شاپای چاپی: ۲۲۲۸-۵۸۹X
شاپای الکترونیکی: ۲۶۴۵-۷۱۴۸

نشریه علمی

معماری و شهرسازی ایران

پاییز و زمستان ۱۴۰۰ دوره ۱۲ / شماره ۲

www.isau.ir



نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران
(JIAU)
شاپای چاپی ۲۲۲۸-۵۸۹X
شاپای الکترونیکی ۲۶۴۵-۷۱۴۸

دو فصلنامه معماری و شهرسازی ایران نشریه علمی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران است که در راستای مستند سازی و تقویت پژوهش های مرتبط با حوزه های معماری، معماری منظر، برنامه ریزی شهری، طراحی شهری، مرمت بافت و ابنیه، طراحی صنعتی و حوزه‌های وابسته، در پائیز ۱۳۸۹ با مجوز شماره ۳/۲۱۱۰۰۳ مدیر کل دفتر سیاست‌گذاری و برنامه ریزی امور پژوهشی، "علمی-پژوهشی" شناخته شده و اولین شماره آن منتشر شد. این نشریه بنابر آیین نامه نشریات علمی مصوب ۱۳۹۸/۰۲/۰۲ به شماره ۱۱/۲۵۶۸۵ وزارت علوم تحقیقات و فناوری با عنوان "نشریه علمی" شناخته می شود.

اهداف نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران

- ایجاد و ارتقای بستری مناسب برای تبادل علم و دانش در حوزه های معماری، شهرسازی، هنر و طراحی صنعتی
- مستند سازی و تقویت پژوهش های مرتبط با حوزه های معماری و شهرسازی
- مطلع نمودن کارشناسان و پژوهشگران حوزه های معماری و شهرسازی از جدیدترین یافته و دستاوردهای روز ایران و جهان

محورهای موضوعی نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران

- معماری (معماری پایدار، تکنولوژی و انرژی در معماری، آموزش معماری)
- منظر
- تاریخ هنر
- شهرسازی (برنامه‌ریزی شهری، برنامه‌ریزی منطقه‌ای، طراحی شهری، مدیریت شهری)
- مرمت و حفاظت بافت، ابنیه و اشیا
- طراحی صنعتی (طراحی محصول، پژوهش هنر)

سیاست انتشار نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران

مقالات ارسالی برای این نشریه به صورت دوسویه ناشناس داوری می‌شوند و پس از داوری و موافقت هیئت تحریریه به چاپ خواهند رسید.

برای تسهیل استفادهٔ دانشجویان، پژوهشگران و متخصصان و ارتباط گسترده‌تر با جهان و متخصصان بین‌المللی، نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران امکان دسترسی آزاد و رایگان به تمامی مقالات را در سایت اینترنتی مجله فراهم کرده است.

این نشریه با احترام به قوانین اخلاق در نشریات تابع قوانین کمیتهٔ اخلاق در انتشار (COPE) می‌باشد و از آیین نامه اجرایی قانون پیشگیری و مقابله با تقلب در آثار علمی پیروی می‌نماید.

صاحب امتیاز: انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران
مدیر مسئول: دکتر محسن فیضی
سردبیر: دکتر مصطفی بهزادفر

هیأت تحریریه داخلی (به ترتیب حروف الفبا):

دکتر ایرج اعتصام، استاد دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
دکتر محمدرضا بمانیان، استاد دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس
دکتر مصطفی بهزادفر، استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر مهدی خاک‌زند، دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر داراب دیبا، استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی
دکتر محسن فیضی، استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر یوسف گرجی مهلبانی، استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)
دکتر اصغر محمد مرادی، استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر حامد مظاهریان، دانشیار دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران
دکتر فرهنگ مظفر، دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر غلامحسین معماریان، استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران
دکترهاشم‌هاشم‌نژاد، دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران

هیأت تحریریه بین الملل (به ترتیب حروف الفبا):

دکتر رحمان آذری، دانشیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه پنسیلوانیا، آمریکا
دکتر احسان شریفی، دانشیار، دانشگاه آدلاید، استرالیا
دکتر ایوب شریفی، دانشیار، دانشگاه هیروشیما، ژاپن
دکترمحمد طالقانی، دانشیار، دانشگاه لیدز، انگلستان
دکترپاملا کریمی، دانشیار، دانشگاه ماساچوست، آمریکا

مدیر تحریریه: دکتر مهدی خاک‌زند
کارشناس تحریریه: مهندس آناهیتا طبائیان

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران
(JIAU)

شاپای چاپی ۲۲۲۸-۵۸۹X
شاپای الکترونیکی ۲۶۴۵-۷۱۴۸



دوره ۱۲، شماره ۲، پاییز وزمستان ۱۴۰۰

ویراستار فارسی: انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران

ویراستار انگلیسی: مهندس سعاد صریحی

طراح صفحه‌بندی و جلد: مهندس آناهیتا طبائیان

صفحه‌آرایی و فرمتینگ: الهام منتی محب

تیراژ: ۵۰ نسخه

قیمت: ۵۰۰۰۰۰ ریال

چاپ: دانشگاه علم و صنعت ایران

نشانی نشریه: تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده معماری و شهرسازی، طبقه سوم، دفتر انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران.

کدپستی: ۱۶۸۴۶-۱۳۱۱۴

تلفن: ۷۳۲۲۸۲۳۵-۰۲۱

دورنگار: ۷۷۲۴۰۴۶۸-۰۲۱

نشانی الکترونیکی: iaau@iust.ac.ir

سایت و سامانه الکترونیکی نشریه انجمن: https://www.isau.ir

مقالات چاپ شده لزوماً نقطه نظرات نشریه نبوده و مسئولیت مقالات به عهده نویسندگان محترم است.

این شماره با حمایت دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران به چاپ رسیده است.

راهنمای نویسندگان

از نویسندگان محترم جهت انتخاب نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران برای انتشار اثر علمی ایشان، صمیمانه سپاسگزاریم. خواهشمند است جهت تسریع در مراحل داوری و انتشار، با دقت راهنمای نویسندگان را مطالعه بفرمایید.

۱- مقاله باید حاصل کار علمی و پژوهشی بوده و قبلاً در نشریه دیگری اعم از داخلی یا خارجی و یا مجموعه مقالات سمینارها و مجامع علمی چاپ نشده و یا همزمان برای نشریه دیگری ارسال نشده باشد.

۲- صرفا مقاله پژوهشی در مجله مورد ارزیابی قرار می گیرد و مقالات مروری نیز از نویسندگان مجرب و پیشکسوت معماری و شهرسازی در زمینه نظری برابر اهداف و چشم انداز مجله پذیرفته می‌شود.

۳- مقالات باید صرفاً از طریق سایت مجله به آدرس https://www.isau.ir ارسال شوند. به مقالاتی که از طریق ایمیل یا به‌صورت چاپی به مجله ارسال شوند ترتیب اثر داده نخواهد شد.

۴- مسئولیت صحت و سقم مقاله به لحاظ حقوقی و علمی بر عهده نویسندگان است. دوفصلنامه علمی "معماری و شهرسازی ایران" حق رد یا قبول و نیز ویراستاری مقالات را برای خود محفوظ می‌دارد.

۵- مقالاتی که خارج از حوزه اهداف مجله ارسال شوند، بدون داوری و با نظر سردبیر یا گروه دبیران مجله، از فرایند ارزیابی خارج خواهند شد.

۶- زبان رسمی نشریه فارسی است و مقاله باید دارای انشایی روان و از نظر دستور زبان و آیین نگارش فارسی خالی از اشکال بوده و سقف تعداد صفحات ۱۷ صفحه می باشد(بدون احتساب صفحه چکیده و منابع).

۷- در گروه نویسندگان حتما یک عضو هیات علمی باید وجود داشته باشد.

۸- مشخصات نویسنده / نویسندگان به‌جز در صفحه جداگانه ای با عنوان مشخصات نویسندگان، نباید در هیچ قسمت دیگری از مقاله ذکر شود.

۹- از هر نویسنده تنها یک مقاله در فرآیند داوری قرار می‌گیرد و ارسال مقاله دوم تنها زمانی میسر است که مقاله اول تعیین تکلیف شده باشد.

۱۰- در صورت استفاده از پایان‌نامه یا رساله‌های دانشجویی، ذکر نام استاد راهنما، عنوان رشته و نام دانشگاه مربوط، الزامی است و مقالات برگرفته از پایان‌نامه و رسالهٔ دانشجویان با نام استاد راهنما، مشاوران و دانشجو به صورت توأم و با مسئولیت استاد راهنما منتشر می‌شود.

۱۱- لازم است ساختار مقاله براساس فایل تمپلت (قابل دریافت از طریق سایت و سامانه نشریه) تنظیم و ارسال شود.

۱۲- ارجاعات داخل متن و فهرست منابع پایانی باید براساس شیوه نامه APA تنظیم شوند.

۱۳- هزینه های هر مقاله در مراحل مختلف از نویسندگان دریافت خواهد شد که در سایت و سامانه نشریه، قابل مشاهده است.

۱۴- لازم به ذکر است پس از پذیرش علمی و نهایی مقالات، چکیده مبسوط انگلیسی، چکیده تصویری، ترجمه منابع، ترجمه جداول و شکل ها، جهت انتشار دریافت می شود.

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران
(JIAU)

شاپای چاپی ۲۲۲۸-۵۸۹X
شاپای الکترونیکی ۲۶۴۵-۷۱۴۸

داوران این شماره

امیررضا اردکانی	دانشگاه پارس
علی اسدپور	دانشگاه هنر شیراز
بابک امرایی	دانشگاه هنر اسلامی تبریز
الناز ایمانی	پژوهشگر
محمد آتشین‌بار	پژوهشگاه نظر
زهرا برزگر	دانشگاه آزاد اسلامی-واحد شیراز
پیمان پیله چی ها	مؤسسه آموزش عالی کوثر- قزوین
ملیحه تقی‌پور	دانشگاه آزاد اسلامی- واحد شیراز
فاطمه جم	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
امین حبیبی	دانشگاه شیراز
مهدی خاک‌زند	دانشگاه علم و صنعت ایران
زهرا خدائی	دانشگاه آزاد اسلامی- واحد شهر ری
سارا دانشمند	دانشگاه شیراز
محمد دیده‌بان	دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول
حسین راعی	دانشگاه علم و صنعت ایران
مهدی سعیدی	پژوهشگر
مهسا شعله	دانشگاه شیراز
اسماعیل شیعه	دانشگاه علم و صنعت ایران
زکیه السادات لطفی طباطبائی	پژوهشگر
سیده مرضیه طبائیان	دانشگاه آزاد اسلامی- واحد اصفهان
هادی عبادی	دانشگاه آزاد اسلامی- واحد کرمانشاه
امیرحسین عبدالله‌زاده	پژوهشگر
بهراد فرمهینی فراهانی	پژوهشگر
سید مجید مفیدی شمیرانی	دانشگاه علم و صنعت ایران
صلاح الدین مولانایی	دانشگاه کردستان
سجاد مؤذن	دانشگاه علم و صنعت ایران
سعید نوروزیان ملکی	دانشگاه شهید بهشتی
بهزاد وثیق	دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

فهرست

مقالات علمی

بررسی میزان تحقق یافتگی شاخص‌های شهر بوم گرا و ارائه چارچوب مفهومی توسعه آن مبتنی بر میزان رضایتمندی ساکنین ۵
(مطالعه موردی: محله ازگل تهران)
مهدی سعیدی، مژگان انصاری، فائزه ترابی‌نژاد

مطالعه‌ی تطبیقی تعاریف، کارکردها و عناصر «رسانه»، به منظور بررسی نقش «معماری» به عنوان یک «رسانه» ۲۵
پگاه پایه‌دار اردکانی، حسن ذوالفقارزاده

مطالعه تطبیقی محراب‌های مساجد جامع تبریز و مرند ۴۳
سحر طوفان، امیر جدایی

نظریه برگردان در تحلیل معماری مسکونی مدرن کشورهای ترکیه و ایران(دهه ۱۹۳۰) ۵۵
محمدحامد موسوی

سنجش ظرفیت بازتوسعه اراضی متروکه در اراضی صنعتی - کارگاهی شهر یزد ۶۹
فاطمه کریمی، سمانه جلیلی صدرآباد

الگوی طراحی پوسته تلفیقی بهینه در تولید برق خورشیدی با بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک در اقلیم سرد ایران ۸۳
علیرضا فرهنگی خانقاه، یوسف گرجی مهلبانی،سید مجید مفیدی شمیرانی، حسین مدی

ارائه مدل مفهومی مکان در همنوایی نمایانگرهای زمان و فضا ۱۰۳
(نمونه موردی: امامزاده یحیی تهران)
غزاله گودرزی، مصطفی بهزادفر، یوسفعلی زیاری

تأثیر حس تعلق به مکان ساکنان بر نمای بناهای مسکونی محلات مجاور مادی‌های اصفهان ۱۱۹
مرجان امجد، فرهنگ مظفر، شیرین طغیانی، وحید قاسمی

بررسی چگونگی افزایش حس انسجام در افراد با توجه به رویکرد سالوتوژنیک ۱۳۷
(نمونه موردی: بافت مسکونی محله تاریخی سنگ سیاه شیراز)
محدثه السادات حمیدی، مهدی خاک‌زند، محسن فیضی

شناخت و تحلیل کالبدی معماری بومی روستای لیوس ۱۵۳
سجاد مؤذن، شینا ص‌برنجی

تحولات کالبدی آرامگاه امامزاده عبدالله شوشتر نمودی از معماری ایرانی در گذر از دوره سلجوقی - خوارزمشاهی به دوره ایلخانی ۱۷۱
عباسعلی احمدی، امین احمدی سیاهپوش

تأثیر محدوده‌ی کالبدی مجموعه‌های مسکونی بر ترس از جرم ساکنان: مقایسه‌ی مجموعه‌های مسکونی محصور، محصور نمادین و غیرمحصور در شهرک اکباتان ۱۸۹
محمد جلیلی، علیرضا عینی‌فر، رامین مدنی، بروس جاد

مطالعه تطبیقی اصول پیرنیا در معماری و مصنوعات با سبک‌های طراحی صنعتی ۲۰۵
محمد ذوالفقاری، ناصر کلینی ممقانی

تحلیل پایداری اجتماعی مجتمع‌های مسکونی به کمک تکنیک سواراتاپسیس ۲۱۷
عاطفه یعقوبی، ژیلا رضاخانی

مقایسه تطبیقی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی آسایش حرارتی در محیط شهری ۲۳۵
رزا وکیلی‌نژاد

تبیین مفهوم سلسله مراتب شکلی-فضایی در الگوی سکونتگاهی قاجار ۲۵۱
(نمونه موردی :خانه‌های اعیانی تهران)
جهان دانش، خسرو موحد، ملیحه تقی‌پور

خوانش انواع حرکت در مسکن بر مبنای فرهنگ حریم معاصر ۲۶۵
(نمونه موردی: سه خانه برگزیده معماری معاصر ایران)
فاطمه برادران هروی، مهدی حمزه‌نژاد

الگوی منظر آوا در باغ‌های قاجار شیراز ۲۸۱
امین حبیبی، سارا رحمانی، مهسا سعیدی‌زاده، نگار مکاری

Journal of Iranian Architecture & Urbanism
(JIAU)
Homepage: https://www.isau.ir/

ORIGINAL RESEARCH PAPER

The design pattern of optimal combined envelope in generating solar electricity using genetic algorithm in Iran's cold climate*

Alireza Farhangi Khanghah [1], Yousef Gorji Mahlabani [2,], Seyed Majid Mofidi Shemirani [3], Hossein Medi [4]**

[1] *Assistant Professor, Department of Architecture and Urbanism, Payam-Noor University, Iran.*
[2] *Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urbanism, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.*
[3] *Assistant Professor, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*
[4] *Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urbanism, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.*

ARTICLE INFO

Article History:

Received	2020/08/03
Revised	2020/09/21
Accepted	2020/10/18
Available Online	2021/12/22

Keywords:

Facade Integrated Photovoltaic
Combined Envelope
Flat Reflector
Genetic Algorithm
Electrical Efficiency

Use your device to scan and read the article online

Number of References
28

Number of Figures
17

Number of Tables
7

Extended ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVES: According to the International Energy Agency, the construction sector accounts for more than 33 percent of total energy consumption per capita as the largest energy consumer globally, while in Iran, the share is accounting for 40 percent. Meanwhile, the loss of nearly 11 percent of electrical energy while transmitting it through grid lines to cities has led to the rapid growth of a decentralized generation of electricity at end-use through building integrated photovoltaic (BIPV) systems over the past fifteen years. Exposing to the Sun, façades have great potential to supply the electricity needs of energy-efficient buildings using photovoltaic panels. However, the improper orientation to the radiation direction, especially in summer, reduces the efficiency of PV panels integrated into the facades. Aiming to increase the efficiency of the southern BIPV's facade, this research introduces an optimal combined pattern of PV panels and flat reflectors as an integrated system capable of improving both the intensity and the area of solar irradiation on panels.

