

اندازه گیری و بررسی شرایط نور روز در خانه های قدیمی کرمان* (نمونه موردی خانه امینیان)

مرضیه کاظم زاده**، منصوره طاهباز^۱

۱ دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران.

۲ دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۳/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۲/۴/۸)

چکیده

نور طبیعی تاثیر بسزایی روی سلامت انسان ها دارد. براساس پژوهش های صورت گرفته در مورد خانه های قدیمی ایران، مشخص گردید که در ایران نورگیرهای متنوعی برای تامین روشنایی طبیعی در داخل ساختمان ها وجود دارد و این سوال را مطرح می کند که آیا تنوع موجود در نوع نورگیرهای فضاهای داخلی خانه های سنتی موجب استفاده بهتر از شرایط روشنایی و گرمایی در داخل این فضاها شده است؟ به منظور یافتن پاسخ این سؤال، شرایط نورپردازی و شرایط گرمایی فضاهای اصلی زندگی در یکی از خانه های سنتی شهر کرمان، شامل اتاقی با نورگیر سقفی و اتاق هایی دارای در-پنجره (دو دری و پنج دری) مورد بررسی قرار می گیرد. در این بررسی، اندازه گیری های میدانی و شبیه سازی شده تحت شرایط آسمانی صاف و آفتابی است و میزان روشنایی اتاق ها توسط دستگاه نورسنج و شبیه سازی ها به کمک نرم افزار اکوتکت (با پشتیبانی محاسباتی ریدینس) انجام شده است و در نهایت نحوه توزیع و میزان روشنایی و حرارت فضاهای فوق با هم مقایسه و تحلیل گردید. نتایج نشان دهنده تاثیر تنوع نورگیری فضا بر میزان گرما و روشنایی آن می باشد که تحت تاثیر موقعیت محل، چگونگی ارتباط با فضای پیرامون و نوع عملکرد آن قرار می گیرد.

واژه های کلیدی

کلاه فرنگی، معماری سنتی، نور روز، نورگیر سقفی، پنجره، بهینه سازی مصرف انرژی.

* این مقاله بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول تحت عنوان: "بهبود کارایی حرارتی و بهره وری از نور روز آتریوم ها در اقلیم گرم و خشک شهر کرمان" می باشد که به راهنمایی نگارنده دوم و مشاوره آقای دکتر مددی به انجام رسیده است.

** نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۳۳۹۸۵۸۴۷، نمابر: ۰۲۴۱-۲۲۶۶۰۹۶، E-mail: marziye.kazemzade@gmail.com

مقدمه

قرار دهد. با توجه به اینکه سیستم‌های تامین روشنایی معماری سنتی خانه‌های ایران بسیار متنوع بوده و یکی از راه‌حل‌های بکار رفته، استفاده از انواع بازشوها مانند ارسی، سه دری، پنج دری با شیشه‌های رنگی و نورگیرهای سقفی می‌باشد (479-484, Tahbaz & Moosavi, 2009); مقاله حاضر به بررسی نحوه توزیع روشنایی نورگیرهای یکی از خانه‌های سنتی و رابطه آن با شرایط گرمایی در منطقه گرم و خشک در شهر کرمان که دارای فضاهای مختلف و متنوعی است، می‌پردازد. در این خانه با توجه به امکانات و محدودیت موجود، تنها به بررسی و مقایسه سه نمونه نورگیر متفاوت پرداخته می‌شود و با استفاده از برداشت‌های میدانی و شبیه‌سازی کامپیوتری، عملکرد یک ساله فضاهای آن از نظر نورپردازی و گرمایی مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

کشور ایران در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی یکی از بالاترین رده‌های جهانی را بخود اختصاص داده است. میزان تابش خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال تخمین زده شده که بالاتر از میزان متوسط جهانی قرار دارد (Safaii et al., 2005, 27-34). در نتیجه می‌توان از این پتانسیل برای تامین روشنایی فضاهای مسکونی بهره جست. استفاده از نور طبیعی برای روشنایی داخلی، می‌تواند مسائلی همچون افزایش بار گرمایشی و سرمایه‌ی ساختمان و مشکل خیرگی را به همراه داشته باشد. با توجه به تجربیات متنوع معماری ایرانی در زمینه تامین روشنایی فضاهای داخلی، این مقاله در پی آن است تا میزان موفقیت برخی از روش‌های نورپردازی معماری سنتی را مورد سنجش

۱- تعریف مسأله و اهداف تحقیق

آنها می‌تواند درس‌های آموزنده‌ای برای استفاده در طراحی معماری امروزی داشته باشد (479-484, Tahbaz et al., 2011). در تصویر ۱، نمونه‌ای از این نورگیرها نشان داده شده است. این تحقیق با هدف بررسی نحوه نورگیری و تامین روشنایی اتاق‌های خانه قدیمی از طریق استفاده از نور روز، به مقایسه جهت و موقعیت بازشوها در داخل اتاق‌ها و مقایسه آنها با نورگیر سقفی برای بدست آوردن تفاوت میزان جذب خورشیدی و تامین روشنایی آنها و نحوه توزیع نور و گرما در این فضاها پرداخته است.

با توجه به اینکه در کشور ایران بویژه در مناطق کویری آن نظیر شهر کرمان، شدت روشنایی ناشی از تابش خورشید بسیار بیشتر از حد نیاز فضاهای کاربردی است و همچنین ورود تمامی طیف تابشی، تأثیراتی چون گرم شدن فضای داخل و ناراحتی‌های دیگری نظیر خیرگی ناشی از شدت تابش را به همراه دارد. کاربرد پنجره و بازشو در فضاها باید علاوه بر تامین نیاز دید و روشنایی، شرایط گرمایی را نیز کنترل کرده و از بیش گرمایی در تابستان و پرت حرارت در زمستان جلوگیری کند.

