ارزیابی تابش خورشید و ایجاد سایه بر کالبد کبوترخانه‌های روستای اصفهان و تبریز

توحید شیری*، کورش مومنی**

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰

چکیده
در اکثر نقاط کشورمان مخصوصاً دو اقلیم گرم و خشک و سرد و خشک کبوترخانه‌هایی با فرم و شکل‌های گوناگون جهت نگهداری و پرورش کبوترها وجود داشته‌است. این بناها غالباً دارای پلان‌های دایره و مربعی هستند و با مصالح خشت و آجر ساخته شده‌اند. هدف از این پژوهش، شناخت دریافت تابش خورشید و اثر سایه بر سطوح کبوترخانه‌های روستایی اصفهان و تبریز می‌باشد. سؤال اصلی تحقیق عبارت است از اینکه: «دریافت و درصد تابش خورشید و ایجاد سایه بر سطوح کبوترخانه‌های اقلیم گرم و خشک اصفهان و اقلیم سرد تبریز چگونه بوده‌است؟». بخشی از مطالعه موردکاوری و توصیفی- تحلیلی و بخشی دیگر تحلیل نرم‌افزاری است؛ بنابراین، چهار نمونه کبوترخانه با ساختار و فرم متفاوت از روستاهای طار، خیرآباد، گورت و ضامن‌آباد اصفهان و چهار نمونه از روستاهای خلجان، تقی‌آباد، دیگ باشی و چله‌غاز تبریز انتخاب گردید، سپس نمونه‌ها در نرم‌افزار Rhinoceros5 با مقیاس دقیق مدل‌سازی شدند و با استفاده از موتور RADIANCE و ECOTECT میزان و درصد دریافت تابش خورشید در گرم‌ترین روز سال در دو بازه‌ی زمانی ساعات ۱۳ و ۱۶ و اثر ایجاد سایه بر سطوح کبوترخانه‌ها در ساعت ۱۵ شبیه‌سازی گردید. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان دادند که دریافت و درصد تابش خورشید بر سطوح کبوترخانه‌ها در اقلیم گرم و خشک اصفهان و سرد و خشک تبریز با مساحت و فرم بنا رابطه‌ی مستقیمی دارد. مناسب‌ترین کبوترخانه برای اقلیم گرم و خشک که حرارت اشعه‌ی تابش زیاد است و نیاز است در بازه‌ی زمانی گرم سایه‌اندازی در سطوح ایجاد گردد و سطوح کمتری از بنا در معرض تابش قرار گیرد؛ کبوترخانه‌های چنداستوانه‌ای با خلل و فرج بیشتر و سطوح منحنی است و برای اقلیم سرد کبوترخانه‌های مکعبی با سطوح صاف و بدون خلل فرج، مناسب‌ترین می‌باشد که این کبوترخانه‌ها درصد زیادی از سطوح خود را در معرض تابش خورشید قرار می‌دهند و اشعه‌ی تابش خورشید با زاویه تقریباً مستقیم و ۹۰ درجه بر سطوح برخورد می‌نماید.

کلمات کلیدی: جذب تابش، سایه، Radiance، Ecotect، کبوترخانه.

* کارشناس ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران.
** دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران. K_Momeni@jsu.ac.ir

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

مقدمه

تاریخ ساخت کبوترخانه‌ها به‌طور شفاف و دقیق مشخص نیست اما از مستندات و شواهد چنین برمی‌آید که قدمت تنها ۲ عدد از این کبوترخانه‌ها را می‌توان به دوران شاه‌عباس نسبت داد که در باغات هزارجریب بنا شده‌اند (Mirdanesh, 2007). در خاورمیانه کبوترها آشیانه امن را حفره‌های خانه‌های اولیه بشری در بام‌ها پیدا می‌نمودند و در آنجا زندگی و تولیدمثل داشتند، در همین دوران انسان دریافت که فضولات کبوتران حاوی مقادیر زیادی مواد غذایی و معدنی برای حاصلخیزی و پربارتر کردن محصولات کشاورزی است. بر پایه این رهیافت برج‌های کبوتر و یا به عبارتی کبوترخانه‌ها توسط بشریت برای زندگی و رشد و نمو و تولیدمثل کبوتران ساخته شد تا انسان‌ها بتوانند از فضولات آن‌ها به‌عنوان کود برای زمین‌های خویش بهره ببرند (Olgyay, 2003). به‌طورکلی کبوترخانه‌ها نمونه‌ای بارز و شاخص از معماری روستایی ایران است که بر پایه نیازهای بومی و معماری بومی روستا شکل گرفته است. کبوترخانه‌های این نواحی نمونه روشنی از هم‌آوایی نیازهای بشریت و رویکرد طبیعت در معماری روستایی است. با بهره‌گیری از این مفهوم کارکردی، معمار سنتی گونه‌های متنوعی از کبوترخانه‌ها را پدید آورد که در نوع خود حائز اهمیت است (ضرغامی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۸). مصالح اصلی کالبد کبوترخانه‌ها خشت نپخته و آجر لعابدار است که با ظرافت و خلاقیت هر چه بیشتر در ساختار بنا به‌کار رفته است. بعضاً در سازه کبوترخانه‌ها از الوارهای چوبی استفاده می‌شده که کل ساختار توانایی مقاومت در برابر نیروهای محوری را دارا باشد. گنبدها و طاق‌هایی که بیشتر به‌منظور استفاده جهت کاربرد سازه‌ای در کبوترخانه‌ها موجود هستند خود نیز از لحاظ هنر معماری قابل‌توجه و اهمیت می‌باشند. هر کبوترخانه از قسمت بیرونی استوانه‌ای شکلی تشکیل شده که خود فرم استوانه و مقطع دایره آن بهترین حالت مقاوم در برابر نیروهای جانبی را فراهم می‌آورند (Mattewes, 1951, 148). بنای کبوترخانه‌ها دارای ساختار متفاوت بوده است که با شکل‌های استوانه‌ای، مربعی ساخته شده‌اند (Amirkhani at all, 2010). در روستاهای اصفهان از دوره‌های زمانی مختلف برج‌های کبوترخانه با پلان دایره‌ی و مربعی وجود دارد، برج‌ها معمولاً در کنار همدیگر با گونه‌های مختلف پخش شده‌اند (bourgeois, 1983: 5-91). فرم و شکل ساختمان باید با اثرات مطلوب و نامطلوب حرارتی محیط مطابقت داشته باشد. معماری سنتی ایران برای سال‌های متمادی با کمترین مصرف انرژی شرایط آسایش را فراهم نموده است (Asefi, et all, 2016). یکی از متغیرهای مهم در طراحی همساز با اقلیم، ویژگی‌های جداره خارجی بنا است (Watson& Kent, 1993). پژوهش حاضر در نظر دارد که میزان جذب تابش خورشید و اثر ایجاد سایه بر سطوح کبوترخانه‌های روستایی دو اقلیم گرم و خشک و سرد و خشک را شناسایی نماید و فرم کبوترخانه‌ها را از لحاظ تابش خورشید مورد ارزیابی قرار دهد. در همین راستا چند نمونه از کبوترخانه با شکل و ساختار متفاوت از روستاهای گلپایگان، نطنز و فلاورجان اصفهان و چند نمونه از کبوترخانه‌های روستای بناب، میاندوآب، عجب‌شیر انتخاب گردید تا میزان دریافت تابش خورشید را با استفاده از پلاگین‌های honeybee& ladybug با موتور Radiance شبیه‌سازی تابش خورشید و با Ecotect اثر ایجاد سایه را به‌صورت سالیانه در گرم‌ترین موقع انجام گردد. سؤالات پژوهش در رابطه با این پژوهش چنین می‌باشند:

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

– دریافت تابش خورشید و ایجاد سایه بر سطوح کبوترخانه‌های اقلیم گرم و خشک اصفهان و اقلیم سرد تبریز چگونه بوده است؟
– شکل و فرم کبوترخانه‌ها در دریافت تابش خورشید در دو اقلیم گرم و خشک اصفهان و سرد و خشک تبریز چگونه بوده است؟

نتایج این پژوهش می‌تواند در طراحی و ساخت بناهای مسکونی، فرهنگی و بومی منطقه با فرم‌های مناسب از لحاظ دریافت تابش خورشید و ایجاد سایه در اقلیم‌های گرم و خشک و سرد مورداستفاده قرار گیرد و به لحاظ فرم، مناسب‌ترین سطوح در برابر جذب تابش خورشید و ایجاد سایه در بناها به‌کار گرفته شود.