METHODS: The research has an applied approach, and the method of the research is founded on experimental and simulation models. Research tools used in the study process include descriptive geometry to analyze solar radiation and reflection on the panels, study models to consider the reflections, and Grasshopper plugin in Rhino software environment as a parametric tool to simulate the proposed integrated envelope. Ladybug plugin has also been used to extract solar radiation properties from the climate information file generated by Meteonorm software. At first, the experimental and analytical method was used to find the best concept for the combination, and then the logical reasoning method was applied to select the best pattern among the possible alternatives for a combined, concentrated photovoltaic facade. At the second stage, defining the constructing parameters, the proposed envelope is simulated aiding Grasshopper software. The parameters are optimized using the genetic algorithm through the Octopus plugin. At the third and final stage, input data, related to the index days, entered to the algorithm and optimization process was done so that the best values have been introduced for each input data to fulfill the research objectives. Then through a comparative process the best setting for each month, and finally for the entire year was selected and introduced.

FINDINGS: Having determined the optimum constructing parameters, the study calculated the proposed geometry output efficacy. The results showed significant increase in output power up to 87.38% in summer (June 21), 36.33% in spring (March 21), and 17.83% in winter (December 21) with an average of 46.44% during the year. The findings of the study addressed the six main parameters of the combined envelope influencing the efficiency. These parameters can be divided into two groups based on their effect. The first group includes lateral angle of side mirrors, lateral angle of underneath mirrors, horizontal depth of side mirrors with 52.75, 47.75, and 39.25 percent impact on "surface area of radiation" and with 64.5, 39.33, and 51.75 percent effect on the "increase

© 2021, JIAU. All rights reserved.

https://dx.doi.org/10.30475/isau.2020.241977.1473

OPEN ACCESS

* This article is derived from the first author`s doctoral thesis entitled "High-efficient solar envelopes' design applying a hybrid system (LCBIPV) in Iran cold climate ", supervised by the second and third authors and advised by the fourth, at Imam Khomeini International University(IKIU).

** Corresponding Author:
Email: *gorji@arc.ikiu.ac.ir*
Phone: +98(912)8802265

Extended ABSTRACT

in radiation intensity" respectively. The second group, meant, the number of panels in the vertical direction, side mirrors slope angle and the underneath mirrors 'slope angle with 34.75, 23.25 and 18.75 percent of the impact on "the area of radiation" respectively, and 10.5, 15, and 13.7 percent of the effect on the "increase in radiation intensity" are at the fourth to sixth order of influence on the proposed envelope- efficiency. It's proved that changing the most vital parameters affect the amount of "increase in radiation" up to 64.14% and cause 62.21% variation on "increasing the area of reflection" values while for the least influencing parameters, these items were calculated 15.85% and 15.90%, respectively.

CONCLUSION: Facades integrated photovoltaic panels have low efficiencies due to the non-optimal angle of the building envelope to the radiation, especially in summer. On the other hand, the need to design openings, particularly in the southern facade of the building, reduces the solar system's efficiency by reducing the area of installable panels. In this study, the strategy of combining a flat reflector with PV panels in the form of a novel geometry was used to form the main idea to increase the efficiency of BIPVs. In this research, the two main criteria meant, radiation intensity and the area of reflection, were considered as objective functions in optimization. The results showed that using the proposed integrated system during the year will increase the radiation intensity by an average of 38.8% and the reflection area by 46.70%. However, they will improve, in order, up to 71.41% and 100.53% in summer. In other words, using the proposed model, about 30% of the southern facade surface can be allocated to openings, and at the same time, the irradiated surface during the year is considered equal to the total facade surface. The study showed that the electrical output power in summer, using the proposed model, will increase to 88%, and for the two seasons of winter and spring, it will be 17.84 and 34.36%, respectively. The study showed that the proposed geometry could be introduced as a practical solution to enhance the façade integrated photovoltaic efficiency. So, it is capable of generating more electricity, especially in the cold climate of Iran.

.....

HIGHLIGHTS:

- An integrated envelope including PV panels and flat reflectors has the capability of enhancing building façades in generating required electricity.
- Using a parametric geometry in an algorithmic simulation for the proposed envelope will provide the ability of assessing the capacity of combined envelope in any given time of a year.
- From the six main constructing parameters of the proposed envelope, the three including lateral angle of side mirrors, lateral angle of underneath mirrors, horizontal depth of side mirrors have the main effect on the efficiency of the integrated envelope.

ACKNOWLEDGMENTS:
This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-forprofit sectors.

CONFLICT OF INTEREST:
The authors declared no conflicts of interest.

COPYRIGHTS
©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers. (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

HOW TO CITE THIS ARTICLE
Farhangi Khanghah, A.; Gorji Mahlabani, Y.; Mofidi Shemirani, M.; Medi, H., (2021). The design pattern of optimal combined envelope in generating solar electricity using genetic algorithm in Iran's cold climate. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism.*, 12(2): 83-101.

https://dx.doi.org/10.30475/isau.2020.241977.1473
https://www.isau.ir/article_120746.html

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران
(JIAU)
https://www.isau.ir/

مقاله علمی- پژوهشی

الگوی طراحی پوسته تلفیقی بهینه در تولید برق خورشیدی با بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک در اقلیم سرد ایران*

علیرضا فرهنگی خانقاه [۱]، یوسف گرجی مهلبانی [۲]**، سید مجید مفیدی شمیرانی [۳]، حسین مدی [۴]

۱. استادیار، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه پیام نور، ایران
۲. استاد، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران.
۳. استادیار، گروه معماری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
۴. استادیار، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران.

مشخصات مقاله

تاریخ ارسال ۱۳۹۹/۰۵/۱۳
تاریخ بازنگری ۱۳۹۹/۰۶/۳۱
تاریخ پذیرش ۱۳۹۹/۰۷/۲۷
تاریخ انتشار آنلاین ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

واژگان کلیدی

نمای یکپارچه با پیل‌خورشیدی
پوسته تلفیقی
بازتابنده تخت
الگوریتم ژنتیک
بازده الکتریکی

چکیده

تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز در ساختمان‌های انرژی‌کارا توسط خودِ بنا یکی از راهبردهای توصیه‌شده در کاهش سهم عمده بخش ساختمان در کل سرانه مصرف انرژی است؛ در این بین سامانه‌های پیل‌خورشیدی یکپارچه با پوسته بنا به دلیل قرارگیری در سطح بیرونی ساختمان موقعیت ممتازی در تولید الکتریسیته دارند اما تغییرات زیاد شدت و جهت تابش نور خورشید در طی فصول و در طول روز باعث کاهش بازده این سامانه‌ها می‌شود. این پژوهش که بستر مطالعاتی آن اقلیم سرد ایران است، نشان می‌دهد که طراحی الگوریتمیک یک پوسته تلفیقی از ترکیب بازتابنده تخت و پیل‌خورشیدی بر اساس الگوی تابش راهکاری کارآمد درافزایش بازده الکتریکی پوسته به‌ویژه در فصل تابستان است. پژوهش از منظر ماهیت در دسته تحقیقات کمّی از بُعد هدف، کاربردی و از جهت روش در زمره پژوهش‌های توصیفی- شبیه‌سازی قرار دارد. در این تحقیق از افزونه گرس‌هاپر برای پیاده‌سازی الگوی مولد پوسته و از الگوریتم ژنتیک درروند بهینه‌سازی استفاده‌شده و روند رسیدن از سؤال به جواب با روش استدلال منطقی انجام‌شده است. در این پژوهش افزایش بازده سامانه پیشنهادی به میزان ۸۷/۳۸ درصد در ابتدای فصل تابستان، ۳۶/۳۳ درصد در شروع فصل بهار و ۱۷/۸۳ درصد در آغاز فصل زمستان با میانگین ۴۶/۴۴ درصد در طول سال محاسبه شد. یافته‌های پژوهش شش مؤلفه اصلی سازنده پوسته تلفیقی را در تعیین بازده آن مؤثر دانست که به ترتیب تأثیر عبارت‌اند از زاویه شیب عرضی بازتابنده‌های طرفینی، زاویه شیب عرضی بازتابنده‌های زیرین، عمق افقی بازتابنده‌های کناری، تعداد تقسیمات پوسته در امتداد قائم، شیب طولی بازتابنده‌های کناری و درنهایت کمترین تأثیر که مربوط به شیب طولی بازتابنده‌های زیرین است؛ به‌طوری‌که درصد تأثیر مهم‌ترین مؤلفه بر افزایش شدت تابش ۶۴/۱۴ درصد و بر افزایش سطح بازتابش ۶۲/۲۱ درصد به دست آمد و برای کم اثرترین مؤلفه بر بازده این مقادیر به ترتیب ۱۵/۸۵ و ۱۵/۹۰ درصد محاسبه گردید.

نکات شاخص

- پوسته تلفیقی مرکب از صفحات پیل خورشیدی و بازتابنده تخت قابلیت افزایش کارایی نمای ساختمان در تولید الکتریسیته مورد نیاز را دارا است.
- استفاده از هندسه پارامتریک در روند شبیه‌سازی الگوریتمیک پوسته، امکان ارزیابی قابلیت‌های پوسته تلفیقی را در هر ساعت از سال فراهم خواهد کرد.

از شش مؤلفه اصلی سازنده پوسته تلفیقی، سه مولفه یعنی زاویه شیب عرضی بازتابنده‌های طرفینی، زاویه شیب عرضی بازتابنده‌های زیرین و عمق افقی بازتابنده‌های کناری بیشترین تاثیر را در بازده سامانه دارند.

نحوه ارجاع به مقاله

فرهنگی خانقاه، علیرضا؛ گرجی مهلبانی، یوسف؛ مفیدی شمیرانی، سید مجید و مدی، حسین. (۱۴۰۰). الگوی طراحی پوسته تلفیقی بهینه در تولید برق خورشیدی با بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک در اقلیم سرد ایران، *نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۲(۲)، ۸۳-۱۰۱.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده نخست با عنوان «طراحی پوسته‌های بیش‌بازده خورشیدی با سامانه تلفیقی در اقلیم سرد ایران » می‌باشد که به راهنمایی نویسنده دوم و سوم و مشاوره نویسنده چهارم در دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) انجام گرفته است.

** نویسنده مسئول
تلفن: ۰۰۹۸۹۱۲۸۸۰۲۲۶۵
پست الکترونیک: gorji@arc.ikiu.ac.ir

مقدمه

بر طبق آمار آژانس بین‌المللی انرژی، بخش ساختمان با سهمی معادل ۳۶ درصد از سرانه مصرف کل انرژی در جهان و نیز ۳۹ درصد از سرانه انتشار گاز دی‌اکسید کربن در سال ۲۰۱۷ میلادی بیشترین مقدار را در هر دو حوزه به خود اختصاص داده است. بعلاوه چشم‌انداز مصرف انرژی نیز رشد چشمگیر استفاده از انرژی الکتریکی در بخش ساختمان تا سال ۲۰۴۰ میلادی را نشان می‌دهد (BP-P.L.C, 2019, p. 37). در ایران نیز بخش ساختمان با مصرف ۱/۵۰ درصد از کل سرانه مصرف برق در کشور بزرگ‌ترین مصرف‌کننده در این حوزه به شمار می‌آید (DPEA, 2016, p.6). ازآنجاکه ۸۹ درصد از برق تولیدی در نیروگاه‌های ایران پایهٔ استفاده منابع سوخت فسیلی است (IGMC, 2019, p.4)، تولید الکتریسیته موردنیاز ساختمان‌ها از منابع تجدید پذیر انرژی در محل استفاده از آن می‌تواند نقش مهمی در کاهش بار وارد بر نیروگاه‌ها و شبکه توزیع برق و انتشار گاز دی‌اکسید کربن ناشی از سوخت‌های فسیلی در کشور داشته باشد.

بدنه بنا به عنوان خارجی‌ترین بخش در تماس با محیط کنترل نشدهٔ بیرون ساختگاه مناسبی جهت جذب انرژی تابشی خورشید است (Hegger, Fuchs, Stark, & Zeumer, 2008, p. 82) به‌طوری‌که تولید الکتریسیته از طریق پوسته ساختمان‌های یکپارچه با پیل‌خورشیدی به‌عنوان پیشروترین بخش از صنعت خورشیدی در سراسر جهان معرفی شده است (Delisle & Kummert, 2014, p. 50)؛ ارزیابی ساختمان‌های یکپارچه با پیل‌خورشیدی در اروپا نشان می‌دهد که ۵۰ درصد از آن‌ها از نمای یکپارچه با پیل‌خورشیدی، ۳۰ درصد از بام‌های مولد الکتریسیته و مابقی از ترکیب دو سامانه استفاده کرده‌اند (Tabakovic, et al., 2017, p. 994)؛ دلیل استقبال بیشتر از نمای یکپارچه با پیل‌خورشیدی نسبت به بام آن است که نمای ساختمان سطحی گسترده را برای نصب پیل‌خورشیدی بدون نیاز به اشغال سطح زیربنای اضافی در مناطق پرتراکم شهری فراهم می‌آورد، بااین‌وجود زاویه غیر بهینه تابش بر سطح نما ،به‌خصوص در فصل تابستان، عامل اصلی در کاهش بازده نماهای مولد الکتریسیته است. (Soria, Gerritsen, Leffillaster, & Broquin, 2016, p. 52) از طرف دیگر ، نیاز به طراحی گشایش در وجه جنوبی بنا موجب کاهش چشمگیر سطح قابل‌استفاده برای نصب پیل‌های خورشیدی خواهد شد. لذا یافتن راهکار طراحی که بتواند علاوه بر جبرانِ کاهش شدت تابش[1] در فصل تابستان، توانایی جبرانِ کاهش سطح پوستهٔ تحت پوشش به دلیل وجود گشایش‌ها را نیز داشته باشد مسئله اصلی پژوهش حاضر است.

با توجّه به پیشینه پژوهش راهبرد مورد آزمون در این تحقیق بهره‌گیری از بازتابنده تخت در تلفیق با پوسته خورشیدی مولد الکتریسیته است، بنابراین و با توجّه به مسئله پژوهش، این تحقیق به دنبال یافتن پاسخ به این سؤال است که: هندسه بهینه تلفیق بازتابنده تخت با پیل‌خورشیدی در نمای جنوبی ساختمان چیست و اثر آن بر توان خروجی از سامانه چقدر است؟ بدین منظور و باهدف یافتن یک الگوی بهینه مبتنی بر مؤلفه‌های[2] مولد پوسته تلفیقی از یک الگوی پارامتریک[3] در شکل‌گیری پوسته استفاده‌شده و پس از بهینه‌سازی تأثیر آن بر بازده سامانه بررسی و نتیجه‌گیری شده است.

پیشینه پژوهش

افزایش شدت تابش رسیده به سطح پیل‌خورشیدی با استفاده از تشدیدکننده‌های نوری[4] و بازتابنده‌ها[5] یکی از راه‌کارهای شناخته‌شده در این زمینه است (Tabor, 1958, p. 33) (Kumar, Kaushik, & Garg, 1995, p. 511) ؛ (Arshad, Tariq, Niaz, & Jamil, 2014, p. 292)؛ (Tabaei & Ameri, 2015, p. 52)؛ (Abu-Bakar, et al., 2016, p. 3)؛ این روش همچنین باعث افزایش استفاده از سطح پیل نیز می‌گردد؛ ازآنجاکه تشدید اشعه تابشی موجب افزایش دمای پوسته شده و این امر به‌نوبه خود باعث کاهش توان خروجی از سامانه می‌شود لذا بهره‌مندی از ترکیب بازتابنده‌های با توان تشدیدکنندگی کمتر همانند بازتابنده‌های تخت با پوسته نما می‌تواند علاوه بر حل مشکل شدت تابش، مانع از افزایش بیش‌ازحد دمای پوسته خورشیدی شود (Fraas & Partain, 2010, p. 275)؛ (Siahaan & Siswono , 2019, p. 952).

ازجمله مطالعات انجام‌شده درزمینهٔ افزایش توان خروجی پیل‌خورشیدی در ترکیب با بازتابنده تخت یک تحقیق میدانی- آزمایشگاهی در شهر توکیو است که یک صفحه پیل‌خورشیدی را تحت بازتابش بازتابنده مسطح با ۹۵ درصد توان بازتابش قرار می‌دهد به‌طوری‌که سطح و عمق بازتابنده به ترتیب ۲ و ۲/۷ برابر سطح و ارتفاع پیل انتخاب شد و زاویه آیینه و پیل با خط افق به ترتیب۲۵و۷۰ درجه در نظر گرفته شد؛ نتایج پژوهش، افزایش بازده الکتریکی ۵/۱ برابری سامانه ترکیبی را نسبت به بازده پیل بدون تلفیق با بازتابنده تأیید نموده است این در حالی است که مساحت پیل در سامانه ترکیبی نصف مساحت پیل بدون بازتابنده در نظر گرفته‌شده است (شکل ۱). این تحقیق همچنین ثابت نمود زمانی که زاویه پیل‌خورشیدی نسبت به افق بهینه نباشد استفاده از بازتابنده تخت راهکاری بسیار مناسب در افزایش توان الکتریکی پیل است. (Matsushima, T. Setaka, & Muroyama, 2003, pp. 610-612).

