

تأثیر هندسه و سطح نورگیر پنجره‌های اتاق‌های زمستان نشین بر عمق نفوذ نور روز (مطالعه موردی: خانه‌های سنتی یزد)*

مهندس فاطمه موسوی**، دکتر مهناز محمودی زرنندی***، دکتر منصوره طاهباز****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳

چکیده

معماری ایران در زمینه بهره‌گیری از نور روز دارای تجارب غنی می‌باشد. به‌منظور بازشناسی عملکرد نورگیرها رابطه میان سطوح نورگذر و مساحت اتاق و زاویه رؤیت آسمان مورد بررسی قرار گرفته است. هفده اتاق از دوازده خانه قدیمی یزد، انتخاب گردید. موارد مورد بررسی عبارت‌اند از: هندسه و تناسبات اتاق‌ها، موقعیت آن در حیاط، موقعیت نورگیر، نسبت سطح نورگیر به سطح اتاق، زاویه رؤیت آسمان در نما و مقطع اتاق‌ها. روش گردآوری اطلاعات با برداشت میدانی و روش تحلیل داده‌ها، تحلیل عددی و با استفاده از معیارها و روش‌های محاسباتی معرفی شده در کتاب‌های استاندارد راهنمای نورپردازی طبیعی می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که رابطه دقیقی میان سطح نورگذر، ارتفاع تاج پنجره و عمق اتاق و میزان رؤیت آسمان وجود دارد که می‌تواند برای پیدا کردن تناسبات نورگیر و عمق اتاق برای بهره‌گیری از نور روز مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی

اتاق‌های زمستان نشین، زاویه رؤیت آسمان، نور روز، هندسه اتاق. خانه‌های یزد

* این مقاله برگرفته از پایان نامه دکتری معماری فاطمه موسوی با عنوان «تبیین الگوی کارآمد سطح نورگذر کلاس درس (شهر تهران) بمنظور ارتقا آسایش نوری با رویکرد به پنجره ایرانی» در دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، با راهنمایی خانم دکتر مهناز محمودی زرنندی و مشاور خانم دکتر منصوره طاهباز است.

** دانش آموخته دکتری معماری، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

*** دانشیار گروه معماری، دانشکده فنی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (مسئول مکاتبات)

Email: Mahnaz_Mahmoody@yahoo.com

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

مقدمه

خشک روش‌های متنوعی برای کنترل و هدایت نور روز وجود دارد، اما بعد از اختراع چراغ برق و استفاده از نورهای مصنوعی روش‌های نورپردازی طبیعی فراموش شده است که یکی از دلایل ازدیاد مصرف انرژی الکتریکی است.

اما تجربه‌های اخیر این موضوع را ثابت کرد که نیاز انسان به نور روز از لحاظ روانی و جسمی بسیار بیشتر از تأمین روشنایی با برق است. در همین راستا تحقیقات و مطالعات بی‌شماری در سراسر دنیا در رابطه با بهره‌گیری از نور روز انجام گرفته است؛ مانند انجمن‌های روشنایی؛ CIE انجمن روشنایی اروپا، IESNA انجمن روشنایی آمریکا، CIES انجمن روشنایی چین، ILSE انجمن روشنایی هندوستان و سایر انجمن‌ها در کانادا و استرالیا که در تولید استانداردهای روشنایی طبیعی و مصنوعی فعالیت می‌کنند.

علی‌رغم پیشرفت‌های چشمگیر در دنیا در زمینه دانش نورپردازی طبیعی و سابقه معماری گذشته ایران در زمینه استفاده از جلوه‌های نورپردازی طبیعی، تحقیقاتی صرفاً توصیفی در رابطه با نورپردازی فضاهای معماری سنتی انجام شده است مانند سلطان‌زاده (۱۳۷۵). اما در تحقیقی که در سال ۲۰۰۹ انجام گردید ۶ سیستم نورپردازی و ۲۶ نوع نورگیر در ساختمان‌های سنتی ایرانی شناسایی گردید (Tahbaz & Moosavi, 2009). در مطالعه دیگری عملکرد انواع در/پنجره‌ها از لحاظ نور روز در بعضی از اتاق‌های خانه‌های کاشان در سال ۲۰۱۲ انجام شد که مشخص شد رابطه‌ای بین میزان روشنایی و نحوه توزیع نور طبیعی در فضاهای دارای در/پنجره، با مشخصات نورگیر، هندسه فضا و مجاورت‌های آنها وجود دارد (Tahbaz et al., 2011). محققینی نیز بر روی تأثیرگذاری اجزا الحاقی سطوح نورگذر بر دریافت نور روز کار کرده‌اند. قیابکلو و مؤذنی (۱۳۹۳) ابعاد و زاویه چرخش سایبان‌های افقی بر توزیع روشنایی طبیعی را تدقیق نمودند. عمق رف‌های نوری نیز برای جلوگیری از خیرگی و توزیع بهینه روز مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات در زمینه رف نوری نیز بیانگر اهمیت ترکیب رف نوری و سایبان در توزیع یکنواخت نور روز است (مهدوی نژاد و همکاران، ۱۳۹۵، ۸۱).

مطالعه بر روی سایر عناصر فضاهای داخلی مانند مبلمان و سطوح بدنه‌های اتاق‌ها نشان داده است که هر چه مبلمان کمتر باشد و در اطراف پنجره‌ها از مبلمان کمتری استفاده شده باشد و ضریب صیقلی بودن بدنه‌ها بیشتر باشد میزان شدت روشنایی متوسط داخل اتاق افزایش می‌یابد (محمدی تبار و فیاض، ۱۳۹۱، ۲۱).

روش پژوهش

در این تحقیق به منظور کشف رابطه بین تناسب فضا و میزان

سابقه طولانی سکونت و شرایط جغرافیایی - اقلیمی متنوع در ایران موجب شده تا در زمینه معماری و شهرسازی دستاوردهای ارزشمندی وجود داشته باشد. از جمله این دستاوردها می‌توان به شیوه‌های نورپردازی طبیعی در ساختمان‌های مسکونی اشاره کرد. مطالعه اجمالی نمونه‌های تاریخی ایران نشان داده است که در زمینه نورپردازی طبیعی در انواع ساختمان‌ها و انواع اقلیم‌های ایران، شش سیستم نورپردازی دیواری و سقفی با ۲۶ نوع نورگیر وجود داشته است که هر کدام با توجه به محل استقرار و نوع کاربری فضا دارای قواعد و معیارهای طراحی و جزئیات اجرایی خاص خود بوده است.

با توجه به فراوانی نور روز در ایران و سابقه معماری ارزشمند این کشور در زمینه نورپردازی طبیعی، تحقیق حاضر درصدد است تا با مطالعه اصول کالبدی نورگیرهای اتاق‌های زمستان نشین در خانه‌های قدیمی یزد به رمزگشایی اصول هندسی به کاررفته در این نوع از نورگیرها و فضاهای وابسته به آن بپردازد. در نهایت پاسخ به دو سؤال زیر مبنای تحقیق بوده است:

۱) رابطه بین مساحت نورگیر و عمق نفوذ نور روز را در اتاق‌های زمستان نشین در چه شاکله‌ای می‌توان تعریف کرد؟ (۲) میزان آسمان قابل‌رؤیت در اتاق‌های زمستان نشین چند درصد است؟ از نظر نورپردازی طبیعی می‌توان طراحی این اتاق‌ها را در دو سطح موردتوجه قرار داد. سطح اول وضعیت مجاورت‌ها و نسبت فضاهای باز و بسته است که امکان نورگیری اتاق‌ها را بر اساس میزان آسمان قابل‌مشاهده در هر شهر تعیین می‌کند. سطح دوم عمق و هندسه اتاق‌ها و جزئیات نورگیر است که میزان روشنایی و نحوه توزیع آن در اتاق را تعیین می‌کند.