پیشینه پژوهش

پژوهش‌های زیادی در رابطه با تأثیر تابش خورشید بر سطوح بیرونی بناهای سنتی اعم از گنبد آب‌انبارها، مساجد، بازارها که دارای سطوح منحنی گوناگون می‌باشد انجام گرفته است ازجمله شیری و همکاران اثر دریافت تابش خورشید بر سطوح بناهای سنتی را با استفاده از موتور شبیه‌سازی Radiance در دو اقلیم گرم و خشک و سرد و خشک مورد ارزیابی قرار دادند (شیری و همکاران، ۱۳۹۷ و شیری و همکاران، ۱۳۹۸، شیری و همکاران، ۱۳۹۹). طی پژوهشی دیگر برای بهینه کردن ساختمان‌ها با استفاده از شبیه‌سازی تابش خورشید به‌صورت الگوریتم روشی ارائه شد که با استفاده از Radiance شبیه‌سازی تابش خورشید بر اساس مدل آسمانی بر سه نمونه از ساختمان با گونه‌های مختلف انجام شد (Robinson and Stone, 2004). شین و همکاران در سال ۲۰۱۹ جهت شناسایی و میزان دریافت تابش خورشید بر ۱۵ بلوک واقعی از منطقه‌ی ووهان پژوهشی انجام دادند که بلوک‌ها از سه گونه تجاری، صنعتی و مسکونی انتخاب شده بودند. آن‌ها با استفاده از پلاگین‌های هانی بی و لیدی باگ تحت موتو ردینس میزان دریافت تابش خورشید بر سقف‌ها و جداره‌ی بلوک‌ها را محاسبه کردند (shen et all,2019). اولیوری و همکاران در سال ۲۰۱۷ پژوهش میدانی و شبیه‌سازی درباره دیوارهای سبز عمودی در آب‌وهوای مدیترانه‌ای انجام دادند؛ و عملکرد ضخامت‌های مختلف دیوارهای سبز را مورد ارزیابی قرار دادند و بهینه‌ترین ضخامت و نمای سبز برای مصرف کمتر انرژی ارائه دادند (Olivieri et all,2017). شیری و مؤمنی در سال ۱۳۹۹ طی پژوهشی بررسی اثرات تابش خورشید بر سطوح گنبد مساجد مناطق بیابانی را مورد ارزیابی قرار دادند، آن‌ها چند نمونه مساجد با شکل گنبدهای مختلف از اقلیم گرم و خشک را انتخاب کردند و میزان دریافت حرارت بر سطوح گنبدها را به‌دست آوردند. نتایج آن‌ها نشان داد که دریافت حرارت خورشید در سطوح گنبدهای خیز کم نسبت به گنبدهای خیز بلند بیشتر است (شیری و مؤمنی، ۱۳۹۹). فقیه خراسانی و بهادری نژاد تحقیقی را در شهر قم برای سقف بارگاه حضرت معصومه، مدل و مقدار انرژی تابشی و شار حرارتی را محاسبه و کمترین اتلاف را برای زوایای ۵۰ الی ۶۰ درجه معرفی نموده‌اند و معتقدند استفاده از کاشی در معماری سنتی ایران در پوشاندن سطح گنبدها باعث کاهش تشعشع خورشیدی جذب‌شده می‌شود (فقیه و بهادری‌نژاد، ۱۳۸۹). نصرالهی در سال ۲۰۰۹ بیان می‌کند به دلیل زاویه متغیر تابش بین تابستان و زمستان سطوح افقی، تابش بیشتری در تابستان و کمتری در زمستان دریافت می‌کنند. برای جلوگیری از دریافت تابش شدید در تابستان و از دست دادن حرارت در زمستان باید مقاومت حرارتی مصالح عایق‌کاری در سطوح عمودی را افزایش داد. استفاده از مصالح منعکس‌کننده در سقف ازجمله استراتژی‌های

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

است که برای کاهش بار گرمایش در تابستان به‌کار می‌رود (Nasrollahi, 2009). در مورد سقف ساختمان در منطقه گرم و خشک، پژوهشگرانی مانند فتحی ۱۹۷۳، ومین استون ۱۹۸۳، باون ۱۹۸۱ و کیتا ۱۹۹۱ و سبزوری و گلنشان، ۱۹۹۰ پژوهش‌هایی درباره‌ی انعکاس تابش بر سطوح سقف‌های قوسی و گنبدی انجام دادند (تانگ.آر و دیگران ۲۰۰۳: ۵۳۹). فقیه و بهادری در پژوهشی تشعشع خورشیدی بر روی سقف‌های گنبدی را ارزیابی کردند، آن‌ها تشعشع خورشیدی دریافتی و جذب‌شده را برای چهار سقف گنبدی مشخص تخمین زدند و با یک سقف مسطح با مساحت یکسان مقایسه کردند و نشان دادند که بیشینه تشعشع خورشیدی دریافتی این سقف‌ها واقع در نیم‌کره شمالی و در ماه ژوئن اتفاق می‌افتد و مستقل از مکان و شرایط آب‌وهوایی است (فقیه و بهادری، ۲۰۰۸: ۱۲۳۹). پژوهش‌های زیادی در زمینه اثر تابش خورشید و سایه بر سطوح بناهای سنتی کشورمان انجام گردیده است که اثر تابش را با استفاده از شبیه‌سازی تابش خورشید مورد آنالیز قرار دادند؛ اما می‌توان گفت در هیچ پژوهشی تابه‌حال فرم بنای کبوترخانه‌ها را از لحاظ دریافت تابش خورشید و ایجاد سایه مورد تحلیل و شبیه‌سازی قرار ندادند. هدف پژوهش بررسی تک‌فرمی و چندفرمی بودن بنای کبوترخانه‌ها در اقلیم گرم و خشک و سرد و خشک است تا فرم کبوترخانه‌ها را از لحاظ دریافت تابش خورشید برای این شرایط آب‌وهوایی موردبررسی قرار داد.

ادبیات موضوع

کبوترخانه

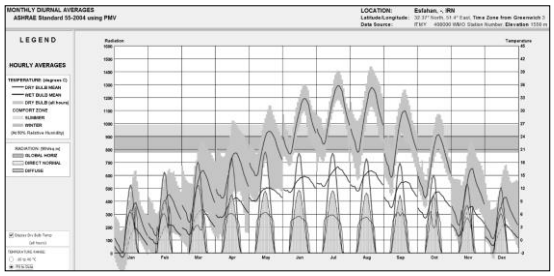
دانش و تکنیک ساخت کبوترخانه‌ها به تمدن بین‌النهرین و ساخت برج‌های کبوتر را به ابداع فنون کشاورزی به ایران نسبت می‌دهند، لذا احتمال می‌رود برج‌های کبوتر در ایران قدمت طولانی‌تر (احتمالاً ۴۸۰۰ سال و مرتبط با تمدن بین‌النهرین) است (فرهادی، ۱۳۶۹). به‌طور رایج کبوترخانه‌ها دارای قاعده‌ای با طول و عرضی معادل با ۱۲/۲۵ * ۴/۴۵ متر و ارتفاع ۷ الی ۸ متر می‌باشند. دیوارها در جوار زمین حالتی خمیده به خود می‌گیرند و در ارتفاعی در حدود ۳-۲ متر بالاتر از سطح زمین توسط نوارهای گچی تزیین می‌شوند (Bourgeois, 1983, 91-5). در بزرگ‌ترین و عظیم‌ترین این کبوترخانه‌ها بیش از ۱۴۰۰۰ پرنده زندگی می‌کردند. برج‌های بزرگ‌تر خود به‌طور مستقل مستقر بوده اما برج‌های کوچک‌تر بنا بر موقعیت خود و برای مقاومت و پایداری بیشتر در گوشه دیوارهای باغات، قلعه‌ها به‌عنوان حالتی دفاعی و یا در جوار خانه‌های روستایی واقع شدند (Damirchi, 2004, 35). کبوترخانه‌ها جهت تولید کود برای روستائیان بوده است که برای بهبود کاشت و افزایش تولید در زمین‌های کشاورزی روستا به کار می‌رفت. روستائیان تنها یک‌بار در سال برای جمع‌آوری کود حاصل از فضولات کبوتران به داخل برج‌های کبوترخانه‌ها وارد می‌شوند (Sarfarazi, 1990, 43-45).

کبوترخانه‌های اقلیم گرم و خشک (روستاهای گلپایگان، نطنز و فلاورجان اصفهان)

در اقلیم گرم و خشک آفتاب در طول روز سطح زمین تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌کند. درحالی‌که هنگام شب، دمای سطح زمین به‌سرعت کاهش می‌یابد و به ۱۵ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر می‌رسد (Kasmaei & Ahmadinejad, 2003: 84). به دلیل رطوبت کم و دوری از دریا، اختلاف درجه حرارت هوا در طی شبانه‌روزی زیاد است. با توجه به مشکلات اقلیمی این منطقه، معماری سنتی در اثر تجربه چند هزارساله، راه‌حل‌های منطقی را ارائه نموده است (Ghobadian,

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

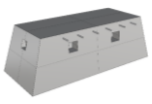
123 :2014). در تصویر شماره ۱ نمودار اقلیمی تابش و دمای شهر اصفهان بر حسب سالیانه در نرم‌افزار Climate Consultant ارائه شده است، این نمودار میزان زاویه، پراکندگی اشعه‌ی خورشید، جهت تابش و شرایط آب‌وهوایی و همچنین طول و عرض جغرافیای شهر اصفهان نشان داده شده است؛ که بیشترین دمای در طول سال ۴۱ درجه کمترین دما ۷- درجه می‌باشد.