تحقیق میدانی دیگری در شهر قاهره در کشور مصر با استفاده از یک آینه تخت نور خورشید طوری بر روی سطح یک صفحه پیل‌خورشیدی موازی سطح افق بازتابانده شد که در طول ساعات آفتابی، یعنی

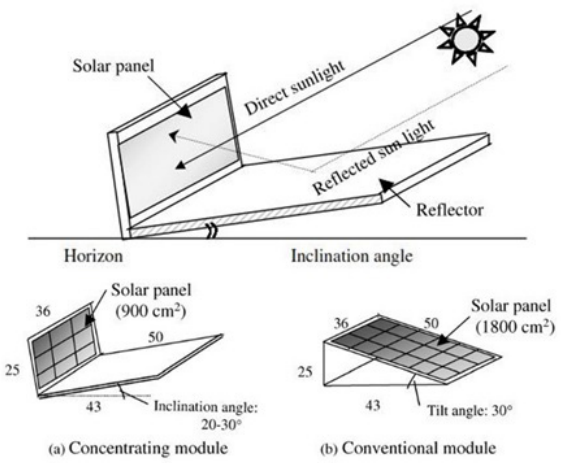


Fig.1. Position of PV panel relative to the flat mirror and the Sun (up). Comparison of slope angle and the area of the solar panel combined with reflector (down-left) with one without reflector (down-right)
(Matsushima, T. Setaka, & Muroyama, 2003, pp. 604,610)

۳ ساعت قبل و بعد از ۱۲ ظهر، همواره سطح صفحه پیل تحت بازتابش قرار گرفت. نتایج این پژوهش افزایش بازده سالانه ۲۲ درصدی را برای سامانه ترکیبی نشان می‌دهد (Ahmad & Hussein, 2001, p. 1333). همچنین افزایش بازده ۲۵-۲۰ درصد توان خروجی سالانه مدول‌ها طی یک تحقیق میدانی در کشور سوئد با استفاده از بازتابنده تخت به‌شرط گرم نشدن بیش‌ازحد پیل، ابعاد مناسب بازتابنده برای تأمین بازتابش کامل و نیز اتصال صحیح سلول‌های تشکیل‌دهنده پیل جهت تأمین حداقل مقاومت داخلی، تأیید گردید (Ronnelid, Karlsson, Krohn, & Wennerberg, 2000, p. 290).

در دانشگاه صنعتی چالمرز[۶] نیز نتایج یک تحقیق نشان داد که با الحاق دو بازتابنده تخت به طول یک و نیم متر در طرفین پیل‌خورشیدی افقی به عرض ۵۵ سانتیمتر به‌طوری‌که سطح مجموع بازتابنده‌ها ۹ برابر سطح پیل باشد و زاویه آن‌ها با پیل ۶۵ درجه انتخاب شود توان خروجی تا ۷۴ درصد بدون احتساب اثر افزایش دما و تا ۶۵ درصد با در نظر گرفتن اثر افزایش دمای ۱۵ درجه برای سطح پیل‌خورشیدی افزایش می‌یابد (Barman, 2011, p. 45) . تحقیق تجربی دیگری در شهر جیزه مصر، بازده یک سامانه پیل‌خورشیدی تحت بازتابش با آینه تخت را در طول یک روز زمستانی ۱۲/۶ و ۱۱/۰۲ درصد با و بدون بازتابنده تخت اندازه‌گیری کرد در این تحقیق زاویه صفحه پیل با افق ۳۰ درجه و زاویه آینه ۷ درجه با خط قائم در نظر گرفته شد و کل سامانه با استفاده از یک رديابِ خورشیدی در طول روز اشعه آفتاب را دنبال نمود. (Helmy, Khalifa, Oksha, & Elhaddad, 2014, p. 105).

همچنین در تحقیق تجربی دیگری در کشور پاکستان از قرار دادن یک صفحه پیل‌خورشیدی تحت انعکاس یک آینه تخت افقی نتیجه گرفته شد که میانگین افزایش برای جریان اتصال کوتاه پیل‌خورشیدی تحت بازتابش ۲۵درصد بیشتر از پیل بدون بازتابنده است. در این تحقیق زاویه مدول پیل‌خورشیدی با افق ۳۴/۵ درجه و جهت آن به سمت جنوب بوده است. ضمن اینکه استفاده از بازتابنده‌ها را در افزایش بازده بسیار اقتصادی‌تر از افزایش سطح پیل برای بالا بردن توان خروجی است (Bilal, Arbab, Zain, Afridi, & Khattak, 2017, p. 101).

در شهر بغداد در کشور عراق نیز تأثیر بازتابنده تخت بر بازده صفحه پیل‌خورشیدی طی یک برداشت میدانی بررسی و سپس با نرم‌افزار زیمکس[۷] نیز شبیه‌سازی شد. در این تحقیق بیشترین بازده برای یک پانل با زاویه بهینه تحت انعکاس بازتابنده تخت که از صفر تا ۹۰ درجه تغییر زاویه داده شد، برابر با ۸۵ درصد در ساعت ۱۱ صبح با آینه‌ای که با سطح پیل زاویه ۶۰ درجه می‌ساخت به دست آمد و بهترین میزان توان خروجی ۷۲/۸ وات در ساعت ۱۲ ظهر برای روز ۱۲ اردیبهشت‌ماه اندازه‌گیری گردید. نتیجه شبیه‌سازی‌ها نیز بیشترین بازده را ۵/۵۹درصد عنوان نمود (Alhamadany, Ali, & Zain, Al-Abideen, 2016, pp. 21-23).

تحقیق میدانی دیگری در هندوستان تأثیر تشدید اشعه تابشی بر روی بازده صفحات پیل‌خورشیدی توسط چهار بازتابنده تخت را برای یک پیل‌خورشیدی با زاویه ۳۰ درجه با افق بررسی کرده (شکل ۱) و تأثیر آن را بر روی شدت‌جریان خروجی، توان خروجی و بازده پیل در ساعات ۱۰ صبح، ۱۲ ظهر، ۲ و ۴ بعدازظهر به دست آورده است. نتایج آزمایش ۶۰-۵۰ درصد افزایش در جریان و توان خروجی از سامانه را نشان می‌دهد (Sathyanarayana, Ballal, kumar, & Laksmi sagar, 2014, p. 363). همچنین تحقیق تجربی دیگری که بر روی صفحه پیل‌خورشیدی تحت بازتابش آینه تخت طی روزهای آفتابی ماه آوریل در پاکستان انجام گرفت مشخص تلفیق بازتابنده تخت به پیل‌خورشیدی بدون استفاده از خنک‌کننده ۳۲ درصد و با استفاده از خنک‌کننده لایه آب بر روی پیل تا ۵۲ درصد موجب افزایش بازده خواهد شد(شکل ۲) (Arshad, Tariq, Niaz, & Jamil, 2014, p. 295).

استفاده از محاسبات عددی نیز جهت تحلیل عملکرد پیل‌خورشیدی تحت بازتابش بازتابنده تخت به‌کاربرده شده‌اند ازجمله یکی از تحقیقات انجام‌شده با این شیوه نشان می‌دهد که بازتابنده تخت منظم بسیار مؤثرتر از نوع نامنظم آن در افزایش شدت تابش عمل می‌کند ضمن اینکه برای پیل‌خورشیدی افقی در ترکیب با بازتابنده به سمت جنوب جهت‌گیری شرقی-غربی بازتابنده بهترین نتیجه را در افزایش بازتابش دارد.این پژوهش همچنین تأکید می‌نماید در مواردی که جهت‌گیری پیل‌خورشیدی مناسب

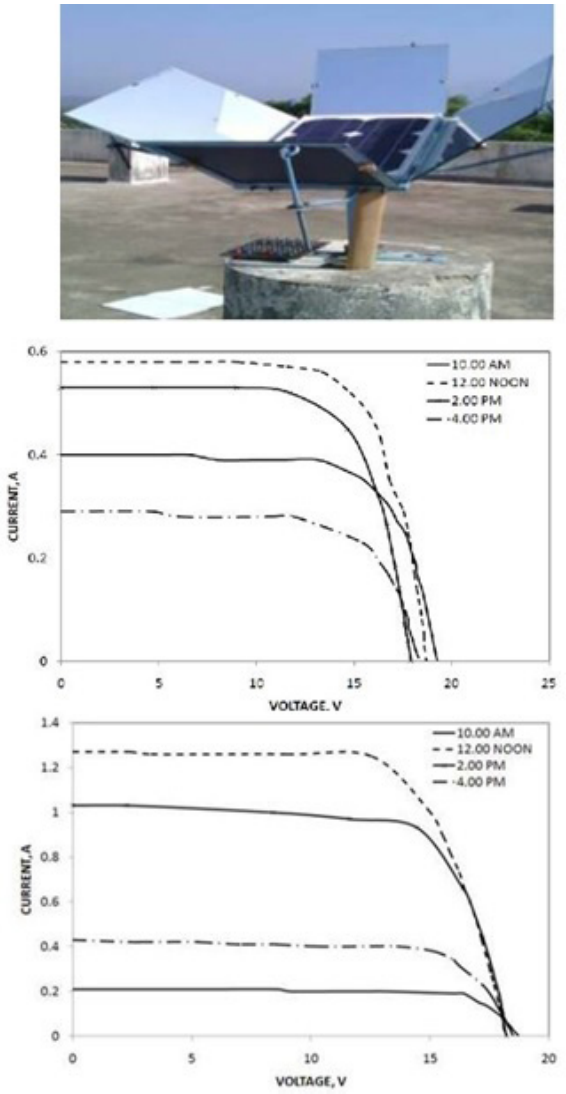


Fig.2. Combination of flat reflectors and the PV panel (up), Voltage-Current characteristic without using reflectors (middle) and applying 4 flat mirrors (down). ((Sathyanarayana, Ballal, kumar, & Laksmi sagar, 2014, pp. 358,360)

نیست استفاده از بازتابنده‌ها بسیار کارآمد خواهد بود. همچنین نشان می‌دهد که بازده سامانه تابعی از زاویه بازتابنده با پیل‌خورشیدی است به‌طوری‌که در انقلاب زمستانی که خورشید حداقل ارتفاع را دارد و در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه بیشترین توان خروجی زمانی است که زاویه بازتابنده با سطح گردآور ۷۷ درجه باشد که در این حالت افزایش توان الکتریکی سامانه ترکیبی ۴۰ درصد بیشتر از گردآور بدون بازتابنده است. زاویه بهینه بازتابنده با سطح گردآور برای اعتدال بهاری حدود ۹۵ درجه است که میزان افزایش بازده حدود ۴۵درصد اندازه‌گیری شد (Seitel, 1975, pp. 291-295). از بررسی منابع و تحقیقات انجام‌شده درباره افزایش شدت تابش با استفاده از بازتابنده تخت نتایج زیر حاصل می‌شود:

۱. درصورتی‌که سطح پیل‌خورشیدی عمود برجهت تابش باشد استفاده از بازتابنده تخت توان خروجی را تا ۷۴ درصد افزایش می‌دهد و ترکیب یک پیل رو به جنوب با جهت‌گیری نزدیک به امتداد قائم و بازتابنده تخت توان الکتریکی را تا ۵۰ درصد بالا می‌برد.

۲. بهترین بازده از سامانه ترکیبی زمانی حاصل می‌شود که تمام سطح پیل تحت پوشش بازتابش باشد و بازتابنده بر روی پیل سایه‌اندازی نداشته باشد.

۳. به‌منظور جلوگیری از بالا رفتن دمای پیل‌های خورشیدی تحت بازتابش استفاده از سامانه‌های خنک‌کننده ازجمله تهویه طبیعی توصیه‌شده است؛ اگرچه بازتابنده تخت نسبت به تشدیدکننده‌های نوری افزایش دمای کمتری را در سطح پیل‌خورشیدی ایجاد می‌کند.

۴. بازتابنده تخت با افزایش شدت تابش موجب افزایش استفاده از مساحت مفید پیل‌خورشیدی می‌شود.

۵. زاویه بازتابنده و پیل نقش اصلی در میزان سطح پوشش بازتابش، شدت تابش رسیده به سطح پیل و تعیین میزان بازده سامانه تلفیقی دارد.

توجّه به نتایج فوق نشان می‌دهد که بهره‌گیری از تلفیق بازتابنده تخت با پیل راهبردی مؤثر در افزایش توان خروجی از سامانه است. این قابلیت به‌خصوص در طراحی نماهای مولد الکتریسیته که به دلیل الزام وجود گشایش‌های شفاف، محدودیت سطح برای استفاده از پیل‌خورشیدی وجود داشته و همچنین به دلیل عدم تابش بهینه نور خورشید به‌ویژه در فصل تابستان بازده پایینی دارند، می‌تواند یک راهبرد عملی باشد.

روش تحقیق

پژوهش حاضر به دنبال افزایش بازده پوسته جنوبی یکپارچه با پیل‌خورشیدی از طریق تبیین و طراحی الگوی بهینه تلفیق پیل با بازتابنده تخت بر روی نما است که از منظر هدف تحقیقی کاربردی است و ماهیتی کمّی دارد. روش انجام تحقیق توصیفی-تجربی است به‌طوری‌که از منابع مکتوب به‌عنوان زیربنای مطالعات و تأمین‌کننده اطلاعات لازم جهت انجام مطالعات میدانی و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای استفاده شده است.

ابزارهای مورداستفاده درروند پژوهش، ترسیمات هندسی در تحلیل تابش و بازتابش خورشیدی بر سطح نما، ماکت‌های مطالعاتی در تحلیل اثر تابشی بازتابنده تخت بر نما در فرایند تحقیق میدانی و نیز افزونه شبیه‌ساز گرس‌هاپر[8] در محیط نرم‌افزار راینو[9] به‌عنوان یک ابزار پارامتریک برای ساخت پوسته تلفیقی پیشنهادی و شبیه‌سازی تابش و بازتابش بر روی آن است، همچنین از افزونه لیدی باگ[10] نیز جهت استخراج اطلاعات تابشی از فایل اطلاعات اقلیمی تولیدشده توسط نرم‌افزار متئونورم[11] استفاده‌شده که خلاصه‌ای از آن در جدول (۱) آورده شده است.

بستر انجام پژوهش نیز ساختمان‌های میان مرتبه مسکونی در شهر همدان انتخاب‌شده است.

Table 1. Insolation properties during the equinoxes and solstices in Hamedan City (Latitude: 34.77°, Altitude: 48.51°)

Time	21 September			21 June			21December		
	Perpendicular Power Density (w/m2)	Solar Position		Perpendicular Power Density (w/m2)	Solar Position		Perpendicular Power Density (w/m2)	Solar Position	
		Zenith Angle (°)	Azimuth Angle (°)		Zenith Angle (°)	Azimuth Angle (°)		Zenith Angle (°)	Azimuth Angle (°)
9	960.3	52.87	120.74	995.8	40.96	93.51	780.80	71.94	137.37
10	1012.1	43.21	136.27	1030.5	28.81	104.93	890.60	64.62	149.92
11	1037	36.42	157.30	1048.1	17.62	125.91	943.5	59.83	164.51
12	1043.2	34.31	183.12	1053.7	11.34	177.66	958.7	58.21	180.45
13	1032.9	37.69	208.14	1048.8	16.96	231.93	941.7	60.02	196.35
14	1002.6	45.33	227.75	1032.2	28.02	254.09	889.50	64.97	210.83
15	941.9	55.45	242.20	998.8	40.14	266.86	767.40	72.40	223.26

شکل (۳) محدوده مجاز جهت بررسی مدول پایه تحقیق را در حدفاصل بین نور گذر شفاف دوطبقه با جزئیات ابعادی حاکم بران براساس حداقل ارتفاع استاندارد فضا (۲,۷۰ متر)، ارتفاع کف‌پنجره(۱,۱۰ متر) و ضخامت سقف (۰,۴ متر) نشان می‌دهد.

میزان پیش آمدی پوسته در بالای گشایش‌ها(D_1) با توجّه فرمول محاسبه سایه‌بان (D_1=H/Z) حداکثر ۳۹ سانتی‌متر لحاظ شده است در فرمول،H ارتفاع پنجره و عامل Z برابر با ۳/۶ در نظر گرفته‌شده است[۱۲]. حداقل فاصله پوسته تا جداره نما در بالای مدول به‌عنوان مجرای خروج هوا (D_2) به‌منظور امکان تأمین تهویه طبیعی حداقل۰.۱ متر در نظر گرفته شد[۱۳]. پس از تعیین محدودیت‌های ابعادی حاکم بر هندسه پوسته، تحقیق در سه مرحلهٔ امکان‌سنجی، بهینه‌سازی و ارزیابی به شرح زیر انجام شد:

امکان‌سنجی تلفیق پوسته با بازتابنده تخت در نما

در این مرحله با بهره‌گیری از تحلیل هندسه تابش خورشیدی بر سطح نما و ترسیم بازتابش اشعه تابشی از سطح بازتابنده تخت و همچنین انجام مطالعات میدانی و ساخت مدل واقعی از حالات مختلف ترکیب بازتابنده تخت با پوسته پیل‌خورشیدی در نما و تحلیل عملکرد آن‌ها در برابر اشعه تابشی به انتخاب بهترین مدل ترکیب پرداخته شد. سپس با توجّه به بازه حرکت تصویر قائم نور خورشید بر سطح نمای جنوبی ایده اولیه تلفیق شکل گرفت و نهایتاً پوسته تلفیقی پیشنهادی به‌منظور انجام بهینه‌سازی مشخص شد.

نتایج بررسی منابع نشان داد که سه عامل اصلی مؤثر بر بازده و توان الکتریکی پیل‌خورشیدی عبارت از: سطح تابش، شدت تابش و سایه‌اندازی بر سطح پیل هستند، لذا یافتن ایده‌ای برای تلفیق بازتابنده تخت و پیل‌خورشیدی در نمای جنوبی به‌نحوی‌که بتواند هر سه عامل اصلی را هم‌زمان تأمین نماید هدف اصلی در مرحله امکان‌سنجی تحقیق است. در همین راستا تحلیل سایه‌اندازی بازتابنده تخت بر سطح نما در شکل (۴) نشان داد که استفاده از بازتابنده تخت به‌صورت عمودی در سطح نما موجب ایجاد سایه بر روی پیل‌خورشیدی در قبل یا بعدازظهر خواهد شد درحالی‌که بازتابنده تخت افقی و نیز بازتابنده مورب با شیبی معادل بازه حرکتی تصویر قائم نور خورشید بر سطح قائم در فصول مختلف، بر فضای محصور بین دو بازتابنده طرفینی سایه‌ای ایجاد نخواهد کرد. بنابراین از منظر سایه‌اندازی بازتابنده تخت افقی و مورب نسبت به بازتابنده عمودی در اولویت ایده‌پردازی قرار دارد.