در سال‌های اخیر با توجه به ضرورت استفاده از نور روز در معماری از یک‌سو و معرفی استانداردهای جدید جهت بهره‌برداری از نور روز از طرف انجمن‌های جهانی نورپردازی، راهکارهای جدیدی به معماران به‌منظور طراحی بناها متناسب با نور روز ارائه شده است که می‌توان با استفاده از آن معیارها میزان بهره‌گیری از نور روز را در ساختمان‌ها پیش‌بینی کرد. تحقیق حاضر با عنایت به این رویکرد، در نظر دارد تا با استفاده از معیارهای ارزیابی معرفی شده در این عرصه، به بررسی شرایط نورپردازی خانه‌های تاریخی شهر یزد بپردازد.

پیشینه پژوهش

استفاده از نور روز در طول تاریخ معماری همواره موردنظر معماران بوده و روش‌های سنتی متعددی در اقلیم‌های مختلف برای انتقال نور طبیعی به داخل فضا دیده می‌شود. در ایران و در اقلیم گرم و

۱۲۱۵ متر است (طاهباز و جلیلیان، ۱۳۹۳).

شهر یزد واقع در استان یزد (مرکز ایران) و بین رشته‌های شیرکوه و خراق و در دره‌ای وسیع قرار گرفته است. قلمرو وسیعی از استان یزد زیرپوشش اقلیم‌های خشک و فرا خشک قرار گرفته است. دور بودن منطقه از سفره‌های آب وسیع، کمی مقدار بارندگی و بالا بودن میزان تبخیر، عامل اصلی این خشکی به شمار می‌آید. فقط گستره‌های نیمه مرتفع و مرتفع کوهستانی استان که باران بیشتری دریافت می‌کنند، در گروه اقلیم‌های نیمه‌خشک و نیمه مرطوب قرار می‌گیرند (همان). بر اساس آمار هواشناسی، ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهر یزد (۱۹۵۲-۲۰۰۵) در تابستان دما به‌طور متوسط به ۴۰ درجه و در روزهای گرم‌تر تا ۴۴ درجه می‌رسد در نتیجه باید حتی‌الامکان از نفوذ آفتاب به فضاهای داخلی جلوگیری شود و برعکس در زمستان دما به‌طور متوسط به حدود صفر و در شب‌های سردتر ممکن است به ۱۰- درجه نیز می‌رسد و باید در زمستان از ذخیره آفتاب به نحو مطلوبی بهره گرفت. خانه‌های سنتی یزد در این تحقیق به‌عنوان بستر پژوهش مطرح بوده‌اند. در این خانه‌ها زیبایی طبیعت، نمود وحدت و تأکید بر جلوه فضا از دید ناظر و توجه به معانی نمادین از اصول زیبایی‌شناسی می‌باشند (سلیمانی و مندگاری، ۱۳۹۵، ۶۷) و نور در این خانه‌ها نه‌فقط برای زیبایی بلکه از جنبه آسایش نیز بسیار حائز اهمیت بوده است.

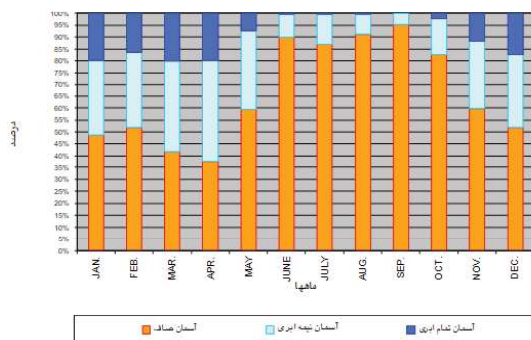
طبق آمار بلندمدت یزد (شکل ۱ و ۲) در ۲/۳ سال، آسمان آفتابی است. در روزهای تابستان، آسمان صاف بیشترین سهم را دارد (بالای ۹۰٪)، اما در زمستان و بهار، آسمان صاف سهم کمتری دارد.

بهره‌گیری از آسمان قابل‌رؤیت اتاق‌های زمستان نشین، تعدادی از خانه‌های تاریخی یزد با حیاط مرکزی و اتاق‌های سه، پنج و هفت دری به‌عنوان نمونه مطالعاتی انتخاب شدند. خانه‌های منتخب به ترتیب عبارت‌اند از: عرب‌ها، اردکانی، فاتحی، فرهنگ و مظفری، مرتاض، مشروطه، مشکیان، بی‌بی رقیه، علیرضا عرب، سیگاری، گلشن، گرمی، علمی‌ها که به جهت دسترسی و سلامت بنا قابل استناد بودند و ثبت میراث فرهنگی شده‌اند، انتخاب شدند. نکاتی که در این پنجره‌ها موردبررسی قرار گرفتند مربوط به هندسه فضا و درصد آسمان قابل‌رؤیت در هر اتاق می‌باشد. روش دستیابی به موارد مذکور در خانه‌ها از طریق برداشت میدانی بوده است. شیوه تحلیل داده‌ها بر مبنای تحلیل عددی بر اساس استاندارد نورپردازی طبیعی انگلستان انجام گرفته است و سپس بر مبنای استدلال استقرایی نتایج به‌دست‌آمده تعمیم داده‌شده و به‌صورت اصول کلی عوامل کالبدی معماری که ارتباط مستقیمی با دریافت نور روز در فضا ارائه گردیده است.

محل انجام تحقیق: یزد

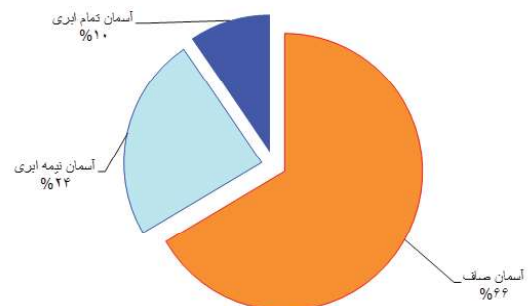
استان یزد با پهنه‌ای حدود ۷۴۲۱۴ کیلومترمربع و در کناره کویر نمک در مرکز ایران در ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه پهنای شمالی و ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۷ دقیقه درازای خاوری نسبت به مدار گرینویچ قرار دارد. این استان از شمال به استان اصفهان، از شمال خاوری به استان خراسان از خاور به استان‌های خراسان و کرمان و از جنوب باختری به استان فارس و از جنوب خاوری به استان کرمان محدود است. ارتفاع مرکز استان از سطح دریا