۲- برداشت‌های میدانی

۱-۲- معرفی نمونه انتخابی

شهر کرمان با عرض جغرافیایی ۳۰/۱۵ شمالی و طول جغرافیایی ۵۶/۵۸ شرقی و ارتفاع ۱۷۵۳/۸ از سطح دریا در اقلیم گرم و خشک ایران واقع شده است. نمونه مورد نظر معروف به خانه امینیان متعلق به دوره ابراهیم خان ظهیرالدوله است و حدود ۱۶۰ سال قدمت دارد. این خانه از نوع خانه‌های حیاط مرکزی اشرافی بشمار می‌آید. اتاق‌های این خانه به صورت دو دری، سه دری و پنج دری در چهار سمت این خانه قرار گرفته است. همچنین در این خانه اتاقی در سمت شمال شرقی قرار دارد که از طریق کلاه‌فرنگی روشنایی مورد



تصویر ۱- نمونه‌هایی از: ۱- در- پنجره (پایین راست)، ۲- ارسی (پایین چپ)، ۳- کلاه فرنگی (بالا سمت چپ) و حوضخانه (بالا سمت راست).

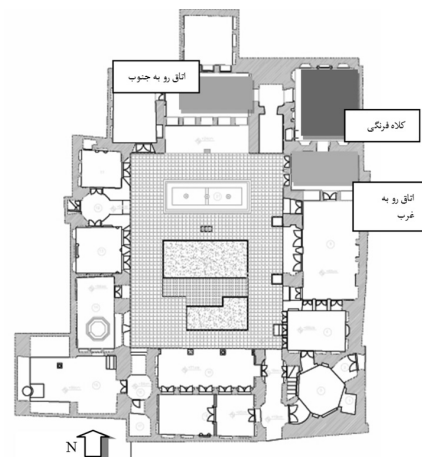
ماخذ: (<http://marpiich.com/ArchitectDetails.aspx>)

نمایان می‌کند. تصویر ۲، موقعیت این خانه را در شهر کرمان و فضاهای مورد مطالعه نشان می‌دهد.

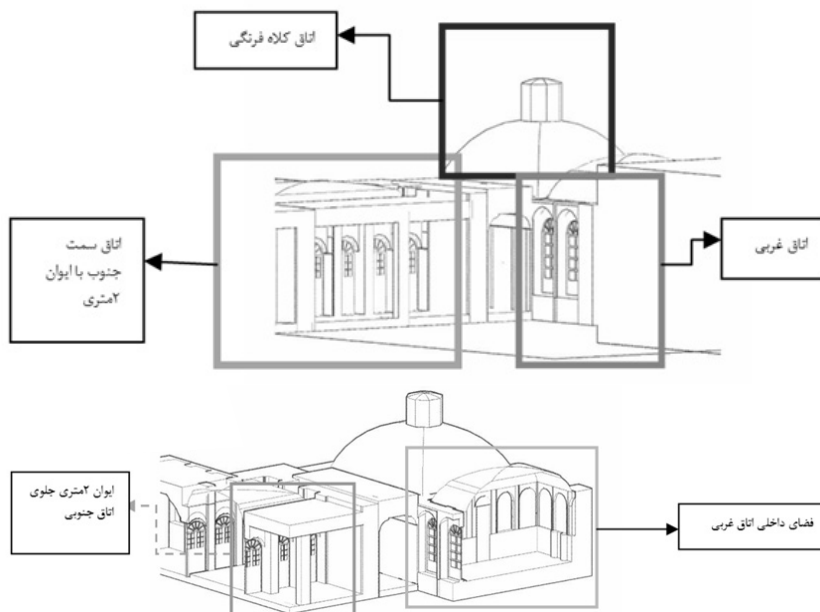
۲-۲- مشخصات فیزیکی فضاهای مورد مطالعه

کلاه فرنگی: ابعاد اتاق ۵/۵۷ در ۴/۵ متر و ارتفاع آن ۵/۷۰ متر است. نورگیر سقفی در مرکز این اتاق به شکل شش ضلعی و به قطر ۱/۵ متر و با ارتفاع ۱ متر واقع شده است. اتاق رو به غرب، اتاقی است دو دری که از یک سمت توسط یک در چوبی به اتاق کلاه فرنگی مرتبط گشته. که اتاقی با ابعاد ۲/۳۰ x ۵/۱۰ x ۴ متر و با کرسی با ارتفاع ۶۸ سانتی متر بالاتراز سطح حیاط قرار گرفته است. اتاق رو به جنوب، اتاق پنج دری است که ۲۴ سانتی متر بالاتراز حیاط قرار دارد و مقابل آن یک ایوان سرپوشیده به عمق ۲/۱۰ متر نشسته است. در پشت این اتاق، اتاق دیگری قرار دارد که نور خود را از طریق این اتاق تامین می‌کند. ابعاد این اتاق برابر ۳/۴۰ x ۵/۳۳ x ۳/۱۵ متر است. تصویر ۳، پرسپکتیو اتاق های مورد نظر را با نوع پنجره آنها نشان می‌دهد.

نیاز خود را تامین می‌نماید (میراث فرهنگی، ۱۳۷۲، ۱-۳). با توجه به اینکه نورگیری از سقف یکی از شیوه‌های خاص تامین روشنایی می‌باشد، لذا انتخاب خانه‌ای که دارای فضایی با قابلیت تامین روشنایی به کمک نورگیر سقفی در کنار تامین روشنایی از جداره‌ها (در- پنجره) باشد، یکی از اصلی ترین دلایل انتخاب نمونه موردی در این مطالعه می‌باشد. بر همین اساس و به موجب تحقیقات صورت پذیرفته توسط نگارندگان مشخص گردید که خانه امینان تنها خانه مرمت شده (داشتن در- پنجره با شیشه‌هایی مشابه زمان اولیه بنا) در شهر کرمان است که دارای کلاه فرنگی می‌باشد و علاوه بر این عدم سکونت مالک باعث انتخاب این خانه به عنوان نمونه موردی گردیده است. علت انتخاب خانه خالی از سکنه (خانه‌ای بدون مبلمان داخلی)، کاهش میزان انعکاس نور توسط عناصر داخل خانه می‌باشد تا به کمک آن بتوان تنها به تاثیر جهت و موقعیت اتاق‌ها و نحوه دریافت نور و توزیع روشنایی در داخل فضا پرداخت. از طرف دیگر عدم استفاده از سیستم‌های مکانیکی گرمایش و سرمایش در این خانه، نقش نورگیر بر تغییرات دمایی فضای داخلی را به خوبی



تصویر ۲- عکس موقعیت ساختمان (شکل سمت چپ) و پلان ساختمان و موقعیت پلان‌های اندازه‌گیری شده (سمت راست).



