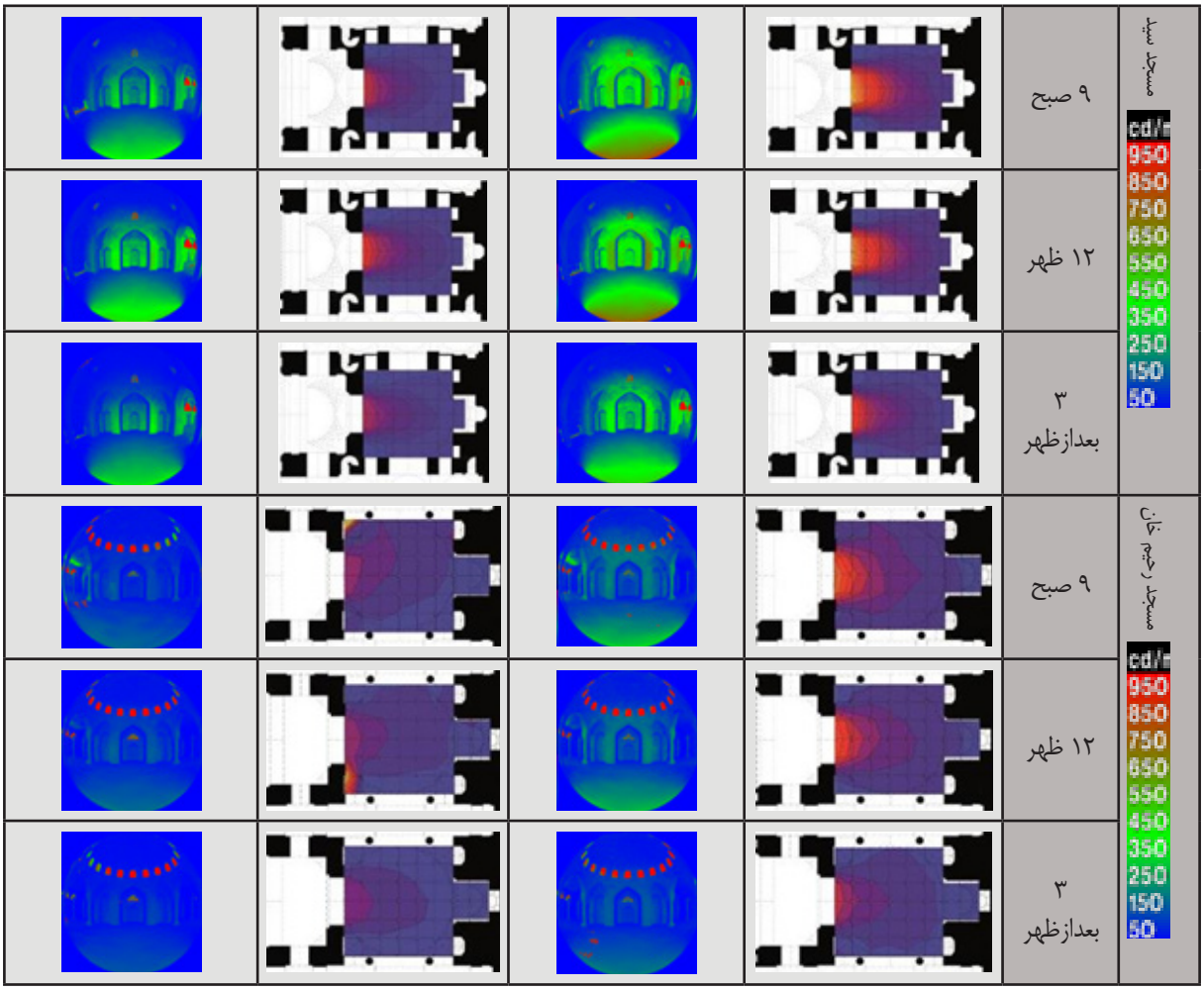
جدول ۴. الگوی توزیع نور در انقلاب تابستانه و زمستانه در ارتفاع ۱۴۰ سانتیمتری در مساجد مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)

جهت قبله →		۲۱ جون (چله تابستان)		۲۱ دسامبر (چله زمستان)	
		پلان	نمای محراب	پلان	نمای محراب
مسجد شیخ لطف‌اله	۹ صبح				
	۱۲ ظهر				
	۳ بعدازظهر				
مسجد امام	۹ صبح				
	۱۲ ظهر				