برای مقایسه بازتابنده افقی و بازتابنده مورب ازنظر سطح پوشش بازتابش یک مطالعه میدانی در روز ۲۳ ژوئن انجام شد؛ در این آزمایش یک سطح قائم

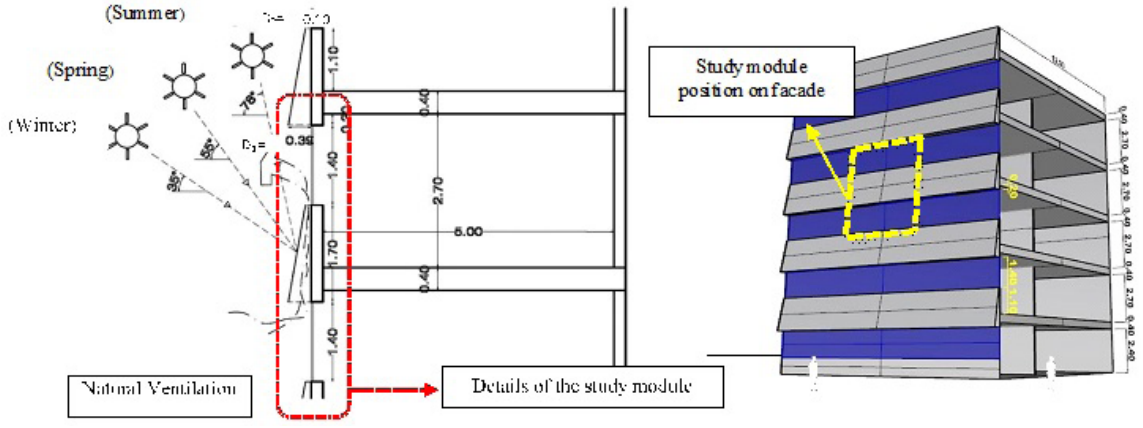


Fig.3. General view of the study model (up), Details of dimensional restrictions governed on the case study (down)

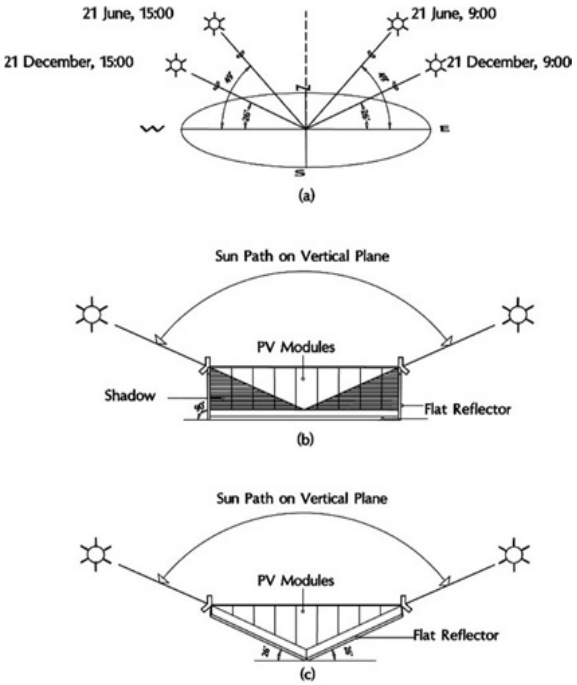


Fig.4. Comparison of sloped reflectors (c) with the vertical and horizontal ones (b) from the point of shadow casting view considering vertical projection of sun light through a day (a).

به عرض ۱۵ سانتیمتر تحت بازتابش آیینه معمولی مستطیل شکل به عمق ۱۰ سانتیمتر طی ساعات ۹ صبح تا ۱۲ ظهر قرار گرفت و همزمان همین سطح تحت بازتابش دو آینه تخت مورب با زوایای ۳۰ و ۴۵ درجه به همان عمق قرار داده شد. در هر سه حالت سطح آیینه بر سطح تحت بازتابش عمود است و ضمناً به‌منظور مقایسه صحیح، ارتفاع سطح مابین بازتابنده‌های مورب بر روی تصاویر در هر سه حالت علامت‌گذاری شده است. نتایج در شکل (۵) آورده شده است. مقایسه سطح بازتابش در سه حالت فوق نشان می‌دهد که سطح مابین دو بازتابنده تخت مورب با زاویه ۴۵ درجه با افق در تمام طول ساعات آزمون، تحت پوشش بازتابش قرار دارد اما معادل همین سطح برای بازتابنده تخت صرفاً در ساعت ۱۲ ظهر تحت بازتابش کامل خواهد بود بعلاوه بازتابنده‌های مورب بیش از یک‌بار سطح محصور مابین خود را تحت بازتابش قرار می‌دهند که در عکس گرفته‌شده از بازتابش حاصل از آیینه‌های با زاویه ۳۰ درجه در ساعت ۱۲ ظهر به‌وضوح قابل‌درک است.

به‌منظور تکمیل روند امکان‌سنجی و به کمک هندسه ترسیمی شکل آیینه‌های مورب به فرم مثلثی تغییر داده شد (شکل ۶). نتایج نشان می‌دهد که استفاده از آیینه‌های مثلثی که قاعده آن‌ها در محل اتصال دو آیینه قرار دارد تا ۸۰ درصد فضای محصور بین دو آینه را تحت بازتابش قرار می‌دهد، از همین رو فرم حاصل به‌عنوان کانسپت[۱۴] شکل‌دهنده به فرم پوسته پیشنهادی انتخاب شد(شکل ۶-چپ). در شکل (۷) حالات مختلف ترکیب بازتابنده تخت با پیل‌خورشیدی و نیز پوسته پیشنهادی برای آزمون فرضیه نشان داده‌شده است.

شبیه‌سازی و بهینه‌سازی پوسته پیشنهادی

پوسته پیشنهادی تحقیق ضمن استفاده از بازتابنده‌های مورب برای ایجاد بازتابش با آزاد کردن شکل و زاویه ترکیب بازتابنده و پیل‌خورشیدی در سطح پوسته امکان بررسی پارامتریک فرم آن را ایجاد کرده است بنابراین در مرحله دوم، تحقیق به دنبال یافتن مقادیر بهینه مؤلفه‌های سازنده هندسه مولد فرم پوسته خورشیدی تلفیقی پیشنهادی باهدف بیشترین جذب تابش خورشیدی از طریق انعکاس است. با توجّه به شکل(۸) مؤلفه‌های سازنده هندسه پوسته موردنظر که درواقع متغیرهای مستقل پژوهش می‌باشند عبارت‌اند از:

(الف) تعداد تقسیمات پوسته پیشنهادی در امتداد محورهای افقی و قائم[۱۵]، (ب) زاویه بازتابنده‌های تخت در زیر مدول‌ها در امتداد طولی و عرضی[۱۶]، (ج) زاویه بازتابنده‌های تخت کنار مدول‌ها در امتداد طولی و عرضی[۱۷]، (د) زاویه صفحات خورشیدی بیرونی با امتداد افقی[۱۸] و (ز) عمق افقی بازتابنده‌ها[۱۹]. از طرف دیگر سه متغیر وابسته تحقیق جهت بهینه‌سازی نیز عبارت از نسبت مساحت بازتابش بر روی پیل‌ها به کل سطح آن‌ها[۲۰]، مقدار افزایش شدت تابش رسیده به پیل‌های خورشیدی[۲۱] و مساحت سایه ایجادشده بر روی سطح نما[۲۲] است که در ادامه روند شبیه‌سازی پوسته و بهینه‌سازی آن به تفکیک آورده شده است (جدول ۲).

شبیه‌سازی پوسته

به‌منظور شبیه‌سازی پوستهٔ خورشیدی با استفاده از افزونه گرس‌هاپر، الگوریتم سازنده حجم بر پایه مؤلفه‌های سازنده هندسه پوسته، به‌عنوان پارامترهای ورودی، نوشته شد. خروجی الگوریتم پوسته‌ای است که هندسه آن مطابق با تغییر مقدار هر مؤلفه ورودی تغییر می‌کند(شکل ۸ و۹).

برای شبیه‌سازی انعکاس بازتابنده‌ها با محاسبه زوایای لحظه‌ای خورشید توسط افزونه لیدی‌باگ، بازتابش ایجادشده بر روی سطوح پیل‌ها به‌صورت پارامتریک در محیط گرس‌هاپر شبیه‌سازی‌شده و مساحت بازتابش محاسبه گردید، همچنین مجموع شدت تابش و بازتابش رسیده به هر سطح به‌عنوان شدت تابش کل در نظر گرفته شد.لازم به ذکر است که ضرایب اصلی لحاظ شده در محاسبات در ادامه آورده شده‌اند:

أ) ضریب افت کسینوس: که ناشی از زاویه بین اشعه رسیده به سطح پیل‌خورشیدی و بردار نرمال آن سطح(α) است و اثر آن درشدت انرژی تابشی رسیده به سطح(E) براساس فرمول(۱)، محاسبه می‌گردد:

$$E = E_p * \cos\alpha \qquad (1)$$

E_p: شدت انرژی تابشی عمود بر سطح پیل‌خورشیدی

ب) ضریب بازتابش: عددی است بین ۰ تا ۱ که

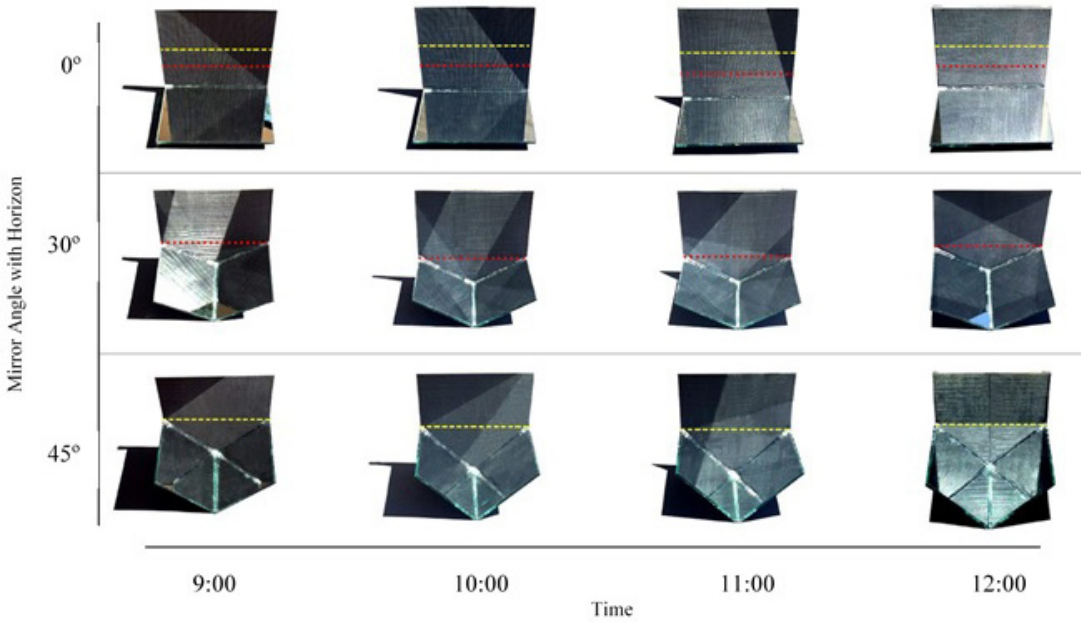


Fig.5. Reflection of a flat mirror on a given vertical plate while the angle of reflector varies from 0°-45° on June 22, from 9:00 to 12:00. The red and yellow lines show the equivalent level of enclosed space between 30° and 45°-sloped mirrors respectively

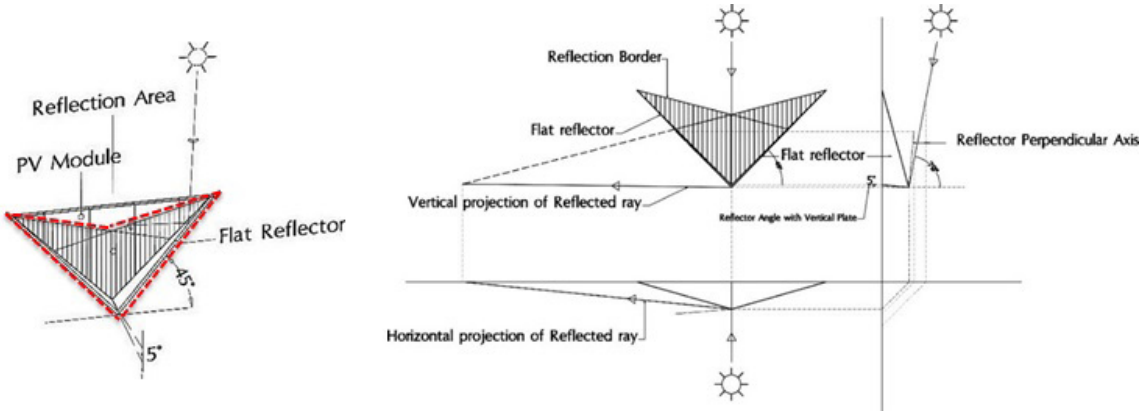


Fig.6. Using of triangle flat reflector for casting reflection as a combination concept (left) and drawing the reflection of a two 45°-sloped flat reflector with the lateral angle of 5° under the sun radiation on June 22, at noon (right).

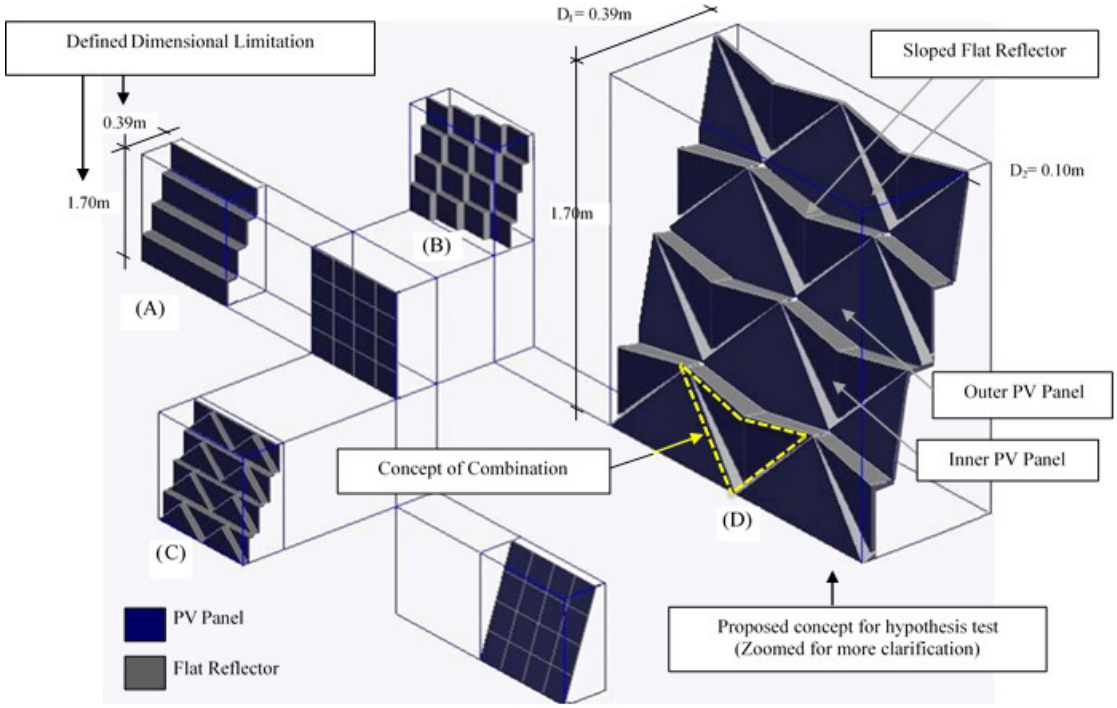


Fig.7. Various alternations of combining flat reflectors and PV panels in difined dimentional limitations: (a) Just using horizental mirrors, (b) Using horizental and vertical mirrors, (c) Using horizental and sloped mirrors and (d) Just using sloped mirrors.(Concept of combining reflectors and PVs, which shapes the form of the proposed envelope, has been shown)

Table 2. Definition of independent and dependent variables of the research

Dependent Variables (Objective Functions in Optimization)	Independent Variables (Envelope geometry and Reflection Generating Parameters)
• Area of Reflection / Total Panels Area- First dependent variable • Increase in Reflection Intensity- Second dependent variable • Area of Shadow Casting May created by Envelope Component on each other -Third dependent variable	• Lateral Angle of Side Mirrors -LAoSM • Lateral Angle of Underneath Mirrors- LAoUM • Number of Panels in Vertical Directions- NoP-V • Horizontal Depth of Side Mirrors- HDoSM • Side Mirrors Slope Angle- SMSA • Underneath Mirrors Slope Angle- UMSA

