



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Improving the climate performance of solar chimneys for Ahvaz houses in south equator-facing rooms *

Omid Rahaei ^{1,**}, Zeynab Poorsayahi ²¹ Assistant Professor, School of Architecture and Urban Design, Shahid Rajaei Teacher training University, Tehran, Iran.² M.A. in Architecture, Jahad University of Khozestan, Ahvaz, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

| | |
|------------------|------------|
| Received | 2020/01/01 |
| Revised | 2020/10/07 |
| Accepted | 2021/03/03 |
| Available Online | 2022/09/22 |

Keywords:

Solar Chimney
Climate
Thermal Comfort
Ahvaz Houses
Energy Plus

Use your device to scan
and read the article online



Number of References

42



Number of Figures

20



Number of Tables

7

© 2022, JIAU. All rights reserved.

Extended ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVES: Today, the use of solar energy as a cheap and renewable source in the construction industry has become one of the major concerns worldwide. One way to harness solar power is to use a solar chimney in the building. The solar chimney acts as a passive natural ventilation system or as a thermal insulator based on pressure displacement caused by air pressure fluctuations inside the chimney shaft. This chimney usually consists of glass, duct, and absorber surface. The air in the chimney is heated by solar energy and moves upwards due to the chimney effect, which can increase the natural ventilation in the adjacent spaces. In hot and semi-humid climate buildings, windows are usually closed to prevent direct sunlight. Therefore, solar chimneys can establish airflow and supply fresh air indoors. The ventilation process in buildings of Ahvaz city, due to particular climatic conditions (hot and semi-humid), is essential. Also, air conditioning is costly, consuming a great amount of energy. Therefore, this study aims to find appropriate criteria for the effective design and implementation of solar chimneys in houses in Ahvaz to establish an effective flow inside the air duct in seasons requiring thermal comfort conditions and to create effective ventilation inside the interior spaces through stack effect. This study aims to find a suitable model for designing solar chimneys for the southern (equator-facing) rooms of houses in Ahvaz city (hot and semi-humid climate) to improve the thermal comfort of residents by using solar energy effectively and reducing energy consumption significantly.

METHODS: This research combines different methods due to its interdisciplinary nature. Research variables and models were identified in the first stage using an experimental strategy. The physical structure of the room and the solar chimney were studied as independent variables and the room interior temperature as a dependent variable in this study. A digital thermometer was used for experimental thermometry tests in the case sample. The statistical population selected in this study includes southern rooms in apartments in Ahvaz. The statistical population is a small room as a random case sample. In the next step, solar chimneys were modeled in Ecotect software, and a simulation method was used to analyze the data and intervene in the architecture. The simulations were performed using Energy Plus software version 8.7.0 and the existing weather data (regarding the literature). Also, the simulations were calculated linearly and thermodynamically by TARP thermal model method prepared by Walton (1983) in the software. The Fangar comfort model, PMV index, and PPD were used in the next step of data analysis. Finally, the experimental data were compared to the simulated data to investigate research validity and reliability. Thus, the research method is a combination of experimental strategies, simulation, and a case study. Bibliographic studies, field observations, field measurements, and simulations were used as research tools.

FINDINGS: In this study, four different models of solar chimneys on a specific day were studied to investigate the effect of geometry on the model discharge. Also, the thermal comfort (of the first model) was studied on a specific day of the year. (The reason for

<https://dx.doi.org/10.30475/ISAU.2022.221907.1365>

OPEN ACCESS

* This article is derived from the second author's Master thesis entitled "Improving the Climate Performance of Solar Chimneys for Ahvaz houses in South Sunshiny Rooms", supervised by the first author, at Jahad University of Khozestan.

** Corresponding Author:
Email: o.rahaei@sru.ac.ir
Phone: +98(912)3192062

Extended ABSTRACT

choosing this model is to investigate the chimney effect on the whole space). The simulation data of the first model with dimensions of $1 \times 1.16 \times 11.60$ showed that the thermal comfort level in this type of solar chimney is close to the allowable limit in March, April, May, June, October, and, November, December. According to the diagrams, using this type of chimney is unsuitable in July, August, and September, so this model is not approved. On May 1st, the effect of the number of floors on the thermal performance of the first model was investigated. The results showed that the solar chimney discharge does not always lead to acceptable thermal comfort conditions. Also, four specific geometries were compared regarding the effect of geometry on the solar chimney discharge. According to findings, the solar chimney height was more effective in determining the maximum and average solar chimney flow than its width. According to the results, the third model has a more powerful airflow but drops to zero at certain hours and has no night ventilation. So, having a chimney with a maximum flow is not necessarily appropriate. The best model, according to the comparative method, is the second model with dimensions ($2 \times 1.16 \times 11.60$), and then the third model with dimensions ($1 \times 1.16 \times 23.20$), with strong airflow powers.

CONCLUSION: By examining the airflow and thermal comfort conditions in solar chimneys, it was determined that the airflow could create suitable comfort conditions in the building annually. Therefore, the solar chimney with dimensions of $2 \times 1.16 \times 11.60$ (model 2) is suitable for equator-facing rooms with dimensions of 3.5×5.9 meters in Ahvaz and can provide comfort levels in the mentioned months. According to the results, this system is needed all year round. When there are no comfort conditions, it is recommended to benefit from mechanical systems, ventilation and air conditioning, green space, and natural ventilation systems for comfort conditions.

HIGHLIGHTS:

- Optimal dimensions of the solar chimney in the rooms facing the south of Ahvaz city.
- Using modeling and simulation software (Ecotect and Energy Plus).
- Creating thermal comfort in the months (March, April, May, June, October and November, December).

ACKNOWLEDGMENTS:

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

CONFLICT OF INTEREST:

The authors declared no conflicts of interest.

COPYRIGHTS

©2022 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**

Rahaei, O.; Poorsayahi, Z., (2022). Improving the climate performance of solar chimneys for Ahvaz houses in south equator-facing rooms. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism.*, 13(1): 245-257.

 <https://dx.doi.org/10.30475/ISAU.2022.221907.1365>

 https://www.isau.ir/article_155052.html



بررسی عملکرد اقلیمی دودکش‌های خورشیدی برای خانه‌های اهواز در اتاق‌های آفتابگیر جنوبی*

امید رهایی^{۱*}، زینب پورسیاحی^۲

۱. استادیار، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
۲. کارشناسی ارشد مهندسی معماری، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی، اهواز، ایران.

| مشخصات مقاله | چکیده |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| تاریخ ارسال ۱۳۹۹/۰۱/۱۳ | <p>با وجود بحران‌های زیست‌محیطی و کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی نیاز به راهکارهای توسعه پایدار و معماری پایدار به‌منظور مدیریت مصرف انرژی و کاهش زیان‌های خطرناک انسانی بیش‌ازپیش احساس می‌شود. در این راستا به‌منظور افزایش آگاهی دانشجویان و طراحان بایستی آموزشی‌های تخصصی معماری پایدار در حوزه دروس دانشگاهی قرار گیرد. از آنجایی‌که ساختمان‌های مسکونی بخش مهمی از مصرف انرژی را در کشور شامل می‌شوند، بایستی میزان اثربخشی این راهکار بر نحوه طراحی ساختمان‌های مسکونی در شهر تهران موردبررسی قرار گیرد. این پژوهش از منظر روش‌شناسی پیمایشی است و دارای دو بخش کیفی و کمی است که در بخش کیفی به بررسی مبنای نظری مربوطه و در بخش دوم پرسشنامه‌هایی در اختیار ۲۰ نفر از اساتید و دانشجویان معماری به‌منظور بررسی میزان اثربخشی آموزش‌های معماری پایدار بر نحوه طراحی خانه‌های مسکونی شهر تهران گذاشته شده است و برای تعیین اعتباریابی پرسشنامه از نرم‌افزار Smart PLS2 استفاده شده و به جهت اولویت‌بندی داده‌ها از آزمون فریدمن در نرم‌افزار SPSS استفاده شده است و در نهایت نتایج حاصله بیانگر آن است آموزش‌های معماری پایدار در سطح اجتماعی (دانشجویان، بالا بردن آگاهی مردم و در نهایت کارفرمایان) بیشترین تأثیر را داشته و در بالا بردن کیفیت محیط داخلی ساختمان به نسبت اثربخشی کمتری داشته است.</p> |
| تاریخ بازنگری ۱۳۹۹/۰۶/۱۶ | |
| تاریخ پذیرش ۱۳۹۹/۱۲/۱۳ | |
| تاریخ انتشار آنلاین ۱۴۰۱/۰۶/۳۱ | |
| واژگان کلیدی | |
| دودکش خورشیدی | |
| اقلیم | |
| آسایش حرارتی | |
| خانه‌های اهواز | |
| انرژی پلاس | |

نکات شاخص

- ابعاد بهینه‌ی دودکش خورشیدی در اتاق‌های رو به جنوب شهر اهواز.
- استفاده از نرم‌افزارهای مدل‌سازی و شبیه‌سازی (اکوتکت و انرژی پلاس).
- ایجاد آسایش حرارتی در ماه‌های: اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، مهر و آبان، آذر.