وضعیت آسمان در ماههای مختلف



شکل ۲. شرایط آسمان در یزد - بر اساس آمار سال‌های ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ (مأخذ: طاهباز و جلیلیان، ۱۳۹۳ - گزارش اقلیمی یزد)

تعداد روزهای صاف تا آبری



شکل ۱. درصد روزهای صاف و آبری یزد (مأخذ: طاهباز و جلیلیان و ۱۳۹۳ - گزارش اقلیمی یزد)

معیارهای طراحی در نورپردازی طبیعی

هندسه اتاق

-ضریب اتاق: عمق مناسب اتاق معمولاً تابعی از محل قرارگیری نورگیر از یک طرف و میزان روشنایی موردنیاز از طرف دیگر می‌باشد. عمق و تناسبات فضا با توجه به محل و ابعاد نورگیر همچنین میزان انعکاس از سطوح داخلی اتاق قابل تعیین می‌باشد. در فضاهایی که با نورگیر دیواری روشن می‌شوند و امکان دیدن پهنه آسمان در آن وجود دارد، نسبت عمق، پهنای و میزان انعکاس اتاق باید از رابطه زیر تبعیت کند تا اتاق به خوبی روشن شود. این رابطه که شاخص اتاق نامیده می‌شود به صورت زیر است. (CIBSE, 1999, 16-17)

$$\frac{L}{W} + \frac{L}{H} \leq \frac{2}{1 - R_b}$$

رابطه ۱. نسبت عمق، پهنای و میزان انعکاس

در رابطه (۱) L عمق اتاق از پنجره تا دیوار مقابل آن برحسب متر است، W عرض اتاق است که موازی سطح پنجره و برحسب متر اندازه‌گیری می‌شود، H ارتفاع تاج پنجره از کف اتاق برحسب متر است. R_b متوسط ضریب انعکاس از کلیه سطوح داخلی اتاق شامل سقف، دیوارها و کف می‌باشد (CIBSE, 2011, 26). (جدول ۱)

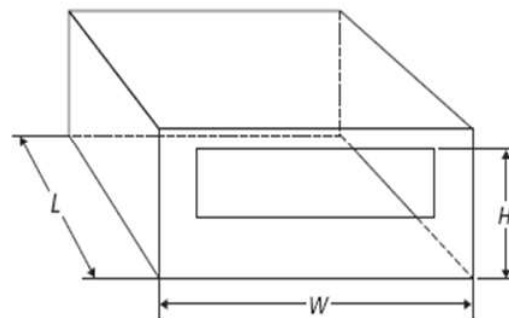
عامل نور روز، درصدی است حاصل تقسیم میزان روشنایی داخلی فضا به روشنایی بیرون؛ و بدون در نظر گرفتن تابش مستقیم خورشید محاسبه می‌شود (Baker & steemers, 2002, 73). ضریب تابش آفتاب و عرض جغرافیایی و موقعیت بستر طرح و فضا از نظر هم‌جواری‌ها و بدنه‌ها و ارتفاع بدنه‌های کالبدی جلوی سطوح نورگیر بر عامل نور روز مؤثر است.

مکان‌یابی ساختمان در محوطه، توجه به سایه‌اندازی‌ها، جهت‌گیری ساختمان، جنس مصالح نازک‌کاری دیوارهای داخلی و اندازه و موقعیت و نوع شیشه سطوح نورگذر بر کیفیت نور روز فضاهای داخلی مؤثر است (CIBSE, 1999).

یکی از موارد مهم در توزیع نور روز مناسب در فضا نسبت میان عمق اتاق و ارتفاع پنجره (ضریب اتاق)، نسبت سطح نورگذر به کف اتاق و میزان آسمان قابل‌رؤیت در وضعیت همسایگی‌ها (نما و برش) است. در کتب راهنمای روشنایی نور روز، ویژگی‌های معماری و هندسی فضاها ارائه شده‌اند که بر اساس آنها می‌توان نتیجه گرفت که توزیع نور در یک فضا مناسب یا نامناسب است (CIBSE, 1999). در زیر برخی از این اصول شرح داده می‌شوند.

جدول ۱. رابطه عمق اتاق و عمق نفوذ روشنایی (Source: CIBSE, 1999, 16)

ضریب انعکاس سطوح	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۶
عرض اتاق (متر)	۳	۱۰	۳	۱۰	۳	۱۰
ارتفاع تاج پنجره از کف اتاق (متر)	۲/۵	۴/۵	۶/۷	۵/۴	۸/۱۰	۶/۸
	۳	۵	۷/۷	۶	۹/۲	۷/۵
	۳/۵	۵/۴	۸/۶	۶/۵	۱۰/۴	۸/۱
						۱۳



شکل ۳. مشخصات هندسی یک اتاق با نورگیر دیواری یک طرفه (Source: CIBSE, 2011, 26)

تا چه حد توسط موانع خارجی مستور شده باشد. محاسبه این مقدار معمولاً در شرایط آسمان تمام ابری یعنی هنگامی که کمترین میزان نور روز فراهم است انجام می‌شود (CIBSE, 1999, 25). در نظر گرفتن شرایط آسمان به‌منظور عدم تأثیر پرتوهای مستقیم خورشید بر مقدار متوسط نور روز می‌باشد (احدی و همکاران، ۱۳۹۵، ۴۳). برای پنجره‌ای که نمای مقابل آن بلند است، مقدار روشنایی حاصل از نور مستقیم آسمان، بستگی به زاویه دید آسمان دارد. زاویه دید آسمان که با Θ نشان داده می‌شود، محدوده‌ای است که از وسط ارتفاع پنجره نسبت به خط آسمان نمای مقابل و خط بالای نورگیر ترسیم می‌شود. زمانی که پنجره افق آسمان را می‌بیند و در بالای آن نیز سایبانی وجود ندارد، زاویه دید آسمان برابر ۹۰ درجه خواهد بود. اگر به‌اندازه ۲۵ درجه سایبان در بالای پنجره قرار گیرد، این زاویه ۶۵ درجه خواهد شد (CIBSE, 1999, 25). از روش‌های ترسیمی محدوده بی‌خط آسمان و ضریب اتاق برای کنترل یکنواختی نور در داخل اتاق می‌توان در کنار روش‌های محاسباتی یا شبیه‌سازی ضریب نور روز استفاده کرد (CIBSE, 2011, 25). «زاویه دید آسمان در مقطع» برای پنجره‌ای واقع در یک کوچه با خط آسمان افقی و نامحدود تعریف شده است. «زاویه دید آسمان در نما» عبارت است از زاویه‌ای که از وسط پنجره، به خط آسمان لبه‌های ساختمان‌های عمود بر پنجره رسم شده و در نمای پنجره قابل مشاهده است.