	۳ بعدازظهر				
مسجد حکیم	۹ صبح				
	۱۲ ظهر				
	۳ بعدازظهر				
مسجد سید	۹ صبح				
	۱۲ ظهر				
	۳ بعدازظهر				
مسجد رحیم خان	۹ صبح				
	۱۲ ظهر				
	۳ بعدازظهر				

جدول ۵. الگوی توزیع نور در انقلاب تابستانه و زمستانه در ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری درمساجد مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)

جهت قبله →		۲۱ ژآنویه(چله تابستان)		۲۱ دسامبر(چله زمستان)	
		پلان	نمای محراب	پلان	نمای محراب
مسجد شیخ لطف‌الله	۹ صبح				
	۱۲ ظهر				
	۳ بعدازظهر				
مسجد امام	۹ صبح				
	۱۲ ظهر				
	۳ بعدازظهر				
مسجد حکیم	۹ صبح				
	۱۲ ظهر				
	۳ بعدازظهر				



نورپردازی طبیعی و شکل‌گیری الگو

نورگذرها از عناصر اصلی طراحی معماری هستند. اندازه‌ها و تناسبات آنها، ترتیب و ارتباط آنها با یکدیگر، تنوع قابل توجهی در طراحی ساختمان‌ها ایجاد می‌کند. نور روز در معماری سنتی علاوه بر کارکرد از جنبه‌های معنوی نیز اهمیت دارد و آنچنان با عناصر معماری در آمیخته است که نمی‌توان آنها را از یکدیگر جدا نموده یا یکی را حذف نمود. «نور طبیعی در ایران با مظاهری چون خلاقیت، شدت و روشنی، به نحوی قاطع، نقشی را که مذهب به آن واگذار کرده ایفا می‌کند» (حائری ۱۳۸۸، ۳۸). لذا بررسی روشنایی نور روز در ارتباط با عناصر نورگذر بایستی از ابعاد معنویت بخشی نیز بررسی شود. تجلی جنبه‌های معنوی نور را می‌توان در معماری مساجد به عنوان شاخص‌ترین بناهای اسلامی مشاهده کرد بنابراین«مسجد نه‌تنها مهمترین و شاخص‌ترین بنای اسلامی است بلکه کلیدی برای شناخت معماری اسلامی محسوب می‌شود» (هیلن‌براند ۱۳۷۶، ۴۴۶). در مساجد برای خلق فضایی معنوی[۲۳]، از نور به عنوان چیزی فراتر از ماده بهره گرفته شده و برای هدایت هر چه بهتر آن به فضاهای داخلی روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی ارائه گردیده که این مهم با طراحی نورگذرها میسر شده است. «چگونگی توزیع نور، جهت و زاویه‌ی نور، درخشندگی و خیرگی بسترساز خصوصیات کیفی نور در فضا هستند» (حیدری ۱۳۸۸، ۴۲-۴۳). اگر کیفیت نور حاصل در فضا دارای الگوی توزیع نور یکنواخت بدون خیرگی و درخشندگی باشد؛ جهت و زاویه‌ی