تصویر ۳- پرسپکتیو و نوع پنجره اتاق های مورد نظر.

۲-۳- معرفی دستگاه های اندازه گیری و روش کار

بر طبق آمار بلند مدت کرمان (تصویر ۷) در دو سوم سال، آسمان آفتابی است. بیشترین سهم آسمان صاف (بالای ۸۰٪) در روزهای فصل تابستان است، اما در پاییز و زمستان، آسمان صاف سهم کمتری دارد (در حدود ۵۰٪). در مورد شرایط دمایی شهر کرمان، سرما از اواسط فصل پاییز آغاز می گردد و تا اواخر بهمن ادامه دارد. فصل گرما نیز از اواسط اردیبهشت شروع می شود و تا اوایل مهرماه ادامه دارد. مقایسه آمار به دست آمده از مطالعه موردی با آمار اقلیمی بلند مدت ایستگاه هواشناسی کرمان، نشان دهنده شرایط روز انتخابی در مقایسه با شرایط اقلیمی متعارف بوده و می تواند نماینده سایر روزهای سال باشد. بنابراین، مطالعه موردی در تاریخ ۱۹ آذر سال ۱۳۸۹ از ساعت ۸ الی ۱۷ به عنوان یک روز آفتابی و سرد انجام گردید. در این راستا، یک دستگاه روشنایی سنچ دتالاگرو و یک و دستگاه هواشناسی کستزل برای برداشت اطلاعات محلی، روی بام خانه نصب گردید. این دستگاه ها در تاریخ فوق الذکر به طور مستمر اطلاعات را ثبت نمودند. شایان ذکر است این برداشت یک روزه تنها برای صحت و اعتبار سنجی^۱ نمونه شبیه سازی شده با شرایط واقعی می باشد و بیشتر به دلیل مطابقت آن با شبیه سازی بکار رفته است.

برداشت اطلاعات در اتاق های انتخابی، روی یک شبکه ۵۰ سانتی متر در ۵۰ سانتی متر و در ارتفاع ۱۰۰ سانتی متری از سطح زمین، توسط یک دستگاه نورسنج دستی^۲، هر ۲۰ دقیقه یک بار و یک دستگاه هواشناسی کستزل^۳ که در هر یک از این اتاق ها در ارتفاع ۱ متر نصب شده بود، انجام شد. همچنین برای تعیین میزان بازتاب نور (بر اساس رنگ سطح) از سطوح مختلف اتاق نظیر دیوارها، کف و سقف و درها از دستگاه آنالیز رنگ^۴ استفاده شد. در تصویر ۴، دستگاه های مورد استفاده نشان داده شده است. به کمک این دستگاه، آرجی بی رنگ دیوار و سقف اندازه گیری شده و در برنامه شبیه سازی برای تعیین میزان انعکاس و رنگ سطوح از آن استفاده گردید.

۳- ارزیابی نتایج و بحث

۳-۱- نتایج اندازه گیری های میدانی

جدول ۱ در ستون اول و دوم از سمت راست، وضعیت میزان

درجه حرارت و رطوبت و روشنایی اتاق ها و فضای خارج را در روز برداشت میدانی نشان می دهد. ستون سوم، تصویر اتاق مورد نظر را در ساعت برداشت میدانی نشان می دهد و ستون چهارم، تصویر حاصل از شبیه ساز را در همان ساعت و روز و آنالیز روشنایی حاصل از اتاق (تصویر فالس کالر^۵) را در همان ساعت نشان می دهد.

بر اساس این جدول و تصویر ۵، اتاق رو به سمت جنوب به دلیل نفوذ آفتاب در ساعات میانه روز به داخل، با شدت نور نسبتاً زیادی مواجه می شود و امکان ایجاد خیرگی در این فضا زیاد است. از طرفی اتاق رو به غرب بدلیل عدم دریافت مستقیم نور خورشید، نسبتاً تاریک می باشد. با توجه به نمودار، میزان نفوذ نور در داخل فضا به طور میانگین ۱۵۴/۹۲ لوکس است. در مورد اتاق کلاه فرنگی همانطور که در نمودار تصویر ۵ دیده می شود، میزان توزیع نور در سراسر اتاق به طور یکنواخت می باشد و میانگین نور اتاق ۲۶۶/۹۲ لوکس است.

با توجه به تصویر ۶، اتاق کلاه فرنگی از ساعت ۸:۲۰-۱۴:۲۰ دارای نور بیشتر از ۲۰۰ lux است و میانگین نور این فضا در طول روز ۳۱۸/۵۷ می باشد. در مقایسه با آن، میزان نور اتاق رو به غرب ساختمان با توجه به اینکه در این اتاق نیز از ساعت ۹-۱۵:۴۰ میزان نور ورودی بالای ۲۰۰ lux است، میانگین توزیع آن در تمام اتاق ۱۵۴/۹۲ می باشد.

مقایسه تصویر ۶ با نمودار توزیع نور در طول یک روز (تصویر ۵)، نشان می دهد که در اتاق رو به غرب میزان نفوذ نور به اتاق تا فاصله ۲/۱ متری میزان نور بیشتر از ۵۰۰ lux می باشد و قسمت عقب اتاق میزان نور کمتری وارد می شود، اما در همین زمان اتاق کلاه فرنگی با میانگین نور ۳۹۶/۴، دارای روشنایی یکنواخت با دمای متوسط ۹/۲ درجه سانتیگراد می باشد که در مقایسه با دمای اتاق رو به غرب بین ۱ تا ۲ درجه در طی روز گرم تراست (تصویر ۷).