ت۱. نمودار گرافیکی مشخصات آب و هوایی سالانه شهر اصفهان، نرم‌افزار Climate Consultant

عموم سیاحان به توصیف کبوترخانه‌های اصفهان و حومه‌ی آن در دوره صفوی و قاجار پرداخته‌اند و آن‌ها را بهتر از نمونه‌های موجود در اروپا دانسته‌اند (ابن‌بطوطه، ۱۳۵۹). از دیدگاه Dewan هدف از برپا کردن کبوترخانه‌ها در اصفهان، جمع‌آوری فضولات کبوتران بوده که بهترین کود برای جالیز خربزه‌های نامدار اصفهان شناخته شده است. ضمن اینکه از فضله-ی کبوتر در ساخت باروت تفنگ و دباغی نیز استفاده می‌شده است (Dewan, 1955). در استان اصفهان ۶۵ عدد از انواع کبوترخانه به ثبت ملی رسیده درحالی‌که هم‌اکنون بیش از ۳۰۰ عدد از آن‌ها در روستاهای این استان باقی مانده‌اند (Rafiei, 1974, 118-124). فرهادی (۱۳۷۲) در پژوهشی با عنوان «کبوترخانه‌های اصفهان در منابع خارجی» با مرور سفرنامه‌های سیاحان غربی به توصیف زیبایی و معماری کبوترخانه‌ها و نیز کارکرد آن‌ها می‌پردازد (فرهادی، ۱۳۷۲). سید میرزایی در پژوهشی با عنوان «کاوشی درباره‌ی ویژگی‌های فرهنگی و اقتصادی کبوترخانه‌های استوانه‌ای شکل، مطالعه موردی شهر اصفهان و حومه» به مطالعه کبوترخانه‌های به‌منزله‌ی سازه‌ای چندمنظوره پرداخته و آن را به‌مثابه یک فناوری فرهنگی و اقتصادی قلمداد کرده است (سید میرزایی، ۱۳۸۲). امیرخانی و همکاران (۲۰۱۰) گونه‌بندی کالبدی کبوترخانه‌های ایران را به هشت گونه تقسیم کردند که هر گونه دارای شکل و ساختارهای مختلفی است (Amirkhani at all, 2010). گونه‌های انتخاب‌شده از روستاهای اصفهان دارای شکل و ساختار متفاوت از همدیگر می‌باشند، شامل برج استوانه‌ای تکی، برج استوانه‌ی چندتایی، برج مکعبی و برج استوانه‌ی چهارتایی برای پژوهش حاضر انتخاب‌شده‌اند؛ که در جدول شماره ۱ مشخصات و مدل‌سازی کبوترخانه‌ها و جهت‌گیری آنالیزها برای تحلیل شبیه‌سازی آورده شده است.

ج۱. مدل‌سازی کبوترخانه‌های روستاهای نطنز، گلپایگان و فلاورجان با نرم‌افزار Rhinoceros5 جهت تحلیل شبیه‌سازی تابش خورشید

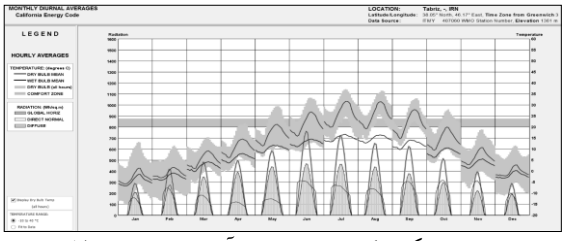
کبوترخانه	تصویر سه‌بعدی از کبوترخانه‌ها	مدل‌سازی کبوترخانه‌ها در Rhinoceros5	جهت آنالیز
کبوترخانه روستای طار نطنز			رو به شمال 
کبوترخانه روستای خیرآباد فلاورجان			رو به شمال 
کبوترخانه روستای گورت اصفهان			رو به شمال 
کبوترخانه روستای ضامن آباد گلپایگان			رو به شمال 

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

کبوترخانه‌های اقلیم سرد (روستاهای بناب، میاندوآب و عجب‌شیر تبریز)

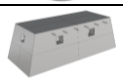
در اقلیم سرد اصولی که برای جلوگیری از اتلاف حرارت ساختمان رعایت شده، یکسان و به‌طور عمده شبیه به اصولی است که در معماری مناطق گرم و خشک موردتوجه بوده است. تنها تفاوت این مناطق و مناطق گرم و خشک، تمایل و ضرورت استفاده از حرارت ناشی از تابش آفتاب در داخل ساختمان در فصل زمستان است (Kasmaei &Ahmadinejad, 2003: 92). با توجه به برودت بسیار زیاد هوا در بخش عمده‌ای از سال در این نواحی، حداکثر استفاده از تابش آفتاب، بهره‌گیری از نوسان روزانه دما، حفظ حرارت در بناها امری ضروری است (Ghobadian, 2014: 99). فایل آب‌وهوایی شهرها از (https://energyplus net/weather) توسط الگوریتم نوشته‌شده در پلاگین‌ها به‌صورت آنلاین دانلود گردید در فایل آب‌وهوایی EPW بارگذاری شد و دوره زمانی فایل آب‌وهوایی شهرهای اصفهان و تبریز ۱۰ ساله می‌باشد. در تصویر شماره ۲ نمودار اقلیمی تابش و دمای شهر تبریز در اقلیم سرد به‌صورت سالیانه در گرم‌ترین موقع روز با استفاده از نرم‌افزارClimate Consultant ارائه گردیده است، در این نمودار میزان زاویه، پراکندگی اشعه‌ی خورشید، جهت تابش و شرایط آب‌وهوایی و همچنین طول و عرض جغرافیای شهر تبریز نشان داده شده است که بیشترین دمای در طول سال ۳۸ درجه کمترین دما ۱۵- درجه می‌باشد.

پلان این برج‌ها از دایره به مربع و مستطیل شمال تغییر داده شده است و با اینکه نمای ظاهری آن‌ها خاطره کعبه زرتشت را به یاد می‌آورد ولی ابعاد بزرگ آن‌ها به‌هیچ‌وجه با تعداد لانه‌های کبوتران نسبت به برج‌های هم‌حجم استوانه‌ای تناسبی ندارد (Hadizadeh, 2006, 42). بر بالای این برج‌ها برای تهویه، روشنایی و ورود و خروج کبوتران سوراخ‌های تعبیه شده است ولیکن ابعاد داخلی این سوراخ‌های به گونه‌ای است که روشنایی و ورود خروج کبوتران به‌سختی می‌انجامد (ضرغامی و همکاران ۱۳۹۰). از روستاهای تبریز نیز چهار نمونه کبوترخانه با گونه‌ی متفاوت انتخاب گردید، کبوترخانه با فرم استوانه‌ای، کبوترخانه مکعبی ارتفاع بلند، مکعبی ارتفاع کم و عریض و مکعبی با ارتفاع متوسط انتخاب شده است؛ که در جدول شماره ۲ مشخصات و تصاویر مدل‌سازی‌شده با نرم‌افزار Rhinoceros5 و جهت‌گیری آنالیزها برای تحلیل شبیه‌سازی تابش خورشید آورده شده است.



ت۲. نمودار گرافیکی مشخصات آب و هوایی سالانه شهر تبریز، نرم‌افزار Climate Consultant

ج۲. مدل‌سازی کبوترخانه‌های روستاهای بناب، عجب‌شیر و میاندوآب با نرم‌افزار Rhinoceros5 جهت تحلیل شبیه‌سازی تابش خورشید

کبوترخانه	تصویر سه‌بعدی از کبوترخانه‌ها	مدل‌سازی کبوترخانه‌ها در Rhinoceros5	جهت آنالیز
کبوترخانه روستای خلجان عجب‌شیر			رو به شمال 
کبوترخانه روستای تقی‌آباد میاندوآب			رو به شمال 
کبوترخانه روستای دیک باشی بناب			رو به شمال 
کبوترخانه روستای چله‌غار بناب			رو به شمال 