نور، معنادار بوده و بتواند فرد را به سوی انجام فعالیت عبادی هدایت کند؛ طراحی عناصر نورگذر با هدف ایجاد فضای معنوی طراحی شده‌اند (هومانی‌راد و همکاران ۱۳۹۲).
تاریخ چندهزارساله‌ی ایران تا اواخر قاجار نشان می‌دهد معماری ایرانی با وجود هجوم‌های مختلف از بیرون مرزهای ایران، توانسته به تداوم خود ادامه دهد؛ «حداقل چیزی که می‌توان برای آن قائل شد؛ تداوم کالبدی و هم‌شکلی است» (معماریان۱۳۹۳، ۵۰)؛ ولی این تداوم از هشتاد سال گذشته به معماری‌ای با شخصیتی مشوش و مقلد تبدیل شده است. احیای این روند مستلزمِ شناخت زوایای گوناگون معماری ایران است. این مسیر می‌تواند از طریق شناخت عمیق بناها، اندام‌های آن و دسته‌بندی آنها بر اساس شاخصه‌های متعدد –که گونه‌شناسی نام دارد– طی شود.
«اگرچه صرف وجود اشتراکات در پدیده‌ها و به طور اخص در طرح‌های معماری دال بر تبعیت آنها از الگویی مشخص نیست؛ اما طبقه‌بندی نمونه‌ها بر اساس گونه‌ها می‌تواند به شناسایی الگوها نیز کمک کند» (سلطانی و همکاران۱۳۹۱، ۶). معمار به‌وسیله‌ی مفهوم گونه و عمل بر اساس آن پیوند بین حال و گذشته را به وجود می‌آورده است. این پیوند به زنجیری از حلقه‌های به هم پیوسته –که در طول تاریخ تکامل یافته– تبدیل شده است. آنچه که در زمان حال ساخته می شود؛ یک حلقه از آن زنجیر است. برای عمل صحیح و مناسب در زمان حال باید حلقه‌های دیگر زنجیر را خواند و شناخت. «گونه و گونه‌شناسی تنها راه برای طبقه‌بندی و شناخت بهتر واقعیات محیط هستند و تنها می‌توانند در تفسیر و شناخت الگو ایفای نقش کنند. لذا گونه‌شناسی این قابلیت را ندارد که همچون الگو در فرآیند تبدیل مفاهیم به عینیات و مصادیق به کار گرفته شود» (همان، ۱۰). «الگو، شباهت بنیادین در سازمان کلی فضا و پیروی از نظمی واحد است. الگوها با تکرار و تکامل خود تبدیل به دستورالعمل‌های معماری یک سرزمین می‌شوند. معماری ایران علی رغم پیچیدگی‌ها و تنوع فضایی بسیار زیاد از الگوهای فضایی معدودی استفاده می‌کند» (عمومی۱۳۷۶، ۱۰۰).
«وجود هزاران الگوی فضایی به عنوان دستاوردهای معماری و انتقال سینه به سینه‌ی آنها، عرصه‌ی نوآوری را به سمت ایجاد ترکیب‌های تازه از الگوهای گذشته هدایت کرده است. الگوهای معماری از طریق ترکیب عناصر (سقف، کف، ستون، دیوار و...)، عوامل (ورودی، سردر، هشتی ایوان، شبستان و...) و حالت‌های فضایی[۲۴] پدید می‌آیند. الگوهای فضایی موجود در بناهای معماری ایران مجموعه‌ای از شکل‌ها، تناسبات و تزئینات است و چنین نیست که به صورت قراردادی دائمی تعیین شود» (حائری۱۳۸۸، ۴۲).
نور از عناصر جدایی‌ناپذیر فضا تلقی می‌شود و بایستی در معماری ایران از الگویی خاص نیز تبعیت کرده باشد. اینکه چگونه می‌شود الگوهای فضایی را از معماری ایران استخراج کرد و آنها را در یک نظام مرجع جا داد و از این طریق دوباره آنها را انتقال داد؛ مشکلی است که به شدت امروزه جامعه معماران با آن درگیرند. معمار ایرانی وارث حالت‌های سازمان‌یابی فضا بوده؛ الگوهای آن و تمامی آنچه را که فضا را از کیفیتی بی‌روح و خنثی به در می‌آورد؛ می‌شناخته است. «مهم‌ترین کاربرد الگو، ایجاد فرم و فضای معماری بر اساس نظم و روابط مشخص و تجربه شده است (سلطانی و همکاران ۱۳۹۱، ۸). «پایداری الگوها بر اساس اهمیت و ارزش و تقدس این فرم‌ها برای انسان بوده و منجر به اهتمام انسان‌ها در ساخت هر چه بهتر آنها شده است» (معماریان و طبرسا ۱۳۹۲، ۲۱۷). هر الگوی فضایی منعکس‌کننده‌ی روابط طبیعی، اجتماعی و روحانی آدمی است. رابطه‌ی انسان با سحر، با خورشید، با روز، با غروب، با شب، با مهتاب، با آسمان در الگوهای فضایی این معماری ملحوظ و محفوظ است و همچنین الگوهای فضایی به رابطه‌ی خلوت و جمع، فرد و انزوا و اجتماع نظر دارند. الگوهای فضایی همیشه با این مقولات درگیر بوده‌اند.
«الگوهای معمارانه مملو از حالات فضایی هستند که امکان کشف و کشاف حالات انسانی را فراهم می‌کند. معماری ایرانی در هر عصری بر اساس الگوهای فضایی تجربه شده در گذشته، شکل گرفته است. اگر این شکل‌گیری با خلاقیت شخص معمار همراه نمی‌بود؛ معماری در دور تکرار گرفتار آمده و به تدریج ملال‌آور می‌شد و چه بسا الگوهایی که در مسیر تکرار ملال‌آور حذف شده‌اند. هیچ یک از الگوهای فضایی در معماری ایران یک‌بار برای همیشه