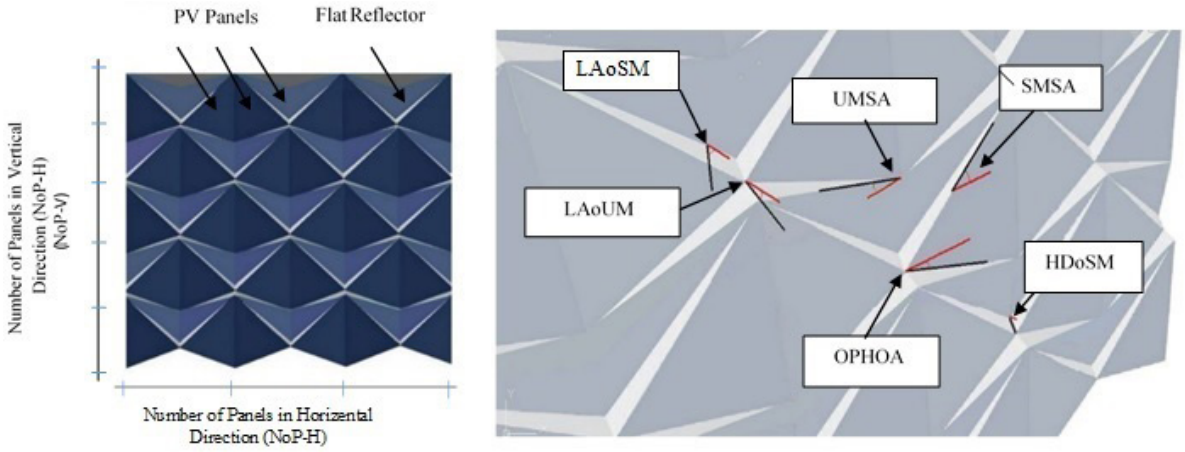


Fig.8. Definition of generating parameters which make the case study as a combination of flat reflectors and PV panels

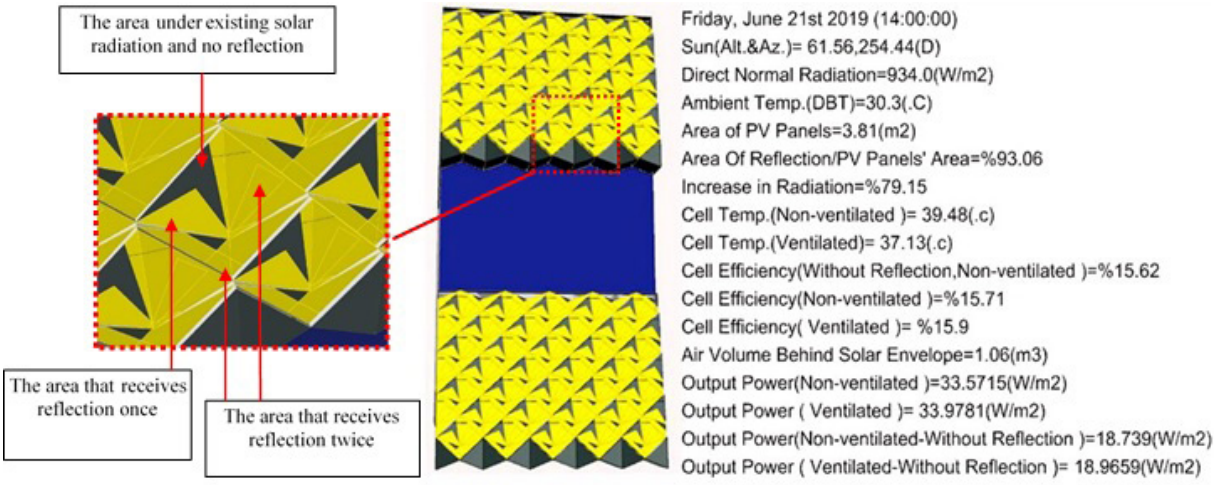


Fig.9. An output sample of the written algorithm in Grasshopper which creates the proposed envelope and shows reflection on it as well as the required information needed for the optimization process. A part of the envelope is zoomed to present on the ability of algorithm in casting and calculating reflections on PV panels

نشان‌دهنده کیفیت بازتابندگی سطح است که مقدار آن در این پژوهش برای تمام بازتابنده‌ها برابر با یک در نظر گرفته‌شده است.

ج) **ضریب بازتاب مضاعف:** مربوط به سطوحی است که بیش از یک بار تحت انعکاس قرار می‌گیرند؛ درواقع بیانگر میزان افزایش شدت تابش در هر بار جذب بازتابش است که به کیفیت بازتابش و خصوصیات فیزیکی سطح بستگی دارد. در تحقیق این ضریب در حالت ایده‌آل و برابر با ۱ در نظر گرفته‌شده است. با استفاده از فرمول (۲) دمای سطح صفحات پیل‌خورشیدی در دو حالت با و بدون تهویه توسط الگوریتم محاسبه می‌گردد:

$$T_{Cell} = T_a + k.\frac{E}{E_{STC}} \quad (2)$$

T_a: دمای محیط و ضریب وابسته به میزان تهویه اطراف سلول

دمای محیط براساس ساعت و روز در سال با کمک فایل آب و هوایی حاصل از نرم‌افزار متئونورم و افزونهٔ لیدی‌باگ در محیط نرم‌افزار گرس‌هاپر به دست می‌آید، مقدار ضریب برای صفحات پیل‌خورشیدی دارای تهویه ۳۲ و بدون تهویه ۴۳ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته‌شده و مقدار معادل ۱۰۰۰وات بر مترمربع لحاظ گردیده است (PVSol, 2015).

برای محاسبه تأثیر افزایش دما بر توان الکتریکی خروجی از سامانه، فرمول (۳) برای الگوریتم تعریف شده است(DGS, 2013, p. 63):

$$\Delta\eta_T \approx -0.045 \times (25℃ - T_{cell}) \times \eta_n \quad (3)$$

η_n: بازده نامی سلول

T_{cell}: دمای سلول خورشیدی

$\Delta\eta_T$: نوسانات بازده پیل‌خورشیدی براثر حرارت

نمونه‌ای از خروجی الگوریتم در شکل(۹) نشان داده شده است که شامل نمایش فرم و اطلاعات ساختاری پوسته براساس مقادیر تعریف‌شده برای مؤلفه‌های ورودی در جدول(۲)، نمایش بازتابش تولیدشده با توجّه به هندسه بازتابنده‌ها، دمای سطح صفحات پیل‌خورشیدی در دو حالت با و بدون تهویه طبیعی می‌شود.

همچنین سه خروجی اصلی تحقیق یعنی نسبت مساحت تحت پوشش انعکاس بر مساحت کل صفحات، درصد افزایش تابش رسیده به سطح، و مساحت سایه‌اندازی بازتابنده بر روی پیل‌ها توسط الگوریتم محاسبه و نمایش داده می‌شود و نهایتاً بازده سامانه در سه حالت: بدون بازتابش و تهویه، تحت بازتابش و بدون تهویه و نیز با تهویه و بازتابش محاسبه و همراه با توان الکتریکی خروجی از سامانه نمایش داده‌شده است.

بهینه‌سازی هندسه

با توجّه به تعداد متغیرهای مستقل و وابسته تحقیق (جدول ۳) افزونه اختاپوس[۲۳] برای بهینه‌سازی متغیرها مورداستفاده قرار گرفت این افزونه با استفاده از الگوریتم ژنتیک[۲۴] نسبت به تغییر مقادیر مؤلفه‌های ورودی(متغیرهای مستقل) برای دستیابی هم‌زمان به مطلوب‌ترین مقدار برای چند تابع هدف (متغیرهای وابسته) عمل می‌کند به‌طوری‌که هر محور نشان‌دهنده یک تابع هدف است؛ هرچه پاسخ تولیدشده[۲۵] به محورها نزدیک‌تر باشد بهینه‌تر است (شکل ۱۰-راست).

در گام اول، برای هرکدام از چهار ساعت[۲۶] واقع در بازه زمانی ۹ صبح تا ۱۲ ظهر در هر فصل[۲۷] باهدف دستیابی به بیشترین نسبت سطح تحت پوشش انعکاس، بیشترین مقدار افزایش شدت تابش در اثر انعکاس و کمترین مساحت سایه‌اندازی احتمالی اجزا پوسته بر یکدیگر بهینه‌سازی انجام‌شده و سپس پاسخ‌هایی که مساحت سایه در آن‌ها صفر بود در محیط اکسل وارد نمودار شدند(شکل ۱۰-چپ)، نزدیک‌ترین پاسخ به شاخص ایده‌آل[۲۸](نقطه سیاه‌رنگ در نمودار) با توجّه به فرمول (۴) به‌عنوان بهترین پاسخ برای هر ساعت انتخاب گردید.

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2} \qquad (4)$$

D: فاصله پاسخ موردنظر تا شاخص ایده‌آل

X و Y : فاصله افقی و عمودی آن تا شاخص

در گام دوم، با تنظیم مؤلفه‌های ورودی الگوریتم براساس مقادیر ورودی هرکدام از ساعات بهینه در هرروز که در گام اول مشخص شده بودند، مقادیر متغیرهای وابسته برای مابقی ساعات روز محاسبه گردید، به عبارتی با همان تنظیمات بهینه مشخص‌شده برای هر ساعت صرفاً مقادیر خروجی برای ساعات دیگر روز محاسبه شده و نمودارهای متناظر مقادیر متغیرهای وابسته برای هر ساعت در هر فصل ترسیم شد که هدف از این کار یافتن بهترین تنظیمات هندسه پوسته برای کل روز شاخص در هر فصل با استفاده از تحلیل روند افزایش و کاهش متغیرهای وابسته پژوهش برای روز شاخص هر فصل بود.

Table 3. Governing values of the proposed envelope simulated in Grasshopper plug-in

Site Information	Hamadan City (Latitude: 34.77º, Altitude: 48.51º; Above Mean Sea Level:1749 m)									
Time of Simulation	June 21th at 14.00 O'clock									
Envelope Parameters	LAoSM	LAoUM	SMSA	UMSA	NOP(H;V)	HDoSM	OPHOA	HoCS*	D_1	D_2
Values	-2º	2º	41º	20º	5;8	0.02m	1º	1.70m	0.39m	0.1m

*Hight of Compound Surface

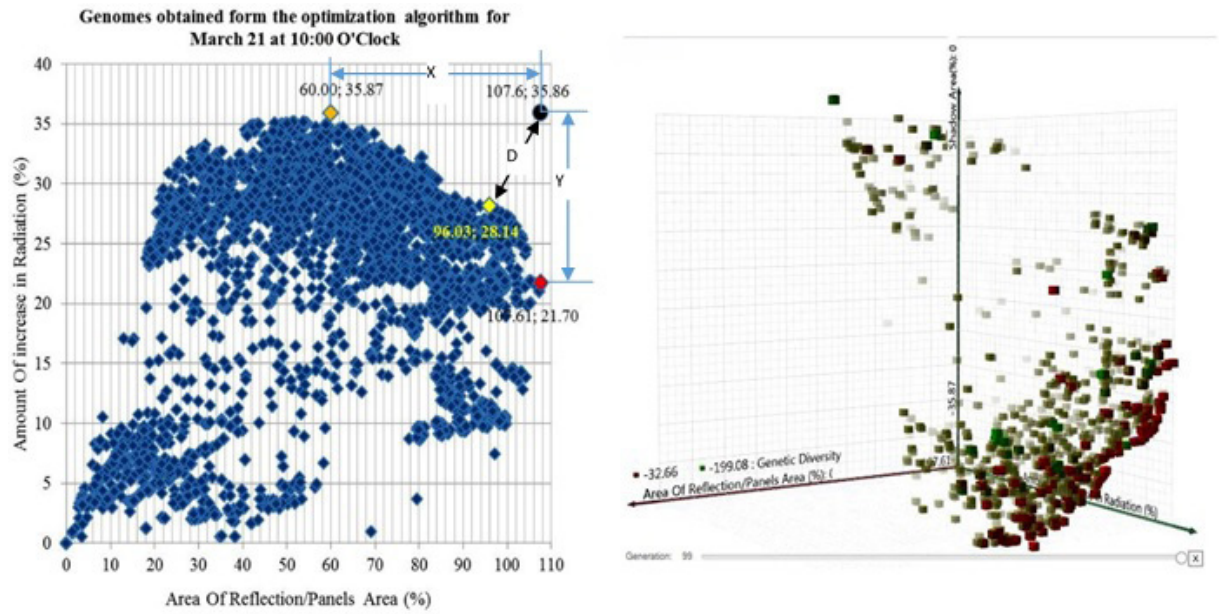


Fig.10. Method of finding the best genome for a given time among the answeres with no shading (left), and output of the Octopus optimizer for 21st of March at 10:00; the darker cube the more optimized genome (right).

در گام سوم مقایسه بین فصول انجام شد به این صورت که تنظیمات بهینه روز شاخص هر فصل برای تمام ساعات دو فصل دیگر اعمال شده و میانگین توان خروجی هر فصل در سه حالت مختلف محاسبه و درنهایت بهترین تنظیمات الگوریتم برای کل سال انتخاب شده وعنوان مدل بهینه معرفی گردیده است.

یافته‌های تحقیق

پس از شبیه‌سازی و سپس بهینه‌سازی برای هر ساعت از هر فصل، حدود ۱۰۰۰۰ پاسخ مختلف تولید شد و براساس فایل اکسل مربوط به هر ساعت از بین پاسخ‌هایی که مساحت سایه‌اندازی در آن‌ها صفر بود برای هر ساعت بهترین پاسخ از روی نمودار استخراج گردید که در شکل (۱۱) دو نمونه از ۱۲ نمودار تولیدشده نشان داده‌شده و نهایتاً در جدول (۴) تنظیمات مؤلفه‌های ورودی و خروجی‌های الگوریتم برای پاسخ‌های بهینه به تفکیک ساعت و فصل آورده شده است.

در مرحله بعد با ثابت نگه‌داشتن تنظیمات بهینه الگوریتم مربوط به هر ساعت، مقادیر مساحت بازتابش، افزایش تابش و توان خروجی برای ساعات دیگر در (روز شاخص) هر فصل محاسبه گردید که نتایج آن در نمودارهای شکل(۱۲) آورده شده است؛ هدف این مرحله یافتن بهترین پاسخ برای یک‌فصل از بین پاسخ‌های بهینه ساعات (روز شاخص) همان فصل است. بررسی نمودارها نشان می‌دهد که در فصل تابستان تنظیم الگوریتم بر طبق مقادیر بهینه ساعت ۱۱ صبح ازنظر سطح پوشش بازتابش نسبت به تنظیمات براساس مقادیر بهینه ساعت ۱۲ ظهر شرایط بهتری را دارد از طرف دیگر روند تغییرات سطح و شدت تابش برای تنظیمات براساس مقادیر بهینه ساعت ۹ و ۱۰ صبح در هر دو نمودار کاهشی است.

در فصل بهار نتایج تنظیمات براساس مقادیر بهینه مؤلفه‌ها در ساعات ۹ و ۱۰ نشان از روند کاهشی نمودار سطح تابش در طول روز دارد که نقطه‌ضعف این دو حالت است. از طرف دیگر بررسی نمودار شدت تابش در این فصل نشان می‌دهد که درصد افزایش شدت تابش برای تنظیمات براساس مقادیر

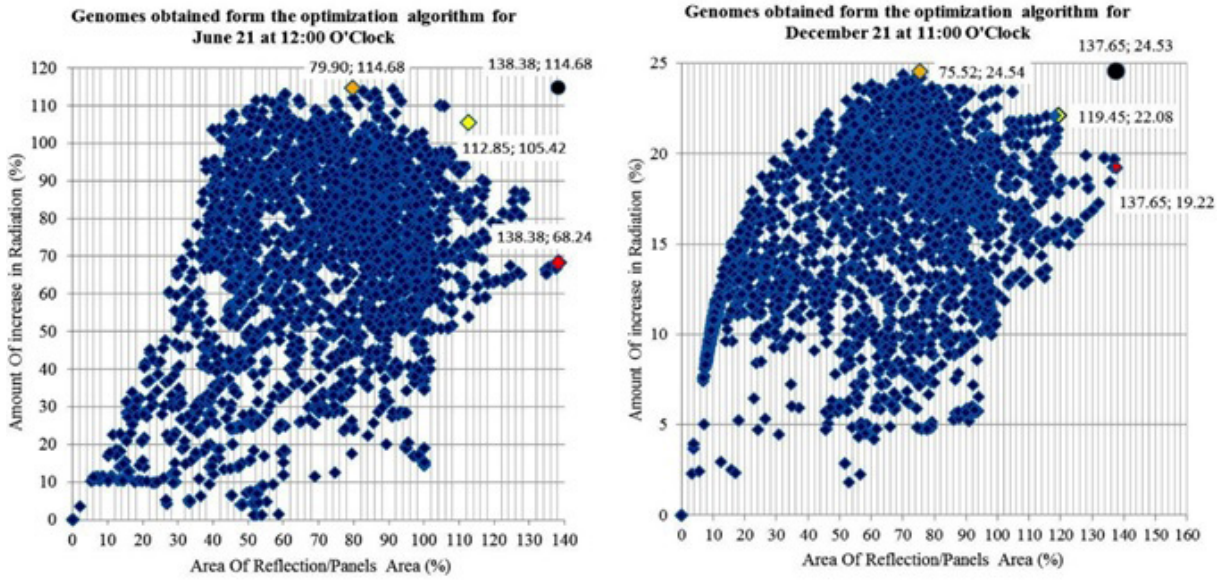


Fig.11. The optimum answers (yellow ones) for June 21 at noon (left) and December 21 at 11:00 (right); (The orange and green cube represent the best answers for the percentage of increase in radiation and area of reflection respectively)

