مطالعات محیطی هفت حصار شماره سی‌وسوم/ سال نهم/ پاییز ۱۳۹۹
صفحات ۱۲۴-۱۰۹

Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

# بازشناسی تأثیر عملکرد نورگیرهای سقفی بر معماری خانه‌های تاریخی کاشان (مطالعه موردی: خانه بروجردی‌ها)

ارسلان آزادی‌فر*، علی عمرانی‌پور**، مصطفی مسعودی‌نژاد*** ، محسن وفامهر****

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۶/۲۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۸/۱۰

مقاله پژوهشی- مورد پژوهی

©: IAUH

ISSN: 2322-5602

## چکیده

یکی از دستاوردهای معماری تاریخی کاشان استفاده از نورگیرهای سقفی در خانه‌های تاریخی این مناطق بوده است. پـژوهش‌هـا نشـان داده کیفیت و عملکرد این نورگیرها به عواملی مانند نوع آن، فاصله از دیگر بازشوها، اندازه و مصالح، زاویه انسداد، مساحت روشـنایی ایجـاد شـده، تعداد و میزان بهره‌وری آن‌ها وابسته است. لذا برای ارزیابی تأثیر عملکرد این نورگیرها بر معماری خانه‌های تاریخی کاشان، باید تمامی مـوارد فوق مورد ارزیابی قرار گیرند. پژوهش حاضر با تکیه‌بر مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی به تحلیل تأثیر عملکرد نورگیرهای سقفی بر معماری خانه بروجردی‌ها به‌عنوان نمونه انتخابی می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که عملکرد نورگیرها از طریق تعداد، انـدازه و مسـاحت فضـای روشـن‌شـده توسط آن بر تناسبات معماری مؤثر بوده است. همچنین ساختار سه‌جزئی نورگیرها هندسه و فرم معماری فضاهای مرتبط را مشخص می‌کـرده و رسمی بندی جزئی از ساختار نورگیرهای سقفی در کاشان بوده که راه‌حلی برای هدایت نور به درون بنا بوده است؛ همچنین فاصله نورگیرها از یکدیگر نشان می‌دهد که مقیاس و ابعاد فضا در ارتباط با آن‌ها شکل گرفته است و ضریب بهره‌وری ۵۰ درصدی نورگیرها نشان از عملکـرد قابل‌قبول و انتخاب درست مصالح آن‌ها در تأمین نور بنا دارد.

## واژگان کلیدی

نورگیر سقفی، خانه تاریخی، کاشان، معماری

* دانشجوی دوره تخصصی دکتری معماری، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران arsalan_azadifar@yahoo.com
** استادیار دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان، ایران (نویسنده مسئول) a_omrani@kashanu.ac.ir
*** استادیار معماری، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران mostafamasoudinejad@yahoo.com
**** استاد معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران، ایران vafamehr@iust.ac.ir

Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

## مقدمه

خانه‌های تاریخی در مناطق مرکزی ایران دارای دستاوردهایی بدیع و شگفت و حاصل سال‌ها فن و تجربه معماران این منطقه بوده است. یکی از این دستاوردها، بهره‌مندی از روشنایی طبیعی به کمک نورگیرهای سقفی است. نور روز و اهمیت بهره‌گیری از آن در معماری خانه‌های ایرانی و شکل‌دهی به فضاهای داخلی، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده است (بمانیان & نیکودل, ۱۳۹۳). وجود بیش از ۳۰۰ روز آفتابی در سال (قیابکلو, ۱۳۹۴) در مناطق فلات مرکزی ایران باعث شده معماری این منطقه نیز به سمت‌وسوی بهره‌گیری هرچه بیشتر و مناسب‌تر از این منبع انرژی هدایت گردد و نورگیرهای سقفی با توجه به پتانسیل بالایی که در جذب و انتقال نور طبیعی نسبت نورگیرهای عمودی دارند(CIBSE,1999) یکی از مهم‌ترین راه‌های تأمین روشنایی طبیعی برای بناهای مسکونی این منطقه بوده است. سیستم خاص این نورگیرها در تأمین نور بنا برای تحقق دسترسی به نور مناسب در بنا معماری این خانه‌ها را نیز تحت تأثیر قرار داده است.

خانه‌های شهر کاشان در پهنه حاشیه کویر ایران، گنجینه‌ای از دستاوردهای فنی و تکنیکی معماران و مردمان این منطقه هستند. یکی از دستاوردهای مهم در ساختار معماری این خانه‌ها بهره‌گیری حداکثری از نور و روشنایی طبیعی بوده که درستی این مسئله را می‌توان در تکنیک‌های نورگیری و نورپردازی متنوع در این ابنیه دانست؛ نورگیرهای سقفی جزئی از این روش‌ها و تکنیک‌ها در معماری این خانه‌ها هستند که به‌عنوان شاخصه‌ای اصیل و درخشان معماری این منطقه جلوه‌گری می‌کنند؛ اما آنچه در این راستا کمتر به آن توجه شده است، چگونگی عملکرد این نورگیرها در بهره‌مندی فضاهای تحت پوشش آن‌ها از نور و روشنایی طبیعی و تأثیری است که از این طریق به معماری این خانه گذاشته است. به‌منظور درک عملکرد و بهره‌وری نورگیرهای سقفی در خانه‌های تاریخی کاشان و سنجش میزان عملکرد آن‌ها در تأمین روشنایی طبیعی و شناخت تأثیر این نورگیرها بر معماری خانه‌های تاریخی کاشان نیاز است ابتدا خصوصیات و عوامل مؤثر بر عملکرد، نورگیرهای سقفی شناخته شود تا بتواند بستری برای تحلیل و مقایسه با اطلاعات بدست آمده از نورگیر سقفی خانه‌های تاریخی این منطقه باشد و در ادامه تأثیری که از این طریق بر معماری این خانه‌ها گذارده شده است شناسایی شود، همچنین با توجه به تعدد خانه‌های این منطقه سعی شده است یک نمونه (خانه بروجردی‌ها) که اهداف این پژوهش را محقق کند انتخاب شده و مورد بررسی قرار گیرد.

## مروری بر متون

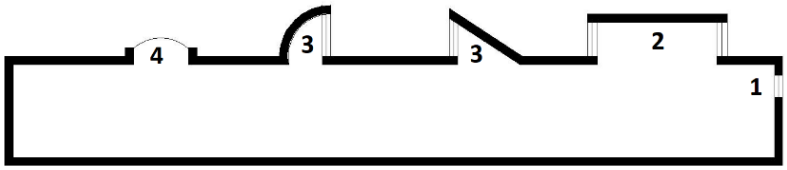
**نورگیرهای سقفی دستاوردی در معماری مرکزی ایران در تأمین نور بناها:** حضور و تنوع نورگیرهای سقفی در خانه‌های تاریخی مناطق حاشیه کویر به‌ویژه کاشان باعث گردیده نور متمرکز ملایمی در ساعات مختلف روز به داخل انتقال یابد. به کار بردن این شیوه برای تنظیم و متعادل کردن نور و حرارت از ویژگی‌های معماری تاریخی ایران، به‌ویژه در حاشیه کویر است (بمانیان & نیکودل, ۱۳۹۳). شاید مهم‌ترین علت به وجود آمدن نورگیرهای سقفی در خانه‌های تاریخی کاشان را بتوان، گسترش ساختمان‌هایی با پلان عمیق دانست؛ بناهایی که برای نورگیری در قسمت‌های عمیق دچار مشکل اساسی بوده‌اند(Ahadi, Saghafi, & Tahbaz, 2018) . دسترسی به نور روز یکی از مشکلات اساسی در این نوع ساختمان‌ها است، لذا باید در این زمینه تمهیداتی اندیشیده می‌شده، که هم صرفه اقتصادی داشته باشد و هم نیازهای روحی و روانی ساکنان را برآورده سازد (Baker & Steemers,2014). لذا نورگیرهای سقفی در طول تاریخ یکی از بهترین پاسخ‌هایی است که معماران مناطق کویری ایران به آن رسیده‌اند (bahmani kazerooni, 2013). سیستم سازه‌ای و نیارشی به کمک تحقق این هدف آمده‌اند؛ نیارش معماری ایران بر اساس طاق‌ها و قوس‌ها استوار است (پوپ، ۱۳۸۴) و انواع طاق‌ها، قوس‌ها و فیلپوش‌ها در چگونگی نورگیری در داخل بناهای این منطقه سهم به سزایی داشته‌اند. گنبدها ازجمله سیستم‌های سازه‌ای هستند که در این منطقه در شکل‌گیری انواع نورگیر سقفی مؤثر بوده‌اند. ابداع شیوه طاق و تویزه باعث شد تا بار سقف مستقیما بر روی جرزها عمل کند و دیوارها و طاق‌ها سبک شده و آن‌ها را شکافته و نورگیرها را در آن قرار دهند و بدین طریق، نور فراوان و غیرمستقیم به داخل بنا راه پیدا می‌کند. همچنین در طاق‌های آهنگ قسمت بالایی آن‌ها گنبدهای کوچکی با هورنو تعبیه شده است که عملکرد نورگیر را داشته‌اند. در طاق چهار بخش که از تقاطع دو «طاق آهنگ هم‌ارتفاع و هم‌عرض حاصل می‌شود نیز می‌توان در محل تقاطع آن و قسمت‌های بالایی طاق هورنوهایی ایجاد کرد. اما با پیشرفت طاق‌های گوناگون به‌ویژه طاق کاربندی که یکی از مهم‌ترین پوشش‌های مهم در خانه‌های تاریخی در این منطقه است، تحولی بزرگ در معماری مناطق کویری ایران شکل گرفت. دلایل زیادی را می‌توان برای رواج این نوع پوشش بیان داشت ازجمله توانایی زیاد این طاق در تأمین روزنه نوری مرکز طاق در اندازه‌های گوناگون (معماریان, ۱۳۹۱) و به‌تبع آن دستیابی به نورگیرهای سقفی با اندازه‌های متنوع می‌باشد. نورگیرهای شکل‌گرفته در معماری این منطقه، غالباً سه‌جزئی بوده که مناسب‌ترین نوع نورگیر ازلحاظ انتقال نور است. همچنین پوشش جداره این نوع نورگیر هم که عاملی مهم در انتقال نور است کاربندی می‌باشد، این نوع پوشش که خاصه معماری بناها

Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

و به‌ویژه خانه‌های این منطقه است بر اساس کمک به رسانیدن نور به فضاهای پایین‌دست نورگیر سقفی عمل می‌کند. کاربندی به‌غیراز زیبایی برای بهره‌گیری هر چه بیشتر از نور خورشید نیز استفاده می‌شده است. بدین ترتیب که موجب می‌گردد با استفاده از خاصیت انعکاس غیرمنظم اجسام غیر آینه‌ای با سطح ناهموار نور در جهات مختلف از مسیر خود منحرف شده و به‌صورت پخش‌شده بـه داخـل فضـا راه یابـد (هالیـدی, ۲۰۰۸) در این صورت در داخل بنا روشنایی یکنواخت و غیرمتمرکزی خواهیم داشت که از چشم زدگی نیز پرهیز می‌شـود (نعمـت گرگـانی & کیانی, ۱۳۷۵). از این خاصیت کاربندی در تالار خانه‌های مناطق کویری بسیار استفاده شده است. بنابراین، می‌تـوان ایـن نـوع نورگیرهـا را از دستاوردهای ارزشمند و مهم معماران و به‌تبع آن معماری این منطقه دانست.

**انواع نورگیرهای سقفی در خانه‌های حاشیه کویر:** بر اساس پژوهش‌هایی که در رابطه با خانه‌های تـاریخی منـاطق حاشـیه کـویر و شهر کاشان انجام شده است، می‌توان نورگیرهای این ابنیه را به دو نوع کلی نورگیرهای سقفی (افقی) و دیواری (عمودی) تقسیم کرد (بمانیان & نیکودل, ۱۳۹۳) که این دو دسته هم قابل‌تعمیم به شش سامانه نورپردازی به همراه ۳۶ نوع نورگیر می‌باشند (طاهباز, جلیلیان, موسوی, & کاظم زاده, ۱۳۹۲). از سویی هرکدام، با توجه به محل استقرار و نوع کاربری فضا قواعد و معیارهای طراحی و جزئیات اجرایـی خـاص خـود را داشته است (هومانی راد, پورمند, & طاهباز, ۱۳۹۷) نورگیرهای سقفی، در معماری مناطق کویری پنجره‌هایی هستند که روزنه آن‌ها مسـتقیما روی تیزه بام‌های قوس‌دار قرار گرفته‌اند و سازوکار بسیار خوبی برای گردآوری و دریافت مقدار زیادی از نور روز می‌باشند نورگیرهای سقفی را به‌صورت عمومی هورنو می‌نامند (پیرنیا, ۱۳۷۴) که اگر کلاه‌فرنگی داشته باشد روشندان نامیده می‌شود (بزرگمهری, ۱۳۸۵) و اگر دارای شیشه باشد جامخانه نام می‌گیرد (نعمت گرگانی & کیانی, ۱۳۷۵). تمامی این سه گونه نورگیر سقفی به‌وفور و با ابعاد گوناگون در خانه‌های تـاریخی در شهرهای مناطق کویری ایران دیده شده و همان‌گونه که پیش‌تر عنوان شد می‌توان آن را دستاوردی بسیار مهم برای معماران ایـن منطقـه در گذشته در راستای تأمین نور فضاهای خانه و سایر ابنیه دانست (امرایی, ۱۳۸۳).

شکل ۱- انواع نورگیر:۱- زیر سقفی ۲- دوطرفه ۳- یک‌طرفه ۴- افقی یا سقفی (CIBSE, 1999)

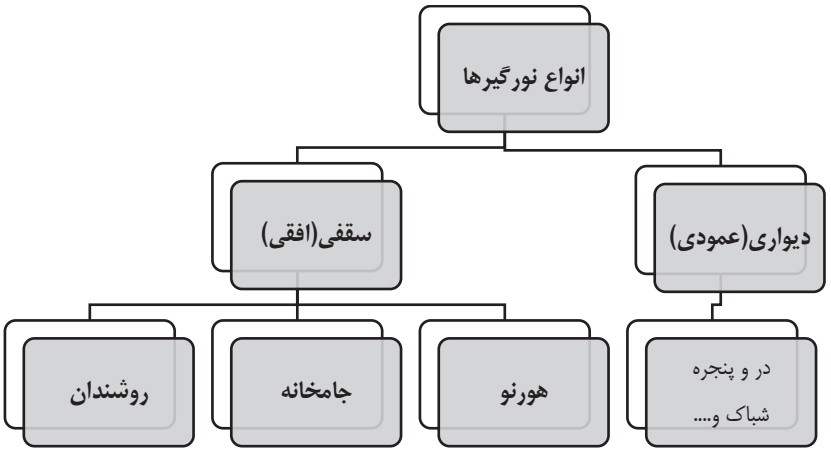


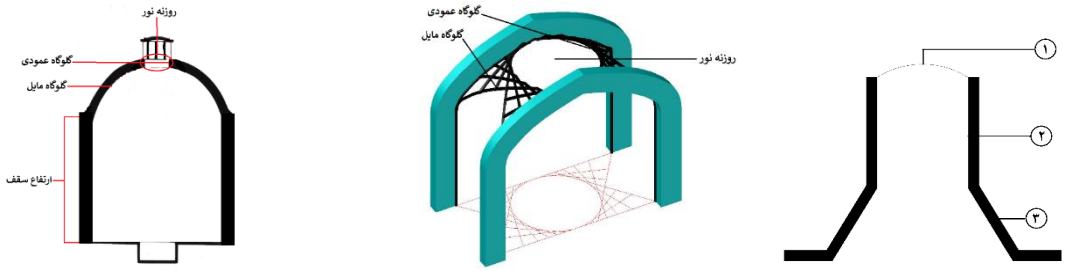
تصویر۱- انواع نورگیر سقفی در معماری خانه‌های مناطق کویری ایران:
از راست ۱- هورنو ۲- روشندان ۳- جام‌خانه (سازمان میراث فرهنگی کاشان)

**اجزا نورگیرهای سقفی در معماری خانه‌های حاشیه کویر مرکزی ایران (کاشان)**: همان‌گونه که پیش‌تـر عنـوان شـد نورگیرهـای سقفی، پنجره‌هایی هستند که روزنه آن‌ها مستقیما روی انواع بام (تخت، شیب‌دار، منحنی) قرار گرفته و سـازوکار بسـیار خـوبی بـرای گـردآوری و دریافت مقدار زیادی از نور روز هستند (McHugh, Lewin, & Domigan, 2002). حتی در شرایط آسمان تمام ابری، میزان روشـنایی که در سطح افقی سقف وجود دارد سه برابر مقداری است که به سطح پنجره‌های زیرسقفی و عمودی می‌رسد (قیابکلو, ۱۳۹۴). سیستم نورگیرهای سقفی از مجموعه‌ای اجزای لازم برای تأمین نور روز تشکیل شده است( شکل ۲) ۱-روزنه نور(Skylight) ۲-گلوگـاه عمـودی نـور (Throat) ۳-کانال پخش نور یا گلوگاه مایل (Splay ). همان‌گونه که عنوان شد نورگیرهای سقفی در معماری خانه‌های تاریخی کـویر مرکـزی ایـران بـر اساس سیستم سازه طاق و قوس استوار است که ترکیب آن با کاربندی سبب گردیده این نوع سیستم دارای شکلی منحصربه‌فرد باشـد کـه خـاص معماری منطقه کویری ایران بوده و دارای سه قسمت شده است چنانچه که به‌صورت مختصر(شکل-۲) در ذیل معرفی می‌شوند.

Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

نمودار ۱- انواع نورگیرها در خانه‌ها و سایر ابنیه کویر مرکزی ایران



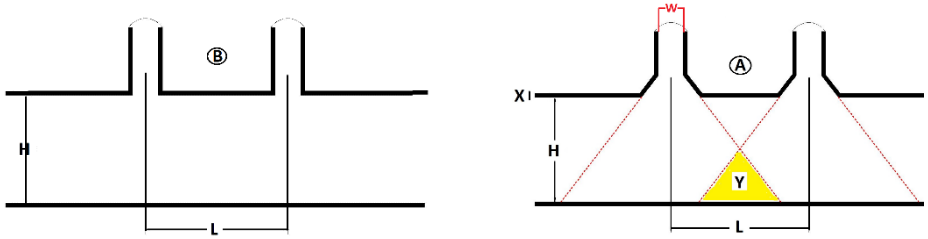

شکل ۳- از راست ۱- برش یک نورگیر سقفی و اجزا آن (McHugh, Heschong, Manglani, & Dee, 2003)
۲- سه‌بعدی و برش یک نورگیر سقفی در مناطق کویر مرکزی ایران(کاشان)

**عوامل مؤثر بر عملکرد و میزان بهره‌وری نورگیرهای سقفی در خانه‌ها:** همان‌گونه که عنوان شد نورگیر سقفی در معماری خانه‌های تاریخی کاشان، دستاوردی در راستای نورگیری فضاهای آن بوده است که توانسته جلوه‌گر شکوه معماری و دانش معماران این منطقه باشد. همچنین ترکیب این نورگیر با انواع طاق‌های ویژه معماری ایرانی به‌ویژه طاق کاربندی جلوه‌ای خاص به آن بخشیده است اما عملکرد آن در دریافت نور روز و بهره‌مند نمودن فضای مرتبط با آن از روشنایی طبیعی و تأثیری که از این طریق بر معماری این خانه‌ها داشته، نیاز به پژوهش دارد. چراکه از ورای این مسئله می‌توان درک درستی از توانایی معماران گذشته مناطق کویری پیدا کرد و هم شناخت درستی از معماری مسکونی آن مناطق به‌عنوان بخشی از فرهنگ و تمدن مردم آن منطقه رسید. لذا در راستای رسیدن به این هدف، نیاز است که ابتدا عوامل مؤثر بر عملکرد نورگیرهای سقفی در نورگیری فضاهای تحت پوشش آن‌ها را به‌صورت کامل مورد شناسایی قرار داد و در ادامه به تأثیری که این نورگیرها بر معماری خانه‌های تاریخی کاشان داشته، پرداخته شود.

**الف- فواصل نورگیرهای سقفی از یکدیگر**: از مزایای نورگیرهای سقفی، کاهش مصرف انرژی است، زیرا با ورود روشنایی طبیعی روز نیاز کمتری به روشنایی مصنوعی می‌باشد. مساحت روزنه‌های سقفی معمولاً ۵ الی ۱۰ درصد مساحت سقف در نظر گرفته می‌شود (قیابکلو، ۱۳۹۴). برای نورگیری یکنواخت، اگر پنجره دیواری در طرح وجود نداشته باشد، فاصله روزنه‌های سقفی مطابق با شکل‌های ذیل تعیین می‌گردد (McHugh, Heschong, Manglani, & Dee, 2003).

Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

شکل ۲- فاصله دو نوع نورگیر سقفی از یکدیگر (McHugh, Heschong, Manglani, & Dee, 2003).



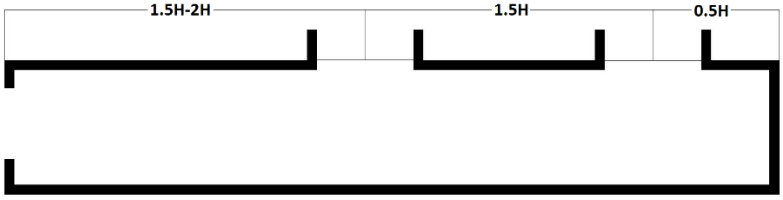

H ارتفاع سقف، L فاصله دو نورگیر مجاور، Y قسمت روشن فضا برای دو نورگیر دارای گلوگاه مایل، W عرض روزنه نوری

جدول ۱-روابط مربوط به محاسبه فاصله نورگیرهای سقفی با گلوگاه مایل و بدون گلوگاه مایل

| شکل | روابط مربوط به فاصله مناسب نورگیرهای سقفی از نورگیر مجاور |
|---|---|
| A | A: L=۱.۴(ارتفاع سقف)+۲(عرض گلوگاه مایل) (رابطه ۱) عرض روزنه نوری+ |
| B | B: L=۱.۴(ارتفاع سقف)+(عرض روزنه نوری (رابطه ۲) |

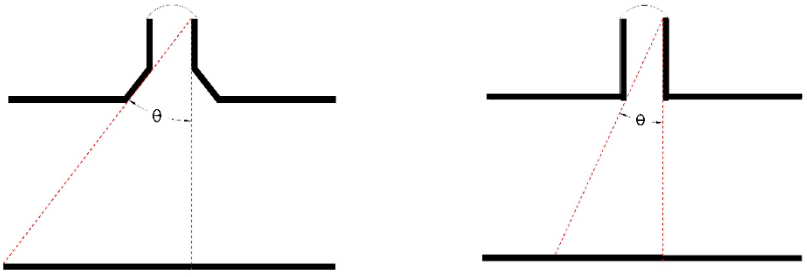
ولی به‌صورت معمول فاصله نورگیرهای سقفی به‌صورت ساده طبق الگوی ذیل رعایت می‌گردد:

شکل ۳- فاصله حدودی دو نوع نورگیر سقفی از یکدیگر و از دیوارهای مجاور (Building Energy Efficiency Standards,2005).




**ب- زاویه انسداد در نورگیرهای سقفی (مرز دیده شدن آسمان در نورگیرهای سقفی):** زاویه انسداد دید زاویه‌ای است که ناظر، فراتر از آن قادر به رؤیت منبع نور نباشد. به‌منظور پرهیز از چشم زدگی، در نورگیرهای سقفی، این زاویه بهتر است حداکثر در حدود ۴۵ الی ۶۰ درجه باشد، زوایای بیش از این مقدار موجب چشم زدگی خواهد شد (McHugh, Heschong, Manglani, & Dee, 2003) چشم زدگی ناشی از مقدار ناخواسته و شدید نور از یک سطح به چشم می‌باشد (Egan & Olgyay, 2002) بدیهی است که گلوگاه‌های خیلی تنگ با عمق بیشتر نیز گرچه موجب چشم زدگی کمتری می‌شوند، اما به همین نسبت محوطه کوچک‌تری را در فضای داخلی روشن می‌نمایند. یک راه‌حل مناسب، استفاده از گلوگاه‌هایی است که در قسمت فوقانی عمود بر نورگیر بوده و در بخش تحتانی شیب‌دار باشند (قیابکلو، ۱۳۹۴).

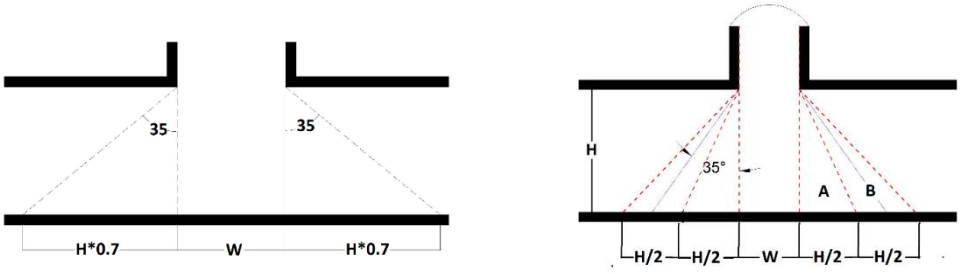
شکل ۵- زوایای انسداد دید در نورگیرهای سقفی (McHugh, Heschong, Manglani, & Dee, 2003).



Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

**ج- مساحت کف فضای روشن‌شده توسط نورگیرهای سقفی:** برای محاسبه سرانگشتی گسترش نور در کف، مطابق با شکل ۶، معمولاً زاویه‌ای تقریباً معادل با ۳۵ درجه از هر طرف (زاویه‌ای بین فضای کاملاً روشن و نیمه‌روشن) برای انواع نورگذرهای سقفی در نظر گرفته می‌شود ازآنجایی‌که تانژانت در مثلث قائم‌الزاویه برابر است با نسبت ضلع مقابل هر زاویه حاده به ضلع مجاور آن، بنابراین، گسترش نور از هر طرف نورگیر برابر خواهد بود با روابط ذیل (قیابکلو, ۱۳۹۴).

شکل ۶- محاسبه تقریبی سطح گسترش نور در کف از طریق نورگیر سقف (قیابکلو, ۱۳۹۴)




A: قسمت کاملاً روشن، B: قسمت نیمه‌روشن

$$L=H(\tan 35)+W \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$S=\pi\left(\frac{L}{2}\right)^2 \quad \text{(رابطه ۴)}$$

**L**: طول قسمت روشن‌شده توسر نورگیر، **S**: مساحت قسمت روشن‌شده توسط نورگیر دایره‌ای شکل

**د- هندسه گلوگاه شیب‌دار:** گلوگاه شیب‌دار یکی از قسمت‌های نورگیر سقفی است که وجود و عدم وجود آن تأثیر مستقیم بر نورگیری فضا دارد جدول ذیل برخی ویژگی‌های وجود و یا عدم وجود گلوگاه شیب‌دار را بیان نموده است.