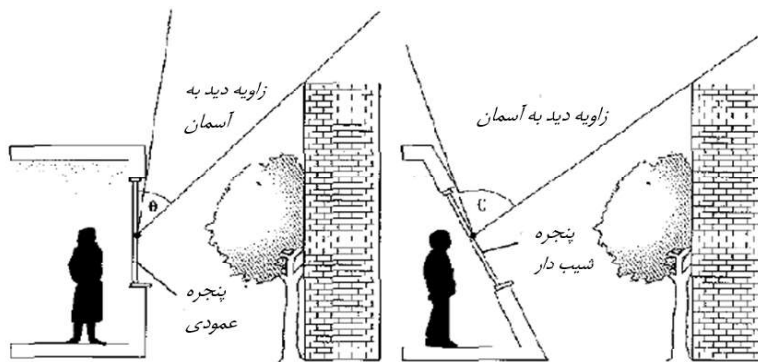
شکل ۳ عمق‌های مختلف اتاق بر اساس معادله (۱) را نشان می‌دهد. در صورتی که در یک بنا لازم باشد که تمامی فضاها با استفاده از نور روز روشن گردد و هر فضا با استفاده از پنجره در یک دیوار روشن شود، معادله بالا تعیین‌کننده عمق هر فضا خواهد بود. در شرایطی که عمق فضاها بیشتر از مقدار تعیین‌شده باشد، نیمه انتهایی اتاق تاریک به نظر خواهد آمد و روشنایی کمی موردنیاز خواهد بود. سطوح داخلی با انعکاس بیشتر و پنجره‌های با تاج بلندتر امکان استفاده از عمق بیشتر را فراهم می‌کند. در اتاق‌های پهن‌تر نیز عمق بیشتری قابل قبول خواهد بود. به‌عنوان مثال در اتاقی با ۳ متر عرض و ۲/۵ متر ارتفاع تاج پنجره و ضریب انعکاس ۰/۴ حداکثر عمق ۴/۵ متر است. در صورتی که ضریب انعکاس سطوح داخلی اتاق به ۰/۶ افزایش یابد، حداکثر عمق ۶/۸ خواهد بود. در صورتی که تاج پنجره تا ۳/۵ متر افزایش یابد، با ضریب انعکاس ۰/۴ عمق ۵/۴ متر و با ضریب انعکاس ۰/۶ عمق اتاق تا ۸/۱ افزایش خواهد یافت (CIBSE, 1999, 16-17). میزان انعکاس سطوح مختلفی که معمولاً در یک ساختمان وجود دارد در جدول ۲ نشان داده شده است.

زاویه دید آسمان در مقطع

نور روز قابل دسترس در یک فضا بستگی به میزان روشنایی دارد که به پنجره می‌رسد. این مقدار روشنایی نیز بستگی به این دارد که پنجره

جدول ۲. میزان انعکاس سطوح مختلف در یک ساختمان (Source: Boyce & Raynham, 2009, 276)

نوع مصالح	میزان انعکاس	نوع رنگ	میزان انعکاس
کاغذ سفید	۰/۸	سفید	۰/۸۵
استیل براق	۰/۴	کرم روشن	۰/۸۱
سیمان مسطح	۰/۴	طوسی روشن	۰/۶۸
فرش بارنگ روشن	۰/۳	زرد پررنگ	۰/۶۴
روکش چوبی روشن	۰/۴	طوسی ملایم	۰/۴۵
روکش معمولی	۰/۲	سبز پررنگ	۰/۲۲
روکش تیره	۰/۱	قرمز پررنگ	۰/۱۸
کاشی	۰/۱	آبی پررنگ	۰/۱۵
شیشه پنجره	۰/۱	طوسی تیره	۰/۱۴
فرش تیره	۰/۱	قهوه آبی تیره	۰/۱۰
		بنفش تیره	۰/۱۰
		مشکی	۰/۰۵



شکل ۴. روش تعیین زاویه دید آسمان از نورگیر (Source: CIBSE, 1999, 25)

همکاران، ۱۳۹۴، ۷۱).

ارتفاع سطح کار در تعیین محدوده آسمان بدون مانع دید نقش دارد. برای نورگیری مناسب حداقل ۸۰٪ سطح کار باید نور آسمان را داشته باشد (Boyce & Raynham, 2009, 134). چنانچه بخش قابل توجهی از سطح کار در محدوده آسمان بدون مانع دید قرار گیرد نمی‌تواند از نور آسمان بهره‌مند گشته و توزیع نور طبیعی ضعیف بوده و روشنایی الکتریکی کمکی موردنیاز خواهد بود. در این شرایط افزایش ارتفاع تاج پنجره، یا افزایش فاصله پنجره از نمای مقابل آن، محدوده آسمان بدون مانع دید را کاهش خواهد داد. مرز خط آسمان با ترسیم مقطع و پلان قابل تعیین است (CIBSE, 1999, 17).

بررسی نور روز در خانه‌های یزد

از میان بناهای باارزش تاریخی شهر یزد، خانه‌های مربوط به دوره‌های زندیه تا پهلوی انتخاب شدند. در تمامی خانه‌ها معمولاً اتاق‌های زمستان نشین (رو به جنوب) و آفتاب‌گیر که دارای پلان‌هایی با فرم مستطیل و یا طنبی هستند. این اتاق‌ها با جهت‌گیری از جنوب شرقی تا جنوب غربی با زاویه‌های ۲۴ تا ۴۲ درجه قرار گرفته‌اند و در مقابل آنها ایوان و یا مهتابی وجود ندارد.

تعاریف و استانداردهای ذکر شده در مبحث سوم بر روی ۱۷ اتاق از ۱۲ خانه مورد بررسی واقع شد؛ که به صورت زیر قابل ارائه است.

درصد آسمان قابل رؤیت-وضعیت مجاورت‌ها: اتاق‌های زمستان نشین مورد بررسی خانه‌های یزد با حداقل زاویه ۴۴ و حداکثر ۷۳ درجه زاویه قائم به آسمان دید دارند. همچنین آنها در نما به میزان حداقل ۱۰۲ درجه و حداکثر ۱۴۷ درجه آسمان را مشاهده می‌کنند. با ترسیم این خطوط بر روی مسیر حرکت خورشید میزان درصد آسمان قابل رؤیت برای هر کدام از اتاق‌ها به تفکیک مشخص می‌شود که برای حداکثر آنها ۲۱٪ می‌باشد. (جدول ۳)

نقاب آسمان: مجموعه زوایای دید آسمان در نما و مقطع نقاب

آسمان را تشکیل می‌دهد که به روش نقاب سایه الگی روی مقاله سایه یاب ترسیم می‌شود و با انطباق بر مسیر حرکت خورشید هر شهر محدوده آسمان قابل مشاهده از مرکز پنجره را نشان می‌دهد.

- اگر زاویه دید عمودی به آسمان ۶۵ درجه باشد، در نتیجه: نور روز وارد شده مناسب و کافی است.