نحوه ارجاع به مقاله

رهایی، امید و پورسیاحی، زینب. (۱۴۰۱). بررسی عملکرد اقلیمی دودکش‌های خورشیدی برای خانه‌های اهواز در اتاق‌های آفتابگیر جنوبی، نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران، ۱۳(۱)، ۲۴۵-۲۵۷.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه ارشد نویسنده دوم با عنوان «بررسی عملکرد اقلیمی دودکش‌های خورشیدی برای خانه‌های اهواز در اتاق‌های آفتابگیر جنوبی» می‌باشد که به راهنمایی نویسنده اول در دانشگاه جهاد دانشگاهی خوزستان انجام گرفته است.

* نویسنده مسئول

تلفن: ۰۰۹۸۹۱۲۳۱۹۲۰۶۲

پست الکترونیک: o.rahaei@sru.ac.ir

مقدمه

محدودیت مصرف سوخت‌های فسیلی، و همچنین افزایش میزان آلودگی محیط زیست استفاده از انرژی‌های پایدار جز مسائل با اهمیت جهان قرار داده است. به همین دلیل استفاده از تهویه طبیعی توجه زیادی را به خود جلب کرده، زیرا می‌تواند به طور موثر محیط داخل ساختمان‌ها را بهبود بخشد. یکی از این تهویه‌های طبیعی استفاده از انرژی خورشیدی می‌باشد که به مقدار فراوان، تمام نشدنی و پاک‌تر نسبت به دیگر منابع انرژی تجدید پذیر در دسترس است (Rasti et al., 2012). به همین دلیل از تابش خورشیدی برای افزایش تهویه در ساختمان‌ها استفاده می‌کنند، برای تهویه و به جریان انداختن هوا می‌توان از روش‌های غیرفعال استفاده کرد که یکی از این روش‌های غیرفعال، دودکش خورشیدی است (Zha et al., 2017). این دودکش براساس جابجایی فشارهای هوا در داخل کانال دودکش ایجاد می‌شود و به عنوان یک عایق حرارتی و سیستم تهویه طبیعی غیرفعال عمل می‌کنند (Shi et al., 2018). دودکش خورشیدی معمولاً از یک کانال شیشه‌ای و سطح جاذب تشکیل شده است. هوا درون دودکش خورشیدی با تابش انرژی خورشید گرم شده و به دلیل اثر دودکشی به سمت بالا می‌رود که باعث افزایش تهویه طبیعی در فضای داخلی ساختمان می‌شود (Miyazaki et al., 2006).

عامل بسیار مهم و تاثیرگذار بر تهویه سیستم دودکش خورشیدی، اختلاف دمای داخل و خارج می‌باشد. در زمان‌هایی که اختلاف دمای داخل و خارج کم است، ترکیب همرفت و تابش باعث به حرکت درآوردن هوا و بیشتر شدن تهویه می‌شوند (Khanal et al., 2011). دیوار جاذب به عنوان ذخیره حرارت در ساعات روز عمل می‌کند و باعث می‌شود دودکش خورشیدی در ساعات طولانی پس از غروب هم عملکرد بسیار خوبی داشته باشد و بعضاً برای تهویه شبانه استفاده شود (Pantavou et al., 2011). در اقلیم گرم و نیمه‌مرطوب برای جلوگیری از دریافت مستقیم و ورود گرد و غبار به داخل، پنجره‌های ساختمان‌ها در ساعات‌های تابش خورشیدی معمولاً بسته هستند، بنابراین استفاده از دودکش خورشیدی می‌تواند تهویه مورد نیاز فضاها را فراهم نماید. از این رو مقوله تهویه در شهر اهواز، به جهت شرایط اقلیمی خاص (گرم و نیمه‌مرطوب)، بسیار ضروری است. از طرفی نیز تهویه مطبوع، هزینه و مصرف انرژی بسیار بالایی دارد. بر این اساس مسئله اصلی در این مقاله، یافتن معیارهای مناسب جهت طراحی و اجرای موثر دودکش خورشیدی در خانه‌های شهر اهواز است به نحوی که بتواند جریان موثر دودکشی را در فصولی که نیاز به شرایط آسایش حرارتی است، در داخل کانال هوایی خود برقرار سازد تا از طریق مکش بتواند جریان تهویه موثری را در فضای داخلی ایجاد نماید.

پیشینه تحقیق

اولین مطالعات در حوزه دودکش‌های خورشیدی در سال ۱۹۹۳ میلادی توسط بنشال و همکارانش انجام شد. آن‌ها جهت افزایش تهویه را در صورت استفاده از سیستم دودکش خورشیدی از طریق مدل ریاضی اثبات کردند (Bansal, 1993). پنیاسومپون و همکاران در بانکوک به صورت آزمایشی و عددی از طریق مدل ریاضی عملکرد دودکش خورشیدی را در یک ساختمان چند طبقه بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دودکش خورشیدی به تمام طبقات متصل باشد عملکرد بهتری دارد (Punyas-ompun et al., 2009). چن و همکاران مطالعاتی در مورد فاصله هوایی و همچنین زاویه تمایل دودکش در نرم‌افزار انرژی پلاس انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که بیشترین نرخ جریان در زاویه ۵۵ درجه برای فاصله هوایی ۲۹۹ میلی‌متر و ارتفاع ۱.۵ متر به دست می‌آید (Chen et al., 2003). چانتاونگ و همکارانش، عملکرد یک دودکش خورشیدی شیشه‌ای را در شرایط آب و هوایی گرمسیر تایلند در نرم‌افزار انرژی پلاس، مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند (Chantawong et al., 2006). مارت و هراز، به طراحی دودکش خورشیدی از طریق مدل ریاضی پرداختند (Mart & Heras, 2007). میازکی عملکرد یک دودکش خورشیدی در یک ساختمان اداری در ژاپن با روش شبیه‌سازی به کمک نرم‌افزار محاسباتی دینامیکی سیال (CFD) را بررسی کردند و این نتیجه بدست آمد که انرژی روزانه مورد نیاز در ماه‌هایی از سال در حدود ۳۹ درصد کاهش یافته است (Miyazaki, 2006). آفونسو و اولیوا در نرم‌افزار انرژی پلاس عملکرد دودکش خورشیدی و دودکش معمولی را مقایسه نمودند و تاثیر انرژی خورشید را بر افزایش تهویه تایید کردند (Afonso & Oliveira, 2000). آن‌ها از نرم‌افزار انرژی پلاس برای استنتاج عملکرد دودکش خورشیدی در چهار شهر ایران یعنی بندرعباس (گرم و مرطوب)، اصفهان (گرم و خشک)، رشت (معتدل و مرطوب) و تبریز (سرد و خشک)، استفاده کردند. نتایج نشان داد که حداکثر سرعت جریان تهویه در زاویه شیب ۴۵ درجه برای همه شهرها بدست آمده است (Chung et al., 2015).

در تحقیق دیگری نشان داده شد که نرخ کلی جریان گرمی هوا در یک دودکش خورشیدی با دیوار عمودی، به شدت تحت تاثیر جریان معکوس و دمای هوا در خروجی کانال است (Khanal, 2012). با استفاده از یک مدل CFD برای بررسی عملکرد دودکش خورشیدی در آب و هوای گرم و مرطوب مالزی، نتایج نشان داد که سرعت هوا در یک محیط داخلی می‌تواند با استفاده از شکاف هوا و طول دودکش بر اساس حداکثر سرعت جریان هوای ناشی از آن افزایش یابد (Asadi et al., 2016). چاروات و همکارانش به این نتیجه رسیده‌اند استفاده از دودکش خورشیدی در طول روز، ۲۵ درصد افزایش



دودکش و ایجاد حیاط سایه‌دار می‌توان به نتایج جدیدتری دست پیدا کرد (Pilechiha & Zarrin-mehr, 2016). کائو و همکارانش به مقایسه دودکش خورشیدی معمولی و شیب‌دار با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس در کشور چین پرداخته‌اند (Cao et al., 2013). با استفاده از مدل ریاضی دودکش خورشیدی به بررسی عملکرد نیروگاه دودکش خورشیدی در فلات تبت پرداخته‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد که تولید شده در آنجا دو برابر توان تولید شده در مکان‌های دیگر با همان عرض جغرافیایی می‌باشد (Zhou et al., 2010).

در مطالعات فوق، شبیه‌سازی‌ها عمدتاً با نرم‌افزار انرژی پلاس انجام شده و همچنین دودکش خورشیدی به عنوان یک ساختار موثر در بهبود آسایش حرارتی ساکنین و نیز کاهش موثر مصرف انرژی مطرح بوده و در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود. نمونه‌ای از دودکش خورشیدی در شکل ۱، نشان داده شده است.