جدول ۲- مقایسه نورگیرهای دارای گلوگاه مایل و فاقد گلوگاه مایل (McHugh, Heschong, Manglani, & Dee, 2003).

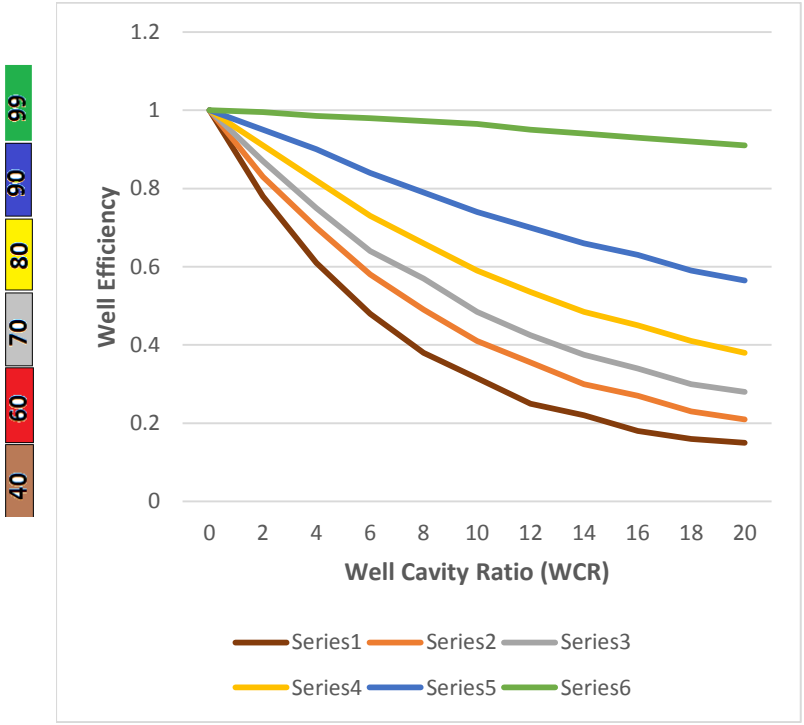
| با گلوگاه شیب‌دار | بدون گلوگاه شیب‌دار |
|---|---|
| عدم سادگی در اجرا | سادگی در اجرا |
| توزیع بهتر و گسترده‌تر نور | توزیع نور خیلی منظم نیست |
| روزنه‌های کمتر برای دستیابی به نور مناسب | تعدد روزنه‌های بیشتر (با اندازه کوچک‌تر) برای روشن کردن یک منطقه خاص از فضا |
| چشم زدگی را کاهش می‌دهد | چشم زدگی ایجاد می‌کند |
| تضاد روشنایی بین روزنه نورگیر و سقف کمتر است | تضاد روشنایی بین روزنه نورگیر و سقف بیشتر است |
| ازنظر زیبایی‌شناختی، دلپذیرتر است "تجربه معماری " فضا | ممکن است ازنظر زیبایی‌شناسی دلپذیر نباشد |

**هـ- هندسه گلوگاه عمودی:** چاه با عرض کمتر از عمق آن، نور کمتری انتقال می‌دهد، همچنین سطح داخلی گلوگاه باید در حالت ایده آل یک ماده بازتابنده باشد، مانند رنگ سفید که باعث افزایش نور دریافتی در فضای اتاق پایین نورگیر می‌شود. سطح غیریکنواخت گلوگاه یا به عبارتی پیش‌آمدگی و فرورفتگی می‌تواند در میزان نور روز دریافتی فضای پایین مؤثر باشد ( Building Energy Efficiency Standards,2005). به‌عنوان نمونه در خانه‌ها و ابنیه سنتی ایران رسمی بندی و مقرنس‌کاری گلوگاه‌های نوری به‌منظور هدایت بهتر نور به فضای پایین صورت گرفته است (نعمت گرگانی & کیانی, ۱۳۷۵)

Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

**شاخص گلوگاه و بهره‌وری نورگیر سقفی:** بازده چاه به نسبت شاخص گلوگاه (Well Cavity Ratio) و بازتاب نور گلوگاه بستگی دارد همچنین می‌توان بهره‌وری نورگیر سقفی را با استفاده رابطه ذیل محاسبه نمود لازم به ذکر است هنگامی‌که نسبت عمق به عرض زیاد است راندمان افت می‌کند (Building Energy Efficiency Standards,2005). برای محاسبه بهره‌وری نورگیرهای سقفی ذکر این نکته ضرورت دارد که بهره‌وری نورگیر حاصل‌ضرب بهره‌وری دو گلوگاه عمودی و افقی در ضریب انعکاس سطوح این گلوگاه‌ها است برای این منظور باید ابتدا شاخص گلوگاه عمودی و گلوگاه مایل را طبق رابطه ۵ محاسبه کرده و سپس با مشخص بودن ضریب انعکاس سطح گلوگاه‌ها عدد متناظر بهره‌وری هرکدام از گلوگاه‌ها را از نمودار ۲ استخراج کرده و در رابطه ۶ قرار می‌دهیم و آنگاه بهره‌وری نورگیر مشخص می‌گردد.

نمودار ۲–جدول بهره‌وری گلوگاه‌های عمودی و افقی بر اساس ضریب انعکاس سطوح آن‌ها (McHugh, Lewin & Domigan, 2002)




$$\text{شاخص گلوگاه(رابطه ۵)}\ (WCR) = \frac{[\text{محیط گلوگاه}*\text{ارتفاع گلوگاه}*2.5]}{[\text{مساحت گلوگاه}]}$$

ضریب انعکاس سطوح*شاخص گلوگاه مایل*شاخص گلوگاه عمودی= بهره‌وری نورگیر سقفی (رابطه ۶)

**تأثیر اتاق مرتبط با نورگیر:** کیفیت روشنایی نورگیرهای سقفی به عواملی چون هندسه اتاق، بازتاب سطحی از دیوارها، کف‌ها، سقف‌ها و مبلمان و سطوح رنگی روشن بستگی دارد همچنین تناسبات اتاق تعداد نورگیرهای سقفی را با اندازه واحد مشخص می‌کند رابطه ۷ نشان‌دهنده تعداد نورگیرهای سقفی لازم با مساحت معین برای یک فضا با مساحتی مشخص است. همچنین جدول ذیل میزان انعکاس سطوح به رنگ‌های گوناگون را ارائه می‌دهد که بر عملکرد نورگیر سقفی چنان‌که پیش‌تر عنوان شد بسیار مؤثر است (McHugh, Lewin, & Domigan, 2002) .

N: تعداد نورگیرهای لازم برای اتاق

$S_R$: مساحت اتاق

$S_L$: مساحتی که نورگیر با ابعاد مشخص‌شده روشن می‌کند.

$$N = S_R / S_L \quad \text{(رابطه ۷)}$$

Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

جدول ۳- ضریب انعکاس مصالح و رنگ‌های مختلف (مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان)

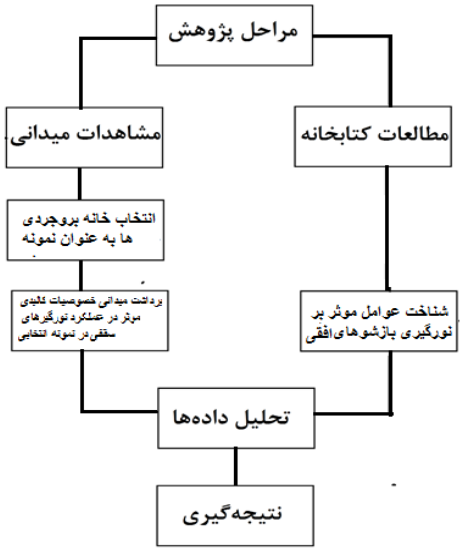
| نوع مصالح | ضریب بازتاب | رنگ | ضریب بازتاب |
|---|---|---|---|
| آینه | ۹۹-۸۰ | سفید | ۸۰ |
| آلومینیوم | ۹۵-۷۵ | زرد | ۶۵ |
| فولاد ضدزنگ | ۶۵-۵۵ | صورتی روشن | ۵۰ |
| سنگ آهک | ۶۵-۳۵ | آبی روشن | ۴۵ |
| سنگ مرمر سفید | ۸۰ | قرمز روشن | ۴۰ |
| گچ خشک تازه | ۸۰ | قهوه‌ای تیره | ۱۵ |
| گچ خشک کهنه | ۶۵ | سیاه | ۰.۰۵ |
| سیمان | ۴۵-۲۰ | سبز تیره | ۱۵ |
| آجر | ۲۵-۱۰ | | |
| کاشی سفید | ۸۰ | | |

از طرفی عملکرد فضا هم در میزان نورگیری آن بسیار مؤثر است اینکه فضای موردنظر چه کاربری دارد به‌عنوان نمونه اتاق پذیرایی به نسبت اتاق‌خواب نور بیشتری نیاز دارد و آشپزخانه نیز همین‌گونه است بنابراین در نورگیری فضاها باید نـور دریـافتی متناسـب بـا عملکـرد آن باشـد (مبحث ۴ مقررات ملی ساختمان،۱۳۹۶)