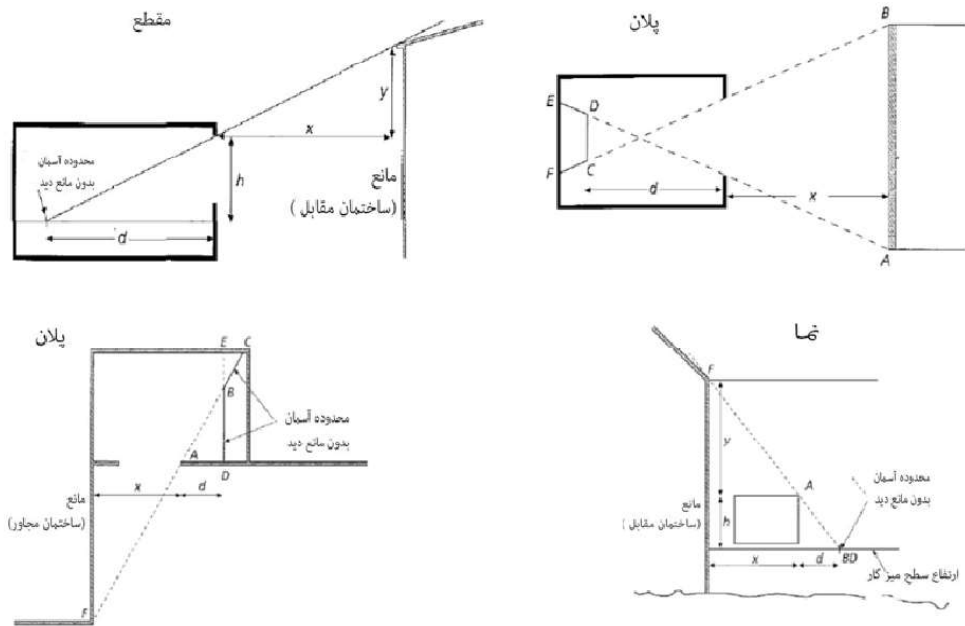
- اگر زاویه دید عمودی به آسمان بین ۴۵-۶۵ درجه باشد، در نتیجه: با تمهیداتی مانند سطح بزرگ‌تر پنجره می‌توان نور روز کافی وارد اتاق شود.

- اگر زاویه دید عمودی به آسمان بین ۲۵-۴۵ درجه باشد، در نتیجه: به سختی می‌توان با پنجره بسیار بزرگ نور روز کافی به فضا وارد شود.

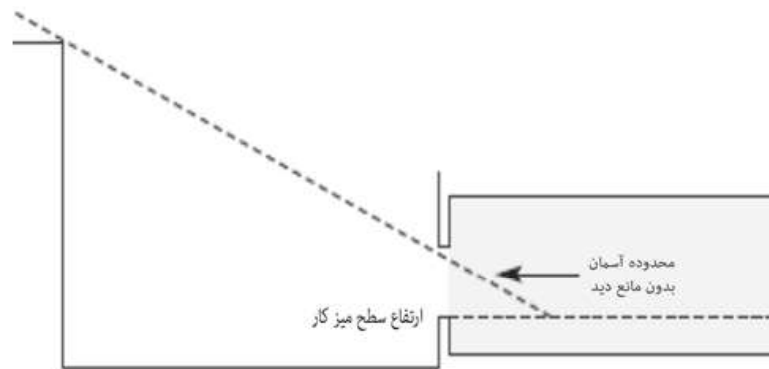
- اگر زاویه دید عمودی به آسمان کمتر از ۲۵ درجه باشد، در نتیجه: ورود نور روز کافی به فضا غیرممکن می‌شود، مگر اینکه تمام سطح دیوار پنجره شیشه‌ای باشد (CIBSE, 2014, 10).

محدوده آسمان بدون مانع دید در نما

در شرایطی که مانعی در مقابل نورگیر قرار نداشته و آسمان از داخل فضا قابل دیدن باشد، در نورگیرهای یک‌طرفه عمق مفید اتاق تقریباً دو برابر ارتفاع تاج نورگیر (بالاترین ارتفاع برای نورگذر) است. ولی در شرایطی که در بیرون ساختمان موانعی در مقابل نورگیر دیواری فضا قرار گرفته باشد، مثل اکثر فضاهای واقع در بافت‌های شهری، خط آسمان نمای مقابل نورگیر تعیین کننده عمق مفید فضا است. داخل فضا در محدوده آسمان بدون مانع دید که امکان استفاده مستقیم از روشنایی آسمان را ندارد، مقدار نور کافی نبوده و نیاز به استفاده از روشنایی کمکی وجود خواهد داشت (شکل ۶ و ۵). آسمان بدون مانع دید، محدوده‌ای را که می‌تواند از روشنایی آسمان بهره‌مند گردد از محدوده‌های محروم از روشنایی آسمان تفکیک می‌کند (طاهباز و



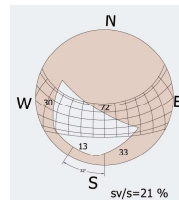
شکل ۵. روش تعیین محدوده آسمان بدون مانع در داخل فضا به کمک ترسیمات پلان، مقطع و نما (Source: CIBSE, 1999, 17-18)



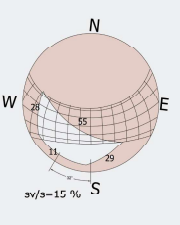

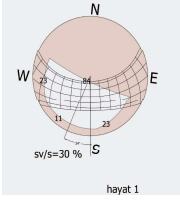
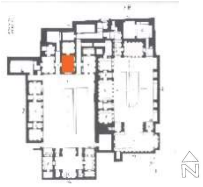
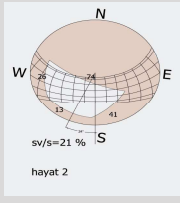
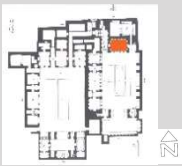
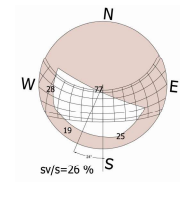

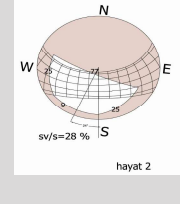

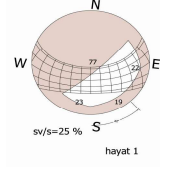
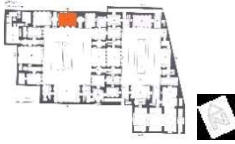
شکل ۶. محدوده آسمان بدون مانع دید در مقطع (Source: Boyce & Raynham, 2009, 134)

جدول ۳. میزان آسمان قابل‌رؤیت و زاویه دید به آسمان در مقطع در خانه‌های یزد

خانه / اتاق	درصد نقاب آسمان	جهت‌گیری اتاق نسبت به محور شمالی-جنوبی	زاویه دید آسمان در مقطع	زاویه دید آسمان در نما
خانه عرب‌ها	اتاق ۱	۳۲ درجه به سمت جنوب غربی	۵۹ درجه	۱۱۸ درجه



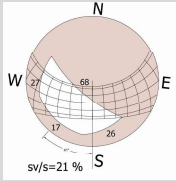
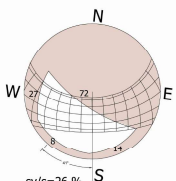
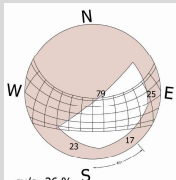
ادامه جدول ۳. میزان آسمان قابل‌رؤیت و زاویه دید به آسمان در مقطع در خانه‌های یزد