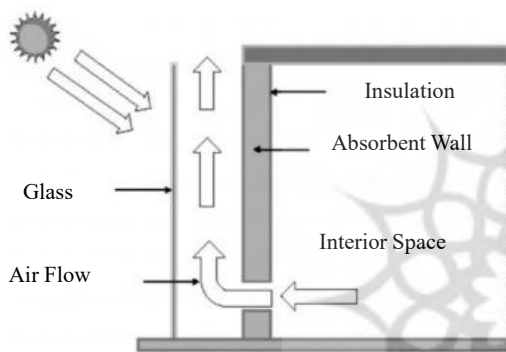


Fig.1. Schematic diagram of the performance of a solar flue (Khanal & Cheng Wang, 2011)

مدل آسایش حرارتی فنگر

فنگر براساس مشاهدات تجربی، معیاری را به عنوان درجه احساس تعریف کرد. این معیار به عنوان ضریب PMV^۱ نمایه آسایش نامیده شده که نشان‌دهنده متوسط احساس یکسان چندین نفر از یک شرایط محیطی است. این شاخص از جمله مهمترین شاخص‌های فیزیولوژی دما محسوب می‌شود که علاوه بر مطالعات مربوط به برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، در مطالعات مربوط به هواشناسی و گردشگری نیز کاربرد وسیعی دارد (Bahadori Nejad & Yaghoubi, 2006). شاخص مذکور از طریق روابط ۱ الی ۶، محاسبه شده و در جدول ۱ شرح داده شده‌اند.

$$PMV = (0.303 e^{-0.036M} + 0.028)[(M - W) - H - E_c - C_{rec} - E_{rec}] \quad (1)$$

$$E_c = 3.05 \times 10^{-3} [5733 - 6.99 \times (M - W) - P_a] + 0.42 (M - W - 58.15) \quad (2)$$

$$C_{rec} = 0.0014 M (34 - T_a) \quad (3)$$

$$E = (3.05 \times 10^{-3} (256 t_{sk} - 3373 - p_a) + E_{sw}) \quad (4)$$

$$E_{rec} = 1.72 \times 10^{-5} M (5867 - P_a) \quad (5)$$

$$H = K_{cl} = t_{sk} - t_{cl} / I_{cl} \quad (6)$$


سرعت هوا را در اقلیم گرم و خشک به همراه دارد (Charvat et al., 2004). آبدین اثر زاویه مایل با سطح کم را بر میزان تهویه دودکش با استفاده از یک نرم افزار محاسباتی دینامیکی سیال CFD را ارزیابی کرد. زاویه شیب بهینه ۶۷.۵° برای مکان انتخاب شده، پیدا شد که باعث بهبود راندمان آن در یک دوره ۱۰٪ و سرعت جریان جرم در حدود ۱۱٪ در مقایسه با یک دودکش خورشیدی عمودی می‌شود (Abdeen., 2019). از نرم‌افزار انرژی پلاس برای شبیه‌سازی و ارزیابی طرح دودکش خورشیدی برای سه جهت مختلف ساختمان استفاده کرده و دریافت که حداکثر سرعت جریان را می‌توان در ضلع جنوب شرقی به دلیل بالا بودن میزان تابش خورشیدی در روز بدست آورد (Shi, 2016). در یک مطالعه تجربی و عددی در شانگهای پس از شبیه‌سازی انرژی به کمک نرم‌افزار انرژی پلاس، این نتیجه به دست آمد که دودکش خورشیدی دارای اثر بخشی صرفه‌جویی در انرژی است (Zha et al., 2017). شی و همکاران با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس به بررسی تاثیرات چهار فاکتور اساسی (پیکربندی، شرایط نصب، کاربردهای مواد و محیط زیست)، بر دودکش خورشیدی پرداختند که نشان از بهبود عملکرد اقلیمی آن را دارد (Shi et al., 2018). در پژوهشی دیگر در گرم‌ترین روز در اسپانیا، به تجزیه و تحلیل انتقال حرارت از دیواره دودکش با سه مواد جذب کننده (مس، بتن، PCM)، در سه جهت شرقی، جنوب و غرب پرداخته‌اند (J.Xamán et al., 2019). عبدالله به بررسی عملکرد حرارتی دودکش خورشیدی با برج خنک‌کننده منفعل در مصر پرداخته است و آسایش حرارتی آن را با مدل آسایشی فنگر، سنجیده است (Abdolah., 2017). صالحی و همکاران به مدت زمان یک سال دودکش خورشیدی را از نظر آسایش حرارتی در اقلیم های مختلف بندرعباس (گرم و مرطوب)، یزد (گرم و خشک)، پاریس (معتدل و مرطوب) و تورنتو (سرد و مرطوب) بررسی کرده‌اند. شبیه‌سازی‌ها در انرژی پلاس انجام شده است و آسایش حرارتی آن با مدل فنگر بررسی شده است (Salehi et al., 2019). در پژوهشی دیگر سه مدل دودکش خورشیدی متداول در نرم‌افزار انرژی پلاس بررسی شد و با استفاده از مدل حرارتی فنگر به بررسی آسایش حرارتی اقدام گردید (Koronaki, 2013). حیدری و فخاری دودکش خورشیدی را در یک ساختمان چندطبقه (شبیه‌سازی با انرژی پلاس)، بررسی کرده‌اند و نتیجه گرفتند با افزایش عمق دودکش نرخ جریان هوای خروجی افزایش می‌یابد (Fakhari & Heidari., 2013). پیله‌چی‌ها و زرین‌مهر به این نتیجه رسیده‌اند که با استفاده از روش‌های غیرفعال مانند دودکش خورشیدی، می‌توان به تهویه ساختمان، گرمایش و سرمایش آن تا حد زیادی کمک کرد. آن‌ها پس از چندین مدل‌سازی با نرم‌افزار انرژی پلاس، عرض جغرافیایی را عامل مؤثری در بهبود عملکرد دودکش خورشیدی، دانستند و پیشنهاد دادند که با تغییر در ابعاد اتاق، مصالح، اقلیم، عرض و ارتفاع

Table 1. Description of variables

| | | | | | | | |
|------------|------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------|
| w | Effective mechanical force (w / m2) | pa | Partial air vapor pressure (Pascal) | crec | Transpiration convective heat exchange (w / m2) | e | Evaporative heat exchange on the skin surface (w / m2) |
| Ta | Air temperature (degrees Celsius) | Icl | Average radiation for the whole body (w / m2) | Erec | Evapotranspiration heat exchange (w / m2) | H | Convective dry heat loss (w / m2) |
| Tcl | Clothing surface temperature (degrees Celsius) | M | Metabolic rate (w / m2) | Ec | Evaporative heat exchange on the surface of the skin when in the neutral state | Tsk | Medium skin temperature (degrees Celsius) |

موضوع)، استفاده شد. این شبیه‌سازی‌ها با نرم‌افزار انرژی پلاس نسخه ۸.۷.۰ و با استفاده از داده‌های آب و هوایی صورت گرفت. همچنین این شبیه‌سازی‌ها از روش مدل حرارتی TARP که توسط والتون (Wal-ton, 1983) تهیه شده، به صورت خطی و ترمودینامیکی در این نرم‌افزار محاسبه شده است. در مرحله بعد در تحلیل داده‌ها از مدل آسایش فنگر و از شاخص PMV و PPD استفاده شده است. در آخر برای اثبات روایی و پایایی، به مقایسه داده‌های تجربی با داده‌های نرم‌افزاری پرداخته شد. بدین وسیله روش تحقیق این پژوهش، ترکیبی از راهبردهای تجربی، شبیه‌سازی و پژوهش موردی است. تدابیر مورد استفاده شامل مطالعات کتابخانه‌ای، مشاهدات و برداشت‌های میدانی، اندازه‌گیری‌های کارگاهی و شبیه‌سازی بوده است.

Table 2. Victor thermometer and technical specifications of the temperature recorder

| | | |
|------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Device model | 10C+VC |  |
| Percentage error | 1C | |
| Device size | 155*90*48 | |
| Device weight | 270 Kg | |

اعتبار سنجی

یک اتاق خواب موردی در اهواز، جهت انجام آزمون‌های تجربی به ابعاد ۳ × ۳/۶۰ متر و ارتفاع ۳/۱۰ متر انتخاب شد. این اتاق خواب فقط از یک ضلع (ضلع جنوبی)، با فضای بیرون در ارتباط است. لازم به ذکر است که درب اتاق خواب در ضلع شمالی قرار گرفته و همچنین این فضا فاقد پنجره است. مصالح استفاده شده در دیوارهای این فضا آجر و گچ (جدول ۳)، است.