Table 4. The Optimum Amounts of Proposed Geometry Parameters for each of the given hours in 4 seasons

Season	Time	Compound Envelope Parameters						Increase in Radiation (%)	Area of Reflection/ Panels Area (%)	Output Power without Reflectors (W/m2)	Output Power Applying Reflectors (W/m2)
		LAoSM	LAoUM	NoP-V	HDoSM (m)	SMSA	UMSA				
Summer	9	-2º	0º	3	0.09m	44º	0º	234.83	108.01	6.47	21.85
	10	-2º	2º	10	0.02m	32º	24º	107.04	106.32	18.91	39.67
	11	2º	2º	3	0.06m	32º	22º	97.36	122.71	26.1	52.44
	12	2º	2º	3	0.04m	42º	24º	105.42	112.84	28.42	59.61
Spring/ Fall	9	8º	16º	3	0.09m	44º	0º	25.49	110.32	61.64	79.44
	10	14º	10º	4	0.01m	50º	4º	28.13	96.02	74.36	98.66
	11	14º	16º	3	0.09m	38º	24º	31.13	134.35	81.37	111.17
	12	16º	16º	3	0.07m	32º	22º	32.26	147.5	82.87	114.44
Winter	9	-4º	28º	8	0.00m	30º	0º	16.5	84.09	110.17	133.19
	10	22º	30º	4	0.07m	46º	0º	18.48	112.8	126.62	157.08
	11	24º	28º	3	0.09m	40º	24º	22.08	119.44	133.98	172.39
	12	28º	28º	3	0.07m	36º	24º	22.94	139.06	134.77	174.92

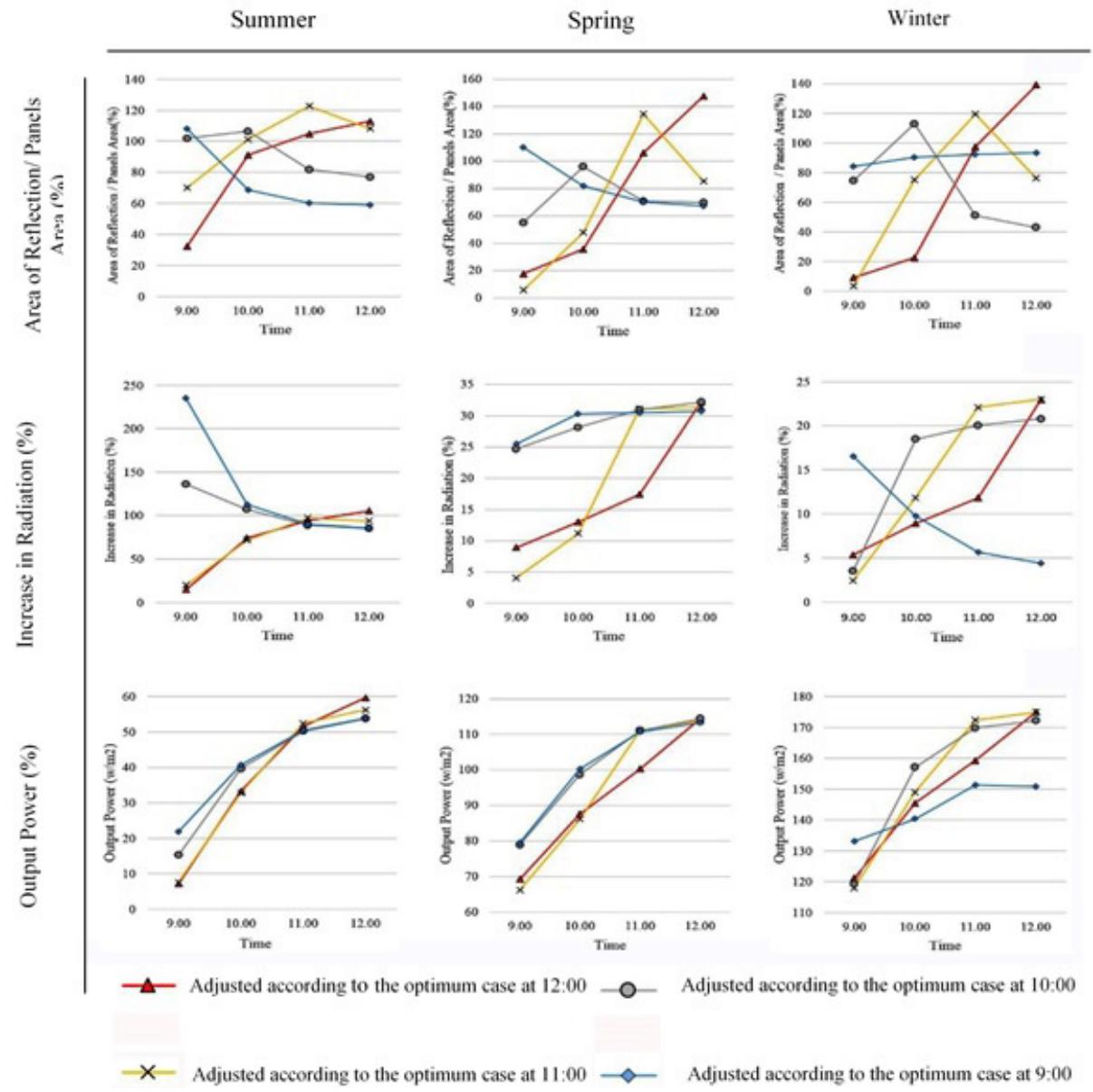


Fig.12. Amounts of Area of reflection, Increase in radiation, and Output power of the proposed geometry during hours of the index day of each season according to the optimum parameters of each hour

بهینه ساعت۱۱ صبح نسبت به همین شاخص برای ساعت ۱۲ ظهر بسیار بالاتر است که تأثیر آن در نمودار توان خروجی هم دیده می‌شود.

در فصل زمستان تنظیمات براساس مقادیر بهینه ساعت ۹ صبح نشان از افزایش اندک سطح پوشش برای ساعات نزدیک به نیمروز دارد امّا شدت تابش نزدیک به ساعت ۱۲ کاهش می‌یابد که مطلوب نیست از طرف دیگر روند نمودار سطح تابش برای تنظیمات نمودار برحسب مقادیر بهینه ساعت صبح۱۰ کاهشی است درصورتی‌که نمودار تنظیمات براساس ساعت ۱۱ در هر دو شاخص افزایشی بوده و حتی افزایش شدت تابش نسبت به تنظیمات براساس ساعت ۱۲ بسیار بیشتر است به‌طوری‌که نمودار توان خروجی برای نمودار تنظیمات براساس ساعت ۱۱ در فصل زمستان نیز شرایط بهتری را از دیگر نمودارها دارد. بنابراین تنظیمات مؤلفه‌های ورودی الگوریتم براساس مقادیر بهینه ساعت ۱۱ در هر سه فصل بهترین بازده را ازنظر سطح پوشش بازتابش، شدت تابش و توان خروجی خواهد داشت.

درنهایت به‌منظور تعیین بهترین تنظیماتِ الگوریتم برای کل سال، با ثابت نگه‌داشتن مؤلفه‌های ورودیِ بهترین تنظیم هر فصل، اطلاعات تابشی و ساعاتِ دو فصل دیگر به الگوریتم وارد شد و نتایج خروجی اندازه‌گیری گردید که نتایج عددی مربوط به تنظیمات بهینه در فصل تابستان (۲۱ ژوئن- اول تیر) برای دو فصل دیگر در جدول(۵) به تفکیک ساعت برای ماه‌های شاخص سال آورده شده است، مشابه همین جدول برای ساعات شاخص در روز ۲۱ ام دیگر ماه‌های سال نیز تهیه و میانگین مقادیر آن روز به عنوان نماینده هر ماه تعیین گردید که نتایج آن در جدول(۶) آورده شده است.

همین روند برای ساعات بهینه دو فصل بهار و زمستان نیز انجام شد که شکل (۱۳) نتایج هر سه فصل را در قالب نمودار نشان داده است. مطابق با شکل ۱۳(و نیز جدول شماره ۶)، تنظیم سالانه مؤلفه‌های ورودی سامانه تلفیقی براساس مقادیر بهینه ساعت ۱۱ صبح تابستان، شدت تابش رسیده به سطح پوسته را تا ۷۱/۴۱

Table 5. Yearly Outputs of Proposed Geometry when it's adjusted according to the optimized parameters for the 21st of June at 11:00 O'clock

Season	Time	Increase in Radiation (%)	Reflection Area/ Panels Area (%)	Output Power without Reflectors (W/m2)	Output Power Applying Reflectors(W/m2)	Increase in Efficiency (%)
Summer (June 21)	9	19.99	70.02	6.33	7.62	20.38
	10	71.92	101.23	19.33	33.62	73.93
	11	97.37	122.71	27.36	55.02	101.10
	12	93.67	108.17	29.88	59.08	97.72
	Mean	**71.41**	**100.53**	**20.73**	**38.84**	**87.38**
Spring (March 21)	9	33.99	29.84	60.03	79.79	32.92
	10	34.79	31.67	75.69	102.86	35.90
	11	34.83	32.49	84.90	116.74	37.50
	12	34.62	32.60	87.65	120.88	37.91
	Mean	**34.56**	**31.69**	**77.07**	**105.07**	**36.33**
Winter (December 21)	9	10.91	11.55	89.22	101.69	13.98
	10	12.85	13.43	110.02	128.75	17.02
	11	14.31	14.78	121.13	144.44	19.24
	12	14.76	15.15	124.27	149.08	19.96
	Mean	**13.21**	**13.31**	**111.16**	**130.99**	**17.84**

Table 6. The average annual output of the proposed envelope separately sorted by each month according to the best parameters found for the summer on January 21 at 11 O'clock (to reach the best results, the average amount of 4 index-hours of the 21st day of each month has been considered)

	Jan	Feb	**Mar**	Apr	May	**Jun**	Jul	Aug	**Sep**	Oct	Nov	**Dec**	Annual Average
Average of the radiation without applying Reflectors (w/m2)	834.58	886.63	927.07	941.95	941.20	935.05	930.48	927.18	918.08	892.30	849.40	816.38	900.02
Average of the radiation applying Reflectors (w/m2)	961.56	1075.3	1220.8	1419.6	1609.9	1602.8	1591.9	1401.8	1214.5	1080.9	977.99	925.05	1256.88
Amount of Increase in Radiation (%) (First Dependent Variable)	15.22	21.29	**31.69**	50.71	71.05	**71.41**	71.09	51.20	**32.29**	21.14	15.14	**13.31**	**38.80**
Sum of Panels Area without applying Reflectors (m2)	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50
Average of increase in Panels Area applying Reflectors (m2)	13.31	14.02	15.48	18.32	21.92	23.06	21.97	18.40	15.56	14.07	13.31	13.08	16.87
Amount of Increase in Panels Area (%) (Second Dependent Variable)	15.76	21.93	**34.61**	59.28	90.59	**100.53**	91.01	60.01	**35.29**	22.36	15.73	**13.72**	**46.73**
Average of Output Power without applying Reflectors (w/m^2)	107.03	94.94	77.07	51.99	28.97	20.73	26.66	46.40	70.22	89.89	105.06	111.16	69.18
Average of Output Power applying Reflectors (w/m^2)	128.31	119.76	105.07	80.47	51.37	38.84	47.36	72.17	96.32	111.03	126.08	130.99	92.31
Amount of Output Power (%)	19.88	26.14	**36.33**	54.77	77.34	**87.38**	77.66	55.53	37.17	23.52	20.01	**17.84**	**44.46**
Sum of the first and second variables in each month (%)	30.98	43.22	**66.30**	109.99	161.65	**171.94**	162.09	111.20	**67.58**	43.50	30.87	**27.03**	-----

درصد و سطح تحت تابش را بیش از ۱۰۰ درصد افزایش داده است؛ همچنین میانگین سالانه توان خروجی به میزان ۹۲/۳۱ وات بر مترمربع و میانگین بازده سالانه را برابر با ۴۴/۴۶ درصد نسبت به یک نمای یکپارچه با پیل‌خورشیدی بدون استفاده از بازتابنده افزایش داده است.

بررسی شکل ۱۳، همچنین نشان می‌دهد که تنظیم مقادیر مؤلفه‌های سازنده هندسه پوسته تلفیقی براساس مقادیر بهینه دو فصل بهار(۲۱ مارس)و زمستان(۲۱ دسامبر) در فصل تابستان افزایشی را درشدت و سطح تابش بر روی سطح نما ایجاد نکرده و میانگین بازده سالانه حاصل از این تنظیمات به ترتیب برابر با ۸۴/۵۸ و ۷۹ درصد خواهد بود. بنابراین تنظیمات بهینه هندسه پوسته برای کل سال براساس مؤلفه‌های ورودی الگوریتم در ساعت ۱۱صبح بیست‌ویکم ژوئن خواهد بود (جدول ۷).

Table 7. Optimum Parameters for the algorithm based on the results of the Optimization

Input Parameters	Values
LAoSM	2º
LAoUM	2º
NoP-V	3
HDoSM	0.06m
SMSA	32º
UMSA	22º

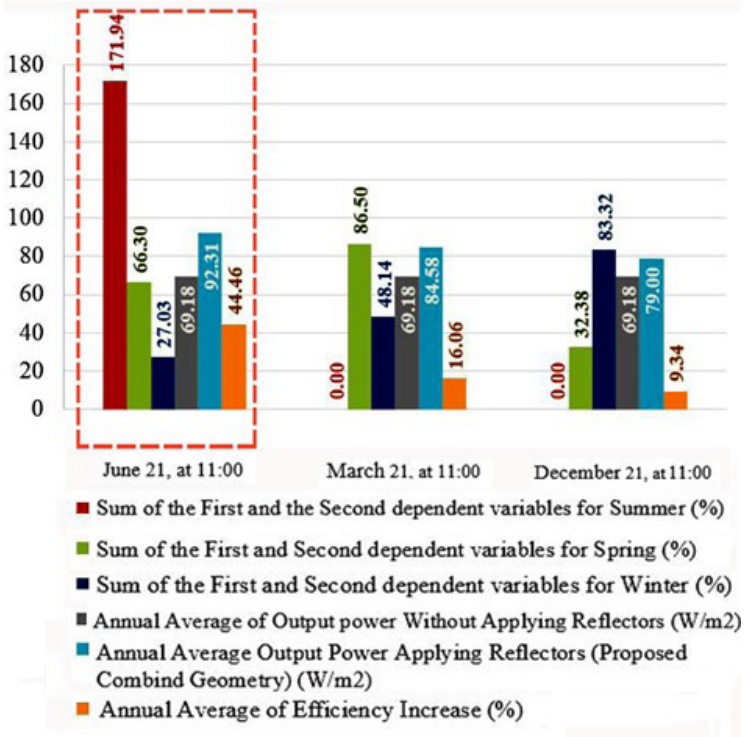


Fig.13. Annual output comparison when the algorithm is adjusted according to the optimum answer of each season (the first and the second dependent variables are "Increase in Radiation" and "Area of Reflections/ Panels area" respectively

همچنین‌شکل‌های (۱۴) و (۱۵) مقادیر افزایش شدت‌تابش، مساحت تحت بازتابش و نهایتاً میانگین ماهانه توان خروجی از سامانه پیشنهادی تحقیق را نشان می‌دهند. بر طبق نمودارها شدت تابش رسیده به صفحات پیل‌خورشیدی با استفاده از سامانه پیشنهادی در روز اول فصول زمستان، بهار و تابستان به‌طور میانگین به ترتیب ۱۳/۳۱، ۳۱/۶۹ و ۷۱/۴۱ درصد افزایش یافته است و برای همین روزها میانگین سطح بازتابش به ترتیب برابر با ۱۳/۷۳، ۳۵/۲۹و ۱۰۰/۵۳ درصد افزایش یافته است. همچنین میانگین افزایش در توان الکتریکی خروجی از سامانه نیز برابر با ۱۷/۸۴ درصد برای ابتدای فصل زمستان، ۳۶/۳۳ درصد در روز شروع فصل بهار و ۸۷/۳۸ درصد برای نخستین روز فصل تابستان اندازه‌گیری شده است. به‌طوری‌که میانگین افزایش بازده سالانه سامانه پیشنهادی ۴۴/۴۶ درصد محاسبه گردید.