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

روش تحقیق

بخشی از مطالعه موردکاوی و توصیفی- تحلیلی و بخشی دیگر تحلیل نرم‌افزاری است. برای انجام آنالیز تابش خورشید و ایجاد سایه، ضروری است که یک ابزاری مناسب جهت ارزیابی و دریافت تابش بر سطوح بناها استفاده شود. Radiance، Ecotect، Daysim و ArcGIS نرم‌افزارهای قدرتمندی در زمینه ارزیابی تابش خورشید و ایجاد سایه بر سطوح ساختمان‌ها هستند (Brito et all, 2012. Freitas et all, 2015 Andersson et all, 1985). برای آنالیز تابش خورشید با ArcGIS نیاز است که از داده‌های GIS داخل شهری استفاده شود که برای این کار هزینه‌ی زیادی باید متحمل شد؛ و همچنین این نرم‌افزار برای محیط‌های با مقیاس بزرگ شهری استفاده می‌شود؛ بنابراین نرم‌افزار Radiance می‌تواند برای مقیاس‌های کوچک آنالیز تابش خورشید را با دقت بسیار بالای ارائه دهد که این نرم‌افزار برای آنالیز از diffuse radiation model استفاده می‌نماید (Perez et all, 1990. Perez et all, 1987). پایه و اساس نرم‌افزار به‌صورت الگوریتمی است که برای آنالیز تابش خورشید، در محیط گرس هاپر به‌صورت الگوریتم تصویری نوشته می‌شود. نرم‌افزار نتایج اشعه‌ای تابش خورشید بر مدل‌های سه‌بعدی را با دقت بالا نمایش می‌دهد و حتی برای آنالیز هندسه‌های منحنی پیچیده، نرم‌افزار Radiance پیشنهاد می‌گردد (Ward, 1994). اعتبار این نرم‌افزار بارها مورد تأیید بوده است و در بسیاری از برنامه‌ها جهت ارزیابی تابش خورشید بر سقف‌ها و نمای ساختمان برای روشنایی روز و تابش خورشید با موفقیت استفاده شده است. برای انجام آنالیز با این نرم‌افزار نیاز است که در محیط گرس هاپر الگوریتم بصری نوشت که از ابزارهای هانی بی و لیدی باگ استفاده می‌شود؛ بنابراین برای آنالیز تابش خورشید نیاز است ابتدا فایل استاندارد آب‌وهوایی انرژی‌پلاس به لیدی باگ در محیط گرس‌هاپر اضافه شود. بعد از انجام تنظیمات اولیه گام‌به‌گام لیدی باگ، نمایش آنالیزها در محیط نرم‌افزار راینو۵ به‌صورت گرافیکی سه‌بعدی ارائه می‌شود. این نرم‌افزار چهار موتور شبیه‌سازی معتبر دارد که میزان مصرف انرژی ساختمان، راحتی حرارتی و روشنایی روز را ارزیابی می‌کنند که Radiance Energy plus، Daysim، Openstudio هستند (Roudsari et all, 2013). روش پیشنهادی برای این تحقیق، استفاده از Rhinoceros5 و Grasshopper است به همراه پلاگین‌های honeybee و ladybug که در محیط نرم‌افزار قرار می‌گیرند؛ بنابراین در پژوهش حاضر از موتور Radiance برای شبیه‌سازی تابش خورشید و از ECOTECT برای شبیه‌سازی سایه بر سطوح کبوترخانه‌های روستاهای اصفهان و تبریز استفاده شده است. با استفاده از این دو تحلیل، میزان برخورد تابش و ایجاد سایه بر سطوح کبوترخانه‌ها در دو شهر اصفهان و تبریز مقایسه گردیده است و در ادامه میزان برخورد اشعه تابش و ایجاد سایه در سطوح صاف و منحنی کبوترخانه‌ها به‌صورت تطبیقی ارائه شده است. برای انجام پژوهش، نمونه‌ها بر اساس ابعاد دقیق، جهت و جزئیات بدنه در محیط Rhinoceros5 مدل‌سازی شد و مساحت سطوح بیرونی هر یک از کبوترخانه‌ها با الگوریتم area در پلاگین Grasshopper به‌دست آمد که داده‌ها در جدول شماره ۳ نشان داده شده است که گونه‌های تک‌برجی استوانه‌ای دارای مساحت کمتری نسبت به گونه‌های چندبرجی می‌باشند.

سپس هر یک از مدل‌ها در سطح تراز صفر زمین قرار داده شد و با تنظیمات پلاگین‌های honeybee و ladybug، الگوریتم شبیه‌سازی تابش خورشید بر

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

سطوح هر یک از کبوترخانه‌ها نوشته شد؛ که هر یک از مدل‌ها در محیط Rhinoceros 5، به‌صورت جداگانه در شرایط آب‌وهوایی منطقه‌ی اصفهان و تبریز، قرار داده شد. فایل‌های آب‌وهوایی هر یک از شهرها از سایت به‌صورت آنلاین توسط الگوریتم در محیط نرم‌افزار گرس هاپر دانلود گردید و به‌عنوان فایل EPW به الگوریتم آنالیزهای سالیانه تابش خورشید قرار داده شد؛ بنابراین کبوترخانه‌های روستای شهر بناب، میاندوآب و عجب‌شیر با فایل آب‌وهوای شهر تبریز تحلیل شدند و کبوترخانه‌های روستایی نطنز، فلاورجان و گلپایگان با فایل آب‌وهوایی شهر اصفهان انجام گردید؛ که به دلیل نبودن بعضی از فایل آب‌وهوای شهرها از فایل آب‌وهوای مرکز استان‌ها استفاده گردید. شهرها بعد از قرار دادن هر یک از مدل‌ها در شرایط آب‌وهوایی شهر خود، آنالیز دریافت تابش خورشید با موتور Radiance بر سطوح کبوترخانه‌ها انجام گردید؛ که آنالیزها در دو ساعت جداگانه ۱۳ و ۱۶ بعدازظهر در گرم‌ترین زمان توسط پلاگین‌های هانی بی و لیدی باگ صورت گرفت. همچنین جهت‌گیری کبوترخانه‌ها رو به شمال بوده است، اکثر کبوترخانه‌ها از لحاظ سطوح یکنواخت بوده است و جهت‌گیری فرقی در تحلیل‌ها ندارد.

ج۳. مساحت سطوح بیرونی کبوترخانه‌های روستای Grasshopperمدل‌شده با استفاده از پلاگین

کبوترخانه‌های روستایی	روستای طار نطنز	روستای خیرآباد فلاورجان	روستای گورت اصفهان	روستای ضلع‌آباد گلپایگان	روستای خلجان عجب‌شیر	روستای تقی‌آباد میاندوآب	روستای دیک باشی بناب	روستای چله غار بناب
مساحت	۳۸۵ m^2	۷۴۳ m^2	۴۲۶ m^2	۲۵۱ m^2	۲۲۰ m^2	۲۳۵ m^2	۳۰۸ m^2	۲۷۵ m^2

سپس هر یک از مدل‌ها در سطح تراز صفر زمین قرار داده شد و با تنظیمات پلاگین‌های honeybee و ladybug، الگوریتم شبیه‌سازی تابش خورشید بر سطوح هر یک از کبوترخانه‌ها نوشته شد؛ که هر یک از مدل‌ها در محیط Rhinoceros 5، به‌صورت جداگانه در شرایط آب‌وهوایی منطقه‌ی اصفهان و تبریز، قرار داده شد. فایل‌های آب‌وهوایی هر یک از شهرها از سایت به‌صورت آنلاین توسط الگوریتم در محیط نرم‌افزار گرس هاپر دانلود گردید و به‌عنوان فایل EPW به الگوریتم آنالیزهای سالیانه تابش خورشید قرار داده شد؛ بنابراین کبوترخانه‌های روستای شهر بناب، میاندوآب و عجب‌شیر با فایل آب‌وهوای شهر تبریز تحلیل شدند و کبوترخانه‌های روستایی نطنز، فلاورجان و گلپایگان با فایل آب‌وهوایی شهر اصفهان انجام گردید؛ که به دلیل نبودن بعضی از فایل آب‌وهوای شهرها از فایل آب‌وهوای مرکز استان‌ها استفاده گردید. شهرها بعد از قرار دادن هر یک از مدل‌ها در شرایط آب‌وهوایی شهر خود، آنالیز دریافت تابش خورشید با موتور Radiance بر سطوح کبوترخانه‌ها انجام گردید؛ که آنالیزها در دو ساعت جداگانه ۱۳ و ۱۶ بعدازظهر در گرم‌ترین زمان توسط پلاگین‌های هانی بی و لیدی باگ صورت گرفت. همچنین جهت‌گیری کبوترخانه‌ها رو به شمال بوده است، اکثر کبوترخانه‌ها از لحاظ سطوح یکنواخت بوده است و جهت‌گیری فرقی در تحلیل‌ها ندارد.

برای به‌دست آوردن دریافت تابش خورشید بر سطوح هر یک از کبوترخانه از رابطه‌ی شماره ۱ G_{VS}، استفاده شد که در وهله‌ی اول نیاز بود ابتدا سطوح بیرونی هر یک از کبوترخانه‌ها با استفاده از پلاگین گرس‌هاپر به‌دست آید. سپس میزان دریافت تابش خورشید هر لجنت E_L بر حسب kWh/m^2 در سطوح دریافتی قسمتی از همان لجنت کبوترخانه M_L ضرب گردید، در ضمن لجنت عبارت است از هر رنگی که در آنالیزها نشان داده شده است که در این آنالیزها از ۱۰ لجنت یا قسمت تشکیل شده است.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

مرحلـه‌ی بعـد جهـت دریافـت تـابش خورشـید بـر سطوح کل کبوترخانه‌ها بر حسب درصد U_{Pr} بود که هر یک از کبوترخانه‌ها چند درصد از سطوح کل کبوترخانه را در معرض حرارت قرار مـی‌دهنـد؛ کـه بـرای انجـام تحلیـل از فرمـول رابطـه‌ی شـماره ۲ اسـتفاده گردیـد، میزان دریافت تـابش خورشـید هـر لجنـت E_L ضـربدر ۱۰۰ درصد و تقسیم بر مساحت سطوح کل کبوترخانـه S_{LT} گردید.

رابطه شماره ۱
$$G_{VS}= (E_L* M_L)_1+ (E_L*M_L)_2+(E_L*M_L)_3+(E_L*M_L)_4+\dots(E_L*M_L)_{10}$$

رابطه شماره ۲
$$U_{pr} = \frac{E_{L1} * 100}{M_{LT}} + \frac{E_{L2} * 100}{M_{LT}} + \frac{E_{L3} * 100}{M_{LT}} + \dots \frac{E_{L10} * 100}{M_{LT}}$$

برای شبیه‌سازی ایجاد اثر سایه بر سطوح کبوترخانه‌ها از ECOTECT استفاده گردیـد، بـرای شـبیه‌سـازی دو نمونه از کبوترخانه بـا سـاختار متفـاوت انتخـاب شـد، نمونه اولی کبوترخانه چنداستوانه‌ای (روستای فلاورجـان) و مکعبی با سـطوح صـاف (کبوترخانـه چلـه غـاز بنـاب) انتخـاب گردیـد. تـا در گـرم‌تـرین زمـان در بـازه‌ی ۱۵ بعدازظهر شبیه‌سازی سایه بر سطوح بناها انجام گردد.