Table 3. Specifications of room materials

| Materials | Thickness | Thermal conductivity (W / m-k) | Density (Kg / m3) |
|-----------|-----------|--------------------------------|-------------------|
| Brick | 30 | 1.46 | 1300 |
| Plaster | 10 | 0.56 | 1200 |

برای برداشت نمونه منتخب و انجام آزمون‌های دوره‌ای دماسنجی، در بازه زمانی ۱۵ روز (۱۵ تا ۳۰ تیرماه)، در ساعت‌های مشخص توسط دماسنج دیجیتال، در فضای داخل اتاق ثبت گردید. سپس در نرم‌افزار انرژی پلاس وضع موجود اتاق طی همان بازه زمانی شبیه‌سازی شد. دماهای متوسط روزانه ثبت شده حاصل از آزمون‌های تجربی و شبیه‌سازی‌ها، در

مقیاس PMV، نوعی تقسیم‌بندی احساس حرارتی ۷ درجه‌ای است که دامنه‌ی آن از ۵/۳- (سرد) تا ۵/۳+ (گرم) تغییر می‌کند. صفر در این مقیاس نشانگر احساس حرارتی خنثی است (Bahadori Nejad & Yaghoubi, 2006; Zolfaghari, 2007).

شاخص PPD^۲ نیز برای پیش‌بینی درصد افراد ناراضی از محیط حرارتی معرفی شده است که بر مبنای شاخص PMV شکل گرفته است. این شاخص به صورت درصد بیان می‌شود که از طریق رابطه‌ی ۷، محاسبه می‌شود (Matzaracis, 1999).

$$PPD = 100 - 95 e^{-(0.03353PMV4 + 0.217PMV2)} \quad (7)$$

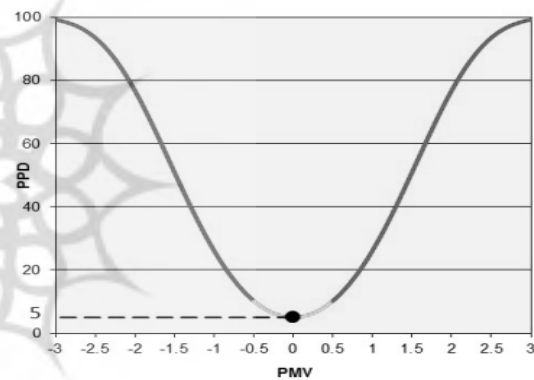


Fig.2. Changes in the average percentage of dissatisfied people with the average estimate of votes cast for PMV (Bahadorinejad & Yaghoubi, 2000)

روش تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش، با توجه به ماهیت بین‌رشته‌ای آن یک روش ترکیبی است. در مرحله اول با استفاده از یک راهبرد تجربی، متغیرهای تحقیق شناسایی و مدل‌های تحقیق، بررسی شدند. ساختار کالبدی اتاق و دودکش خورشیدی به عنوان متغیرهای مستقل و دمای فضای داخلی اتاق به عنوان متغیر وابسته در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند. جهت آزمون‌های تجربی دماسنجی در نمونه موردی، از یک دماسنج دیجیتال که در جدول ۲ مشخصات آن نشان داده شده است، استفاده شد. جامعه آماری انتخابی در این پژوهش، اتاق‌های آفتاب گیر جنوبی در آپارتمان‌های شهر اهواز را شامل می‌شود. یک اتاق کوچک به عنوان یک نمونه موردی تصادفی از این جامعه آماری انتخاب شد. در مرحله بعد دودکش‌های خورشیدی در نرم‌افزار اکوتکت ۲۰۱۱، مدل‌سازی شده و بعد از آن به منظور تحلیل داده‌ها و نیز مداخله در معماری، از روش شبیه‌سازی (مطابق با ادبیات



بر اساس رابطه ۸، به محاسبه میانگین درصد خطای داده‌های شبیه‌سازی نسبت به داده‌های اندازه‌گیری شده پرداخته شد.

$$\frac{\text{Actual value} - \text{Obtained value}}{\text{Actual value} * 100} \quad (8)$$

Table 4. Average daily temperatures of the measured data from 11:15 to 11:30 (Nnumbers based on degrees Celsius)

| Day | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Experimental data | 31 | 32 | 30 | 32 | 35 | 33 | 34 | 33 | 32 | 35 | 34 | 33 | 34 | 36 | 35 |
| Software data | 31.4 | 32.5 | 30.3 | 32.6 | 35.2 | 33.3 | 34.4 | 33.2 | 32.5 | 35.6 | 34.3 | 33.2 | 34.4 | 36.1 | 35.5 |

Table 5. Average daily temperatures of the measured data from 16:00 to 16:15 (Nnumbers based on degrees Celsius)

| Day | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Experimental data | 34 | 36 | 35 | 37 | 40 | 38 | 36 | 39 | 41 | 43 | 34 | 42 | 41 | 43 | 44 |
| Software data | 34.6 | 36.2 | 35.3 | 37.4 | 40.5 | 38.3 | 36.4 | 39.6 | 41.5 | 43.2 | 34.3 | 42.2 | 41.4 | 43.5 | 44.1 |

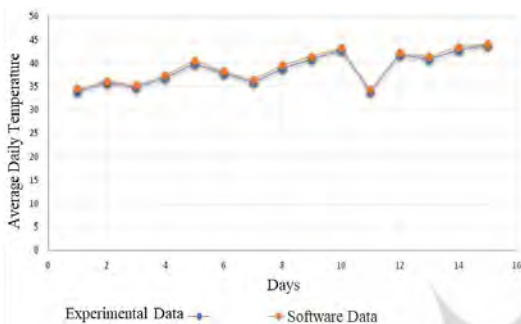


Fig.4. Daily average temperature correlation test (16:00 - 16:15)

فرمول بندی مدل ریاضی دودکش خورشیدی

برای محاسبه دودکش حرارتی از رابطه ۱۰ تا ۱۳، استفاده می‌شود (Ong, 2003; Bansal et al., 1993; Bansal et al., 1994).

$$L = \frac{l_1 r_1 E_1 + L_2 r_2 E_2 + L_3 r_3 E_3 + \dots + L_n r_n E_n}{r_1 E_1 + r_2 E_2 + r_3 E_3 + \dots + r_n E_n} \quad (10)$$

$$T_r = T_{r1}r_1 + T_{r2}r_2 + T_{r3}r_3 + \dots + T_{rn}r_n \quad (11)$$

$$A_i = A_{i1} + A_{i2} + A_{i3} + \dots + A_{in} \quad (12)$$

$$h_{wf} (T_w - T_f) = h_{gf} (T_f - T_g) + \frac{mC_p dT_f}{w dx} \quad (13)$$

برای محاسبه جریان هوا ناشی از دودکش حرارتی، از رابطه ۱۴، استفاده می‌شود (AboulNaga & Abdrabboh, 2000).

$$Q = C_d A_0 \sqrt{\frac{T_{fo} - T_r}{(1 + A_r)^2}} \quad A_r = A_o / A_i \quad (14)$$

برای محاسبه سرعت جریان هوا از طریق دریچه‌های ورودی از رابطه ۱۵، استفاده می‌شود (Ong, 2003).

$$Q_1 = Qr_1, Q_2 = Qr_2, Q_3 = Qr_3, \dots, Q_n = Qr_n \quad (15)$$

در جدول ۷ اصطلاحات روابط فوق، شرح داده شده است.

جدول ۴ و ۵ مقایسه شده‌اند. این دماها را از ساعت ۱۱:۱۵ تا ۱۱:۳۰ و ۱۶:۰۰ تا ۱۶:۱۵ برداشت شده و هر ۳۰ ثانیه، یک دما ثبت گردیده (به دلیل کاهش درصد خطاهای آزمایشی) که میانگین آن‌ها در جدول ۴ و ۵ نیز، مشاهده می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد که این عدد در ساعاتی ۱۱:۱۵ حدود ۰/۹۰ درصد است و در ساعت ۱۶:۰۰ حدود ۰/۹۴ می‌باشد که طبق استاندارد اشری مقدار خطای ساعتی زیر ۱۰ درصد مجاز است (Ashrae Guideline 14, 2002: 15) و می‌توان به آن استناد کرد. طبق نتایجی که بدست آمد، بدون استفاده از سیستم‌های تهویه و با توجه به شرایط هوای بیرون، در بعضی از روزها نوسانات دمایی زیادی را شاهد هستیم، اما در بعضی از روزها دمای تقریباً ثابتی را دماسنج ثبت کرده است (جدول ۴ و ۵). بنابراین طبق اعتبار سنجی به دست آمده صحت نتایج شبیه‌سازی تایید شده و سایر مدل‌ها به همین روش، شبیه‌سازی شدند. جهت اثبات بیشتر، آزمون همبستگی بین داده‌های تجربی و نرم‌افزاری انجام شد که در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است. با استفاده از رابطه ۹، ضریب همبستگی نیز محاسبه گردید که اصطلاحات این معادله در جدول ۶، نشان داده شده است. طبق این محاسبات در شکل ۳، ضریب پیرسون برابر ۰.۹۹۶ و در شکل ۴، برابر ۰.۹۹۹ است. هرچه ضریب پیرسون به ۱ نزدیک باشد، بهترین نمره است (Asghari Jafari Abadi et al., 2013).