تعیین نمی‌شوند. الگوی فضایی در مسیر قوام یافتن قرار دارد؛ می‌تواند و می‌بایست شایسته‌تر و تازه‌تر ارتباطات آدمی را با طبیعت و سیر و سلوک او را با خود و خدایش تعریف کند. معمار الگوی فضایی گذشته را قوام می‌بخشد و در این مسیر از سلیقه‌ی شخصی و نامعلوم تبعیت نمی‌کند» (حائری ۱۳۸۸، ۱۳۵). «تکرار یک الگو (و نه تکرار فضای حاصل از الگو) در فضاهای مختلف هم باعث چکش‌خواری و تکامل آن در بستر زمان شده و هم باعث شناسایی و ادراک الگو می‌شود (سلطانی و همکاران ۱۳۹۱، ۱۰).

جمع‌بندی

مشاهدات میدانی، نتایج شبیه‌سازی و عکاسی تایملپس همگی بر صحت یک دیدگاه اتفاق نظر دارند. الگوی توزیع نور طبیعی، چگونگی پراکندگی، جهت و زاویه‌ی نور در مساجد به غیر از مسجد شیخ لطف‌اله دارای شباهت زیادی است. با وجودی که پنج مسجد مذکور از لحاظ ابعاد و تناسبات فضایی، محل و ارتفاع قرارگیری نورگذرها، هندسه و ابعاد روزنه‌های ورود نور با هم تفاوت دارند ولی ویژگی‌های الگوی نورپردازی آنها بسیار به هم شباهت دارد. اگر ناظر در گنبدخانه ساعت‌ها در موقعیت ثابتی بنشیند؛ از طریق حرکت نور (از طلوع تا غروب آفتاب) در فضا، متوجه گذر زمان و زمان تقریبی روز می‌شود. در همه‌ی مساجد، اگر فردی طلوع آفتاب در گنبدخانه به انتظار بنشیند؛ اولین لکه‌های نور بر محراب و یا نزدیکی آن توجه اش را جلب می‌کند (جدول ۶).

جدول ۶. اولین نمای محراب در روز برداشت میدانی ساعت ۷صبح، لکه‌های حضور نور بر محراب توجه بیننده را جلب می‌کند. (مأخذ: نگارندگان)

مسجدشیخ لطف‌اله	مسجد امام	مسجد حکیم	مسجد سید	مسجد رحیم خان

با گذر زمان، لکه‌ها از سمت دیوار غربی محراب کمکم به زمین رسیده و در ساعات پیش از ظهر با رسیدن خورشید به عمودیترین حالت خود محو می‌شوند. پس از آن، در بعدازظهرکمکم لکه‌های نور در جبهه‌ی شرقی آشکار شده و تا آخرین لحظات پیش از غروب با حرکت از کف به سمت دیوار محو می‌شوند. حرکت نور در هر پنج مسجد با وجود تفاوت فضایی، صورت یکسانی دارد. در نگاه رو به محراب، محراب نسبت به کل فضا در کل روز روشن‌تر به نظر می‌رسد. هرچند پلان‌های شبیه‌سازی نرم‌افزاری شدت نور را در آغاز ورودی از صحن بیشتر نشان می‌دهد؛ اما از دیدگاه بصری، محراب روشن‌تر است. البته این الگو در مسجد شیخ لطف‌اله به واسطه‌ی تفاوت در شیوه‌ی ورود به فضا تا حدودی متفاوت است. محراب هم در پلان و هم در نمای بصری به نسبت کل فضا روشن‌تر دیده می‌شود. میزان روشنایی آن تا شصت لوکس می‌رسد اما میانگین روشنایی چهار مسجد دیگر بین صد تا سیصد لوکس متغیر است. فضای نیمه‌تاریک مسجد شیخ لطف‌اله در کل سال، حال و هوای متفاوتی را در ذهن بیننده متصور می‌سازد. اما کماکان حرکت نور در طول روز با چهار مسجد دیگر یکسان است.