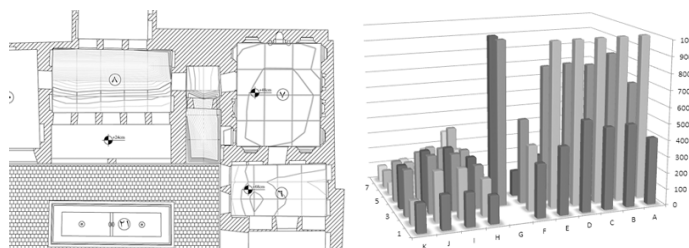
مقایسه میزان نور وارد شده به اتاق رو به جنوب اتاق کلاه فرنگی، نشان دهنده این مطلب است که با استفاده از نورگیر سقفی می توان محیطی مناسب با میزان نور یکنواخت برای انجام فعالیت هایی مانند مطالعه ایجاد کرد، چرا که در اتاق جنوبی، نفوذ مقدار نور بالای ۲۰۰۰ lux از ساعت ۱۱ صبح تا ۱۳:۴۰ بعد از ظهر، باعث خیرگی شده و برای انجام فعالیت هایی مانند مطالعه باید مانع ورود این میزان نور به داخل توسط موانعی نظیر پرده و یا سایبان گردید. لازم به ذکر است با توجه به این



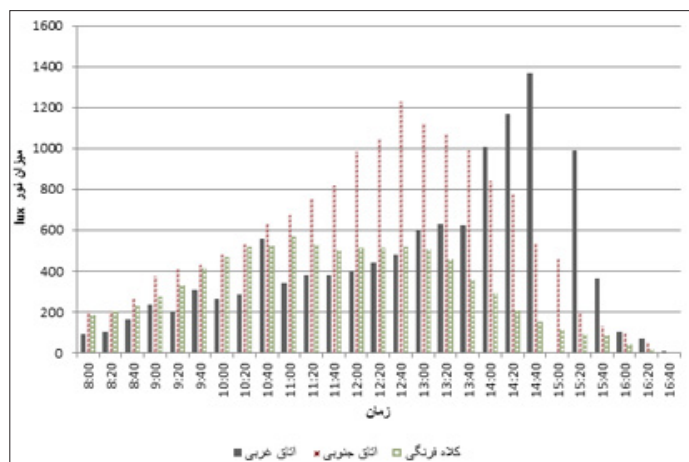
تصویر ۴- دستگاه های اندازه گیری دما و نور، به ترتیب از راست به چپ: نورسنج دیجیتال^۵، نورسنج دستی^۲، دستگاه هواشناسی کستزل^۳، دستگاه آنالیز رنگ^۴.

جدول ۱- تحلیل اطلاعات برداشت های میدانی و تطبیق آن با نرم افزار شبیه ساز ریدینس در همان روز برداشت.

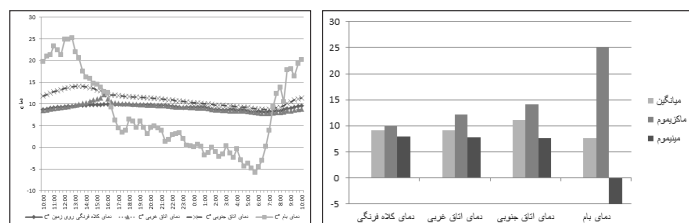
تاریخ برداشت: ۱۳۸۹/۹/۱۹			
		وضعیت روشنایی اتاق در ساعت : ۹:۱۵ سمت راست تصویر فالس کالر سمت چپ: تصویر واقعی	اتاق روبه سمت غرب ابعاد: ۲/۳۰*۵/۱*۴ متر ساعت برداشت: ۹:۲۶-۹:۲۶ رطوبت نسبی اتاق: ۱۵٪ درجه حرارت اتاق: ۸/۵ درجه نور روی بام: ۵۹ کیلو لوکس متوسط روشنایی: ۱۵۴/۹۲ لوکس حداقل روشنایی: ۷۵/۷ لوکس
		وضعیت روشنایی اتاق در ساعت : ۹:۳۰ سمت راست تصویر فالس کالر سمت چپ: تصویر واقعی	اتاق روبه جنوب ابعاد: ۳/۴*۳/۴*۵/۱۵۶ متر ساعت برداشت: ۹:۲۶-۹:۲۶ رطوبت نسبی اتاق: ۱۵٪ درجه حرارت اتاق: ۱۱/۸ درجه نور روی بام: ۵۹ کیلو لوکس متوسط روشنایی: ۴/۳ کیلو لوکس حداقل روشنایی: ۱۵۷ لوکس
		وضعیت روشنایی اتاق در ساعت : ۹:۰۰ سمت راست تصویر فالس کالر سمت چپ: تصویر واقعی	اتاق کلاه فرنگی ابعاد: ۵/۷۰*۴/۵*۵/۵۷ متر ساعت برداشت: ۹:۲۶-۹:۲۶ رطوبت نسبی اتاق: ۱۵٪ درجه حرارت اتاق: ۱۱/۸ درجه نور روی بام: ۵۹ کیلو لوکس متوسط روشنایی: ۲۶۶/۹۲ لوکس حداقل روشنایی: ۲۰۰ لوکس
پشت بام : دمای: ۱۴ درجه ، رطوبت نسبی: ۸٪			



تصویر ۵- نمودار توزیع روشنایی در ساعت ۱۱:۰۰-۱۱:۱۵، روز ۱۹ آذر ۱۳۸۹.



تصویر ۶- نمودار میزان روشنایی اتاق های خانه امینیان در طول روز ۱۹ آذر ۱۳۸۹ در یک نقطه از اتاق نزدیک نورگیر.



تصویر ۷- نمودار تغییرات دمای اتاق های مورد بررسی خانه امینیان (سمت چپ)، نمودار میانگین دمای بیشینه و کمینه اتاق های مورد بررسی (سمت راست). ۱۳۸۹/۹/۱۹