بحث و نتایج آنالیز

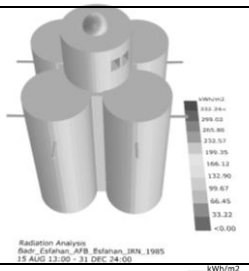
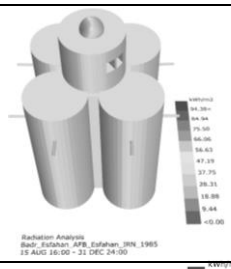
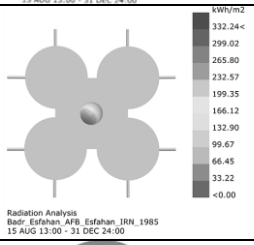
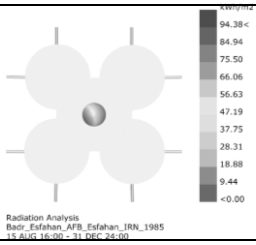
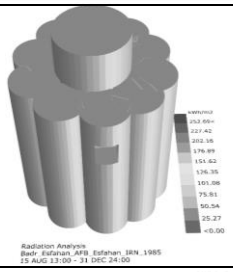
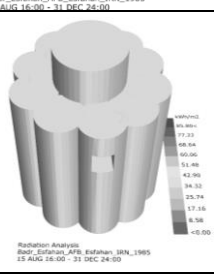
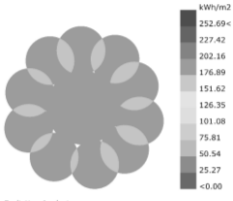
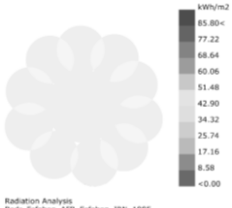
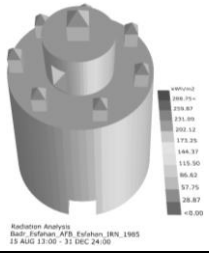
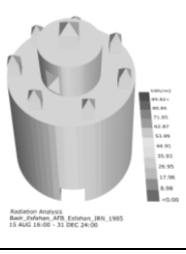
جهت تعیین تابش خورشید بر سطوح چنـد گونـه از کبوترخانه‌های دو اقلیم گرم و خشک و سرد و خشـک، میـزان دریافـت حـرارت در گـرم‌تـرین روز سـال در بازه‌های زمانی ۱۳ و ۱۶ بعدازظهر شـبیه‌سـازی گردیـد؛ کـه نتـایج گرافیکـی بـه‌عنـوان نمونـه، چنـد گونـه از کبوترخانه با فرم‌های مختلف از نمای سه‌بعدی و نمـای بالا در جدول شماره ٤ آورده شده است. همان‌طور کـه مشاهده می‌کنید، در ساعت ۱۳ ظهر جهت زاویه تـابش خورشید تقریباً عمود بر سطوح بالای کبوترخانه‌ها است که باعـث مـی‌گـردد شـدت حـرارت تـابش خورشـید در سطوح بالای کبوترخانه بر حسب kWh/m^2 بیشـتر باشـد. قسمت‌های بالای کبوترخانه‌ها در این بـازه‌ی زمـانی در معرض تابش بیشتری قرار می‌گیرند و قسمت‌های پایین بدنه کبوترخانه در معرض حرارت کمی هستند. در ایـن بازه‌ی زمانی جذب حرارت در سطوح کبوترخانـه چلـه غاز بناب با طیف کمتری از لجنت‌های kWh/m^2 انجـام می‌گردد؛ و تقریباً سطوح سقف و دیوار این کبوترخانـه به دلیل صاف بودن kWh/m^2-۲۹۱ دریافت می‌نماید؛ اما در کبوترخانه‌های سطوح منحنی که بیشتر در اقلیم گـرم و خشک قرار دارند و بیشتر گونه‌های ایـن اقلـیم پـلان دایره‌ی هسـتند طیـف‌هـای گونـاگونی از kWh/m^2 بـر سطوح این نمونه از کبوترخانه‌ها برخورد می‌نماید و در آنالیزهای پایین قابل‌مشاهده اسـت کـه قسـمت‌هـای از کبوترخانه که در جهت رو به تـابش اسـت حـرارت بـا مقـدارهای مختلفـی دریافـت مـی‌نمایـد؛ کـه در آنـالیز روستای فلاورجان سطوح در معرض تابش از بیشـترین مقدار ۲۵۲ kWh/m^2 تـا کمتـرین مقـدار ۲۵ kWh/m^2 دریافـت حـرارت وجـود دارد؛ امـا در کبوترخانـه‌هـای مکعبی قسمت عمـده‌ای از سـطوح بنـا بـا یـک لجنـت حـرارت بیشـینه دریافـت مـی‌کنـد؛ امـا در سـاعت ۱۶ بعدازظهر که جهت زاویه تابش خورشید تغییر می‌نماید و اشعه‌ی تابش خورشید عمود بر سطوح جانبی بدنـه‌ی کبوترخانه‌ها می‌تابد. در این بازه‌ی زمانی شـدت تـابش خورشید کمتر از سـاعت ۱۳ ظهـر اسـت، امـا اشـعه‌ی تـابش خورشـید تقریبـاً عمـود بـر سـطوح بدنـه‌ی کبوترخانه‌ها می‌تابد که درواقع اکثر بدنه‌ی کبوترخانه‌هـا در این بازه‌ی زمـانی بیشـینه لجنـت حـرارت دریافـت می‌نمایند. همچنین علاوه بر این تحلیل‌ها نشان می‌دهند کبوترخانه‌هایی که دارای یـک فـرم هسـتند در معـرض تـابش خورشـید سـطوحی بـا بیشـینه لجنـت حرارتـی

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]

[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

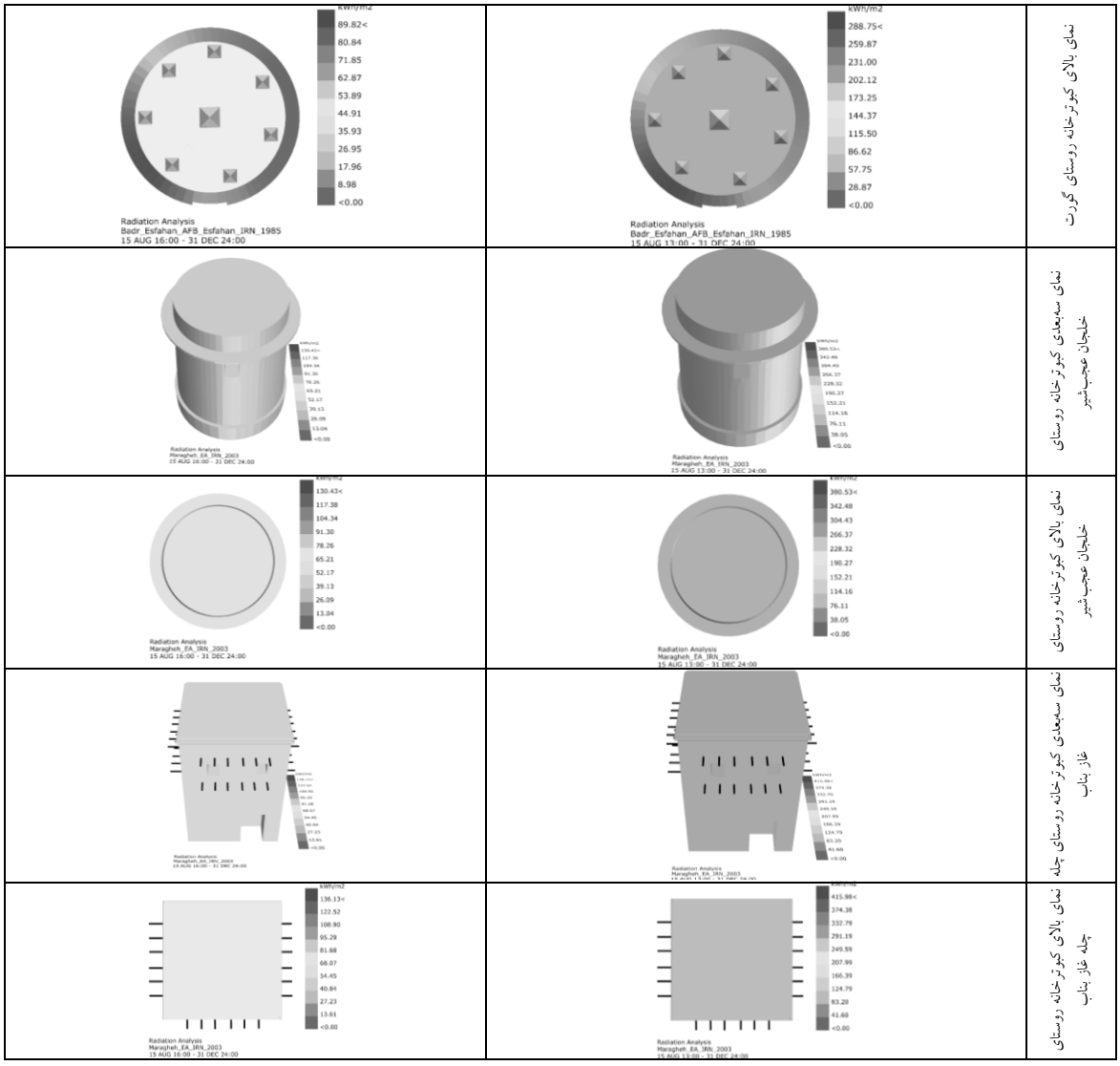
دریافت می‌نمایند؛ اما در کبوترخانه‌های چند استوانه‌ی، سطوحی که در معرض تابش هستند با لجنت‌های کم حرارت هستند؛ بنابراین نوع فرم و شکل کبوترخانه‌ها در دریافت تابش خورشید مؤثر هستند، کبوترخانه‌های با شکل مکعبی در هر بازه‌ی زمانی از روز سقف و دیوار را با بیشینه دریافت kWh/m^2 دریافت می‌نمایند؛ اما در کبوترخانه‌های با سطوح منحنی اثر تابش خورشید بر حسب kWh/m^2 متفاوت است و جذب حرارت از بالاترین میزان به پایین‌ترین مقدارkWh/m^2 در بدنه کبوترخانه تغییر می‌نماید.