با نگاه عمیق نسبت به مساجد مذکور که در دو دوره‌ی تاریخی بنا شده‌اند و به غیر از جهت‌گیری فضا رو به صحن، در ویژگی‌های معماری دیگر فضا با هم تفاوت تناسبات دارند؛ اما الگوی نورپردازی یکسانی بر آنها حکم می‌کند. به واقع استفاده از الگو می‌تواند منجر به نتایج متنوعی در محصولات آن شود. جای بسی تعجب است که با وجود معماری غنی که همچون آیینه‌ای در برابر معماران خودنمایی می‌کند؛ نورپردازی طبیعی مساجد معاصر فارغ از

وابسته بودن به نور مصنوعی، از الگوی معنادار نورطبیعی نیز برخوردار نیست. با اینکه الگو، خلاقیت معمار را در خلق فضاهای بدیع سد نمی‌کند و شکل‌گیری آن، ذاتاً فرآیندی خلاقانه است؛ اما معنای خلاقیت در فرهنگ معماری معاصر تغییر یافته است. متأسفانه از هیچ، چیزی را به وجود آوردن و غیرمعمول بودن آن، ملاک خلاقیت اکثر جامعه‌ی معماری معاصر شده است. اگر بدین منوال پیش رود؛ تجربیات ارزشمند گذشتگان بیهوده از دست می‌رود.

تشکر و قدردانی

با سپاس فراوان از خانم پیله‌فروش عضو هیأت علمی دانشگاه کاشان و آقای دکتر صاحب محمدیان منصور عضو هیأت علمی دانشگاه بوعلی سینا همدان به واسطه‌ی راهنمایی‌های ارزنده در راستای شناخت و ساخت سه‌بعدی کاربندی مساجد.

پی‌نوشت

1- CIBSE -Society of Light and Lighting
2- Illuminating Engineering society
3- CIBSE
4- Ruck
5- Raynham
6- IESNA

۷- تمامی ابعاد نورگذرها به دقت در محل توسط نگارنده اندازه‌گیری شده است.

8- Validate
9- SLL Code for Lighting
10- Lux meter
11- Data logger
12- RGB
13- Rhinoceros
14- Radiance
15- Bryan
16- Autif
17- Gopro
18- Timelapse
19- Adios
20- Mardaljevic
21- Nabil
22- Ecotect

۲۳- از زمانی که انسان با هبوط به زمین، حس وحدت و خلود خود را از دست داد؛ در پی آن بود تا بتواند با بازگشت به مقام اولی و بازگشت به همین حس وحدت و جاودانگی، آرامشی دوباره بدست آورد (طهوری ۱۳۸۴). فضایی که بتواند انسان را از کثرت به وحدت برساند و آرامشی در راستای رسیدن به کمال مطلق، منبع حقیقی وجود پدید آورد و انسان را به آن آرامش ابدی نزدیک کند. روشنایی طبیعی که بتواند معنویت ایجاد کند و کاربر را به سوی عالمی که ازآن هبوط یافته نردیک کند؛ در پژوهش حاضر مدنظر قرار گرفته است.

۲۴- منظور از حالت در معماری فضای غنی شده است؛ فضایی که مستقیماً به خاطر مخاطب و کسانی که از ان فضا بهره می‌گیرند؛ سازمان‌یافته است و محصول قرن‌ها تجربه احساسی تجسم یافته در بناست (حائری ۱۳۸۸، ۴۲).

منابع

۱. بهشتی، محمد. ۱۳۸۹. *مسجدایرانی، مکان معراج مؤمنین*. تهران: روزنه.