گردید. به منظور کالیبره کردن نتایج شبیه‌سازی با واقعیت، میزان روشنایی محاسبه شده در اتاق‌ها با روشنایی واقعی داخل اتاق که در برداشت‌های میدانی توسط لوکس متر به دست آمده مقایسه شده و در صورت عدم هم‌خوانی، اصلاحاتی در فرضیات ورودی نرم‌افزار داده می‌شود. با یکسان شدن نتایج به دست آمده، صحت محاسبات تا حد قابل قبولی تأیید می‌شود. در جدول ۲، نمونه‌ای از خروجی ریدینس برای ساعت ۹:۰۰ صبح، ۱۲:۰۰ و ۱۵:۰۰ برای دو روز شاخص یعنی ۳۰ خرداد ماه (۲۱ ماه ژوئن) و ۳۰ آذر ماه (۲۱ ماه دسامبر) ارائه شده است. در انتها برای استفاده از اطلاعات اکوتکت، نتایج به دست آمده به کمک نرم‌افزار اکسل به صورت نمودار برای زمان‌های ۹ صبح و ۱۲ ظهر و ۱۵ بعدازظهر ترسیم گردید (تصویر ۹). در این تصویر، نمودارهای میله‌ای بیان‌کننده شرایط روشنایی اتاق‌ها در ماه‌های مختلف سال می‌باشد. این نمودار با توجه به دامنه‌های تعریف شده برای شدت نور روز (UDI) که در جدول ۲ ارائه شده، ترسیم شده و نشان می‌دهد که چه درصدی از مساحت اتاق در سطح کار مورد نظر دارای میزان روشنایی کافی بوده (رنگ زرد تا قرمز میزان ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس)، و چه درصدی دارای روشنایی کم است و نیاز به استفاده از روشنایی کمکی نمود (رنگ آبی پررنگ با روشنایی کمتر از ۳۰۰ لوکس) و چه درصدی دارای میزان روشنایی خیره‌کننده می‌باشد. از آنجایی که میزان روشنایی ۳۰۰-۹۰۰ لوکس در بازه روشنایی مورد قبول قرار دارد، بنابراین به مقایسه تمام اتاق‌ها و در تمام ساعات مورد نظر پرداخته شد (تصویر ۱۰). براساس این نمودار می‌توان دریافت که هر کدام از اتاق‌ها چند درصد از مساحت کل، در سطح کار مورد نظر در طول سال در این بازه دارد.

۳-۳- نتایج شبیه‌سازی

تصویر ۱۰، نمودار مقایسه‌ای درصد روشنایی مساحت اتاق‌های بررسی شده در طول سال با توجه به بازه‌های روشنایی مورد نیاز انسان (UDI) را نشان داده است. براساس تصاویر ۹ تا ۱۱ و جدول ۳ نتایج زیر حاصل گردید:

اتاق رو به جنوب

- براساس شبیه‌سازی خانه در ساعت ۹:۰۰ اتاق رو به جنوب در شرایط بسته بودن در ۲۰ درصد در محدوده ۱۰۰-۳۰۰ لوکس، ۷۹ درصد زیر این بازه و ۲/۰ درصد بالای ۲۰۰۰ لوکس می‌باشد.
- در ساعت ۱۲:۰۰ بیشتر فضای اتاق دارای میزان نور کمتر از ۱۵۰ لوکس می‌باشد.

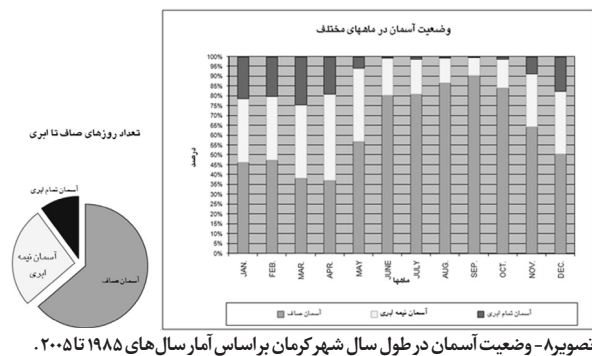
که اتاق رو به جنوب دارای ایوانی به عمق ۲/۵ متر می‌باشد، به طور متوسط به نسبت یک اتاق جنوبی معمولی میزان روشنایی کمتری دریافت می‌نماید.

۳-۲- کالیبره کردن مدل اتاق‌ها در نرم‌افزار شبیه‌ساز (اکوتکت ۵/۶)

کرمان، شهری واقع در منطقه کویری و گرم و خشک می‌باشد. براساس تصویر ۸، در اکثر مواقع آسمان صاف بوده و می‌توان از تابش آفتاب بهره برد. این مسئله بویژه در زمستان حائز اهمیت است که به نور و گرمای تابش مستقیم خورشید به داخل فضاها نیاز است. بنابراین در این مقاله صرفاً شرایط آسمان صاف در نظر گرفته شد و تنظیمات نرم‌افزار نیز بر طبق شرایط آسمان صاف و آفتابی در نظر گرفته شده است.

از آنجایی که اندازه‌گیری میدانی، محدود به یک روز بوده است و نمی‌تواند به کل ایام سال پوشش داده شود، برای شبیه‌سازی روشنایی اتاق‌ها از برنامه نرم‌افزار شبیه‌ساز اکوتکت ۵/۶ و ریدینس استفاده شده است.

نرم‌افزار اکوتکت که توسط مارشال اندرو تنظیم گردید، قابلیت شبیه‌سازی حرارت و همچنین فراخوانی اطلاعات روشنایی به کمک نرم‌افزار ریدینس را دارد. به منظور شبیه‌سازی اتاق‌ها در نرم‌افزار، اطلاعات مربوط به طول و عرض اتاق، عرض جغرافیایی محل، جهت جغرافیایی قرارگیری پنجره اتاق‌ها، همچنین اطلاعات مربوط به مصالح روکار و رنگ دیوار، سقف و کف آنها، به نرم‌افزار داده شد. محاسبات توسط برنامه ریدینس انجام شده و خروجی مورد نظر توسط اکوتکت تصویر گردید. بدلیل نداشتن میزان انعکاس و آرجی، بی‌شیشه‌های اتاق‌ها، عدد فرضی وارد



جدول ۲- ارزیابی شدت روشنایی طبیعی با توجه به نیازهای بصری انسان در فعالیت‌های مختلف.

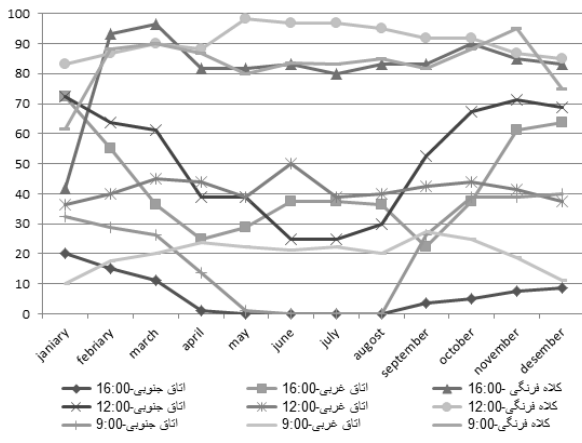
شدت روشنایی	وضعیت روشنایی	شرایط نیاز به روشنایی مصنوعی کمکی
کمتر از ۱۰۰ لوکس	روشنایی ناکافی	نیاز به روشنایی الکتریکی
۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس	روشنایی نسبتاً ناکافی	نیاز به روشنایی کمکی در برخی شرایط
۳۰۰ تا ۹۰۰ لوکس	روشنایی کافی	عدم نیاز به روشنایی کمکی
۹۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس	روشنایی عالی	عدم نیاز به روشنایی کمکی
بیشتر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

ماخذ: (Nabil & Mardaljevic, 2005)

جدول ۳- تحلیل خروجی تصاویر سه بعدی اتاق‌ها.