پس از تعیین مقادیر بهینه برای متغیرهای مستقل به‌طوری‌که بهترین بازده سالانه از سامانه حاصل شود گام نهایی تحقیق به تشخیص میزان اثربخشی هرکدام از متغیرهای مستقل به متغیرهای وابسته تحقیق اختصاص دارد. بدین منظور با مبنا قرار دادن مقادیر متغیرهای مستقل در حالت بهینه، با تغییر هرکدام از متغیرهای مستقل(مؤلفه‌های مولد پوسته)، متغیرهای مستقل دیگر به‌عنوان متغیر تعدیل‌کننده قلمداد شده و مقدار آن‌ها ثابت نگه‌داشته شد و اثر تغییرات هر یک از متغیرها بر متغیرهای وابسته(توابع هدف) در نرم‌افزار دیزاین اکسپلورر[۲۹] اندازه‌گیری گردید(شکل ۱۶). بر این اساس متغیر مستقلی که بزرگ‌ترین دامنه تغییرات را در متغیرهای وابسته ایجاد نماید بیشترین تأثیر را بر بازده سامانه خواهد داشت؛ با توجّه به شکل (۱۷- چپ) زاویه عرضی بازتابنده‌های کناری با ۶۲/۲۱ درصد تغییر دامنه بر

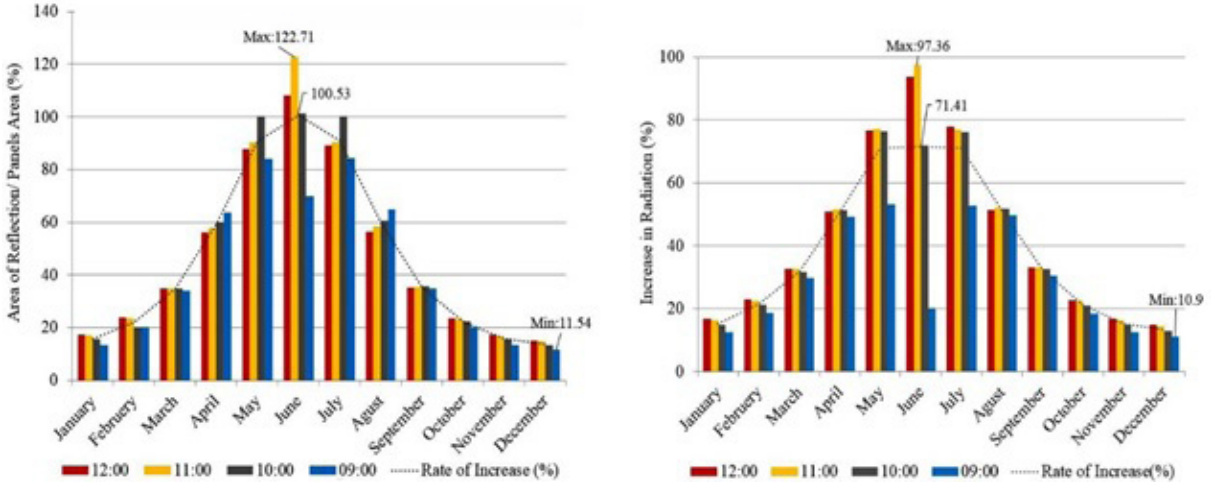


Fig.14. Percentage of Reflection Area (left) and Radiation Increase (right) of the Proposed Combined Geometry comparing to an equal PV-façade without reflectors (21st day of each month considered as an index-day in the calculation)

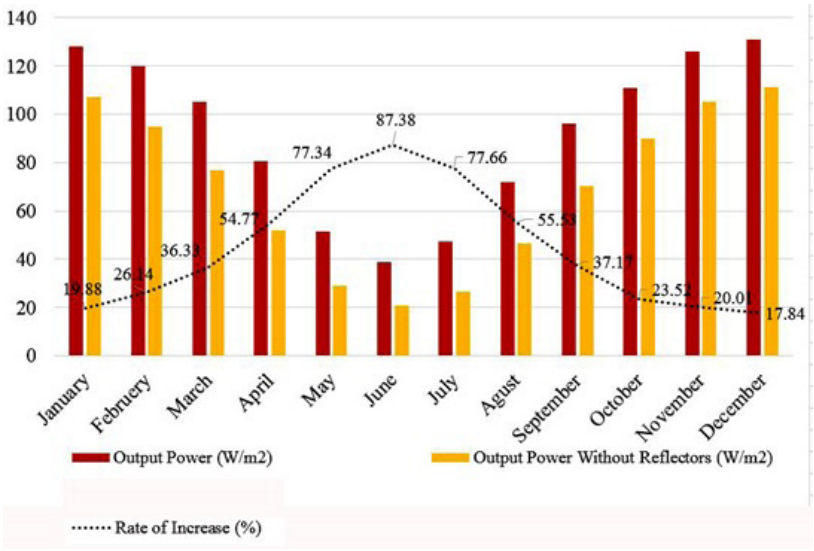


Fig.15. Average Output power of each month within a year when the geometry adjusted according to the optimum parameters (see table 6 and figure 17-right)

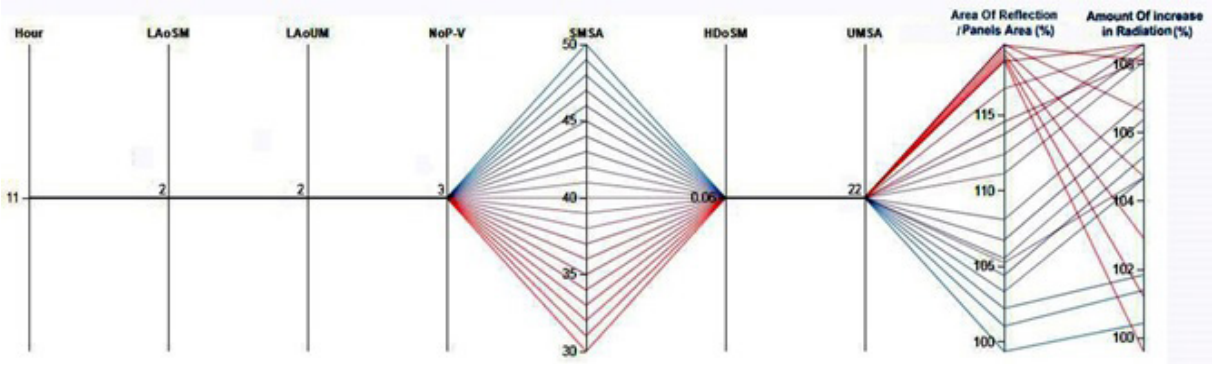


Fig.16. The effect of change in SMSA amounts on the dependent variables (Black columns represent input parameters and the blue ones show the outputs or dependent variables; each continues line stands for one change in SMSA amount).

سطح بازتابش و ۶۴/۱۴ درصد تغییر در دامنه شدت تابش بیشترین و زاویه طولی بازتابنده‌های زیرین با ۱۵/۹۰ و ۱۵/۸۵ درصد تغییر به ترتیب بر دامنه سطح بازتابش و شدت تابش کمترین تأثیر را بر بازده سامانه دارد. بررسی مقادیر نمودار همچنین نشان می‌دهد که زاویه عرضی بازتابنده‌های زیرین، عمق افقی بازتابنده‌های کناری، تعداد تقسیمات در امتداد قائم و زاویه طولی بازتابنده‌های کناری به ترتیب در جایگاه دوم تا پنجم تأثیر بر توان الکتریکی سامانه قرار دارند. شکل (۱۷-راست) نمایی از خروجی الگوریتم مربوط به ساعت ۱۱ در اول تیرماه(۲۱ ژوئن) را نمایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

نماهای یکپارچه با پیل خورشیدی به دلیل زاویه غیر بهینه پوسته ساختمان نسبت به اشعه تابشی به‌خصوص در فصل تابستان بازده پایینی دارند. از طرف دیگر نیاز به طراحی گشایش‌ها بویژه در نمای جنوبی ساختمان با کاهش سطح قابل نصب پیل خورشیدی موجب کاهش مضاعف بازده سامانه خورشیدی می‌شود.

در این تحقیق، راهبردِ تلفیق بازتابنده تخت با پیل‌خورشیدی در قالب یک هندسه پیشنهادی در شکل‌گیری ایده اصلی جهت افزایش بازده پوسته جنوبی ساختمان مورداستفاده قرار گرفت و پژوهش با بهینه‌سازی هندسه به بررسی بازده نهایی سامانه و تحلیل اثر مولفه‌های سازنده پوسته بر توان الکتریکی خروجی پرداخت. بر این اساس پژوهش حاضر یک تحقیق شبیه‌سازی و کاربردی با ارائه یک الگوی دوپوسته‌ی تلفیقی و بهینه‌یابی کارایی آن در تولید الکتریسیته خورشیدی بر اساس پارامترهای هندسی این الگو است.

در روند انجام تحقیق دو مولفه اصلیِ شدت تابش رسیده به سطح پوسته و مساحت بازتابش به عنوان توابع هدف در بهینه‌سازی تعیین شد؛ نتایج تحقیق نشان داد که بهره‌گیری از سامانه تلفیقی پیشنهادی در طول سال به‌طور میانگین تا ۳۸/۸ درصد شدت‌تابش و تا ۴۶/۷۰ درصد سطح پیل‌های‌خورشیدی تحت بازتابش در سامانه تلفیقی را افزایش خواهد داد. این افزایش در فصل تابستان به ترتیب تا ۷۱/۴۱ و ۱۰۰/۵۳ درصد برای شدت تابش و سطح بازتابش بالا خواهد رفت. به عبارت دیگر با استفاده از الگوی پیشنهادی می‌توان در حدود ۳۰ درصد از سطح نمای جنوبی را به گشایش‌ها اختصاص داد و در عین حال سطح تحت تابش را در طول سال معادل کل سطح نما در نظر گرفت که البته با توجه به ضریب افزایش سطح در تابستان سطح معادل تحت تابش بیش از دو برابر سطح زیر پوشش صفحات خورشیدی است.

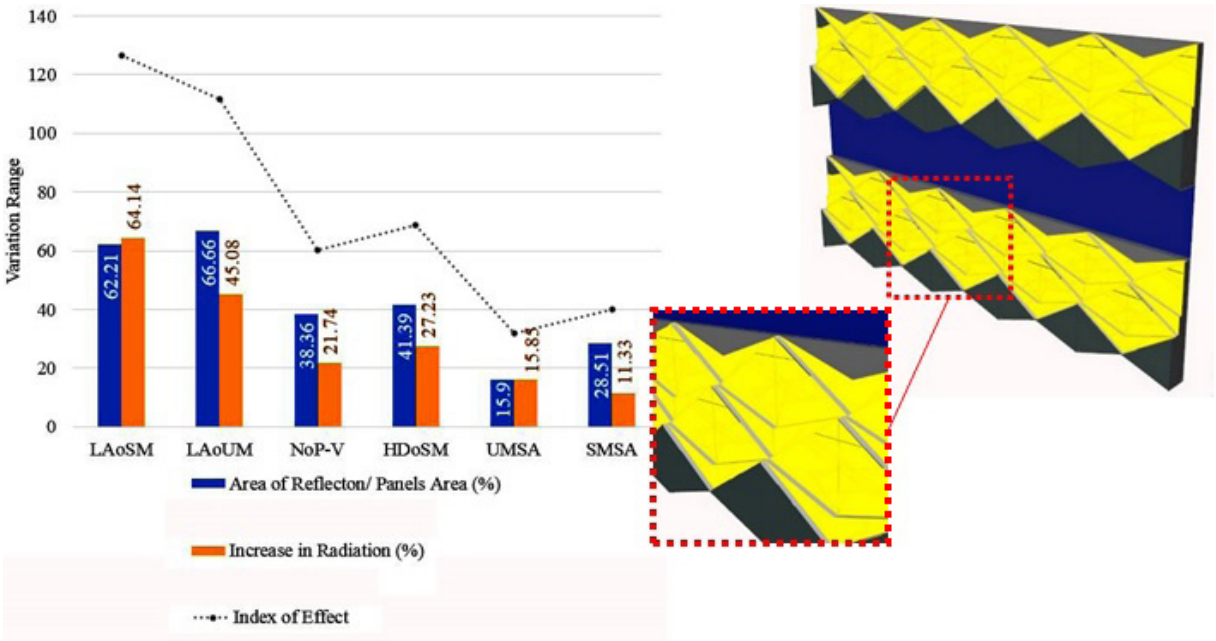


Fig.17.Study of the effect of each independent variables (input parameters) on dependent variables; Sum of the amounts of each two dependent variables is the index of effect (left) and the status of proposed combined geometry on June 21 at 11:00 while adjusted according to the Optimum Input parameters (right).

پژوهش نشان داد که توان الکتریکی خروجی در فصل تابستان با استفاده از الگوی پیشنهادی تا ۸۸ درصد افزایش خواهد یافت و برای دو فصل زمستان و بهار به ترتیب۱۷/۸۴و ۳۴/۳۶ درصد افزایش توان محاسبه شد به‌طوری‌که میانگین سالانه توان الکتریکی خروجی در صورت استفاده از پوسته تلفیقی تا ۴۴/۴۶ درصد نسبت به یک پوسته یکپارچه با پیل خورشیدی معمولی افزایش خواهد یافت.

بررسی میزان اثربخشی متغیرهای مستقل تحقیق در توابع هدف نشان داد که از بین مؤلفه‌های ورودی سازنده پوسته، زوایای عرضی بازتابنده‌ها بیشترین و زوایای طولی آن‌ها کمترین تأثیر را بر بازده سامانه دارد. به‌طوری‌که درصد تأثیر مهم‌ترین مؤلفه یعنی زاویه عرضی بازتابنده‌های کناری برافزایش شدت تابش ۶۴/۱۴ درصد و بر افزایش سطح بازتابش ۶۲/۲۱ درصد به دست آمد و برای کم اثرترین مؤلفه بر بازده، که زاویه طولی بازتابنده‌های زیرین است، این مقادیر به ترتیب ۱۵/۸۵ و ۱۵/۹۰ درصد محاسبه گردید. از طرف دیگر تأثیر عمق بازتابنده‌ها بر بازده نیز بیشتر از تأثیر تعداد تقسیمات در امتداد قائم است گرچه اثر هر دو مؤلفه از تأثیر زوایای عرضی بازتابنده‌ها بر بازده کمتر است.

نتایج نشان می‌دهد که الگوی پیشنهادی تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد عملی علاوه بر جبران افت بازده ناشی از جهت‌گیری نامناسب پوسته عمودی نما می‌تواند امکان ایجاد طراحی گشایش در پوسته جنوبی ساختمان را بدون کاهش در توان خروجی از سامانه تامین نماید . بدین ترتیب راهکار پیشنهادی در این تحقیق همزمان هر دو هدفِ استفاده از روشنایی روز و تولید الکتریسیته از سطح کل پوسته را در دستیابی به یک ساختمان انرژی کارا تامین می‌نماید.

پی نوشت

1. Solar intensity
2. Parameters
3. Parametric Patterns
4. Concentrators
5. Reflectors
6. Chalmers University of Technology
7. Zemax
8. Grasshopper
9. Rhino Ceros 5
10. Ladybug
11. Meteonorm 7

۱۲. عامل Z در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه (شهر همدان) در وجه جنوب ۳/۶ منظور می‌شود (Heidari, 2012, p.77).

۱۳. مطالعات انجام شده در حوزه تهویه پوسته پیل خورشیدی نشان می‌دهد که حداقل عمق محفظه هوای پشت پوسته جهت برقراری تهویه طبیعی حداقل ۰،۰۸ متر است (Gan, 2009, p. 913). مطالعه مستقل دیگری نیز نشان داد که بهترین تناسبات مجرای ورود هوا در پایین مدول به دریچه خروج در بالا، نسبت ۴ به ۱ است (Farhangi Kh., 2017, p.145).

14. Concept
15. Number of panels in vertical and horizontal direction
16. Underneath mirrors slope and lateral angle
17. Side mirrors slope and lateral angle
18. Outer panels horizontal outcast angle
19. Horizontal depth of mirrors
20. Area of reflections to panels' area
21. Increase in radiation
22. Area of casted shadow
23. Octopus
24. Genetic Algorithm
25. Genum

۲۶. منظور ساعت‌های ۹،۰۰، ۱۰،۰۰، ۱۱،۰۰ و ۱۲،۰۰ است. از آنجا که شدت تابش اشعه خورشید در ساعات ابتدایی و انتهایی روز ضعیف است، آن بخش از محدوده گنبد آسمان که در آن بازه، اشعه تابشی خورشید در طول کل سال دارای شدت و قدرت بالایی است به عنوان پنجره خورشیدی معرفی شده است که شامل محدوده ساعت ۹ صبح تا ۳ بعد از ظهر در تمام فصول است (Lechner, 2015, p. 144). اما از آنجا که وضعیت شدت تابش و مساحت بازتابش در دو طرف ساعت ۱۲ ظهر تقریبا یکسان است لذا دراین تحقیق به منظور کاهش زمان شبیه‌سازی و انجام محاسبات صرفا ۳ ساعت قبل از ظهر به همراه ساعت ۱۲ ظهر به عنوان ساعات شاخص روز در نظر گرفته شد.

۲۷. درروند شبیه‌سازی روزهای اول فروردین، اول مهر، اول تیر و اول دی‌ماه به ترتیب به‌عنوان نماینده فصول بهار ، پاییز، تابستان و زمستان لحاظ شد. این چهار روز که به ترتیب به روزهای اعتدالین بهاری و پاییزی و انقلابین تابستانی و زمستانی معروف هستند حدود انتهایی دوره های سه‌ماه‌ای هستند که موقعیت قرارگیری خورشید نسبت به زمین تغییر می‌کند بنابراین این چهار روز، در محاسبه ارتفاع اشعه تابشی نور خورشید بر سطح زمین، تعیین‌کننده مقادیر بیشینه (در انقلاب تابستانی)، میانه(در اعتدالین) و کمینه(در انقلاب زمستانی) هستند که عامل اصلی در محاسبه مساحت تحت پوشش بازتابش در تحقیق حاضر است.