۲. حائری مازندرانی، محمدرضا. ۱۳۸۸. *نقش فضا در معماری ایران*. تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی.
۳. حاجی ابراهیم زرگر، اکبر. حمید ندیمی، و رافونه مختارشاهی. ۱۳۸۶. *راهنمای معماری مسجد*. به سفارش وزارت مسکن و شهرسازی، معاونت شهرسازی و معماری، دبیرخانه شورای عالی شهرسازی و معماری. تهران: دید.
۴. حاجی قاسمی، کامبیز. ۱۳۷۵. *گنجنامه، دفتر دوم: مساجد اصفهان*. مرکز اسناد و تحقیقات دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی.
۵. حیدری، شاهین. ۱۳۸۸. *معماری و روشنایی*. تهران: مؤسسه انتشارات.
۶. سلطانی، مهرداد، سید امیر منصوری، و احمدعلی فرزین. ۱۳۹۱. تطبیق نقش الگو و مفاهیم مبتنی بر تجربه در فضای معماری. *باغ نظر (۹)* ۲۱: ۱۲-۳.
۷. طهوری، نیر. ۱۳۸۴. مقام بهشت در هنرهای سنتی ایران. *خیال (۱۶)*: ۴- ۱۷.
۸. عمومی، محمد. ۱۳۷۶. *معماری، الگو، نظم*. اصفهان: خاک.
۹. ماهوش محمدی، مریم. ۱۳۹۳. *حضور کیفی نور در معماری قدیم ایران*. تهران: دفترپژوهش‌های فرهنگی.
۱۰. معماریان، غلامحسین، و محمدعلی طبرسا. ۱۳۹۲. گونه و گونه‌شناسی معماری. *معماری و شهرسازی ایران* ۴ (۶): ۱۱۴-۱۰۳.
۱۱. معماریان، غلامحسین. ۱۳۹۳. *مبنای طراحی معماری*. تهران: نشر نغمه نواندیش.
۱۲. هومانی‌راد، مرضیه. حسنا تمله، و منصوره طاهباز. ۱۳۹۲. نور طبیعی و فضای معنوی در مسجد شیخ‌لطف‌اله اصفهان. *هنرهای سنتی-اسلامی*۱ (۱): ۴۳- ۶۰.
۱۳. هیلن‌براند، رابرت. ۱۳۷۹. *معماری اسلامی*. ترجمه‌ی ایرج اعتصام. تهران: نشر شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری.

References

1. Beheshti, Mohammad. 2010. *Iranian Mosque, Ascension Places the Believers*. Tehran: Rozaneh.
2. Bryan, H. and S. Autif. 2002. Lighting /Daylighting Analysis: A Comparison, *Proceeding of Solar Conference, Reno, Nevada.*
3. CIBSE (The Society of Light and Lighting). 2014. *Lighting Guide* 13: Lighting for Places of Worship (SLL LG13).
4. Daylighting in Building. *Lighting Research and Technology 57* (0): 1003.
5. Haeri Mazandarani, Mohammadreza. 2009. *The Role of Space in Iranian Architecture*. Tehran: Iran Cultural Studies Office.
6. Haji Ebrahim Zargar, Akbar, Hamid Nadimi, Rafooneh Mokhtarshahi. 2007. *Architecture of Mosques Guide.* Ordered by Department of Housing and Urban Development, Deputy Planning and Architecture, Secretariat of the Supreme Council for Planning and Archite. Tehran: Did.
7. Hajighasemi, Kambiz. 1996. *Ghanjnameh, 2nd Vol, Isfahan Mosques*. Documentation and Research Center of Beheshti University Faculty of Architecture and Urban Design.
8. Heydari, Shahin. 2009. *Architecture and Lighting*. Tehran: Publishing Institute.
9. Hillenbrand, Robert. 2000. *Islamic Architecture.* Translated by Iraj Etesam. Tehran: Shrkat-e Pardazesh va Barnamerizi-ye Shahri Publications.
10. Hoomanirad, Marzieh, Hosna Tamleh, and Mansoureh Tahbaz. 2013. Natural Light and Spiritual Space in Sheikh-lotfollah Mosque- Isfahan. *Traditional Islamic Arts (1)*1: 43- 60.
11. Mahvash Mohommadi, Maryam. 2014. *Quality of Light in Ancient Iranian Architecture.* Tehran: Iran Cultural Studies Office.
12. Mardaljevic, J. 2010. *Climate-Based Daylight Modelling-IESD*. Retrieved from: http://climate-based-daylighting.com/doku.php?id=academic:climate-based-daylight-modelling. Accessed at Date: 15/01/2014.
13. Memarian, Gholamhossein, and Mohammad Ali Tabarsa. 2014. Species and Architectural Typology. *Iranian Architecture and Urbanism (4)* 6: 103-114.
14. Memarian, Gholamhossein. 2014. *Fundamentals of Architectural Design.* Tehran: Naghme-ye Noandish.
15. Nabil, A. and J. Mardajevic.*Useful Daylight illuminate: A new paradigm for assessing*,
16. Omoumi, Mohammad. 1997. *Architecture, Pattern, Order*. Isfahan: Khaak.
17. Radiance www.Server, http://radsite.lbl.gov/radiance,2010.
18. Raynham Peter &{...}. 2012. *The SLL Code for Lighting.* CIBSE (The Society of Light and Lighting).
19. Ruck. Nancy & {…}. 2000. *Daylight in Buildings, A Source Book on Daylighting Systems and Components. Washington,*