۱۳۸۹/۹/۳۰ یا ۲۰۱۰/۱۲/۲۱		۱۳۸۹/۳/۳۱ یا ۲۰۱۰/۶/۲۱		اتاق رو به غرب
				۹ ساعت
				۱۲ ساعت
				۱۶ ساعت
۱۳۸۹/۹/۳۰ یا ۲۰۱۰/۱۲/۲۱		۱۳۸۹/۳/۳۱ یا ۲۰۱۰/۶/۲۱		اتاق رو به جنوب
				۹ ساعت
				۱۲ ساعت
				۱۶ ساعت
۱۳۸۹/۹/۳۰ یا ۲۰۱۰/۱۲/۲۱		۱۳۸۹/۳/۳۱ یا ۲۰۱۰/۶/۲۱		اتاق کلاه فرنگی
				۹ ساعت
				۱۲ ساعت
				۱۶ ساعت

میزان نور بین ۳۰۰-۹۰۰ لوکس می باشد.
 - در ساعت ۱۲:۰۰، رنج تغییرات این اتاق به طور متوسط برابر ۹۱ درصد می باشد.
 - همچنین با مقایسه دمای اندازه گیری شده سه اتاق، اتاق کلاه فرنگی با دمای حداقل ۳ درجه گرم تر از سایر اتاق ها بوده است. علاوه تامین روشنایی مورد نیاز اتاق در طول روز نیز به طور منظم و یکنواخت بوده است.
 به طور کلی براساس شبیه سازی مشخص شد که میزان نور و همچنین حرارت اتاق کلاه فرنگی دارای شرایط مناسب تری از نظر یکنواختی نور و دما در کل سال می باشد.



تصویر ۱۱- نمودار درصد مساحت اتاق دارای میزان روشنایی ۳۰۰-۹۰۰ لوکس برای زمان های صبح و ظهر و عصر.

- در ساعت ۱۶:۰۰، ۸۰ درصد بین بازه ۱۰۰-۳۰۰ لوکس، ۶ درصد کمتر و ۱۳ درصد بیشتر از ۳۰۰-۹۰۰ لوکس دارد.

- به طور کلی همان طور که در نمودار دیده می شود، این اتاق به نسبت اتاق جنوبی متداول از روشنایی کمتری برخوردار است. توجه این موضوع می تواند به دو دلیل باشد:

۱. در فصل تابستان ایوان عمیق ۲/۱ متری جلوی اتاق مانع نفوذ نور مستقیم به داخل می شود به طوری که متوسط روشنایی اتاق در این سه ماه کمتر از ۹۰۰ لوکس می باشد. این میزان برای فصل بهار نیز به شدت کاهش یافته است (تصویر ۳).
۲. همچنین این اتاق دارای پنجره هایی با شیشه رنگی می باشد و میزان نور وارد شده به اتاق را کاهش می دهد (تصویر ۳).

اتاق رو به غرب

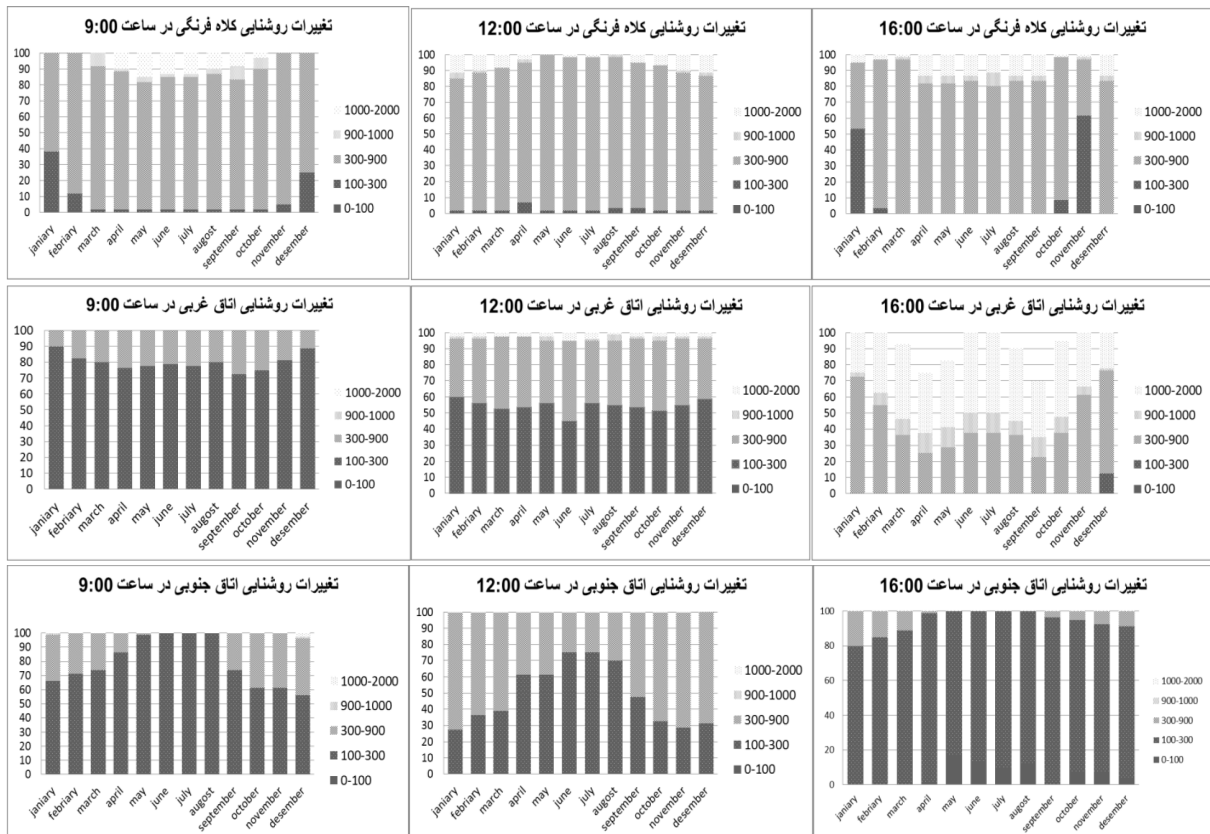
- برای اتاق رو به سمت غرب خانه، در ساعت ۹:۰۰، اتاق رو به سمت جنوب در شرایط بسته بودن درها ۷۹ درصد در محدوده ۱۰۰-۳۰۰ لوکس، ۳۰/۳ درصد زیر این بازه و ۲۰ درصد بالای ۱۰۰۰ لوکس است.