## روش و مراحل تحقیق

مقاله حاضر پژوهشی کاربردی است که هدف آن ارزیابی عملکرد و بهره‌وری نورگیرهای سقفی بر معماری خانه‌های تاریخی کاشـان اسـت؛ و شامل چهار مرحله است: در بخش نخست کار سعی می‌گردد که بر پژوهش‌های سایر پژوهشگران در عرصه نورگیری مناسـب بـرای بناهـای گوناگون از طریق نورگیرهای سقفی مروری جامع صورت پذیرد و بر اساس این منابع قواعد و اصولی مدون در راستای تحلیل موردنیاز پژوهش تدوین گردد که مبانی نظری پژوهش حاضر را شکل می‌دهد. در بخش دوم: با انتخاب نمونه موردی از خانه‌های منطقه کویر مرکزی ایران، با استفاده از مشاهدات میدانی از بنای انتخاب‌شده اطلاعات و داده‌ها ابعادی و اندازه‌ای موردنیاز برای استفاده از مبانی نظری پژوهش در راستای تحلیل نمونه موردی گردآوری خواهد شد. در بخش سوم فضاهای دارای نورگیر سقفی از نمونه موردی در راسـتای سـنجش عملکـرد نـورگیر سقفی تحلیل می‌گردند و در بخش چهارم یافته‌ها و نتایج تحلیل‌های صورت گرفته ارائه می‌گردد.

نمودار ۲- مراحل شکل‌گیری پژوهش

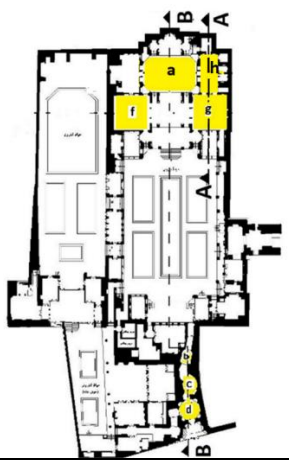
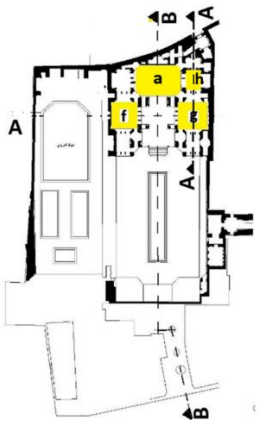
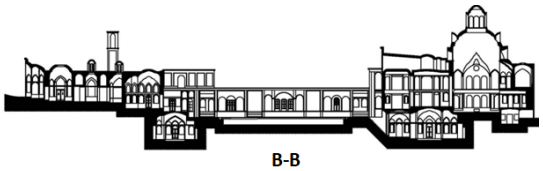


Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

**شناخت محدوده پژوهش:** محدوده‌ی انجام این پژوهش شهرستان کاشان با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه می‌باشد، این شهرستان با تاریخی درخشان در عرصه هنر معماری منطقه کویر مرکزی ایران همواره مورد توجه بسیاری از پژوهشگران عرصه هنر معماری و شهرسازی بوده است. این اهمیت را شاید بتوان بیشتر به دلیل ساخت طیف وسیعی از خانه‌ها که به اذعان بسیاری از پژوهشگران درنهایت تکامل مفهوم خانه‌سازی و دارای دستاوردهای مهم درزمینهٔ دانش فنی معماری دانست (میرمیران،۱۳۸۴) یکی از این دستاوردهای فنی چگونگی بهره‌گیری از نور و روشنایی طبیعی از ورای نورگیرهای متنوع سقفی است که حضور نور مناسب در خانه‌های این منطقه را در پی داشته است (طاهباز, جلیلیان, موسوی, & کاظم زاده, ۱۳۹۲) حال برای دریافتن این موضوع که نورگیرهای سقفی چه عملکردی در دریافت میزان نور مناسب در خانه‌های سنتی کاشان داشته‌اند نیاز است تا مورد پژوهش و بررسی دقیق قرار گیرند. لذا در این مسیر ابتدا با بررسی نمونه‌های فراوان خانه‌های تاریخی کاشان، خانه بروجردی‌ها به دلیل داشتن نورگیرهای سقفی پرتعداد و متنوع، سالم و همچنین دسترسی به اطلاعات آن به‌عنوان نمونه موردی برای تحقق اهداف پژوهش انتخاب گردید.

**معرفی نمونه موردی:** خانه بروجردی‌ها از خانه‌های تاریخی و با ارزش شهر کاشان است که در قرن ۱۳ هجری قمری ساخته شده است. تنوع فضایی در کنار تنوع و تعدد نورگیرها از موارد بسیار منحصربه‌فرد این بنا است. تعداد نورگیرهای سقفی افقی در این بنا ۱۱ مورد می‌باشد، توزیع نورگیرهای سقفی در آن به این صورت است که ۳ مورد مربوط به فضاهای ورودی بوده و ۸ مورد دیگر آن مرتبط با تالار اصلی و فضاهای جانبی آن است که با توجه به جدول ۳ فضای a، b،c، d، h هرکدام دارای یک نورگیر هستند همچنین فضای f و g هرکدام سه نورگیر دارند. از این تعداد نورگیر مرکزی تالار اصلی a و دو نورگیر از نورگیرهای فضای ورودی اصلی c و d از نوع روشندان هستند و ۷ نورگیر دیگر نیز هورنو بوده که در این پژوهش هر ۱۱ مورد، بررسی خواهند شد. همچنین لازم به ذکر است با توجه به مشابهت و یکسانی نورگیر فضاهای f و g و برای جلوگیری از تکرار مباحث، تنها نورگیر فضای f تحلیل می‌گردد که نتایج آن در خصوص نورگیر فضای g نیز قابل استناد خواهد بود.

جدول ۳- نورگیرهای سقفی در خانه بروجردی‌ها (فرخ‌یار،۱۳۹۲)

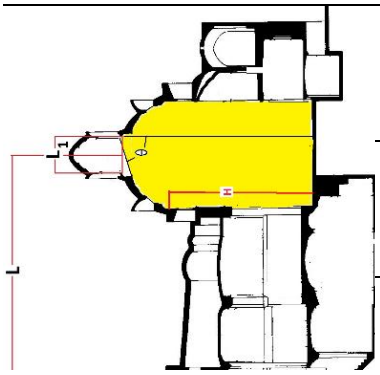
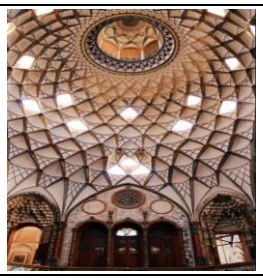
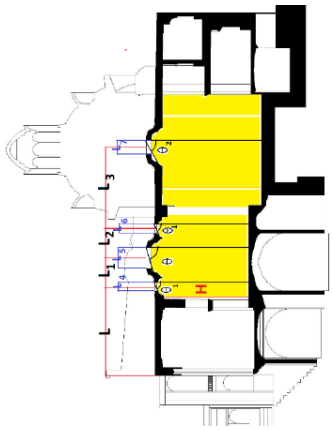
| پلان طبقه همکف | پلان طبقه اول | نوع نورگیرهای سقفی و تعداد | نوع قضا |
|---|---|---|---|
|  |  | روشندان ـ هورنو<br>۱۱ | فضای a تالار<br>فضای g، h، f فضاهای جنبی تالار<br>فضای b، c، d هشتی و تقسیم |
| |  | | |

Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

## تحلیل نمونه‌های موردی

**بررسی اندازه، زاویه انسداد، فاصله از نورگیرهای مجاور و مصالح نورگیرهای سقفی در نمونه‌های انتخابی:** تحلیل‌های صورت گرفته در این بخش شامل دو مرحله است. ابتدا فضاهای دارای نورگیر سقفی انتخاب شده‌اند، همان‌گونه که پیش‌تر عنوان شد فضای تالار اصلی a دارای ۱ نورگیر سقفی بوده، فضاهای مجاور تالار f و g هریک دارای سه نورگیر و فضاهای h دارای ۱ نورگیر است، همچنین ورودی بنا ۳ فضای مکث b، c و d که هرکدام یک نورگیر دارند. در ادامه با بررسی تمام نورگیر فضاهای انتخاب‌شده اندازه، زاویه انسداد، فاصله از نورگیرهای مجاور و مصالح نورگیرهای سقفی مورد ارزیابی قرار گرفت حاصل این بررسی‌ها به‌صورت خلاصه در جدول ذیل ارائه شده است. لازم به ذکر است در خصوص ارتفاع فضاها با توجه به (شکل ۳) و سیستم نیارشی خاص معماری تاریخی ایران و کاشان که بر پایه تاق و قوس استوار است ارتفاع فضاها از پاکار قوس تاق‌ها تا کف همان فضا فرض شده است.