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (9)$$

Table 6. Pearson coefficient formula terms

| \bar{y} | The dependent variable | y_i | Average score | r | Pearson coefficient symbol |
|-----------|------------------------|-------|---------------|-----|----------------------------|
| \bar{x} | independent variable | x_i | Raw score | | |

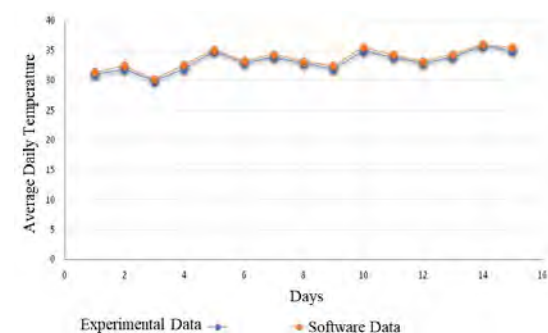


Fig.3. Daily average temperature correlation test (11:15 - 11:30)

Table 7. Terms of solar chimney formulas

| | | | | | |
|----------|-------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------|
| T_r | Room temperature (K) | L | Total length of thermal chimney (m) | m | Volumetric air flow (kg / s) |
| T_{fo} | Outlet air temperature (K) | T_r | Room temperature (K) | C_p | Specific air temperature (J / kg ° C) |
| T_{am} | Ambient air temperature (k) | A_i | Air duct inlet cross section (m ²) | W | Absorption wall width (m) |
| A_o | Air duct outlet cross section (m ²) | L_n | Distance from the top of the heat chimney to the inlet (m) | X | Absorption wall element length (m) |
| C_d | Discharge coefficient | E_n | Enthalpy for room air from inlet (J / kg) | Q_n | Air flow velocity through inlet valves (m ³ / s) |
| r_n | Relative ratio of air flow through inlet (k) | | | | |

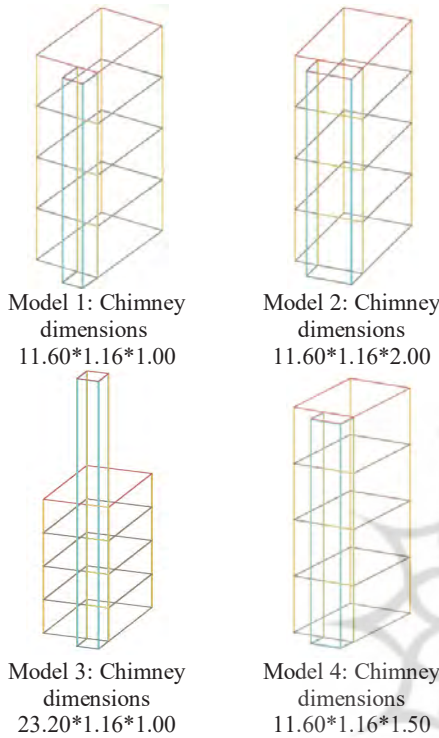


Fig.5. Introduction of models

است. بر اساس این مدل PMV بین قدر مطلق ۰/۷ و PPD کمتر از ۱۵ درصد قابل قبول است (Gilania et al., 2015). شکل‌های ۶ الی ۹، عملکرد دودکش خورشیدی (مدل اول)، در یک سال را نشان می‌دهد که بر اساس آن در ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، مهر، آبان و آذر، آسایش حرارتی در ساختمان طبق شکل‌های ارائه شده، به حد مجاز نزدیک هستند. همچنین داده‌های نمودارهای مذکور نشان می‌دهند که استفاده از دودکش خورشیدی در تیر، مرداد و شهریور، جوابگو نمی‌باشد. به همین دلیل این مدل مورد تایید نیست.

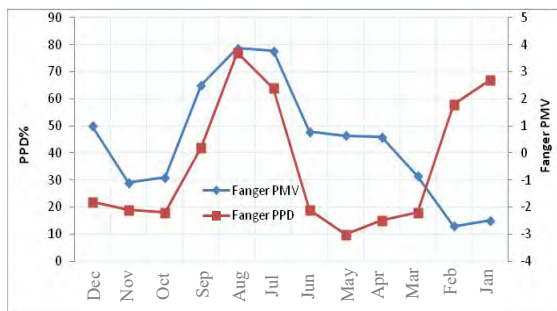


Fig.6. One year PMV and PPD values obtained from the thermal performance of solar chimney from model one for room space on the first floor

پیش‌فرض‌های پژوهش و مدل‌سازی

در این پژوهش به منظور بررسی اثر دودکش خورشیدی در شهر اهواز، به دلیل صرفه‌جویی در مصرف انرژی، لازم دیده شد تا یک فضای مشخص برای بررسی اثر دودکش خورشیدی در نظر گرفته شود. این فضا یک اتاق به ابعاد ۳×۵×۲/۹ متر می‌باشد. جهت بررسی تاثیر خالص دودکش خورشیدی بر شاخصه‌های آسایش حرارتی، پنجره در نظر گرفته نشده تا مشخص شود عملکرد حرارتی دودکش خورشیدی به تنهایی چه اثری بر آسایش حرارتی فرد دارد. همچنین برای بررسی اثر هندسه بر میزان دبی دودکش خورشیدی، چهار مدل مختلف به صورت هدمند در نظر گرفته شد. در تمامی مدل‌ها صفحه‌ی جاذب بتنی با ضخامت ۱۵ سانتی‌متر و رنگ سیاه در نظر گرفته شد (طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی، پیوست ۷) که چگالی آن ۲۰۵۰ (Kg/m³) و ضریب هدایت حرارتی آن ۱/۹۵ (W/m-k) است تا در تمام طول روز به کمک ظرفیت حرارتی ایجاد شده، جریان هوا وجود داشته باشد و سایر سطوح، شیشه‌ی دوجداره شفاف در نظر گرفته شد. همچنین شکاف هوای دودکش و فاصله‌ی بین شیشه و صفحه جاذب برابر یک دهم ارتفاع دودکش در سه مدل در نظر گرفته شده است. نسبت یک به ده به عنوان نسبت بهینه برای شکاف هوای دودکش خورشیدی شناخته شده است (Bouchair, 1994). لایه‌ی عایقی که در قسمت داخلی دیوار جاذب به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر قرار دارد، مانع انتقال گرما از دودکش خورشیدی به فضای داخل اتاق می‌شود (طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی، پیوست ۷)، چگالی آن ۴۳ (Kg/m³) و ضریب هدایت حرارتی آن ۰/۳۸ (W/m-k) است. همچنین سطح دریچه‌ی خروج هوا از اتاق‌ها هر یک برابر است با ۰/۲ مترمربع و مجموع آن‌ها برابر با ۰/۸ مترمربع برای دریچه‌ی خروج هوای دودکش لحاظ شده است. در شکل ۵، مدل‌ها نشان داده شده‌اند.

تجزیه تحلیل داده‌ها

مهمترین هدفی که در استفاده از سامانه‌های غیرفعال دنبال می‌گردد، ایجاد شرایط آسایش حرارتی است. در این پژوهش برای بررسی شرایط آسایش حرارتی که توسط سامانه‌ی دودکش خورشیدی بدست می‌آید، از مدل آسایش فنگر استفاده شده



و خروجی دودکش متعلق به طبقه‌ی چهارم است، لذا می‌توان گفت که بر مبنای قانون Stack Effect، که بیان‌کننده‌ی اثر مستقیم فاصله‌ی درجه‌ی ورودی و خروجی دودکش بر میزان دبی دودکش برای آن درجه است- کمترین میزان دبی متعلق به طبقه‌ی چهارم است. بر اساس شکل ۱۱ به خوبی پیداست که به علت وجود ظرفیت حرارتی ناشی از بتن در جداره‌ی جاذب دودکش، جریان هوا در طول ساعات شب نیز تا حدودی وجود دارد که همین جریان هوا رطوبت نسبی هوا را که در طول ساعات شب، بر اساس شکل ۱۲ به بیش از ۵۰ درصد نیز می‌رسد، بر اساس شکل ۱۴، برای طبقات اول تا سوم به زیر ۳۸ درصد کاهش یافته است. اما برای طبقه‌ی چهارم این عدد در بخش مقایسه به صورت مشهودی بیشتر است و تا نزدیک ۴۰ درصد نیز بالا می‌آید؛ که ناشی از اثر کمتر این نوع دودکش بر جریان هوای خروجی از این طبقه است. بر اساس شکل ۱۳، در طول روز دمای هوای طبقه چهارم کمتر از سایر طبقات است. این موضوع ناشی از آن است که این نوع دودکش خورشیدی هوای خارج را به داخل هدایت می‌کند و متعاقباً در ساعت روز که دمای هوای روز بالاتر می‌رود، بر اساس شکل ۱۱، دبی این دودکش نیز به اوج خود می‌رسد و بر اساس شکل ۱۳، هوای گرم را به داخل فضای طبقات یک تا سه که دبی بیشتری را نسبت به طبقه چهارم دارند وارد می‌کند. این می‌تواند عامل اصلی در بهتر بودن شرایط آسایش حرارتی طبقه چهارم در طول روز باشد و نشان می‌دهد که میزان دبی این نوع دودکش خورشیدی در همه‌ی زمان‌ها، اثر مثبتی بر آسایش حرارتی در ساختمان ندارد.