- در ساعت ۱۲:۰۰، ۵۰ درصد فضای اتاق دارای میزان نور ۱۰۰-۳۰۰ لوکس می باشد.

- در ساعت ۱۶:۰۰، ۴۲ درصد بین بازه ۹۰۰-۳۰۰ لوکس، ۱ درصد کمتر و ۴۷ درصد بیشتر از ۱۰۰۰ لوکس دارد.

اتاق کلاه فرنگی

- تغییرات میزان نور برای اتاق کلاه فرنگی در ساعات ۹:۰۰ و ۱۶:۰۰، تقریباً مشابه بوده و حدوداً ۸۳ درصد این اتاق دارای



تصویر ۱۰- نمودار مقایسه درصد روشنایی مساحت اتاق ها برای تمام طول سال به توجه به بازه های روشنایی مورد نیاز انسان (UDI).

نتیجه

است که امکان استفاده سطوح اتاق را برای انجام فعالیت‌های بصری فراهم می‌کند. ۸۳٪ مساحت این اتاق در اکثرا یام سال دارای روشنایی بین ۳۰۰ تا ۹۰۰ لوکس (روشنایی مناسب) در غالب سطح اتاق بوده (نفوذ نور به داخل از طریق این نوع نورگیر به طور غیر مستقیم می‌باشد) و میزان روشنایی بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ لوکس در این اتاق نزدیک صفر می‌باشد و تنها ۱۰٪ مساحت اتاق در روشنایی ۲۰۰۰ لوکس و یا بالای آن قرار دارد. این اتاق برای انجام فعالیت‌های بصری که نیاز به روشنایی ۳۰۰ تا ۹۰۰ لوکس بایک‌نواختی روشنایی در کل اتاق دارد، کاملاً مناسب است. همچنین با توجه به موقعیت این اتاق، قرار گرفتن در فضای واسط اتاق‌های دیگر و نداشتن ارتباط با محیط بیرون دارای نوسانات دمایی حداقل ۳ درجه کمتر از سایر اتاق‌ها می‌باشد.

۳. با توجه به اندازه‌گیری‌ها و شبیه‌سازی انجام شده، اتاق رو به غرب به نسبت اتاق رو به جنوب در ساعات ۸-۱۳ از نور بهتری برخوردار است اما ضریب یکنواختی توزیع روشنایی در اتاق رو به غرب بین ۰/۳ تا ۰/۵ می‌باشد. در ساعاتی که خورشید به مغرب می‌رود،

بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی و شبیه‌سازی یک ساله که اعتبار آن توسط اندازه‌گیری میدانی کنترل شده است، نتایج زیر حاصل گردید (جدول ۴):

۱. نور وارد شده به اتاق رو به جنوب به دلیل وجود سایبان عمیق در مقابل آن نسبتاً پایین بوده است اما همین سایبان از نفوذ نور شدید به داخل ساختمان تا حد زیادی ممانعت می‌کند. به طور کلی تنوع یکنواختی^۸ روشنایی این اتاق تقریباً برابر ۰/۱ می‌باشد. با توجه به اینکه کمتر از یک درصد این اتاق در میزان روشنایی ۲۰۰۰ لوکس قرار می‌گیرد و بیشتر عمق اتاق در محدوده روشنایی پایین قرار دارد و با توجه به ضریب یکنواختی اتاق و موقعیت و دید مناسب آن که به حیاط دارد، برای انجام فعالیت‌های عمومی و استراحت مناسب است.

۲. اتاق کلاه فرنگی با توجه به موقعیت اتاق و نوع نورگیر آن که در سقف تعبیه شده است، دارای ضریب یکنواختی ۰/۷ می‌باشد. این ضریب نشان دهنده توزیع یکنواخت روشنایی در سطح اتاق

جدول ۴- بررسی شرایط روشنایی از نظر روشنایی کمکی، مناسب و خیرگی در نمونه‌های مورد مطالعه.

نام اتاق	درصد سطح اتاق از نظر روشنایی در طول سال بر حسب ماه	درصد سطح اتاق از نظر روشنایی در طول سال
اتاق رو به غرب		
اتاق رو به جنوب		
اتاق کلاه فرنگی		

۴۸٪ مساحت این اتاق در تمام ایام سال دارای نور مناسب است. ۴۵٪ مساحت اتاق در برخی مواقع به ویژه صبح‌ها و بعضی مواقع ظهرها نیاز به روشنایی کمکی دارد. در ۷٪ مساحت اتاق کنار پنجره به خصوص مواقع عصر، خیرگی اتفاق می‌افتد. این اتاق دارای یکنواختی روشنایی کمی است. این اتاق برای انجام فعالیت عمومی و فعالیت بصری به مدت کوتاه مناسب است.

۷۶٪ مساحت اتاق نیاز به روشنایی کمکی وجود دارد. تنها ۲۶٪ مساحت اتاق دارای نور مناسب می‌باشد که این مواقع بیشتر در اواسط روز است. بنابراین این اتاق برای انجام امور عمومی و استراحت مناسب است.

۸۳٪ مساحت اتاق در تمام ایام سال دارای روشنایی مناسب است. ۷٪ مساحت اتاق در بعضی مواقع سال نیاز به روشنایی کمکی دارد. نزدیک ۱٪ احتمال وقوع خیرگی برای این اتاق وجود دارد. میزان یکنواختی روشنایی در این اتاق بسیار زیاد است. به طور کلی این اتاق برای انجام فعالیت‌های بصری و عمومی مناسب است.