ج٤. آنالیز تابش خورشید بر سطوح چند نمونه از کبوترخانه‌های روستای اصفهان و تبریز در بازه‌ی زمانی ۱۳ و ۱۶

کبوترخانه	تحلیل دریافت تابش خورشید در ساعت ۱۳	تحلیل دریافت تابش خورشید در ساعت ۱۶
نمای سه‌بعدی کبوترخانه روستای طار نطنز		
نمای بالای کبوترخانه روستای طار نطنز		
نمای سه‌بعدی کبوترخانه روستای خیرآباد فلاورجان		
نمای بالای کبوترخانه روستای خیرآباد فلاورجان		
نمای سه‌بعدی کبوترخانه روستای گورت		

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]

[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

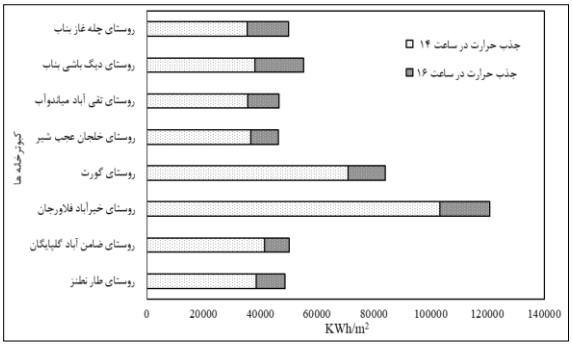


میزان دریافت تابش خورشید بر سطوح کبوترخانه‌ها

تصویر شماره ۳ نمودار میزان دریافت حرارت بر سطوح کل کبوترخانه‌های روستاهای اصفهان و تبریز در دو بازه‌ی زمانی ۱۳ و ۱۶ بعدازظهر در گرم‌ترین روز سال را نشان می‌دهد. خروجی داده‌های نرم‌افزار بر حسب kWh/m^2 می‌باشد. میزان دریافت حرارت بر سطوح کبوترخانه عبارت است از مساحت کل کبوترخانه‌ها در مقدار لجنت‌های که بر حسب kWh/m^2 جذب می‌گردد. طبیعی است که هر چقدر کبوترخانه مساحت زیادی داشته باشد میزان دریافت حرارت بیشتری خواهد داشت؛ که در تصویر شماره ۳ نمایان است کبوترخانه‌های که دارای مساحت زیادی هستند، میزان دریافت حرارت تابش خورشید بیشتری دارند و سطوح بیشتری در معرض تابش قرار می‌دهند. همچنین کبوترخانه‌هایی که از یک استوانه یا مکعب ساخته شده‌اند سایه‌اندازی کمتری نسبت به کبوترخانه‌هایی که از چند استوانه ساخته شده‌اند، دارند؛ زیرا این کبوترخانه‌ها در قسمت‌های که به همدیگر

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

اتصال شده‌اند زاویه‌ی تندی می‌سازند و درواقع اشعه‌ی تابش کمتری به این قسمت برخورد می‌کند و در سایه می‌ماند. در میان کبوترخانه‌های موردبررسی، کبوترخانه روستای خیرآباد فلاورجان با مساحت $743\ m^2$ که بیشترین مساحت را در بین نمونه‌ها دارد، در ساعت ۱۳ با میزان $103146\ kWh/m^2$ و در ساعت ۱۶ با میزان $17604\ kWh/m^2$ بالاترین مقدار حرارت دریافت می‌نماید. کبوترخانه روستای تقی‌آباد میاندوآب با مساحت $235m^2$ در ساعت ۱۳ با میزان kWh/m^2 ۳۵۴۸۶ کمترین مقدار حرارت تابش خورشید دریافت می‌کند. در ساعت ۱۶ نیز کبوترخانه روستای ضامن آباد گلپایگان با میزان $8634\ kWh/m^2$ کمترین مقدار حرارت تابش دریافت می‌نماید؛ بنابراین کبوترخانه‌های چند استوانه‌ای مساحت زیادی دارند و درنتیجه میزان جذب حرارت تابش خورشید در این کبوترخانه‌ها بیشتر است؛ اما کبوترخانه‌های مکعبی مساحت کمتری دارند که باعث جذب حرارت کمتری می‌گردد؛ اما مساحت زیاد نشان‌دهنده فرم مناسب از لحاظ دریافت تابش خورشید نیست، زیرا قسمت زیادی از این مساحت در محدوده‌ی سایه در پشت قرار می‌گیرد لذا کلیه‌ی دریافت حرارت کبوترخانه‌ها بر حسب درصد بررسی گردید.



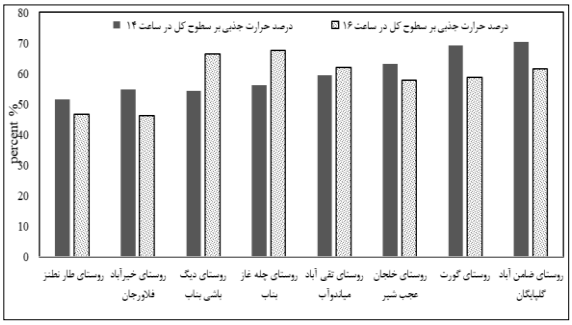
ت۳. نمودار میزان دریافت تابش خورشید بر سطوح کبوترخانه‌های روستاهای اصفهان و تبریز در بازه‌ی زمانی ۱۳ و ۱۶ بر حسب kWh/m2

درصد دریافت تابش خورشید بر سطوح کبوترخانه

با توجه به اینکه دریافت حرارت بر سطوح کبوترخانه‌ها به مساحت بستگی دارد، اما میزان درصد دریافت حرارت بر سطوح کل کبوترخانه‌ها به شکل و فرم کبوترخانه‌ها بستگی دارد. برای دستیابی به درصد دریافت حرارت بر سطوح تمام کبوترخانه‌ها از رابطه‌ی مساحت جذب حرارت هر لجنت بر حسب kWh/m^2 در مقدار ۱۰۰ گردید و تقسیم بر مساحت کل هر کبوترخانه شد تا دریافت حرارت بر حسب درصد در هر کبوترخانه به‌دست آید؛ که در دو بازه‌ی زمانی ۱۳ و ۱۶ چه مقدار از مساحت کبوترخانه حرارت دریافت می‌نماید (تصویر شماره ٤). نمودار درصد دریافت حرارت بر سطوح کل کبوترخانه‌ها را در دو بازه‌ی زمانی ۱۳ و ۱۶ بعدازظهر به نمایش گذاشته شده است. در این نمودار کبوترخانه‌ای که کمترین مقدار از لحاظ دریافت حرارت بر حسب درصد دارد کبوترخانه‌های چند استوانه‌ی روستای طار نطنز با مقدار ۵۱,٦% در ساعت ۱۳ می‌باشد. در ساعت ۱۶ بعدازظهر نیز کبوترخانه چند استوانه‌ی روستای خیرآباد فلاورجان با مقدار ٤٦,۲٪ از سطوح خود را در معرض تابش خورشید قرار می‌دهند؛ که کمترین دریافت حرارت بر حسب درصد از کل سطوح در بین نمونه‌ها در ساعت ۱۶ می‌باشد؛ اما کبوترخانه‌ای که بیشترین درصد از سطوح خود را در معرض حرارت در بازه‌ی زمانی ۱۳ در بین نمونه‌ها دارد، کبوترخانه مکعبی ضامن‌آباد گلپایگان با مقدار۷۰,٤% می‌باشد؛ و در ساعت ۱۶ بعدازظهر کبوترخانه مکعبی روستای چله غاز بناب با مقدار٦۷,۵٪ درصد از سطوح خود در معرض حرارت قرار می‌گیرد؛ که در دوتا نمونه دارای شکل مکعبی می‌باشند، نشان می‌دهد کبوترخانه‌های با فرم مکعبی در طول روز درصد بیشتری از سطوح خود را در معرض

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

تابش قرار می‌دهند؛ بنابراین کبوترخانه‌هایی که از فرم‌های مکعبی ساخته شده‌اند نسبت به کبوترخانه‌های چند استوانه‌ای درصد بیشتری از سطوح خود را در معرض تابش خورشید قرار می‌دهند؛ که نشان می‌دهد فرم کبوترخانه‌ها در جذب حرارت بسیار مهم است.