زاویه دید آسمان در نما	زاویه دید آسمان در مقطع	جهت‌گیری اتاق نسبت به محور شمالی-جنوبی	درصد نقاب آسمان	اتاق	خانه / اتاق
درجه ۱۲۳	درجه ۴۴	۳۲ درجه به سمت جنوب غربی		اتاق ۲	خانه عرب‌ها 
درجه ۱۳۴	درجه ۷۳	۲۴ درجه به سمت جنوب غربی		اتاق ۳	خانه اردکانی 
درجه ۱۱۳	درجه ۶۱	۲۴ درجه به سمت جنوب غربی		اتاق ۴	خانه اردکانی 
درجه ۱۲۷	درجه ۵۸	۲۴ درجه به سمت جنوب غربی		اتاق ۵	خانه فرهنگ و مظفری 
درجه ۱۳۰	درجه ۶۸	۲۴ درجه به سمت جنوب غربی		اتاق ۶	خانه فرهنگ و مظفری 
درجه ۱۳۴	درجه ۵۸	۴۲ درجه به سمت جنوب شرقی		اتاق ۷	خانه فاتحی 

ادامه جدول ۳. میزان آسمان قابل‌رؤیت و زاویه دید به آسمان در مقطع در خانه‌های یزد

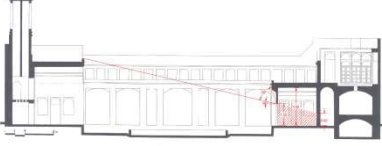
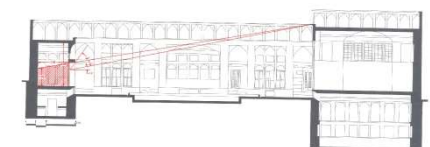
خانه / اتاق	درصد نقاب آسمان	جهت‌گیری اتاق نسبت به محور شمالی-جنوبی	زاویه دید آسمان در مقطع	زاویه دید آسمان در نما
خانه فاتحی اتاق ۸		۴۲ درجه به سمت جنوب شرقی	۷۱ درجه	۱۱۰ درجه
خانه گرامی اتاق ۹		۴۱ درجه به سمت جنوب غربی	۶۹ درجه	۱۰۲ درجه
خانه گلشن اتاق ۱۰		۴۲ درجه به سمت جنوب شرقی	۶۲ درجه	۱۴۷ درجه
خانه سیگاری اتاق ۱۱		۱۸ درجه به سمت جنوب غربی	۵۵ درجه	۱۳۵ درجه
خانه بی‌بی رقیه اتاق ۱۲		۲۴ درجه به سمت جنوب غربی	۵۱ درجه	۱۴۳ درجه
خانه مشروطه اتاق ۱۳		۴۱ درجه به سمت جنوب غربی	۶۱ درجه	۱۲۷ درجه

ادامه جدول ۳. میزان آسمان قابل‌رؤیت و زاویه دید به آسمان در مقطع در خانه‌های یزد

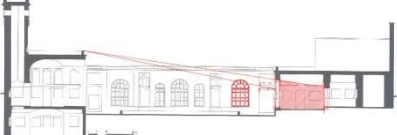
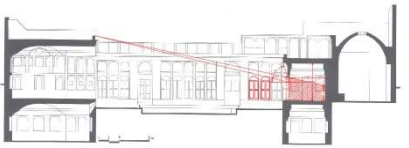
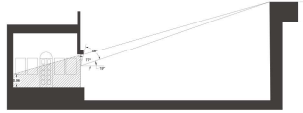
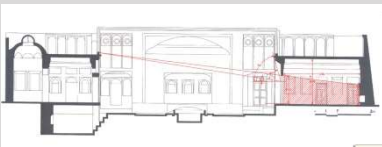
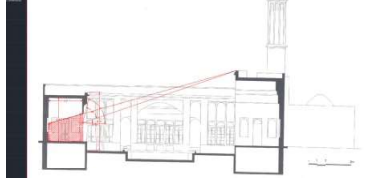
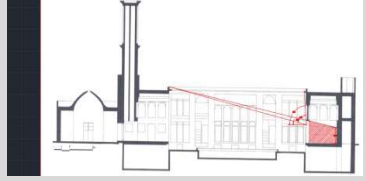
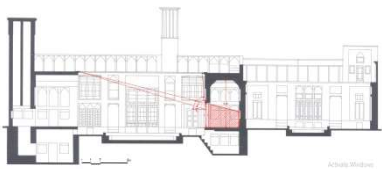
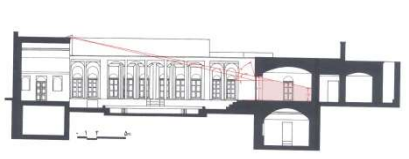
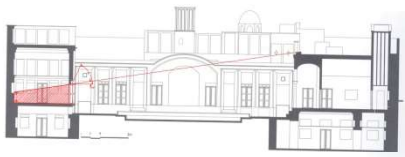
زاویه دید آسمان در نما	زاویه دید آسمان در مقطع	جهت‌گیری اتاق نسبت به محور شمالی-جنوبی	درصد نقاب آسمان	خانه / اتاق
۱۲۸ درجه	۵۱ درجه	۴۱ درجه به سمت جنوب غربی		اتاق ۱۴ خانه مرتاض
۱۳۸ درجه	۶۴ درجه	۴۱ درجه به سمت جنوب غربی		اتاق ۱۵ خانه مشکیان
۱۳۲ درجه	۶۲ درجه	۴۱ درجه به سمت جنوب شرقی		اتاق ۱۶ خانه علوم‌ها

محدوده آسمان بدون مانع دید: محدوده آسمان بدون مانع دید در مقطع برای هر اتاق طبق جدول ۴ حداقل ۹۰ سانتیمتر و حداکثر ۲۴۰ سانتیمتر می‌باشد. بدین معنی که برای فرد نشسته روی زمین و یا حتی روی میز کار با ارتفاع ۸۰ سانتیمتر استفاده از نور آسمان میسر است؛ و در اتاق‌های با ارتفاع محدوده بدون مانع دید (بالتر از ۱۰۰ سانتیمتر) نور کاملاً کافی آسمان به انتهای اتاق می‌رسد و به راحتی می‌توان از نور آسمان بهره برد و از روشنایی طبیعی به جای مصنوعی حداکثر استفاده را کرد.

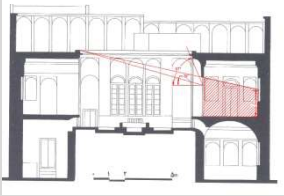


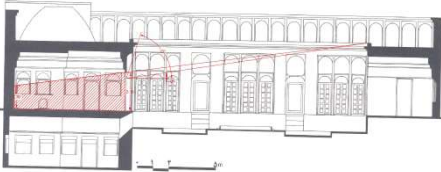
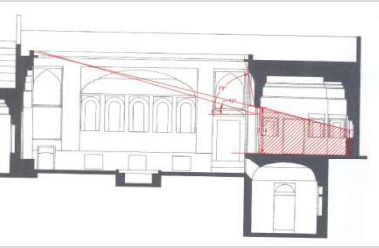
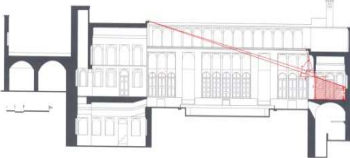
جدول ۴. محدوده آسمان بدون مانع دید در مقطع

ارتفاع آسمان قابل‌رؤیت در انتهای اتاق	محدوده بی‌خط آسمان در مقطع	خانه / اتاق
۱۲۰ سانتیمتر		اتاق ۱ خانه عرب‌ها
۱۶۰ سانتیمتر		اتاق ۲ خانه عرب‌ها