جدول ۴- اندازه، زاویه انسداد، فاصله از نورگیر مجاور و مصالح در نورگیرهای سقفی خانه بروجردی‌ها

| نام فضا | اندازه نورگیر | فاصله از نورگیر مجاور | زاویه انسداد | خصوصیات فضای زیر نورگیر | | مقطع نورگیر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نورگیر فضای a (B-B) | $L_1 = 3.4$ | L=18 | $\theta \geq 70$ | شکل | مستطیل با پخ در گوشه‌ها با قابلیت دید به نورگیر از تمام گوشه‌ها |  |
| | | | | ابعاد | ارتفاع ۱۲متر<br>طول ۱۲متر<br>عرض ۸ متر | |
| | | | | مصالح | گچ سفید با ضریب انعکاس ۷۰ تا ۹۰ درصد | |
| | خصوصیات و مصالح نورگیر | | | ۱-نورگیر دارای هر سه جز روزن، گلوگاه عمودی و گلوگاه شیب‌دار است.<br>۲- جدارهای نورگیر دارای رسمی بندی و با گچ سفید با ضریب انعکاس ۸۰ درصد اندود شده است | |  |
| نورگیر فضاهای f, h (A-A ) | $L_4 = 0.5$<br>$L_5 = 1$<br>$L_6 = 0.5$<br>$L_7 = 0.75$ | L=8.75<br>$L_1 = 3$<br>$L_2 = 3$<br>$L_3 = 4.75$ | $\theta \geq 70$ | شکل | فضای f و g مربع با پخ در گوشه‌ها با قابلیت دید به نورگیر از تمام زوایا فضای h مستطیل شکل |  |
| | | | | ابعاد | فضای f و g طول و عرض ۸*۸ و ارتفاع ۷.۵ و قابلیت دید به نورگیر از تمام زوایا<br>فضای h با ابعاد ۶*۴ | |
| | | | | مصالح | گچ سفید با ضریب انعکاس ۸۰ درصد | |

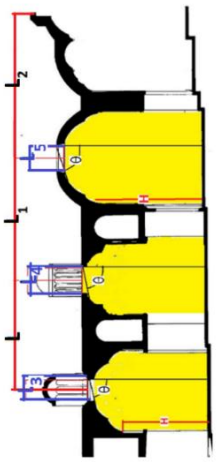
| | | |
|---|---|---|
| نورگیر فضای b، d ،c (B-B) | خصوصیات و مصالح نورگیر | ۱-نورگیرها دارای هر سه جز روزن، گلوگاه عمودی و گلوگاه شیب‌دار است.<br>۲- جدارهای نورگیرها دارای رسمی بندی و با گچ سفید با ضریب انعکاس ۸۰ درصد اندود شده است |

| | | |
|---|---|---|
| نورگیر فضای b، d ،c (B-B) | شکل | نزدیک به مربع با پخ در گوشه‌ها با قابلیت دید به نورگیر از تمام گوشه‌ها |

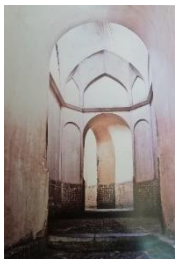
| ابعاد | فضا | b | c | d |
|---|---|---|---|---|
| | ارتفاع | 3.4 | 3.4 | 4.2 |
| | طول | 3.5 | 4 | 5.5 |
| | عرض | 3 | 3.5 | 5.5 |

$\theta \geq 70$ L=4.4 $L_1 = 5$ $L_2 = 5.70$ $L_3 = 0.80$ $L_4 = 0.80$ $L_5 = 1$

| | | |
|---|---|---|
| | مصالح | گچ سفید با ضریب انعکاس ۸۰ درصد |



| | | |
|---|---|---|
| | خصوصیات و مصالح نورگیر | ۱-نورگیرها دارای هر سه جز روزن، گلوگاه عمودی و گلوگاه شیب‌دار است.<br>۲- جدارهای نورگیرها دارای رسمی بندی و با گچ سفید با ضریب انعکاس ۸۰ درصد اندود شده است |



جدول ۴- اطلاعات مرتبط با گلوگاه‌های عمودی و مایل در نورگیرهای سقفی خانه بروجردی‌ها

| نام فضا | گلوگاه عمودی | | | گلوگاه مایل | | | مساحت کل فضا | ضریب انعکاس مصالح |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ارتفاع | شعاع | شکل سطح مقطع | ارتفاع | شعاع-اضلاع | شکل سطح مقطع | | |
| A | 1 | 1.5 | دایره | 3 | 4 | دایره | 96 | 0.8 |
| b | 0.4 | 0.4 | دایره | 1.2 | 1.75 | دایره | 8.75 | 0.8 |
| c | 0.4 | 0.4 | دایره | 1.2 | 2 | دایره | 14 | 0.8 |
| D | 0.4 | 0.5 | دایره | 2 | 2.75 | دایره | 28.6 | 0.8 |
| f-a | 0.3 | 0.25 | دایره | 1.5 | 2-8 | مستطیل | 64 | 0.8 |
| f-b | 0.3 | 0.5 | دایره | 1.5 | 4-8 | مستطیل | 64 | 0.8 |
| f-c | 0.3 | 0.25 | دایره | 1.5 | 2-8 | مستطیل | 64 | 0.8 |
| h | 0.3 | 0.35 | دایره | 1.5 | 2 | دایره | 24 | 0.8 |



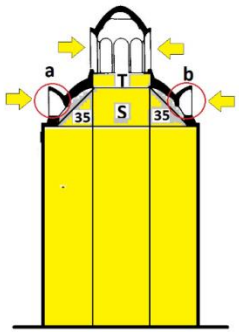
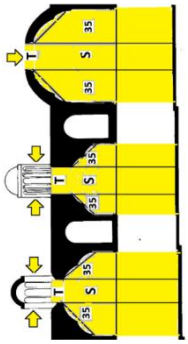
Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

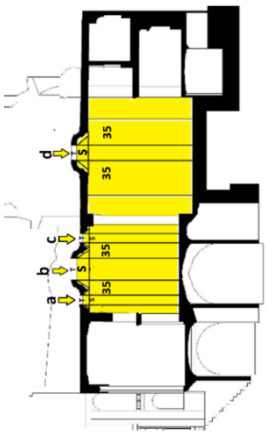
Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

**مساحت فضای روشن‌شده، تعداد و میزان بهره‌وری نورگیرهای سقفی خانه بروجردی‌ها:** در این مرحله با توجه به اطلاعات مرحله قبل و همچنین روابط گفته شده در خصوص مساحتی از فضای اتاق که یک نورگیر سقفی می‌تواند روشن کند، تعداد نورگیرهای سقفی لازم برای روشن کردن کامل یک فضا و همچنین میزان بهره‌وری نورگیرهای سقفی، در نورگیر سقفی نمونه موردی انتخابی مورد بررسی قرار گیرد، با توجه به مشاهدات نورگیرهای سقفی در خانه بروجردی‌ها از نوع نورگیرهای سه‌قسمتی با گلوگاه عمودی کوتاه به اندازه ضخامت سقف یا گنبد و گلوگاه مایل که پوسته داخلی گنبد است که با پوشش کاربندی پوشیده شده است، همچنین شکل گلوگاه عمودی استوانه با سطح مقطع دایره بوده و گلوگاه مایل نیز کره‌ای بوده که در اکثر موارد سطح مقطع آن دایره است به‌جز نورگیر فضاهای g و f که سطح مقطع آن مستطیل می‌باشد خلاصه اطلاعات در جدول ذیل مرتبط با خصوصیات نورگیر و گلوگاه‌های عمودی و مایل آن بیان شده است.

چنانچه در جدول فوق نیز اشاره شده است با توجه به استفاده از گچ و رسمی بندی برای مصالح رویی نورگیرها، ضریب انعکاس ۰.۹ برای آن‌ها لحاظ شده است همچنین لازم به ذکر است با توجه به مشابهت نورگیرهای فضاهای f و g در اینجا فقط یک تحلیل برای آن‌ها اشاره شده است حال با توجه به اطلاعات موجود در جدول فوق و استفاده از روابط ۱ تا ۷ که پیش‌تر عنوان‌شده در خصوص مساحت، تعداد و بهره‌وری نورگیرها، نتایج تحلیل نورگیر سقفی نمونه موردی انتخابی در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول ۵- بررسی مساحت روشن‌شده، تعداد نورگیرهای سقفی لازم مطابق با نورگیرهای موجود برای هر فضا و بهره‌وری آن‌ها