توسط نورگیرهای مختلف در اتاق‌های یک ساختمان سنتی با در نظر گرفتن شرایط موجود بوده است. آنچه که مشخص است، برای تعمیم و گسترش این موضوع که آیا نورپردازی این خانه و به طور کلی خانه‌های سنتی برای تامین روشنایی مناسب بوده اند؟ و اینکه آیا به کمک این روش می‌توان به راهی برای رسیدن به طراحی الگویی برای تامین روشنایی روز به شیوه معماری سنتی رسید؟ و همچنین بررسی تاثیر تغییر ابعاد اتاق‌ها، اندازه نورگیرها و حتی تغییر رنگ شیشه‌ها و سایر مصالح اتاق‌ها بر روی میزان دریافت روشنایی و چگونگی تاثیر آنها در نحوه توزیع نور در داخل اتاق‌ها، موضوعاتی هستند که می‌توانند به عنوان مطالعات آتی در نظر گرفته شوند که در آینده توسط نگارندگان این مقاله و یا سایر پژوهشگران صورت پذیرد. به عبارت دیگر می‌توان این مقاله را آغازگر این نوع نگاه و شروعی برای تحقیقات کاربردی در زمینه بررسی کمی میزان روشنایی اتاق‌ها در خانه‌های سنتی ایران برشمرد.

نور شدید و آزار دهنده‌ای وارد اتاق می‌شود و ۱۴٪ مساحت سطح کار این اتاق در اکثر ایام سال در این زمان دارای روشنایی ۲۰۰۰ لوکس و بیشتر از آن می‌باشد. که با استفاده از سایبان کرکره‌ای می‌توان در این زمان‌ها میزان شدت این نور را کاهش داد. به طور کلی می‌توان با توجه به تنوع روشنایی این اتاق در طول روز، برای انجام فعالیت‌های عمومی از آن استفاده نمود.

۴. میزان نور اتاق‌های خانه‌های قدیمی با توجه به جهت و ابعاد آنها و نسبت پنجره‌های آنها مناسب و کافی می‌باشد که این نشان دهنده دقت و توانایی سازندگان آنها در کاربرد نور روز جهت تامین روشنایی آنها می‌باشد. بنابراین می‌توان بیان نمود، علت اصلی اتخاذ نام شاه‌نشین برای فضاهایی با نورگیر سقفی، داشتن روشنایی و شرایط دمایی مناسب‌تر در مقابل سایر اتاق‌های خانه‌های قدیمی بویژه خانه‌های واقع در اقلیم گرم و خشک می‌باشد. این تحقیق صرفاً در پی بررسی و مقایسه چگونگی توزیع نور

سپاسگزاری

با تشکر فراوان از سازمان میراث فرهنگی شهر کرمان بویژه جناب آقای بنی اسدی که همکاری لازم را در آماده سازی خانه جهت انجام اندازه‌گیری میدانی این پروژه مبذول داشتند و همچنین تشکر ویژه از جناب آقای محمود کاظم زاده که ما را در مراحل انجام کار میدانی همراهی نمودند.

پی‌نوشت‌ها

Kristl Z., Krainer A. (1998), Light wells in residential building as a complimentary daylight source, *Journal of Solar Energy*, 65, pp 197-206.

Leslie, R. P. (2003), Capturing the daylight dividend in building: why and how?, *Journal of Building & Environment*, 38, pp 381-385.

Nabil, A & Mardaljevic, J. (2005a), Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm to Access Daylight in Buildings, *Lighting Research & Technology*, 37 (1), 41-59.

Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2005b), Useful Daylight Factors, *Energy and Buildings*, 38 (7).

Ochoa, C. E., Capelute, I.G. (2006), Evaluating visual comfort and performance of three natural lighting systems for deep office buildings in highly luminous climates, *Journal of Building & Environment*, 41, 1128-1135.

Safaii, B., Khalaji Asadi, M., Taghzadeh, H., Jilavi, A., Taleghani, G., Danesh, M. (2005), Estimating Solar Energy Potential in Iran and Related Radiation, *Atlas. J. Nuclear Sci. Tech.* 33, 27-34.

The Society of Light and Lighting (2009), *The SLL lighting*, Handbook, CISBSE.

Tahbaz, Mansoureh, Moosavi, Fatemeh (2009), Daylighting Methods in Iranian Traditional Architecture (Green Lighting), *International Conference, EPFL Lausanne, Switzerland*, 273-278.

Tahbaz, Mansoureh, Moosavi, Fatemeh and Djalilian, Shahrbanoo (2011), Assessment of Iranian Traditional Door-Windows A Proposal To Improve Daylighting System In Classrooms, *International Conference, EPFL Lausanne, Switzerland*, 479-484.

<http://marpiich.com/ArchitectDetails.aspx>

kerman Climate. <http://en.wikipedia.org/wiki/kerman#Climate>

1 Validate.

2 Manual Light Meter.

3 Kestrel Weather Package.

4 Color Analyzer.

5 Data Logger.

6 False Color.

7 Useful Daylight Illumination.

۸ 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 تمام سطح فضا را نشان می‌دهد.

شرایط توزیع روشنایی و ضریب یکنواختی فضاها در سه گروه قابل تقسیم‌بندی است:

- ضریب یکنواختی بین ۰/۶ تا ۰/۷، که نشان دهنده توزیع یکنواخت روشنایی در سطح اتاق است که امکان استفاده از کلیه سطوح اتاق را برای انجام فعالیت‌های بصری فراهم می‌کند.

- ضریب یکنواختی توزیع روشنایی بین ۰/۳ تا ۰/۵، که برای انجام فعالیت‌های عمومی و غیربصری مناسب است.

- ضریب یکنواختی کمتر از ۰/۳ که عدم یکنواختی روشنایی را نشان می‌دهد (The SLL lighting Handbook, CISBSE 2009).

فهرست منابع

آرشیو سازمان میراث فرهنگی کرمان (۱۳۷۲)، پروژه مرمت خانه احمد امینیان، سازمان میراث فرهنگی شهر کرمان.