ادامه جدول ۴. محدوده آسمان بدون مانع دید در مقطع

ارتفاع آسمان قابل‌رؤیت در انتهای اتاق	محدوده بی‌خط آسمان در مقطع	خانه / اتاق
۲۴۰ سانتیمتر		خانه اردکانی اتاق ۳
۱۴۰ سانتیمتر		خانه اردکانی اتاق ۴
۱۲۰ سانتیمتر		خانه فرهنگ و مظفری اتاق ۵
۱۷۰ سانتیمتر		خانه فرهنگ و مظفری اتاق ۶
۱۸۰ سانتیمتر		خانه فاتحی اتاق ۷
۱۷۷ سانتیمتر		خانه فاتحی اتاق ۸
۱۷۵ سانتیمتر		خانه گرمی اتاق ۹
۱۲۸ سانتیمتر		خانه گلشن اتاق ۱۰
۱۰۰ سانتیمتر		خانه سیگاری اتاق ۱۱

ادامه جدول ۴. محدوده آسمان بدون مانع دید در مقطع

ارتفاع آسمان قابل‌رؤیت در انتهای اتاق	محدوده بی‌خط آسمان در مقطع	خانه / اتاق
۱۷۰ سانتیمتر		خانه بی‌بی رقیه اتاق ۱۲
۹۰ سانتیمتر		خانه مشروطه اتاق ۱۳
۱۲۱ سانتیمتر		خانه مرتاض اتاق ۱۴
۱۳۱ سانتیمتر		خانه مشکیان اتاق ۱۵
۱۳۲ سانتیمتر		خانه علوم‌ها اتاق ۱۶
۱۱۰ سانتیمتر		خانه علی‌رضا عرب اتاق ۱۷

ارتفاع تاج پنجره و ضریب اتاق جدول ۵ نشان می‌دهد که تناسبات فضا یعنی نسبت عرض و طول به ارتفاع با معادله‌های ارائه‌شده در استانداردهایی که در بخش ضریب اتاق آورده شده منطبق است و لذا در کلیه موارد تناسبات فضا برای عمق

جمع‌بندی تملیل‌های انجام‌شده بر روی خانه‌های یزد
 بر اساس مطالعات انجام‌شده در نمونه‌های برداشتی نتیجه کلی بر اساس موارد زیر در جدول ۵ دسته‌بندی می‌شوند:
 درصد نقاب آسمان، نسبت سطح نورگیر به کف اتاق، عمق اتاق،

جدول ۵. درصد نقاب آسمان، سطح نورگیر به کف و عمق اتاق و ارتفاع تاج پنجره و ضریب اتاق در اتاق‌های زمستان نشین یزد

اتاق	درصد نقاب آسمان	نسبت سطح نورگیر به کف اتاق	عمق اتاق متر L	ارتفاع تاج پنجره متر H	عرض اتاق متر W	شاخص اتاق	نتیجه: عمق نفوذ نور روز بر اساس رابطه عمق اتاق و عمق نفوذ روشنایی
۱	٪۲۱	٪۲۱	۴	۲/۲۰	۲/۹۴	۵	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۲	٪۱۵	٪۴۸	۳/۱۵	۲/۳۰	۵	۷	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۳	٪۲۱	٪۳۴	۳/۶	۲/۲۰	۳/۴	۵	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۴	٪۳۰	٪۲۲	۴/۸	۳/۱۲	۵/۲۴	۸	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۵	٪۲۶	٪۱۴	۶/۲	۲/۳۸	۵/۳۰	۷	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۶	٪۲۸	٪۱۱	۶/۷	۲/۵۳	۴/۸۰	۷	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۷	٪۲۵	٪۱۳	۴	۳	۵/۴۰	۸	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۸	٪۲۵	٪۲۳	۳/۴۵	۲/۶۰	۵/۷۰	۶	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۹	٪۲۳	٪۴۱	۳/۶۵	۲/۷۰	۵/۲۵	۶	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۱۰	٪۲۵	٪۱۳	۵/۲	۲/۴۰	۱۰/۵	۸	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۱۱	٪۲۲	٪۱۸	۵/۷۵	۲/۱۰	۳/۶۰	۵/۵	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۱۲	٪۲۵	٪۱۳	۵/۶	۲/۴۵	۹/۵	۸	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۱۳	٪۲۴	٪۱۲	۶/۶	۲/۴	۴	۵/۵	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۱۴	٪۲۱	٪۴۱	۳/۴۵	۲/۴۵	۵	۶	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۱۵	٪۲۶	٪۲۵	۷	۲/۳۵	۵/۸	۷	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۱۶	٪۲۶	٪۲۵	۴/۳۵	۲/۳۵	۵/۳	۶	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.
۱۷	٪۲۲	٪۲۳	۳/۶	۲/۳	۵/۵	۶	تناسبات فضا برای عمق نفوذ روشنایی نور روز دارای استاندارد لازم است.

نفوذ روشنایی مناسب است. درصد سطح نورگیر به کف اتاق در این خانه‌ها بین ۱۱ تا ۴۸ درصد متغیر است. میزان آسمان قابل‌رؤیت بین نمونه‌های برداشت‌شده از ۱۵ تا ۲۶ درصد متغیر است. در این خانه‌ها جهت‌گیری غربی بیشترین تکرار را داشته و جز چهار مورد بقیه بناها به سمت جنوب غربی با زاویه ۲۴ تا ۴۲ درجه چرخیده‌اند. حداقل ارتفاع رؤیت آسمان در انتهایی‌ترین بخش اتاق ۹۰ سانتیمتر و حداکثر ۲۴۰ سانتیمتر از کف می‌باشد. به این معنی که عمیق‌ترین فاصله از پنجره هم می‌تواند از نور روز و یا نور آسمان استفاده کند که خود یکی از مهم‌ترین شرایط برای بهره‌گیری از نور روز است.

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی‌های این مقاله نشان داد که در تمامی اتاق‌های زمستان

نشین ضریب اتاق و میزان نفوذ نور روز از عمق اتاق بیشتر است. در نتیجه دورترین نقطه نسبت به پنجره امکان رؤیت آسمان را برای فرد نشسته و در بعضی اتاق‌ها حتی ایستاده هم فراهم می‌کنند. در اتاق‌های عمیق‌تر ارتفاع تاج پنجره بیشتر شده تا عمق نفوذ روشنایی نسبت به عمق اتاق بیشتر شود. همچنین از آنجایی که پنجره‌ها به قاب‌های کوچکی تقسیم‌شده‌اند و در بخش خورشیدی شیشه‌های رنگی به‌کاررفته، در نتیجه نسبت به سطوح بزرگ پنجره‌های مدرن نور روز یکنواخت‌تری به عمق فضا وارد می‌شود. لذا گرچه عمق اتاق‌ها از عمق نفوذ نور کمتر است، اما نور واردشده دارای خیرگی بسیار کمی است و وجود قاب‌های کوچک و متعدد باعث می‌شود توزیع نور یکنواخت باشد. نتیجه حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که برای بهره‌مندی از نور روز لازم است که موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

زاویه دید آسمان، نسبت سطح نورگذر به کف فضا، تناسب هندسی

۵. طاهباز، منصوره؛ و جلیلیان، شهربانو. (۱۳۹۳). گزارش اقلیمی یزد، مجموعه قلعه یزد، میراث فرهنگی، یزد

۶. مهدوی نژاد، محمدجواد؛ طاهباز، منصوره؛ و دولت‌آبادی، مهناز. (۱۳۹۵). بهینه‌سازی تناسبات و نحوه استفاده از رف نوری در معماری کلاس‌های آموزشی، هنرهای زیبا، ۲۱ (۲)، ۸۱-۹۲

۷. محمدی تبار، آیت؛ و فیاض، ریما. (۱۳۹۱). طراحی داخلی یک اتاق خواب نمونه برای استفاده بهینه از نور طبیعی. نامه معماری و شهرسازی، ۸، ۵-۱۷.