| نام بنا | فضای روشن‌شده توسط نورگیر | تعداد نورگیر لازم | راندمان نورگیر | | | تصویر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | اجزا نورگیر | ارتفاع | $WCR_i$ | |
| نورگیر فضای a | 2(12*0.7)+3=19.8<br>3.14*(9.9)$^2$=307.75 | 1 | $WCR_T$ | 1 | $\frac{2.5*1*2*3.14*1.5}{3.14*1.5^2}=3.14$ |  |
| | | | $WCR_S$ | 3 | $\frac{2.5*3*2*3.14*4}{3.14*4^2}=3.7$ | |
| | | | بهره‌وری نورگیر | | 0.93*0.87*0.8*100=64.7 | |
| | | | نورگیر a و b یک‌طرفه هستند | | | |
| نورگیر فضای b | 2(3.4*0.7)+0.8=5.56<br>3.14*(2.78)$^2$=24.26 | 0.3 | $WCR_T$ | 0.4 | $\frac{2.5*0.4*2*3.14*0.4}{3.14*0.4^2}=5.24$ | |
| | | | $WCR_S$ | 1.2 | $\frac{2.5*1.2*2*3.14*1.75}{3.14*1.75^2}=3.4$ | |
| | | | بهره‌وری نورگیر | | 082*0.89*0.8*100=58 | |
| نورگیر فضای c | 2(3.4*.7)+0.8=5.56<br>3.14*(2.78)$^2$=24.26 | 0.56 | $WCR_T$ | 0.4 | $\frac{2.5*0.4*2*3.14*0.4}{3.14*0.4^2}=5$ |  |
| | | | $WCR_S$ | 1.2 | $\frac{2.5*1.2*2*3.14*2}{3.14*2^2}=3$ | |
| | | | بهره‌وری نورگیر | | 0.8*0.9*0.8*100=57.6 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نورگیر فضای d | 2(4.2*0.7)+1=6.88<br>3.14*(3.44)²=37.15 | 0.76 | $WCR_T$ | 0.4 | $\frac{2.5*0.4*2*3.14*0.5}{3.14*0.5^2}=4$ | |
| | | | $WCR_S$ | 2 | $\frac{2.5*3*2*3.14*4}{3.14*4^2}=3.7$ | |
| | | | بهره‌وری نورگیر | | 0.85*0.82*0.8*100=55.76 | |
| نورگیر a فضای f | 2(7.5*0.7)+0.5=11<br>3.14*(5.5)²=95 | 0.67 | $WCR_T$ | 0.3 | $\frac{2.5*0.3*2*3.14*0.25}{3.14*0.25^2}=6$ |  |
| | | | $WCR_S$ | 1.5 | $\frac{2.5*1.5*2(8+2)}{8*2}=4.68$ | |
| | | | بهره‌وری نورگیر | | 0.78*0.8*0.8*100= 50 | |
| fفضای bنورگیر | 2(7.5*0.7)+1=11.5<br>3.14*(5.75)²=103.8 | 0.61 | $WCR_T$ | 0.3 | $\frac{2.5*0.3*2*3.14*0.5}{3.14*0.5^2}=3$ | |
| | | | $WCR_S$ | 1.5 | $\frac{2.5*1.5*2(8+4)}{8*4}=2.8$ | |
| | | | بهره‌وری نورگیر | | 0.87*0.89*0.8*100=62 | |
| f فضای cنورگیر | 2(7.5*0.7)+0.5=11<br>3.14*(5.5)²=95 | 0.67 | $WCR_T$ | 0.3 | $\frac{2.5*0.3*2*3.14*0.25}{3.14*0.25^2}=6$ | |
| | | | $WCR_S$ | 1.5 | $\frac{2.5*1.5*2(8+2)}{8*2}=4.68$ | |
| | | | بهره‌وری نورگیر | | 0.78*0.8*0.8*100= 50 | |
| h فضای dنورگیر | 2(7.5*0.7)+0.75=11.25<br>3.14*(5.62)²=99 | 0.24 | $WCR_T$ | 0.3 | $\frac{2.5*0.3*2*3.14*0.375}{3.14*0.375^2}=4$ | |
| | | | $WCR_S$ | 1.5 | $\frac{2.5*1.5*2*3.14*2}{3.14*2^2}=3.75$ | |
| | | | بهره‌وری نورگیر | | 0.84*0.84*0.8*100=56.4 | |



Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

## یافته‌ها

همان‌گونه که پیش‌تر عنوان شد نورگیرهای سقفی یکی از دستاوردهای معماری منطقه کویری ایران به‌ویژه خانه‌های تاریخی آن منطقه است لذا برای عملکرد مناسبی برای نورپردازی فضاهای مرتبط با خود داشته باشند باید تابع اصول و قواعدی خاص باشند. قواعدی که امروزه توسط پژوهش‌های گوناگون به‌عنوان راهنمایی در جهت طراحی نورگیرهای با بهره‌وری مناسب تهیه شده‌اند. از این‌سو این اصول و قواعد می‌توانند بستری برای مطالعه نورگیرهای سقفی در معماری تاریخی نیز باشند. اکنون با توجه به این اصول و اطلاعات بدست آمده از تحلیل نورگیر سقفی از نمونه انتخابی خانه‌های تاریخی کاشان می‌توان عملکرد آن‌ها را مورد ارزیابی قرار داد. یافته‌های پژوهش صورت گرفته به‌طور خلاصه به‌قرار ذیل است:

۱-تمام نورگیر سقفی دارای سه جز روزنه نور، گلوگاه عمودی و گلوگاه مایل هستند که این شکل از نورگیر برای دریافت نور در فضاهای مرتبط با آن‌ها مناسب‌ترین شکل است.

۲-زاویه انسداد برای تمام نورگیرها در هر دو نمونه انتخاب‌شده از حداکثر زاویه پیشنهادی یعنی ۶۰ درجه برای عدم چشم زدگی بیشتر بوده و معمولاً نزدیک به ۷۰ درجه است که با توجه به اینکه نورگیرها سه‌قسمتی هستند چشم زدگی خاصی ایجاد نمی‌کند.

۳-فاصله نورگیرها از نورگیر مجاور آن بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده موجود و همچنین مقادیر محاسبه‌شده طبق رابطه ۱ و شکل ۳ در جدول ذیل مورد اشاره قرار گرفته است.

جدول ۶- فاصله نورگیرهای سقفی نمونه‌های موردی از نورگیر مجاور و حداکثر میزان قابل‌قبول برای آن‌ها

| نام بنا | فاصله از نورگیر مجاور | اندازه استاندارد (رابطه ۱) | اندازه استاندارد بر اساس 1.5-2H | نام بنا | فاصله از نورگیر مجاور | اندازه استاندارد (رابطه ۱) | اندازه استاندارد 1.5-2H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نورگیر مرکزی فضای a بر اساس برش (B-B) | 18 | 35.8 | 18-24 | نورگیر d فضای h بر اساس برش (A-A) | 4.75 | 15.25 | 11.25-15 |
| نورگیر فضای b بر اساس برش (B-B) | 4.4 | 12.56 | 5.1-8.8 | نورگیر a فضای f بر اساس برش (A-A) | 8.75 | 15 | 11.25-15 |

جدول ۶- فاصله نورگیرهای سقفی نمونه‌های موردی از نورگیر مجاور و حداکثر میزان قابل‌قبول برای آن‌ها

| نام بنا | فاصله از نورگیر مجاور | اندازه استاندارد (رابطه ۱) | اندازه استاندارد بر اساس 1.5-2H | نام بنا | فاصله از نورگیر مجاور | اندازه استاندارد (رابطه ۱) | اندازه استاندارد 1.5-2H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نورگیر فضای c بر اساس برش (B-B) | 5 | 13.56 | 5-8.8 | نورگیر b فضای f بر اساس برش (A-A) | 3 | 19.5 | 11.25-15 |
| نورگیر فضای d بر اساس برش (B-B) | 5.7 | 17.88 | 6.3-11.4 | نورگیر c فضای f بر اساس برش (A-A) | 3 | 15 | 11.25-15 |

با توجه به جدول فوق فاصله تمام نورگیرها بر اساس اندازه‌گیری‌ها از تمام مقادیر محاسبه‌شده طبق روابط ۱ و شکل ۳ مناسب و کمتر بوده است.

۴- مساحت نوردهی تمامی نورگیرهای بررسی‌شده از مساحت فضاها تحت پوشش آن‌ها بیشتر است همچنین تعداد نورگیرها به از تعداد موردنیاز بیشتر و یا برابر بوده است.
۵-میزان بهره‌وری نورگیرها که ملاک مناسبی برای سنجش عملکرد نورگیری است در تمامی موارد بررسی‌شده بیش از ۵۰ درصد بوده است.
۶- مصالح مورداستفاده در اجزاء نورگیرها و گچ سفید آمیخته با هنر رسمی بندی بوده که بازتابی حداکثری در حدود ۸۰ درصد داشته که با در نور رسانی به فضاهای مرتبط با نورگیر بسیار کارا هستند.
۷-فضای زیر نورگیر غالباً مربع یا مستطیل با مصالح گچ سفید با انعکاس ۸۰ درصد بوده که در پخش و دریافت یکسان نور به تمام قسمت‌ها مؤثر بوده و نقطه تاریک در این پلان شکل نمی‌گیرد.