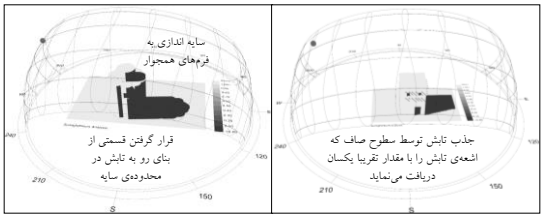


ت٤. نمودار درصد دریافت حرارت بر سطوح کل کبوترخانه‌ها در دو بازه‌ی زمانی ۱۳ و ۱۶

تحلیل سایه بر سطوح کبوترخانه با Ecotect

برای نشان دادن ایجاد سایه بر سطوح کبوترخانه‌ها از پلاگین Ecotect استفاده گردید تا تحلیل اثر ایجاد سایه بر سطوح کبوترخانه نشان داده شود. برای شبیه‌سازی دو نمونه از کبوترخانه با ساختار و فرم متفاوت انتخاب گردید.

که در تصویر شماره ۵ تحلیل سایه بر دو نمونه روستای خیرآباد فلاورجان که دارای چند استوانه‌ی با سطوح منحنی از اقلیم گرم و خشک اصفهان می‌باشد و روستای چله غاز بناب دارای تک فرم مکعبی با سطوح صاف از اقلیم سرد تبریز می‌باشد. تحلیل ایجاد سایه در بازه‌ی زمانی ۱۵ بعدازظهر انجام گردید تا به‌وضوح اثر ایجاد سایه بر سطوح کبوترخانه‌ها نشان داده شود. در این شبیه‌سازی به‌وضوح نشان داده می‌شود که محل اتصال استوانه‌های کبوترخانه‌ی روستای خیرآباد فلاورجان ایجاد سایه وجود دارد، با اینکه این شیارها در معرض تقریباً در معرض اشعه‌ی تابش خورشید قرار دارد؛ و همچنین ایجاد سایه در قسمت‌های پشت بنا بیشتر است و فرم استوانه‌ها نسبت به همدیگر ایجاد سایه می‌نمایند؛ که این نوع فرم‌ها با توجه به داشتن سایه‌اندازی بیشتر در گرم‌ترین موقع برای اقلیم گرم و خشک مناسب است، زیرا در این اقلیم نیاز است که بناها سایه‌اندازی بیشتری داشته باشد و سطوح کمتری در معرض تابش خورشید قرار بگیرد؛ اما در کبوترخانه مکعبی روستای چله غاز بناب تقریباً تمام سطوح در معرض تابش، حرارت یکسان دریافت می‌نمایند و ایجاد سایه در این بنای مکعبی تنها در قسمت بازشوها اتفاق می‌افتد و سایر قسمت‌های رو به تابش در معرض اشعه‌ی خورشید قرار می‌گیرند. درواقع به دلیل صاف بودن سطوح کبوترخانه اشعه‌ی تابش خورشید به‌صورت یکسان با یک زاویه برخورد می‌گردد و سایه‌اندازی بسیار کمی در قسمت پشت بنا ایجاد می‌گردد. این نوع بناها به دلیل قرار دادن درصد زیادی از سطوح خود در معرض تابش خورشید و سایه‌اندازی کمتر برای اقلیم سرد مناسب هستند.



ت۵. چپ: شبیه‌سازی ایجاد سایه بر سطوح کبوترخانه چند فرمی روستای خیرآباد فلاورجان، راست: شبیه‌سازی ایجاد سایه بر سطوح کبوترخانه تک فرمی روستای چله غاز بناب در بازه‌ی زمانی ۱۵ بعدازظهر با استفاده از نرم‌افزار Ecotect

نتیجه

در این پژوهش بر روی چند نمونه از کبوترخانه‌های روستاهای اصفهان و تبریز شبیه‌سازی دریافت تابش خورشید و ایجاد سایه با استفاده از پلاگین‌های ECOTECT & honeybee & ladybug به‌صورت

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

سالیانه در گرم‌ترین زمان انجام گردید. هدف از این شبیه‌سازی شناسایی میزان دریافت تابش خورشید بر کبوترخانه‌ها از لحاظ نوع فرم در اقلیم گرم و خشک و اقلیم سرد و خشک می‌باشد؛ که چهار نمونه کبوترخانه با ساختار و فرم متفاوت از روستاهای اصفهان که شامل کبوترخانه روستای طار نطنز، خیرآباد فلاورجان، گورت و ضامن آباد گلپایگان و چهار نمونه از روستاهای خلجان عجب‌شیر، تقی‌آباد میاندوآب، دیگ باشی بناب و چله غاز بناب انتخاب گردید.

نتایج پژوهش نشان دادند که میزان دریافت حرارت بر سطوح کبوترخانه‌ها به مساحت و نوع شکل و فرم بنا بستگی دارد. کبوترخانه‌هایی که مساحت زیادی در بازه‌ی زمانی ۱۳ و ۱۶ در معرض تابش قرار می‌دهند دریافت حرارت بیشتری خواهند داشت؛ که در بین نمونه‌ها کبوترخانه‌ی چند استوانه‌ی روستای خیرآباد فلاورجان به دلیل مساحت زیاد بیشترین دریافت حرارت در بین نمونه‌ها را در ساعات ۱۳ و ۱۶ دارد؛ و کبوترخانه روستای تقی‌آباد میاندوآب در ساعت ۱۳ و کبوترخانه روستای ضامن آباد گلپایگان در ساعت ۱۶ کمترین میزان دریافت حرارت را در بین نمونه‌ها دریافت می‌نماید.

اما از لحاظ درصد که کبوترخانه‌ها از ۱۰۰ درصد سطوح خود چند درصد را در معرض حرارت قرار می‌دهند، کبوترخانه چند استوانه‌ی روستای طار نطنز در ساعت ۱۳ و کبوترخانه چند استوانه‌ی روستای خیرآباد فلاورجان در ساعت ۱۶ کمترین دریافت حرارت بر حسب درصد از کل سطوح در بین نمونه‌ها در دو بازه‌ی زمانی می‌باشند؛ اما کبوترخانه‌هایی که بیشترین درصد از سطوح خود را در بین نمونه‌ها دارند، کبوترخانه مکعبی ضامن‌آباد گلپایگان در ساعت ۱۳ و کبوترخانه مکعبی روستای چله غاز بناب در ساعت ۱۶ بعدازظهر می‌باشد.

علاوه بر این در تحلیل سایه با استفاده از پلاگین ECOTECT بر سطوح کبوترخانه چند استوانه با سطوح منحنی و کبوترخانه تک مکعبی با سطوح صاف نشان داد که کبوترخانه‌های چند استوانه‌ای در گرم‌ترین موقع که زاویه تابش خورشید عمود بر سطوح کبوترخانه‌ها است و اشعه‌ی تابش حرارت زیادی دارد، سطوح کمتری در معرض تابش قرار می‌دهد و قسمت زیادی از بدنه این نوع کبوترخانه با سطوح منحنی در محدوده‌ی سایه قرار می‌گیرد و مخصوصاً در قسمت‌های از کبوترخانه که اتصال فرم‌ها به دلیل فرورفتگی‌های که دارند ایجاد سایه می‌نماید؛ اما در کبوترخانه‌های مکعبی این قضیه وجود ندارد زیرا این بناها از یک فرم با سطوح صاف ساخته شده‌اند؛ که این سطوح در برابر اشعه‌ی تابش خورشید تقریباً با یک زاویه قرار می‌گیرد درواقع حرارت تابش خورشید بر سطوح این بناها با مقدار یکسانی با میزان kWh/m^2 بالا برخورد می‌نماید.

بنابراین با توجه به تحلیل‌های که از شبیه‌سازی تابش خورشید و شبیه‌سازی ایجاد سایه بر سطوح کبوترخانه‌ها در اقلیم گرم و خشک اصفهان و سرد و خشک تبریز انجام گردید، مناسب‌ترین کبوترخانه از لحاظ دریافت تابش خورشید برای اقلیم گرم و خشک که حرارت اشعه‌ی تابش زیاد است و نیاز است که از گرما در امان باشد کبوترخانه‌های چند استوانه‌ای با خلل و فرج بیشتر و سطوح منحنی است که درواقع در بازه‌ی زمانی گرم سایه‌اندازی در سطوح ایجاد گردد و سطوح کمتری از بنا در معرض تابش قرار گیرد؛ اما برای اقلیم سرد که شرایط آب‌وهوایی برخلاف اقلیم گرم و خشک است، مناسب‌ترین کبوترخانه، کبوترخانه‌های مکعبی با سطوح صاف و بدون خلل فرج می‌باشد؛ زیرا این

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

کبوترخانه‌ها درصد زیادی از سطوح خود را در معرض تابش خورشید قرار می‌دهند و اشعه‌ی تابش خورشید با زاویه تقریباً مستقیم و ۹۰ درجه بر سطوح برخورد می‌نماید. کبوترخانه‌های اقلیم گرم و خشک بیشتر بر اساس فرم‌های استوانه‌ای دارای سطوح منحنی بنا گردیده است که درواقع عمده دلیلش از لحاظ اقلیمی دریافت تابش خورشید با شدت کم می‌باشد. در اقلیم گرم و خشک کبوترخانه‌هایی با سطوح منحنی، سایه‌اندازی بیشتری ایجاد می‌نمایند و سطوح کمتری از کبوترخانه در معرض تابش شدید خورشید قرار می‌گیرد؛ اما کبوترخانه‌های اقلیم سرد و خشک، بیشتر با فرم‌های مکعبی دارای سطوح صاف بنا گردیده است که تأثیر دریافت تابش در ساخت بناها مشهود است. در این اقلیم که جذب تابش نیاز بیشتری است، اشعه‌ی تابش بر سطوح صاف با بالاترین میزان جذب می‌گردد.