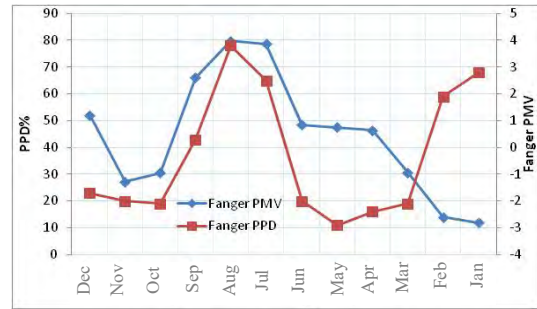


Fig.7. One year PMV and PPD values obtained from the thermal performance of solar chimney from model one for room space on the second floor

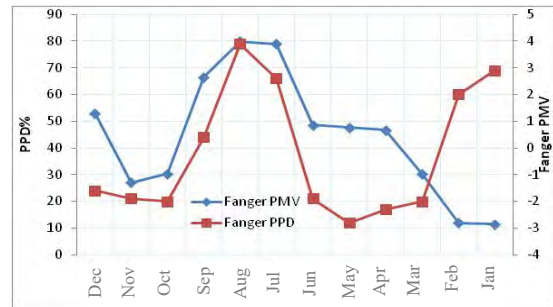


Fig.8. One year PMV and PPD values obtained from the thermal performance of solar chimney from model one for room space on the third floor

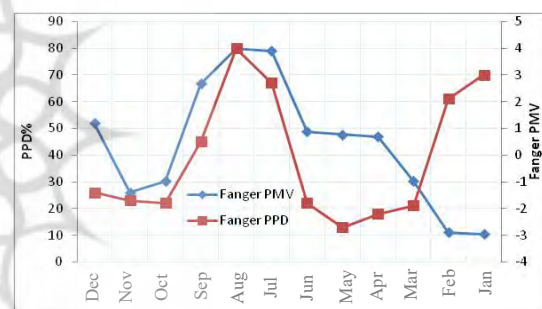


Fig.9. One year PMV and PPD values from thermal performance of solar chimney from model one for room space on the fourth floor

برای بررسی بیشتر این مدل به شناخت اثر قرارگیری طبقات بر میزان تاثیرگذاری عملکرد حرارتی دودکش خورشیدی روی آسایش حرارتی، روز یک اردیبهشت به عنوان یک روز مشخص انتخاب شده است تا نمودارهای آسایش حرارتی در آن با دقت مورد بررسی قرار گیرد. بر اساس شکل ۱۰، هر چه طبقات بالاتر می‌رود اثر مثبت دودکش بر آسایش حرارتی در ساعات شب بیشتر می‌شود. اما در طول روز کمتر است؛ به گونه‌ای که در طول ساعات روز بدترین شرایط متعلق به طبقه‌ی چهارم است. بر اساس شکل ۱۱، که میزان دبی کلی دودکش را نشان می‌دهد، آسایش حرارتی برای طبقات فقط در طول شب با عملکرد این نوع دودکش بهبود بخشیده می‌شود. صرفاً میزان دبی این دودکش باعث می‌شود جریان هوای گرم بیرون، درون فضای داخل شود. خاطر نشان می‌گردد اگرچه به علت محدودیت نرم‌افزار امکان تعیین میزان دبی در درجه‌های خروجی وجود ندارد، اما با توجه به این که کمترین فاصله بین درجه ورودی از طبقه

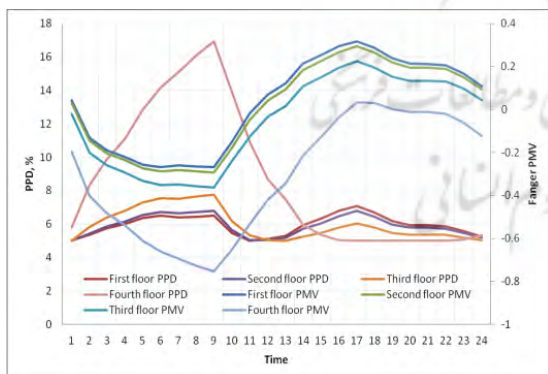


Fig.10. Comparison of PMV and PPD characteristics for four model floors on 1. May

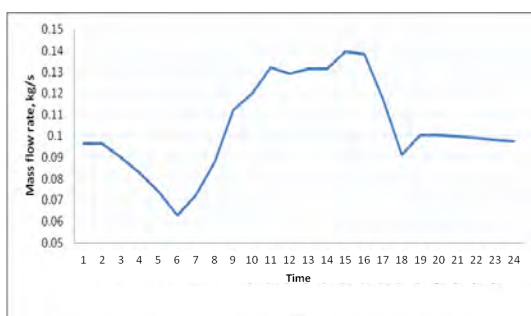


Fig.11. Total flow of solar chimney model one on 1. May

باشد که به علت دبی بالای دودکش خورشیدی مدل سه در طول ساعات روز، حرارت جذب شده در بدنه‌ی جاذب آن تخلیه شده به گونه‌ای که دیگر تهویه‌ی شبانه‌ی خوبی را شاهد نیستیم. این نشان می‌دهد که این نوع دودکش اگرچه در طول ساعات روز بسیار بهتر عمل می‌کند، اما در طول ساعاتی که دودکش می‌تواند با توجه به یافته‌های پیشین عملکرد آسایش حرارتی بهتری را داشته باشد، از کار می‌افتد. بنابراین افزایش میزان و شدت دبی دودکش خورشیدی لزوماً نمی‌تواند امری مثبت تلقی گردد. بررسی شکل ۱۸، به خوبی صحت این ادعا را ثابت می‌کند و به خوبی مشخص است که دمای هوای خروجی از دودکش مدل سوم در طول روز، به اوج خود و به بالاترین میزان در مقایسه با سایر دودکش‌ها می‌رسد، در حالی که این دما در زمان‌هایی که دبی صفر می‌شود، به پایین‌ترین میزان در مقام مقایسه می‌رسد که نشان دهنده این است که حرارت صفحه‌ی جاذب به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. بعد از مدل سه، بر اساس شکل‌های ۱۵ و ۱۸، مدل دو بهترین دبی را در در همه ساعات فراهم کرده است. همچنین بر اساس شکل ۱۶، دبی متوسط خروجی این مدل نسبت به دو مدل دیگر مناسب‌تر است.

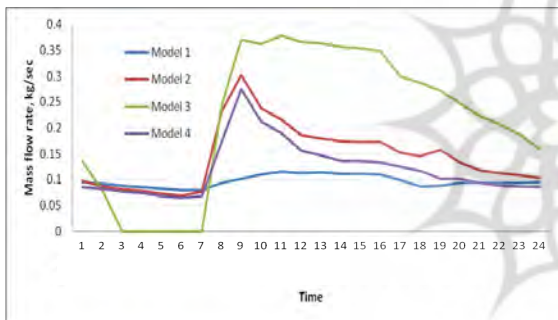


Fig.15. Comparison of chimney outlet flow for four geometric models of solar chimney on 1. May

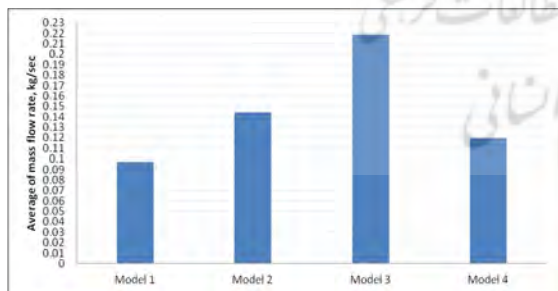


Fig.16. Comparison of average flue discharge flow for four geometric models of solar flue on 1. May

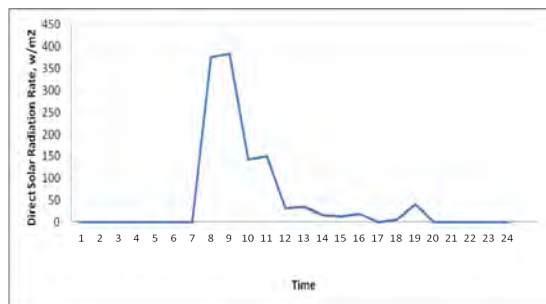


Fig.17. The amount of direct sunlight on the chimney surface during the day of 1. May