## نتیجه‌گیری

خانه‌های تاریخی حاشیه کویر مرکزی ایران دارای جنبه‌های گوناگون و دستاوردهای فنی و تکنیکی متنوعی از قبیل سیستم‌های اقلیمی چون بادگیرها و شبستان‌ها بوده‌اند؛ اما سیستم‌های نورگیری این بناها و به‌تبع آن، نورگیرهای سقفی ازجمله دستاوردهای منحصربه‌فردی از معماری این منطقه است که کمتر به آن پرداخته شده است. در این پژوهش با شناخت عوامل مؤثر بر عملکرد نورگیرهای سقفی، سعی در بازشناسی عملکرد این نوع از نورگیرها و تأثیر آن بر معماری خانه‌های تاریخی کاشان و نمونه انتخابی خانه بروجردی‌ها نمود که نتایج بدست آمده از این پژوهش به‌صورت خلاصه به‌قرار ذیل است:

۱- **تناسبات:** نورگیرها دارای ابعاد و تعداد مشخص بوده که متناسب با مساحت و میزان نور موردنیاز فضاهای تحت پوشش آن‌ها بوده است؛ به عبارتی می‌توان گفت تناسبات فضاها و نورگیرهای سقفی به هم مرتبط بوده و نورگیر سقفی مشخص‌کننده تناسبات فضا بوده است؛ به همچنین زاویه انسداد ۷۰ درجه در فضاهای بررسی‌شده به‌گونه‌ای است که هیچ قسمتی از فضا تاریک نمانده و چشم زدگی خاصی نیز با توجه به اینکه نورگیرها سه‌قسمتی هستند، ایجاد نمی‌کند.

۲- **فرم و هندسه فضا:** نورگیرها در معماری ایران سه‌جزئی بوده که بهترین نوع نورگیر برای پخش یکنواخت نور با مساحت حداکثری است، دیواره گلوگاه‌ها نیز رسمی بندی با مصالح گچ سفید بوده که در هدایت و بازتاب غیرمنظم نور با توجه به قوانین انعکاس غیر آینه‌ای سطوح غیر مسطح بسیار مؤثر بوده و باعث بالا رفتن عملکرد نورگیر شده است؛ بنابراین می‌توان رسمی بندی را هنر مرتبط با نورگیر سقفی و حتی جزء ۴ ام نورگیرهای سقفی در معماری ایران دانست؛ و بر طبق این مطالب می‌توان بیان داشت که هندسه فضا متأثر از هندسه و شکل نورگیر شده است.

۳- **ابعاد و اندازه:** فاصله نورگیرها همواره از نورگیر افقی یا عمودی مجاور از مقادیر ۱.۵H الی ۲H کمتر است که باعث می‌گردد همواره نور در فضا حضور داشته و عملاً نقطه تاریکی در بنا شکل نگیرد به‌گونه‌ای دیگر می‌توان گفت که مقیاس بنا تحت تأثیر نورگیرها بوده‌اند.

۴- **مصالح:** برای راندمان مناسب ۵۰ درصدی و بیشتر از مصالح با رنگ و بازتاب مناسب ۸۰ درصدی استفاده شده است که بیانگر تأثیر این نورگیرها بر مصالح فضا در نمونه انتخاب‌شده است.

۵- **عملکرد:** همچنین بهره‌وری بیش از ۵۰ درصد نورگیرها نشانه‌ای از عملکرد مناسب آن‌ها در راستای تأمین نور بنا بوده است، از طرفی این میزان بهره‌وری، وجود ضوابط و قواعد ویژه در طراحی و ساخت نورگیرهای سقفی نزد معماران ایرانی در گذشته دانست که می‌تواند موضوع مناسبی برای پژوهش‌های بعدی باشد که بتوانند این ضوابط و الگوها می‌تواند راهنمایی مناسب برای معماران امروزی جهت نورپردازی ساختمان‌های جدیدالاحداث باشد.

## منابع


- امرایی، م. (۱۳۸۳). ارسی، پنجره‌های رو به نور. قم: فرهنگ.
- بزرگمهری، ز. (۱۳۸۵). هندسه در معماری ایران. تهران: سبحان نور.
- بمانیان، م.، & نیکودل، ف. (۱۳۹۳). بررسی انواع نورگیری و روش‌های تأمین نور در مساجد دوره قاجار تهران. پژوهش‌های معماری اسلامی، ۶۰-۷۳.
- پیرنیا، م. (۱۳۷۴). آشنایی با معماری اسلامی ایران. تهران: دانشگاه علم و صنعت.
- پوپ، آ. آ. (۱۳۹۳). معماری ایران، مترجم غلامحسین صدری افشار. تهران: دات.




Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020


- فرخ یار، ح. (۱۳۹۲). صد خانه صد پلان، ویژگی‌های معماری خانه‌های قدیمی در بافت تاریخی (اقلیم گرم و خشک). کاشان: دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان.
- طاهباز، م.، جلیلیان، ش.، موسوی، ف.، & کاظم‌زاده، م. (۱۳۹۲). نورپردازی طبیعی در خانه‌های سنتی کاشان (نمونه موردی خانه عامری‌ها). مطالعات معماری ایران، ۷۸-۱۰۸.
- قیابکلو، ز. (۱۳۹۴). مبانی فیزیک ساختمان. تهران: جهاد دانشگاهی.
- معماریان، غ. (۱۳۹۱). نیارش. تهران: نغمه نو اندیش.
- میرمیران، س. (۱۳۸۴). سیری از ماده به روح. مجله معماری و شهرسازی، ۹۴-۱۰۰.
- مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۶). مبحث چهارم الزامات عمومی ساختمان، تهران: توسعه ایران.
- مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۶). مبحث سیزده طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان، تهران: توسعه ایران.
- نعمت گرگانی، ا.، & کیانی، ی. (۱۳۷۵). پیشینه نور در معماری و وسائل روشنایی در هنر اسلامی ایران. تهران: دانشگاه تهران.
- هالیدی، د. (۲۰۰۸). مبانی فیزیک: شاره‌ها, موج‌ها, مبانی نور و فیزیک جدید. تهران: اشراقی.
- هومانی راد، م.، پورمند، ح.، & طاهباز، م. (۱۳۹۷). کندوکاو در نسبت نورگیرها و روشنایی روز در معماری گنبدخانه‌های مساجد تاریخی و معاصر. فصلنامه علمی پژوهشی معماری و شهرسازی، ۶۹-۹۰.
- Ahadi, A., Saghafi, M., & Tahbaz, M. (2018). The optimization of light-wells with integrating daylight and stacknatural ventilation systems in deep-plan residential buildings: A casestudy of Tehran. *Building Engineering*.
- bahmani kazerooni, S. (2013). Study of the Persepolis skylight the castles and their arrangement on the main page, with an emphasis Pattern. *Engineering and Science*, 30-35.
- Baker, N., & Steemers, K. (2014). *Daylight Design of Buildings: A Handbook for Architects and Engineers.* Routledge.
- CIBSE. (1999). *Daylighting and Window Design, Dorcheste.* london: friary press.
- Egan, M., & Olgyay, V. (2002). *Architectural Lighting.* new york: MacGraw-hill.
- Ghobad, L., Place, W., & Cho, S. (2013). DESIGN OPTIMIZATION OF SQUARE SKYLIGHTS IN OFFICE BUILDINGS. *13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, (pp. 3653-3660). Chambéry, France.
- Heschong Mahone Group. (2002). *Daylighting in Schools—An Investigation into the Relationship between Daylighting and HumanPerformanceprepared for Pacific Gas & Electric Company and funded by California utility customers.* California.
- McHugh, J., Heschong, L., Manglani, P., & Dee, R. (2003). *Best Practices for Designing ModularSkylight Systems for Suspended Ceilings.* California: Public Interest Energy Research.
- McHugh, J., Lewin, I., & Domigan, J. (2002). Skylights as luminaires: PIER skylight photometric test results. *IESNA Annual Conference Proceedings*, (pp. 427-442). New York.
- Standards, B. E. (2005). *Standards for residential and Non residential buildings.* California: California Energy Commission.

Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir at 13:56 +0330 on Saturday November 14th 2020

# Recognition of the effect of skylights on the architecture of Kashan historic houses (Case study: Boroujerdi house)

***Arsalan Azadifar**, PH.D. Candidate in Architecture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University of Ahvaz, Iran.*
***Ali Omranipour**, Assistant Professor, Faculty of Architecture and Art, University of Kashan, Iran.* *
***Mostafa Masoudinezhad**, Assistant Professor, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Iran.*
***Mohsen Vafamehr**, Professor School of Architecture and Environmental Design, IUST, Iran.*

**Abstract**
One of Kashan's historical architectural achievements has been the use of skylights in historic houses. Research has shown that these skylights' quality and performance are related to factors such as their type, distance from other openings, size, and materials, cut-off Angle, area of illumination created, number, and amount of their efficiency. The article used these factors for evaluating the impact of these skylights' performance. The present study, based on library and field studies, analyzes the effect of skylights' performance on the architecture of the house of Boroujerdi as a selected example. The results show that skylights' performance has been influential on architectural proportions through the number, size, and area of the space illuminated by it. Also, the three-component structure of skylights determined the geometry and architectural form of related spaces, and formalization was a part of the design of skylights in Kashan, which was a solution to direct light into the building; Also; the distance of the skylights from each other shows that the scale and dimensions of the space have been formed in relation to them and the efficiency factor of 50% of the skylights shows the acceptable performance and correct choice of their materials in providing light.
**Keyword:** Ceiling skylight, historic house, Kashan, architecture.

* Corresponding Author Email: a_omrani@kashanu.ac.ir