8. Baker, N., & steemers, K. (2002). Day light Design of Buildings, Routledge, London

9. Boyce, P., & Raynham, P. (2009). The SLL Lighting Handbook, CIBSE. London: The Society of Light and Lighting.

10. Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). (1999). Lighting Guide 10: Day lighting and window design. London: Author

11. Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). (2014). Lighting Guide 10: Day lighting and window design. London: Author

12. Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). (2011). Lighting Guide 5: Lighting for Education. London: Author

13. Tahbaz, M., & Moosavi, F. (2009). Daylighting Methods in Iranian Traditional Architecture (Green Lighting). CISBAT 2009 Proceedings, September 2-3, (pp. 273-278), Lausanne

14. Tahbaz, M. jalilian, S. Moosavi, F. (2011). Assessment of Iranian Traditional Door-Windows, A Proposal to Improve Daylighting System in Classrooms. CISBAT 2011 Proceedings, September 14-16, (pp. 273-278). (Lausanne

فضا، ارتفاع تاج نورگیر و هم‌جواری‌هاست. در معماری امروز اتاق‌ها غالباً دارای زاویه دید کمتر از ۲۵ درجه هستند که باعث می‌شود تا در فضای مجاور پنجره خیرگی ایجاد شود و عمق اتاق نیز نور کافی نداشته باشد و این مسئله در زمستان نیز تشدید می‌شود. لذا زاویه دید زیر ۲۵ درجه توصیه نمی‌شود. هر چه نسبت سطح نورگذر به کف بیشتر باشد میزان روشنایی بیشتر خواهد بود اما مشکل خیرگی ایجاد می‌شود لذا طبق نمونه‌های بررسی این میزان باید زیر ۵۰ درصد باشد.

هر چه ارتفاع تاج نورگیر بیشتر باشد میزان نور یکنواخت‌تری وارد عمق فضا می‌شود.

تناسبات هندسی فضا باید از رابطه ۱ تبعیت کند. هم‌جواری‌ها و ارتفاع بدنه مقابل پنجره‌ها نیز از مؤلفه‌های مؤثر بر میزان روشنایی و توزیع یکنواخت نور است. بنابراین رعایت این ملاحظات در طراحی می‌تواند استفاده از نور و گرمای خورشید را در معماری امروز به همراه داشته باشد.

فهرست مراجع

۱. احدی، امین‌الله؛ مسعودی نژاد، مصطفی؛ و پیریایی، آرمین. (۱۳۹۵). طراحی صحیح پنجره‌ها به منظور دستیابی به میزان نور روز مناسب در خانه‌های آپارتمانی شهر تهران. هویت شهر، ۲۵ (۱۰)، ۴۱-۵۰.
۲. سلطان‌زاده حسین. (۱۳۷۵). پنجره‌های قدیمی تهران. تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی.
۳. سلیمانی، مریم؛ و مندگاری، کاظم. (۱۳۹۵). زیبایی‌شناسی خانه سنتی ایرانی: بازشناسی مؤلفه‌های زیبایی بر اساس تئوری برخاسته از زمینه (نمونه پژوهی: شهر یزد). هویت شهر، ۱۰ (۴)، ۶۷-۷۸.
۴. طاهباز، منصوره؛ جلیلیان، شهربانو؛ موسوی، فاطمه؛ و کاظم‌زاده، مرضیه. (۱۳۹۴). تأثیر طراحی معماری در بازی نور طبیعی در خانه‌های سنتی ایران، آرمانشهر ۱۵، ۷۱-۸۱

The Effect of Geometry and Area of Windows of Southview Rooms on The Depth of Daylighting (Case Study: Yazd's Traditional Houses)

Fatemeh Mousavi, Ph.D. Candidate. Department of Architecture, Faculty of Civil, Architecture and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran. Iran.

*Mahnaz Mahmodi**, Ph.D., Associate Professor, Faculty of Technical, North Tehran, Islamic Azad University, Tehran. Iran.

Mansoreh Tahbaz, Ph.D., Associate Professor, Faculty of Architecture and Urban design, Shahid Beheshti University, Tehran. Iran.

Abstract

Using the daylighting is the best way to reduce energy consumption in buildings and reaching to the zero energy building. Iranian architecture has to reach experiences in the methods of daylighting. In order to recognize the performance of windows, the relation between the area of a window and the area of a room and the sky viewing angle have been investigated. Seventeen rooms from twelve traditional and old houses from Yazd city in Iran was studied. Items which discussed include the geometry and the proportion of each room, the location of a room in the yard, the location of a window in a wall, the lighting surface ratio to from surface, sky viewing angle of each window in each room in front and section view.

Data collection method was field observation and data analysis, Numerical analysis and with using the metrics and computational methods which was introduced in the standard books of natural lighting guide.

Then the gathered information was analyzed in two levels: which included room's features, a geometry of each room and neighbors. In the neighbors, the distance of front view is very important and play a pivotal role in using the skylight in each room. After investigating rooms, research shows that there is a strong role in a traditional house to use daylight and sunlight in buildings.

In terms of natural lighting can be considered the design of the room in two levels, first neighborhood situation and Ratio indoors and outdoors, which lets a room to see the sky and use the skylight. It is very important that this ratio can clear the needed sky view for each city. For instance, the ratio of sky view of Tehran is totally different from Yazd. The second level is about the dimension of a room and windows or geometry or form of a plan which can determine brightness levels and how the distribution in a room. Both of these levels are very significant for having daylighting and sky lighting in a room.

As a result of the research, the exact relationship between the area of a window and the height of it with the width of a room and the sky view was found. There is a relationship between the surface of windows and the height of it, the depth of the room, and the visibility of the sky, which can be used to find the window proportions and the depth of a room for using the daylighting.

This consequence can inspire the contemporary and young architects or designer to find the ratio of proportion windows and rooms in new buildings with an approach to the traditional architecture of Iran to create better space for users and reduce energy consumption. Moreover, this heritage can be presented for other countries to improve the level of our traditional architecture, when it can be examined by the newest standard of daylighting (CIBSE 2015) so its value is proved for the world of architecture. These rules help designers to consider the Features of the site.

Keywords: South view room, Sky view, Natural daylighting, Geometry of a room, Yazd Houses.

* Corresponding Author: Email: Mahnaz_Mahmoody@yahoo.com