۲۸. شاخص ایده‌آل در واقع یک پاسخ(ژنوم) فرضی است که مختصات آن برابر با بالاترین مقدار افزایش شدت تابش و بالاترین نسبت مساحت تحت پوشش انعکاس در ساعت انتخابی تعیین شده است. از آنجا که افزایش شدت تابش مستلزم کاهش زاویه بین بازتابنده با سطح صفحه‌خورشیدی و افزایش سطح زیر پوشش انعکاس مستلزم افزایش این زاویه است لذا رسیدن به حد بالای این دو هدف عملاً در یک پاسخ(ژنوم) امکان‌پذیر نیست.به همین دلیل ابتدا پاسخ (ژنوم) دارای بالاترین عدد مربوط به هر کدام از اهداف بر روی نمودار مشخص شد و سپس مختصات افقی و قائم پاسخ ایده‌آل به ترتیب برابر با اعداد مربوط به بیشترین نسبت سطح تحت پوشش و بالاترین مقدار شدت تابش تعیین و این پاسخ فرضی(ژنوم ایده‌آل) به‌عنوان شاخص برای انتخاب بهترین حالت ممکن از بین حالات موجود مشخص به‌طوی‌که نزدیک‌ترین پاسخ ازنظر فاصله به شاخص بر روی نمودار بهترین گزینه ازنظر تأمین اهداف موردنظر برای هر ساعت مشخص ازفصل انتخابی است. لازم به توضیح است که در نمودارها پاسخ ایده‌آل فرضی (شاخص) با دایره مشکی، پاسخ دارای بیشترین حد شدت تابش با مربع نارنجی، پاسخ دارای بیشترین مساحت تحت پوشش انعکاس با مربع قرمز و انتخاب بهینه با مربع زرد رنگ مشخص شده‌اند.

29. Design Explorer

تشکر و قدردانی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است.

تاییدیه‌های اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیهٔ اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

منابع مالی/ حمایت‌ها

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت و مسئولیت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته و به طور برابر مسئولیت تمام محتویات و مطالب گفته‌شده در مقاله را می‌پذیرند.

References

1. Abu-Bakar, S., Muhammad-Suki, F., Ramirez-Iniguez, R., Freier, D., Mallick, T., Munir, A., . . . Bani, N. (2016). Novel Opticalc Concentrator Technology for Building Integrated Photovoltaic Systems. *2016 World Conference on Innovation, Engineering and Technology* (pp. 1-11). Sapporo,Japan: OpenAIR@ RGU. Retrieved from http://openair.rgu.ac.uk
2. Ahmad, G., & Hussein, H. (2001). Comparative study of PV modules with and without a titled plane reflector. *Energy Conversion and Management, 42*, 1327-1333.
3. Alhamadany, A. H., Ali, J., & Zain Al-Abideen, F. S. (2016). Effect of angle orientatioin of flat Mirror Concentrator on solar panel system output. *IOSR Journal of Computer Engineering, 18*(1), 16-23.
4. Arshad, R., Tariq, S., Niaz, M. U., & Jamil, M. (2014). Improvement in Solar Panel Efficiency Useing Solar Concentration by Simple Mirrors and by Cooling. (pp. 292-295). Islamabad: International Conference on Robotics and Emerging Allied Technology in Engineering.
5. Barman, J. (2011). Design and feasibility study of PV Systems in Kenya. *Master's Thesis within the Sustainable Energy System programme*. Gotenberg, Sweden: Chalmers University of Technology.
6. Bilal, M., Arbab, M. N., Zain, M., Afridi, A., & Khattak, A. (2017). Increasing the output power and efficiency of solar panel by using concentrator Photovoltaics (CPV). *International Journal of Engineering Works, 3*(12), 98-102.
7. BP-P.L.C. (2019). *BP Statistal Review of World Energy.* London.
8. Delisle, V., & Kummert, M. (2014). A novel approach to compare building-integrated photovoltaics/thermal air collectors to side-by-side PV modules and solar thermal collectors. *Solar Energy, 100*, 50-65.
9. DPEA, D. f. (2016). *Energy Balance - Part One.* Tehran: Power and Energy Deputy Department, Iran Ministrey of Energy (In Persian).
10. Farhangi-Khanghah, A., Gorji-Mahlabani, Y., & Mofidi-Shemirani, M. (2017). Improving the Efficiency of Electricity-Generating Building Envelopes Using a Hybrid System of Flat Concentrator & Photovoltaic Panels (FCPV) in South Facade. *Journal of Iranian Architecture& Urbanism*, 47-61 (In persian).
11. Fraas, L., & Partain, L. (Eds.). (2010). *Solar Cells and Their Applications.* New Jercy, USA: John Wiley& Sons Inc.
12. Gan, G. (2009). Effect of air gap on the aerformance of building Integrated Photovoltaics. *Energy, 14*, 913-921.
13. Hegger, M., Fuchs, M., Stark, T., & Zeumer, M. (2008). *Energy Manual; Sustainable Architecture.* Basel, Switzerland: Kosel GmbH& Co.KG,Altusreid-krugzell.
14. Heidari, S. (2012). *Architecture and Lighing.* Tehran, Iran: University of Tehran (In Persian).
15. Helmy, M. A., Khalifa, E., Oksha, A., & Elhaddad, A. (2014). Effect of reflector application on PV panel performance under Egyptian condition. *Scientific Papers Series Management, Economic*

Engineering in Agriculture and Rural Developement, 14(3), 103-106.
16. IGMC. (2019). *Monitoring and analysis of the Iranian electricity market.* Tehran: Iran Grid Management Company (In Persian).
17. Kumar, R., Kaushik, S., & Garg, H. (1995). Analytical Study Of Collector Solar-Gain Enhancement by Multiple ereflectors. *Energy*, 511-522.
18. Matsushima, T., T. Setaka, & Muroyama, S. (2003). Concentrating Solar Module with horizental reflectors. *Solar Energy Materials and Solar Cells, 75*, 603-612.
19. PVLighthouse. (2020, 06 14). *Solar Spectrum Calculator*. Retrieved from PVLighthouse: www.PVLighthouse.com.au
20. PVSol, C. (2015). *PV*SOL help.* Retrieved 11 02, 2019, from http://help.valentin-software.com/pvsol/calculation/pv-modules/module-temperature/
21. Ronnelid, M., Karlsson, B., Krohn, P., & Wennerberg, J. (2000). Booster reflectors for PV modules in Sweden. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 8*, 279-291.
22. Sathyanarayana, P., Ballal, R., kumar, G., & Laksmi sagar, P. (2014). Effect of light concentration by flat mirror reflectors on electrical power output of the photovoltaic panel. *Carbon-Science and Technology, 6*(1), 356-363.
23. Seitel, s. C. (1975). Collector Performance Enhancement With Flat Reflectors. *Solar Energy, 17*, 291-295.
24. Siahaan, Y., & Siswono , H. (2019). Analysis the effect of reflector (flat mirror, convex mirror, and concave mirror) on solar panel. *ernational Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS)*, 943-952.
25. Soria, B., Gerritsen, E., Leffillaster, P., & Broquin, J.-E. (2016). A study of annual performance of bifacial photovoltaic modules in the case of vertical facade integration. 52-68.
26. Tabaei, H., & Ameri, M. (2015). Improving The Effectiveness Of Photovoltaic Water Pumping System By Using Booster Reflector and Cooling Array Surface By A Film Of Water. *Transactions of Meccchanical Engineering, 39*, 51-60.
27. Tabakovic, M., Fechner, H., Sark, W. V., Louwen, A., Georghiou, G., Makrides, G., . . . Betz, S. (2017). Status and outlook for building integrated photovoltaics (BIPV) in relation to educational needs in the BIPV sector. *Energy Procedia*, 993-999.
28. Tabor, H. (1958). Stationary mirror systems for solar collectors. *Solar Energy, 2*, 27-33.

Journal of Iranian Architecture & Urbanism (JIAU)
Print ISSN: 2228-589X
Online ISSN: 2645-7148

To develop and advance scientific advancement in the architecture and urban development fields and the qualitative development of specialist forces and progress educational and research affairs in the architecture, landscape architecture, urban planning, urban design, restoration of textures and buildings, industrial design fields and like them, the Semiannual Journal of Iranian Architecture and Urbanism(JIAU) has been publishing a scientific-research journal that has been published since early 2010 to document and enhance related research.

Aims

- Creating and promoting a suitable platform for the exchange of science and knowledge in the fields of architecture and urbanism.
- Documenting and strengthening research related to the fields of architecture and urbanism.
- Informing experts and researchers in the fields of architecture and urbanism of the latest findings and achievements of Iran and the world

Scopes

- Architecture (Sustainable Architecture, Technology and Energy in Architecture, Architectural Education)
- Landscape
- Art History
- Urbanism(Urban Planning, Regional Planning, Urban Design, Urban Management)
- Restoration and Protection of Textures, Buildings and Objects
- Industrial Design (Product Design, Art Research)

Publication Ethics

- All articles of the Journal are Open Access. Journal of Iranian Architecture and Urbanism (JIAU) follows the terms outlined by the Creative Common's Attribution (CC-BY) to be the standard terms for Open Access.
- We accept all terms and conditions of COPE about plagiarism and in case, any attempt of plagiarism is brought to our attention accompanied by convincing evidence, we act based on flowcharts and workflows determined in COPE.
- Journal of Iranian Architecture & Urbanism(JIAU) follows a double blind peer-review policy, and the submitted articles will be published after reviewing and editorial approval.

Licence Holder: Iranian Scientific Association of Architecture & Urbanism
Director-in-Charge: Mohsen Faizi
Editor- in- Chief: Mostafa Behzadfar

Internal editorial board (in alphabetical order):
Behzadfar, Mostafa; Professor of Urban Design, Iran University of Science & Technology.
Bemanian, Mohammadreza; Professor of Architecture, Tarbiat Modarres University.
Diba, Darab; Professor of Architecture, Islamic Azad University(Central Branch).
Etessam, Iraj; Professor of Architecture, Islamic Azad University(Science and Research Branch)
Faizi, Mohsen; Professor of Architecture, Iran University of Science & Technology.
Gorji Mahlabani, Yousef; Professor of Architecture, Imam Khomeini International University.
Hashemnejad, Hashem; Associate Professor of Architecture, Iran University of Science & Technology.
Khakhzand, Mehdi; Associate Professor of Architecture, Iran University of Science & Technology
Mazaherian, Hamed; Associate Professor of Architecture, University of Tehran.
Memarian, Gholamhossein; Professor of Architecture, Iran University of Science & Technology.
Mohammad Moradi, Asghar; Professor of Restoration, Iran University of Science & Technology.
Mozaffar, Farhang; Associate Professor of Architecture, Iran University of Science & Technology.

External editorial board (in alphabetical order):
Azari, Rahman; Associate Professor of Architecture, Penn State University, USA.
Karimi, Pamela; Associate Professor of Art History, University of Massachusetts Dartmouth, USA.
Sharifi, Ayyoob; Associate Professor of Sustainable Urban Design & Development, Hiroshima University, Japan.
Sharifi, Ehsan; Lecturer of Sustainable Architecture, The University of Adelaide, Australia.
Taleghani, Mohammad; Senior Lecturer in Landscape Architecture, Leeds Beckett University, Leeds, UK.

Editorial Manager: Mehdi Khakhzand
Editorial Expert: Anahita Tabaeian (Ph.D Candidate in Urban Studies)

Journal of Iranian Architecture & Urbanism
(JIAU)
Print ISSN: 2228-589X
Online ISSN: 2645-7148



Vol. 12, No. 2, Fall & Winter 2021

Editorial Advisor: Iranian Scientific Association of Architecture & Urbanism
English Language Editor: Soad Sarihi, Ph.D Candidate in Architecture.
Page and Cover Designer: Anahita Tabaeian, Ph.D Candidate in Urban Studies.
Paging and Formating: Elham Mennati Moheb
Publisher: Iran University of Science and Technology
Number: 50 Issues
Price: 500000 Rls
Address: School of Architecture & Environmental Design, Iran University of Science & Technology (IUST), Narmak, Tehran, Iran.
Postal Code: 16846 - 13114
Email: iaau@iust.ac.ir
Web Site: https://www.isau.ir
Phone: +98 (21) 73228235
Fax: +98 (21) 77240468

Published articles are not necessarily the point of view of the journal and the responsibility of the articles lies with the respected authors.
This issue has been published with the support of the School of Architecture & Environmental Design, Iran University of Science & Technology (IUST).

Guide for Authors

We sincerely appreciate the authors' interest in choosing the scientific Journal of Iranian Architecture and Urbanism for publishing their scientific papers. Please read the authors' guide carefully to complete the judging and publication process.

1- The article must be derived from scientific research work and should not be previously published in any other journal or conference proceedings in the same or different languages. Authors are not allowed to submit their manuscripts simultaneously to more than one journal

2- We only receive research papers in our journal. Review papers are only received from experienced authors and architecture and urbanism pioneers, whose reviews revolve around the theoretical subjects in line with journal aims and perspectives.

3- Submission to this journal occurs online at http://www.isau.ir. Manuscripts submitted via email or in print are not processed.

4- Authors are responsible for the legal and scientific accuracy of their manuscripts. The scientific quarterly of "Journal of Iranian Architecture and Urbanism" reserves the right to reject, accept or edit manuscripts.

5- Submitted manuscripts that fall outside the scope and aims of the journal will be excluded from the evaluation process without external review, in the opinion of the editor(s) or editor-in-chief.

6- The official language of the publication is Persian. The manuscripts should be concise and correct in terms of grammar and writing style. The manuscript should not exceed the number of 17 pages (excluding abstract and references).

7- At least one faculty member must collaborate in the group of authors.

8- The author(s)' detail should only be included on a separate page entitled the author information page. The main body of the paper should not contain any identifying information, such as the authors' names.

9- Only one manuscript from each author can be processed at a time, and the processing of the second article is only possible when the full review of the first article has been completed.

10- In case the manuscript is derived from a thesis or dissertations, it is necessary to mention the name of the supervisor, the field of study, and the affiliation. Manuscripts derived from student theses and dissertations will be published jointly with the name of the supervisor, advisors, and the students. The supervisor is designated as the corresponding author.

11- It is necessary to adjust your manuscript using the template provided here.

12- Citations in the text and the bibliography should follow the APA referencing style. Download APA style here.

13- The costs will be received from the authors in different stages.

14- After the final and scientific acceptance of the manuscript, an extended English abstract, a visual abstract, a translation of the references, and a translation of tables and figures will be received for publication.

Journal of Iranian Architecture & Urbanism
(JIAU)
Print ISSN: 2228-589X
Online ISSN: 2645-7148

CONTENTS

Scientific Articles

Investigating the realization rate of the Eco-City indicators and the conceptual framework for its development based on residents' satisfaction (Case study: Ozgol neighborhood of Tehran) Mehdi Saidi, MozhganAnsari, Faezeh Torabinejad	5
Comparative study of definitions, functions, and elements of "Media" to examine the role of "Architecture" as a "Media" Pegah Payedar Ardakani, Hassan Zolfagharzadeh	25
Comparative study of altars in the grand mosques of Tabriz and Marand Sahar Toofan, Amir Jodaei	43
Translation theory in the analysis of the modern residential architecture in Turkey and Iran (1930s) Mohamamdhamed Mousavi	55
Evaluation of redevelopment capacity in abandoned manufactory - industrial lands of Yazd city Fatemeh Karimi, Samaneh Jalilisadrabad	69
The design pattern of optimal combined envelope in generating solar electricity using genetic algorithm in Iran's cold climate Alireza Farhangi Khanghah, Yousef Gorji Mahlabani, Seyed Majid Mofidi Shemirani, Hossein Medi	83
The place conceptual model in concordance with the features of space and time (Case study: Imamzadeh Yahya in Tehran) Ghazaleh Goodarzi, Mostafa Behzadfar, Yousefali Ziari	107
The effect of resident's sense of belonging to the place on the neighboring facades of Isfahan Maadis Marjan Amjad, Farhang Mozaffar, Shirin Toghyani, Vahid Ghasemi	119
Investigation on attaining healthy housing by increasing sense of coherence in historical context with emphasize on salutogenic approach: Sang-e-Siyah community, Shiraz, Iran Mohadeseh Alsadat Hamidi, Mehdi Khakzand, Mohsen Faizi	137
Physical analysis and cognition of vernacular architecture in Leives village Sajad Moazen, Shina Sadberenji	153
Physical transformations in the tomb of Imamzadeh Abdullah in Shushtar: a manifestation of Iranian architecture in the transition from the Seljuk- Khwarezmshahi period to the Ilkhanate period Abbasali Ahmadi, Amin Ahmadi Siahpoush	171
The effects of residential communities' physical boundaries on residents' perception of fear of crime: A comparison between gated, perceived gated, and non-gated communities in Ekbatan neighborhood, Tehran Mohammad Jalili, Alireza Einifar, Ramin Madani, Bruce Judd	189
A comparative study of Pirnia's principles in architecture and artifacts with industrial design styles Mohammad Zolfaghari, Nasser Koleini Mamaghani	205
Social sustainability analysis in residential complexes using SWARA-TOPSIS method Atefeh Yaghoubi, Zhila Rezakhani	217
Comparative study of thermal comfort simulation software in urban environment Roza Vakilinezhad	235
Explaining the concept of spatial hierarchy in the settlement model of Qajar period (Case study: Tehran aristocratic houses) Jahan Danesh, Khosrow Movahed, Maliheh Taghipour	251
Reading the motion types in residential buildings based on the contemporary notion of privacy (Case study: Three selected houses of Iranian contemporary architecture) Fatemeh Baradaran Heravi, Mahdi Hamzenejad	265
Soundscape model in Shiraz Qajar gardens Amin Habibi, Sara Rahmani, Mahsa Saeedizadeh, Negar Mokari	281

Print ISSN: 2228-589X
Online ISSN: 2645-7148

JOURNAL of IRANIAN ARCHITECTURE & URBANISM

Fall & Winter 2021 Volume 12 /Number 2

Available online at www.isau.ir