فهرست منابع

– ابن‌بطوطه، محمدبن‌عبداله. (۱۳۵۹)، «سفرنامه ابن‌بطوطه»، ترجمه محمدعلی موحد، تهران: بنگاه ترجمه و نشر کتاب. سید آیت‌الله میرزایی (۱۳۸۲)، «کاوشی درباره ویژگی‌های فرهنگی و اقتصادی کبوترخانه‌های استوانه‌ای شکل (مطالعه موردی شهر اصفهان و حومه)». نشریه نامه انسان‌شناسی.

– شیری، توحید؛ دیده‌بان، محمد؛ محسن، تابان. (۱۳۹۸)، «تأثیر فرم بر میزان سایه‌اندازی و جذب حرارت در گنبد آب‌انبارهای یزد». مجله پژوهش‌های معماری اسلامی. ۱۳۹۸; ۷ (٤):۷۵-۹۲.

– شیری، توحید؛ مؤمنی، کورش. (۱۳۹۹)، «بررسی اثرات تابش خورشید بر سطوح گنبد مساجد مناطق بیابانی».کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی ۸(۱) ۲۱۵-۲٤۲.

– شیری، توحید؛ دیده‌بان، محمد؛ محسن، تابان. (۱۳۹۹)، «بهینه‌یابی انرژی گنبدهای آب‌انبارها (نمونه موردی: گنبدهای شهر قزوین)». مجله معماری و شهرسازی علم و صنعت. دوره ۱۲، شماره ۲.
http://dx.doi.org/10.30475/isau.2021.235674.1437

– شیری، توحید؛ دیده‌بان، محمد؛ محسن، تابان. (۱۳۹۸)، «طراحی اسکان موقت با رویکرد بهینه‌سازی حرارتی برگرفته از پتانسیل‌های گنبد آب‌انبارها». پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول.

– ضرغامی، اسماعیل؛ اخوات، هانیه؛ حمیدرضا، عظیمی. (۱۳۹۰)، «گونه‌شناسی کالبدی و سازه‌ای بناهای عام‌المنفعه روستایی در اصفهان و آناتولی مرکزی (نمونه موردی بررسی: بنای کبوترخانه‌ها)». مسکن و محیط روستا، شماره ۱۳۷، بهار ۹۱.

– فقیه خراسانی، احمدرضا؛ بهادری‌نژاد، مهدی. (۱۳۸۹)، «تشعشع خورشید بر روی سقف‌های گنبدی شکل». در هجدهمین همایش سالانه بین‌المللی مهندسی مکانیک ایران، دانشگاه صنعتی شریف، ۲۱ لغایت ۲۳ اردیبهشت.

– فرهادی، مرتضی. (۱۳۷۲)، «کبوترخانه‌های اصفهان در منابع خارجی»، مجله باستان‌شناسی و تاریخ، دوره ۸، ش ۱۵، ص ۳۸.

- Energy, Volume 86, Issue 1, 283-288, https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.09.031.

Damirchi, A., 2004. Pigeons and the pigeon towers of Isfahan. Journal of Art and Mankind, 115, 34-37.

Dewan, M, l., 1955). Towers and Pigeon in Iran, World Crops, March 1955.

- Faghih, K, A., Bahadori, M, N. 2008. Solar radiation on domed roofs, Energy and Buildings (41): 1238-1245.

- Faghih, K, A., Bahadori, M, N. 2008. Solar radiation on domed roofs, Energy and Buildings (41): 1238-1245.

- Fathy, H. 1973. Architecture for the Poor. University of Chicago Press, Chicago, London.

- Freitas, S., Catita, C., Redweik, P., Brito, M, C. 2015. Modelling solar potential in the urban environment: State-of-the-art review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 41, 915-931, https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.060.

- G. Ward, 1994. The RADIANCE lighting simulation and rendering system, in: Proceedings of the 21st annual conference on Computer graphics and interactive techniques, Pages 459–472https://doi.org/10.1145/192161.192286.

- Ghobadian, V., 2014. "The Climatic Review of the Traditional Iranian Buildings", Tehran: Tehran University Press.

- Hadizadeh K, S., 2006. The pigeon towers of Iran, Cultural research association, Tehran.

- Kasmaei, M., & Ahmadinejad, M. 2003. "Climate and Architecture", Tehran: Khak Publishing.

- Amirkhani, A., Okhovat, H., Zamani, E. 2010. Ancient pigeon houses: Remarkable Example of the Asian Culture Crystallized in the Architecture of Iran and Central Anatolia, Asian Culture and History, volume 2, 45-57.

- Andersson, B., Place, W., Kammerud, R., Scofield, M, P. 1985. The impact of building orientation on

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]

Main stone, R, J. 1983, Developments in Structural Form. M.L.T. Cambridge Press.
- Mattewes, G, V, T. 1951. The experimental investigation of navigation in homing pigeons. University of Cambridge.
- Mirdanesh, M. 2007. Acquaintance with historical monuments. Madrese, Tehran.
- Nasrollahi, F., 2009. Climate and Energy Responsive Housing in Continental Climates the Suitability of Passive Houses for Iran's Dry and Cold Climate," PhD thesis Berlin University of Technology."
- Olgyay, v., Hainline, J. 2003. Architectural infrastructure for ecological restoration. Journal of Green Machines, New York.
- Olivieri, F., Grifoni, R., Redondas, D., Sanchez J, A., Tascini, S., 2017. AN EXPERIMENTAL METHOD TO QUANTITATIVELY ANALYSE THE EFFECT OF THERMAL INSULATION THICKNESS ON THE SUMMER PERFORMANCE OF A VERTICAL GREEN WALL. Energy and building 112 () 965-982
- Perez, R., Ineichen, P., Seals, R., Michalsky, J., Stewart, R., 1990. Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance, Solar Energy, Volume 44, Issue 5, 271-289, https://doi.org/10.1016/0038-092X (90)90055-H.
- Perez, R., Seals, R., Ineichen, P., Stewart, R., Menicucci, D., 1987. A new simplified version of the Perez diffuse irradiance model for tilted surfaces, Solar Energy, Volume 39, Issue 3, 221-231, https://doi.org/10.1016/S0038-092X(87)80031-2.
residential heating and cooling, Energy and Buildings, Volume 8, Issue 3, Pages 205-224. https://doi.org/10.1016/0378-7788(85)90005-2.
- Asefi, M, F., Haghparast, F., Gholizadeh, A. 2016. Comparative study of the difference in thermal behavior of dome prefabricated materials in hot and dry climate of Iran (case study: Yazd and Isfahan)" Quarterly Journal of Islamic Research, 12 (4).
- Bourgeois, J., pelos C. 1983. Spectacular vernacular: A new appreciation of traditional Desert Architecture. Peregrina smith books. New York.
- Bourgeois, J., pelos, C., 1983. Spectacular vernacular: A new appreciation of traditional Desert Architecture. Peregrina smith books. New York.
- Bowen, A, B. 1981. Cooling Achievement in the Gardens of Moghul India. C. Bowen, K. Labs (Eds.), In Proceeding of the International Passive and Hybrid Cooling Conference, 27-32. Miami Beach, FL, 6–16 November.
- Brito, M, C., Gomes, N., Santos, T., Tenedório, J, A. 2012. Photovoltaic potential in a Lisbon suburb using LiDAR data, SolarRafiei, m, A., 1974. National monuments of Isfahan, national monuments association, Tehran.
- Robinson, D., Stone, A., 2004. Irradiation modeling modeling made simple: the cumulative sky approach and its applications. In: PLEA2004 – The 21st conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, the Netherlands. 19-22 September.
- Roudsari, M, S., Pak, m., 2013. Ladybug: a parametric environmental plugin for grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design. In: France Aug 25- 30th. http://www.ibpsa.org/ proceedings/BS2013/p_2499.pdf.
- Sabzevary. A, A. Golneshan, (1990), SOLAR RADIATION INTENSITY ON DOMED ROOFS. Solar & Wind Technology Vol. 7, No. 6. pp. 625-647.
Sarfarazi, M., 1990. Dovecotes of Golpayegan, the journal of Jahad (128) 43-45
- Shen, X., Huang, Z., Wang, J., Mendes, T., Huan, J., 2019. Evaluation of photovoltaic potential by urban block typology: A case study of Wuhan, China. Renewable Energy Focus, Volume 29 141-147.
Tang, R, S., Meir, I, A., Etzion, Y. 2003. An Analysis of Absorbed Radiation by Domed and Vaulted Roofs as Compared with Flat Roofs. Energy and Building 35 (6): 539-548.
- Watson, D., & Kent, L. 1993. Climatic Design: Energy Efficient Building Principles and Practices. Translated by Ghobadian, V., Mahdavi, M, F. Tehran:
- Tehran University Press.
URL1: https://www.rhino3d.com
URL2: https://www.grasshopper3d.com
URL3: https://www.ladybug.tools/epwmap
URL4:http://www.grasshopper3d.com/group/ladybug
URL5: http://radsite.lbl.gov/radiance/
URL6: https://autodesk-ecotect-analysis Koita, Y. 1981. Comfort Attainment in Moghul Architecture. In
- Proceedings of the International Passive and Hybrid Cooling Conference, 32-36. Miami Beach, FL.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-11]
[DOI: DOI: 10.22034/40.174.73]