(IEA), International Energy Agency.
20. Soltani, Mehrdad, Seyed Amir Mansouri, Ahmad Ali Farzin. 2012. A Comparative Study on the Role of Pattern and Experience-Based Concepts in Architectural Space. *Bagh-i-Nazar (9)* 21: 3-12.
21. Tahoor, Nayyer .2005. *Paradise Position in Iran Traditional Arts. Khial (16)*: 4- 17.
22. The SLL Code for Lighting. 2012. *London: The Society of Light and Lighting.* CIBSE.
23. The IESNA-Lighting Handbook-References and Application. 2000. Publication Department IESNA, United States of America.

Journal of Reasearch in Islamic Architecture / No.16 / autumn 2017

Daylighting pattern in the dome-house of historical mosques of Isfahan

marzieh hoomanirad *
ph.d.Candidate of Architecture, Islamic Azad University
mansoureh tahbaz **
Associate Professor of Beheshti University
hasanali pourmand ***
Associate Professor of tarbiat modares University

Received: 2017/04/18 Accepted: 2017/06/24

Abstract

In historical mosques, traditional architects used daylight - as the only source of light - to increase the visual quality and unworldly concepts of the worship space.
To discover the daylighting principals of historical mosques, this article is trying to examine the "dome-house" - as a worship space - in five historical mosques of Esfahan: Emam mosque, sheikh lotfollah mosque and Hakim mosque from the Safavid period; Seyyed mosque and Rahim khan mosque from the Ghajariyeh period; by field study about their lighting patterns. The dome-house of three mosques including Emam mosque, sheikh lotfollah mosque and rahimkhan mosque, have three types of openings. The first group are windows around the dome base with mesh cover in the top of the walls. The second type is the window in the top of the altar, and the third type is the vast entrance area to the dome-house from the yard. Seyyed mosque has two types of these openings except the large window over the altar. Hakim mosque has just one opening type that is the vast entrance area to the dome-house from the yard.
The aim of this research is to find out the relationship between the geometry, shape and opening types of the "dome – house" with daylight distribution pattern in the worship space. The hope is that this knowledge will help architects to provide better daylighting concepts in contemporary mosques for worship activities.
In the field data collection, using some lux meter and photometry instruments, the data was collected in some days of May and June 2017 three times a day at 9am 12pm and 3pm in the dome-house of the mosques. Data was gathered in two different levels. The 60 cm height as the level of the sitting praying person and 140 cm height as the eye level of the standing praying person. According to the area of the dome-house, an appropriate mesh was selected regarding to the standards of lighting hand books.
The Ecotect software with radiance calculator engine was used to extend the results of the filed

* H-jahanbakhsh@pnu.ac.ir ** Ali.dellzende@yahoo.com

data to a whole pattern year. Some graphs and information was generated by this simulation such as UDI (useful daylight illumination) lux level in two observed levels in 12 months of the year in the dome-house in each of the five mosques. The other information is the Illumination distribution in two reference levels and altar place on the wall, in winter solstice and summer solstice three times a day in each mosque. In addition to study the movement of sunlight patches in the space, Time lapse photography was taken from sunrise to sunset in each dome-house.
The aim of the field data collection is to find out the daylight distribution pattern in the dome-house regarding to the quality and quantity of visual illumination. Therefore data analysing was done according to the criteria presented in the books of lighting standards including: brightness level, uniformity and diversity of light distribution, visual quality in the space and sunlight patch movement in the dome-house from sunrise to sunset in the days of observation.
Time Lapse photography showed that the sunlight direction starts from altar in sunrise time. Then by moving on altar's west wall, goes towards the floor. At 10 am there is no sunlight and the dome-house is filled with a uniform illumination that is always brighter on the altar and its surrounding area. In the afternoon around 3 pm sunlight patches slowly begin to emerge in the middle of the dome-house. They begin to go upward to the east wall toward the Grive (top of the wall and under the dome base) by sunset time. Prayer in the dome-house will recognize the time of the day by this moving sunlight patches and the first thing that will attract his attention is the brightness of the altar area. Movement of light is the same in all observed mosques except in Hakim mosque that has no windows around the dome base.
Field observations, simulations and Time Lapse photography show that natural light distribution pattern; the illumination distribution; direction and angle of the light has a lot of similarities in all five mosques. Although the dome-house's area widen, space proportion and geometry of windows are different but daylighting patterns are very similar other than in Sheikh lotfollah mosque. The quality of the space brightness with uniform illumination distribution pattern, no glare problem, the direction and angle of the light towards the altar, all are significant and could lead to the worship activities. It shows that the elements of windows are designed to create spiritual atmosphere in dome-house area. It could be summarised that despite the differences in the historical period of architectural features of these mosques and their dome-houses, they have the same lighting pattern that lead the prayer to a spiritual unworldly atmosphere qualified for praying activities.