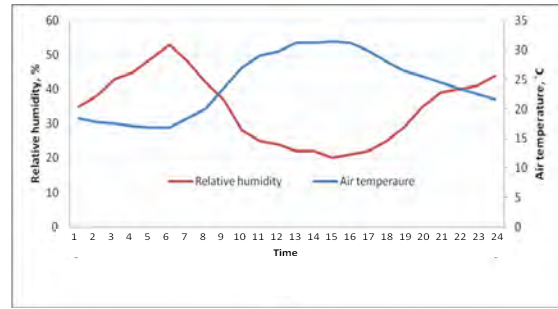


Fig.12. Air temperature and relative humidity of the outside air on 1. May

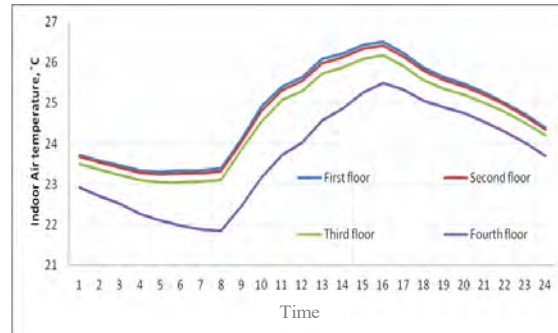


Fig.13. Comparison of air temperature of floors equipped with solar chimney model one on 1. May

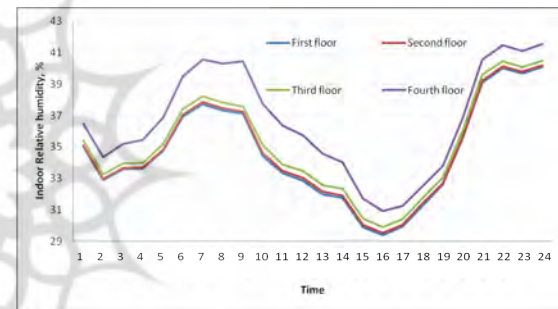


Fig.14. Comparison of relative humidity of floors equipped with model one solar chimney on 1. May

به منظور بررسی اثر هندسه بر میزان دودکش خورشیدی از چهار هندسه‌ی مشخص استفاده شده که در روز یک اردیبهشت شبیه‌سازی آن‌ها انجام شده است. در این چهار مدل دودکش خورشیدی، عرض و ارتفاع آن‌ها تغییر کرده است. به گونه‌ای که می‌توان تشخیص داد که کدام پارامتر بر افزایش میزان دبی دودکش خورشیدی اثر بیشتری دارد. بر اساس شکل‌های ۱۵ و ۱۶، به خوبی مشخص است که اثر ارتفاع دودکش خورشیدی بر میزان حداکثر و متوسط دبی دودکش خورشیدی بیش از افزایش عرض آن است. بر اساس شکل ۱۸، به خوبی مشخص است که دبی دودکش خورشیدی در طول ساعات روز به شکل قابل توجهی افزایش می‌یابد. اوج این دبی نیز در ساعت ۷:۰۰ صبح شروع می‌شود و بر خلاف مدل‌های دیگر که با افت میزان تابش، افت دبی دارند (شکل ۱۷)، در مدل سوم تا چندین ساعت بعد نیز میزان دبی به خوبی ادامه دارد. اما نکته‌ی قابل توجه این است که دبی دودکش مدل سوم، بر اساس شکل ۱۵، در بین ساعت‌های ۱:۰۰ تا ۷:۰۰ صبح، به شدت افت کرده تا جایی که بین ساعت ۳:۰۰ تا ۷:۰۰ صبح، به صفر می‌رسد. این موضوع می‌تواند ناشی از این حقیقت



آسایش حرارتی فنگر، استفاده شد. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که در دودکش خورشیدی مدل اول با ابعاد $1/16 \times 1/16 \times 1/60$ ، آسایش حرارتی در ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، مهر، آبان و آذر، به حد مجاز نزدیک بوده و طبق شکل‌های ارائه شده، استفاده از این نوع دودکش در تیر، مرداد و شهریور جوابگو نبوده و به همین دلیل این مدل مورد تایید نمی‌باشد. در روز یک اردیبهشت، به بررسی اثر قرارگیری طبقات بر میزان تاثیرگذاری عملکرد حرارتی دودکش خورشیدی روی آسایش حرارتی در مدل اول پرداخته و مشخص شد میزان دبی این نوع دودکش خورشیدی در همه‌ی زمان‌ها اثر مثبتی بر آسایش حرارتی در ساختمان ندارد. همچنین در این روز با بررسی اثر هندسه بر میزان دبی دودکش خورشیدی، چهار هندسه‌ی مشخص با هم مقایسه شدند. طبق بررسی‌ها اثر ارتفاع دودکش خورشیدی بر میزان حداکثر و متوسط دبی دودکش خورشیدی بیشتر از افزایش عرض آن تأثیر دارد، که با توجه به روش مقایسه‌ای، مدل سوم توان جابه‌جایی هوا را به خوبی انجام داشته ولی در ساعت‌های مشخصی به شدت افت پیدا می‌کند تا جایی که به صفر نیز می‌رسد؛ به گونه‌ای که دیگر تهویه‌ی شبانه‌ی خوبی انجام نمی‌دهد. پس لزوماً داشتن دودکش با دبی حداکثر مناسب نمی‌باشد. بهترین مدل با توجه به روش مقایسه‌ای بعد از مدل سه با ابعاد $1/16 \times 1/16 \times 2/23$ ، مدل دو با ابعاد $1/16 \times 1/16 \times 2$ می‌باشد که توان جابه‌جایی هوا را در تمام ساعات روز، به خوبی دارد. با بررسی دبی و آسایش حرارتی این میزان دبی، آسایش مناسبی را می‌تواند در ساختمان ایجاد کند. پس نتیجه می‌گیریم، دودکش با ابعاد $1/16 \times 1/16 \times 2$ (مدل ۲) برای اتاق‌های رو به جنوب شهر اهواز با ابعاد $3 \times 5 \times 2/9$ متر مناسب است و می‌تواند آسایش را در ماه‌های نام برده به خوبی فراهم کند. همچنین با توجه به بررسی‌های انجام شده در طول یکسال، این سیستم مورد نیاز می‌باشد. در ماه‌هایی که شرایط آسایشی کم است، پیشنهاد می‌شود جهت شرایط آسایشی به بررسی سیستم‌های مکانیکی، تهویه و تهویه مطبوع و فضای سبز و سیستم‌های تهویه طبیعی پرداخته شود.

پی‌نوشت

1. Predicted Mean Vote
(بیش بینی متوسط احساس یکسان)
2. Predicted Percentage Dissatisfied
(بیش بینی درصد افراد ناراضی)

تشکر و قدردانی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

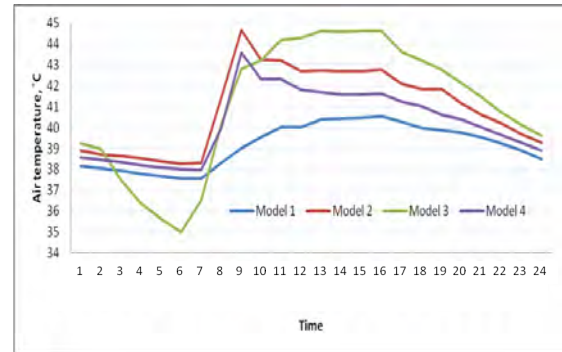


Fig.18. Comparison of exhaust air temperature from solar chimney for four models during the day of 1. May

آسایش حرارتی و میزان دبی دودکش مدل دو، به طور سالانه بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد در ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، مهر، آبان و آذر، آسایش حرارتی در ساختمان برقرار شده است که طبق شکل ۱۹، میزان PPD آن‌ها زیر ۱۵ درصد و PMV آن‌ها بین قدر مطلق ۰/۷ است. در شکل ۲۰، دبی کلی دودکش خورشیدی این مدل در یکسال نشان داده شده است که نشان می‌دهد مدل دو، توانسته با این میزان دبی در ماه‌های نام برده آسایش را برقرار کند.

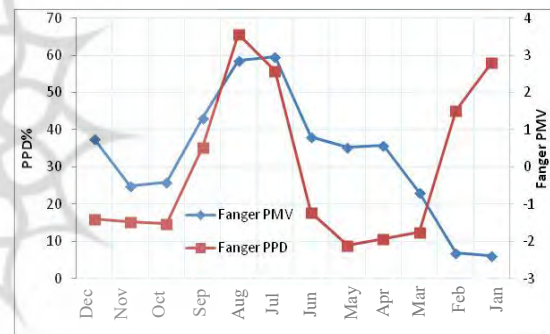


Fig.19. PMV and PPD values of one year obtained from the thermal performance of solar chimney from model two in floors



Fig.20. Total flow of solar chimney model two in one year

نتیجه‌گیری

در این پژوهش چهار مدل مختلف دودکش خورشیدی در یک روز مشخص، جهت بررسی اثر هندسه بر میزان دبی آن، مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین آسایش حرارتی مدل اول، در یکسال و یک روز مشخص بررسی شد. دلیل انتخاب این مدل آن بود که بررسی وضعیت اثرگذاری دودکش بر کل فضا، امکان می‌ساخت. در این بررسی‌ها از شاخص

تعارض منافع

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

تأییدیه‌های اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیه 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 به‌طور برابر مسئولیت تمام محتویات و مطالب گفته‌شده در مقاله را می‌پذیرند.