Keywords: Daylighting pattern, Dome-house, Historical mosques of Isfahan, Radiance.

ISSN 2382-980X

16

Scientific Journal of Research in Islamic Architecture

Center of Excellence for Islamic Architecture

Vol. 5, No. 3, Autumn 2017

Managing Director: vice chancellor for research-Iran University of Science and Technology

Editor-in-chief: Mohsen Feizi

Administrative Director:
Fatemeh Mahdizadeh seraj

Administrative assistant:
AmirHosein Yousefi- Zahra Kashanidoost

Persian literary Editor:
Sara Motevalli

English literary Editor:
Mohammadreza Ataei Hamedani

Editorial Board Members:

Hasan Bolkhari: Associate Professor, Tehran University
Mostafa Behzadfar: Professor, Iran University of Science and Technology
Mohammad Reza Pourjafar: Professor, Tarbiat Modares University
Mahdi Hamzeh Nejad: Assistant Professor, Iran University of Science and Technology
Esmaeil Shieh: Professor, Iran University of Science and Technology
Manoochehr Tabibian: Professor, Tehran University
Mohsen Faizi: Professor, Iran University of Science and Technology
Hamid Majedi: Associate Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University
Asghar Mohammad Moradi: Professor, Iran University of Science and Technology
Gholam Hossein Memariyan: Professor, Iran University of Science and Technology
Fatemeh Mehdizadeh: Associate Professor, Iran University of Science and Technology
Mohammad Naghizade: Assistant Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University
Ali Yaran: Associate Professor, Iran Ministry of Science, Research and Technology

Design assistant: AmirHosein Yousefi

Reviewers for Volume5, Number3:

Mehran Alalhesabi: Associate Professor, Iran University of Science and Technology
Mohammad saleh shokohi bidhendi: Assistant professor, Iran University of Science and Technology
Samaneh Taghdir: Assistant Professor, Iran University of Science and Technology
Hasan Sajadzadeh: Assistant Professor, University of Boali
Abas Ghafari: Assistant Professor, Art University of Tabriz
Mohamad Bagher Kabirsaber: Assistant Professor, University of Tehran
Mansureh Tahbaz: Associate Professor, Sahid Beheshti University
Abolfazl Meshkini: Assistant Professor, Tarbiat Modares University
Masood Nari Qomi: Lecturer, Kashan University

Address: Center of Excellence in Islamic Architecture, Iran University of Science and Technology, Narmak, Tehran, Iran
Tel/Fax: (۲۱-۹۸+) ۷۷۴۹۱۲۴۳ /**E-mail:** jria@iust.ac.ir / **Website:** http://iust.ac.ir/jria

ISSN 2382980-X

16

Scientific Journal of Research in Islamic Architecture

Center of Excellence for Islamic Architecture

Vol. 5, No. 3,Autumn2017

- **Suggesting a New Practical Model for Architectural Design Process Based on Islamic Ontology**
  Karim Mardomi / Mohsen Dehghani Tafti
- **The Ontology of Historic Places: An Ontological Contemplation on Historic Places in the Light of the Doctrine of Principality of the Existence**
  Farzaneh Ahmadi / Ali Afshar / Azadeh Aghalatifi
- **Urban services planning for the pilgrims around the holy shrines- Case study; the core of Qom City**
  Mehran Alalhesabi / Mohamad Anampour / Haleh Hosseinpour
- **Analysis of Contents of Quranic Inscriptions in Entrances and Altars of Jame' Mosque of Isfahan**
  Maryam Ghasemi Sichani / Fatemeh Ghanbari Sheikhshabani / Mahboobe Ghanbari Sheikhshabani
- **Daylighting pattern in the dome-house of historical mosques of Isfahan**
  marzieh hoomanirad / mansoureh tahbaz / hasanali pourmand