References

1. Abdallah. A.S.H., 2017. Occupant Comfort and Indoor Temperature Reduction by Using Passive Air Conditioning System with Solar Chimney Concept in Hot Arid Climate. *Procedia Engineering*, 205, 1100-1107.
2. Abdeen, A.A. Serageldin, M.E.Ibrahim, A.El-Zafarany, S.Ookawara, R.Murat., 2019. Solar chimney optimization for enhancing thermal comfort in Egypt: An experimental and numerical study. *Solar Energy*, 180: p. 524-536.
3. AboulNaga, M. and S. Abdrabboh, 2000. Improving night ventilation into low-rise buildings in hot-arid climates exploring a combined wall-roof solar chimney. *Renewable Energy*, 19(1-2): p. 47-54.
4. Afonso, C. and A. Oliveira, 2000. Solar chimneys: simulation and experiment. *Energy and Buildings*, 32(1): p. 71-79.
5. Article 19 National Building Regulations. (in persian)
6. Asadi S., Fakhari M., Mahdavi Parsa A., 2016. The effect of solar chimney layout on ventilation rate in buildings. *Energy and Buildings*, 123: p. 71-78.
7. Asghari Jafari Abadi, Mohammad, Soltani, Mohammadi, Seyedeh Mo'meneh, 2013. "Statistics Series: Correlation and Regression" *Iranian Journal of Diabetes and Lipids*, No. 6 (Tehran) from page 18 (2), 506-479. (in persian)
8. ASHRAE GUIDLINE 14- 2002 P.15
9. Bahadori Nejad, M. and M. Yaghoubi, 2006. *Ventilation and Cooling in Traditional Iranian Buildings*. Academic Publishing Center.
10. Bahadori Nejad, Mehdi; Yaghoubi, Mahmoud, 2006 "Natural Ventilation and Cooling in Traditional Iranian Buildings" University Publishing Center, (Tehran). (in persian)
11. Bansal, N., R. Mathur, and M. Bhandari, 1993. Solar chimney for enhanced stack ventilation. *Building and environment*, 28(3): p. 373-377.
12. Bansal, N., R. Mathur, and M. Bhandari, 1994. A study of solar chimney assisted wind tower system for natural ventilation in buildings. *Building and Environment*, 29(4): p. 495-500.
13. Bouchair, 1994. A., Solar chimney for promoting cooling ventilation in southern Algeria. *Building services engineering research and technology*, 15(2): p. 81-93.
14. Cao F, Zhao L, Li H, Guo H (2013) Performance analysis of conventional and sloped solar chimney power plants in China. *Appl Therm Eng* 50: 582- 592.
15. Chantawong P., Hirunlabh J., Zeghmatti B., Khedari J., Teekasap S., Maung Win M., 2006. Investigation on thermal performance of glazed solar chimney walls. *Solar Energy*, 80(3): p. 288-297.
16. Charvat, P., M. Jicah, and J. Stetina. 2004. Solar chimneys for ventilation and passive cooling. in *World Renewable Energy Congress*, Denver, USA.
17. Chen ZD., Bandopadhyay P., Halldorson J., Byrijalsen C., Heiselberg P., Li Y., 2003. An experimental investigation of a solar chimney model with uniform wall heat flux. *Building and Environment*, 38(7): p. 893-906.
18. Chung, L.P., Ahmad, M.H., Ossen, D.R., Hamid, M., 2015. Effective solar chimney cross section ventilation performance in Malaysia terraced house. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 179: p. 276-289.
19. Chungloo, S. and B. Limmeechokchai, Utilization of cool ceiling with roof solar chimney in Thailand: The experimental and numerical analysis. *Renewable energy*, 2009. 34(3): p. 623-633.
20. Fakhari, M. and S. Heidari, 2013. Solar Chimney Optimization and its Effect on Building Ventilation. *Arts - Architecture and Urban Development*, 18(2): p. 83-88.
21. Fakhari, Maryam; Heidari, Shahin 2013. "Optimization of solar chimney and its effect on building ventilation" *Journal of Fine Arts - Architecture and Urban Planning*, from page 18 (2), 83-88. (in persian)
22. J.Xamán, R.Vargas-López, M.Gijón-Rivera, I. Zavala-Guillén, M.J.Jiménez, J.Arce. Transient thermal analysis of a solar chimney for buildings with three different types of absorbing materials: Copper plate/PCM/concrete wall, *Renewable energy*, 2019. 136, 139-158
23. Khanal, R. and C. Lei, 2011. Solar chimney-A passive strategy for natural ventilation. *Energy and Buildings*, 43(8): p. 1811-1819.
24. Khanal, R. and C. Lei, 2012. Flow reversal effects on buoyancy induced air flow in a solar chimney. *Solar Energy*, 86(9): p. 2783-2794.



25. Koronaki, I., 2013. The impact of configuration and orientation of solar thermosyphonic systems on night ventilation and fan energy savings. *Energy and Buildings*, 57: p. 119-131.
26. Marti, J. and M. Heras-Celemin, 2007. Dynamic physical model for a solar chimney. *Solar Energy*,. 81(5): p. 614-622.
27. Miyazaki, T., A. Akisawa, and T. Kashiwagi, 2006. The effects of solar chimneys on thermal load mitigation of office buildings under the Japanese climate. *Renewable Energy*, 31(7): p. 987-1010.
28. Ong, K., 2003. A mathematical model of a solar chimney. *Renewable energy*, 28(7): p. 1047-1060.
29. Pantavou, K., et al., 2011. Evaluating thermal comfort conditions and health responses during an extremely hot summer in Athens. *Building and Environment*,. 46(2): p. 339-344.
30. Pilechiha, Peyman; Zarrinmehr, Zahra, 2016. "Solar Chimney Function and Its Impact on Air Conditioning of Contemporary Buildings", The First National Conference on the Future of Engineering and Technology, Iran (Tehran), March 28th. (in persian)
31. Pilehchiha, P. and Z. Zarrinmehr, 2016. Solar Chimney Function and its Impact on Air Conditioning of Contemporary Buildings. National Future Engineering & Teleconference Conference,.
32. Punyasompun S., Hirun J., Khedari J., Zeghmaf B., 2009. Investigation on the application of solar chimney for multi-storey buildings. *Renewable Energy*,. 34(12): p. 2545-2561.
33. Rašti, Behnam; Ghorbani Mosul, Mehrdad; Omidvar, Amir 2012. "Passive solar systems are an efficient method to save energy consumption in the building", *Mechanical Engineering*, from page 8 (21), 63-70.(in persian)
34. S. I. ul H. Gilania, M. H. Khanb, W. Pao, 2015. Thermal comfort analysis of PMV model Prediction in Air conditioned and Naturally Ventilated Buildings, *Energy Procedia* 751379 – 1373 .
35. Salehi, A., Fayaz, R ., Bozorgi , M ., Asadi, S ., Costanzo , V., Imani , N., Nocera, F., 2019. Investigation of thermal comfort efficacy of solar chimneys under different climates and operation time periods. *Energy and Buildings*,. 205: 109528.
36. Shi, L., Zhang,G, Cheng ,X ., Guo,Y., Wang,J., Chew, M.Y.L., 2016. Developing an empirical model for roof solar chimney based on experimental data from various test rigs. *Building and Environment*,. 110: p. 115-128.
37. Shi L., Zhanga G., Yangb W., Huangc D., Chengd X ., Setungea S ., 2018. Determining the influencing factors on the performance of solar chimney in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,. 88: p. 223-238.
38. Walton, G.N., 1983. Thermal analysis research program reference manual. National Bureau of Standards, March,.
39. Zha, X., J. Zhang, and M. Qin, 2017. Experimental and numerical studies of solar chimney for ventilation in low energy buildings. *Procedia Engineering*,. 205: p. 1612-1619.
40. Zhou XP, Wang F, Fan J, Ochieng RM (2010) Performance of solar chimney power plant in Qinghai-Tibet Plateau. *Renew Sust Energy Rev* 14: 2249–55.
41. Zolfaghari, H., 2007. Determination of Timetable for Tabriz Circulation Using Temperature Indicators Equivalent to PET Physiology and PMV Predicted Average Survey. *Geographical Research*,. 62.
42. Zolfaghari, Hassan, 2007. "Determining the appropriate time calendar for traveling in Tabriz using temperature indicators equivalent to PET physiology and the average PMV predicted survey" *Journal of Geographical Research*, No. 62 (Tehran). (in persian)



فصلنامه علمی

معماری و شهرسازی ایران