Journal of Science and Technology in Mechanical Engineering
Vol. 3, No. 1, pp. 185-206, 2024
Journal Homepage: https://stmechanics.bmtc.ac.ir/?lang=en
DOI: 10.22034/STME.2024.480524.1077

Feasibility Study of Natural Ventilation Potential of Residential Buildings for Different Climates in Iran

Vahid Rezaee*[1], Mojtaba Masounezhad[2], Arash Tahvili[3]

1. Instructor, Department of Mechanical Engineering, National University of Skills (NUS), Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, National University of Skills (NUS), Tehran, Iran.
3. Instructor, Department of Textile Engineering, National University of Skills (NUS), Tehran, Iran.

Abstract

Natural ventilation is one of the most important passive strategies to reduce building energy use, provide thermal comfort, and improve indoor air quality. It is one of the key solutions for sustainability in the building industry. On the other hand, natural ventilation is potentially dependent on climatic conditions and varies considerably from one region to another. In this study, the feasibility of passive cooling and natural ventilation has been assessed for various cities in Iran. Based on Köppen-Geiger climate classification, the Iran climate is segmented to nine climates. The impact of climatic conditions on natural ventilation of buildings was assessed using the Köppen-Geiger method and several selected cities in these climates using Climate Consultant software using the ASHRAE 55 standard method. By importing the climate parameter file of the selected cities into the Climate Consultant software, output results including comfort conditions, natural ventilation, and other results were obtained for 9 climates of Iran. The results showed that the climate of Abadan city with 673 hours provides the most natural ventilation, and the climates of Rasht and Anzali cities with less than 10 hours provide the least comfort using natural ventilation. Also, the cities of Yazd and Sabzevar have the highest potential with 25.8 percent and 22.5 percent per year, respectively, and the cities of Anzali and Meshginshahr have the lowest potential for using evaporative cooling systems (water coolers) with 0.1 and 0.8 percent, respectively.

Keywords

Iran's Climate Conditions
Climate Consultant Software
Köppen-Geiger Climatology
Comfort Conditions
Evaporative Cooling

Received: 09.26.2024
Revised: 12.07.2024
Accepted: 12.31.2024

***Corresponding Author**
Vahid Rezaee
Email
Vrezaee@nus.ac.ir

1- Introduction

The building sectors collectively account for 30% of the world's total final energy consumption and 27% of total energy sector emissions [1-3]. An important factor in this impact is the operation of buildings, which includes energy consumption for lighting, heating, cooling, and ventilation [4-6]. Unlike contemporary structures that rely on mechanical systems and non-renewable energy sources for these functions, vernacular architecture exhibits bioclimatic and passive design features. As a vital strategy for bioclimatic design, natural ventilation plays an important role in regulating the indoor environment of vernacular architecture.

The potential for natural ventilation can be assessed at three main scales: climate, site, and building. On a climatic scale, it depends on climatic parameters such as temperature and humidity in a particular location. The first step in a natural ventilation strategy in buildings is to identify the availability and usability of natural ventilation in the climate, as this strategy is highly dependent on local climatic characteristics and varies significantly from region to region. Ventilation is the natural movement of air inside a building using various strategies, which must be carefully designed to ensure a healthy living environment. Proper ventilation is associated with improved health, increased air quality, higher levels of environmental satisfaction, and by providing fresh air and removing carbon dioxide, reduces exposure to a wide range of air pollutants, odors, and chemicals.

©2024 the authors. Published by National University of Skills, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC License) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

E-ISSN: 2981-2232

The main goal of this research is to assess the feasibility of natural ventilation potential for the climatic conditions of Iranian cities according to the Köppen-Geiger method. In studying the climatic conditions, three parameters of temperature, humidity, and wind were conducted for 9 climates of Iran according to the Koppen method for different cities using Climate Consultant software. This software uses the ASHRAE 55 standard model using the PMV method. Using the PMV (Predicted Poll Mean Value) mathematical model, the combined effects of temperature quantities, mean radiant temperature, wind speed, clothing thermal resistance, and humidity levels were considered.

2. Research Methods

The work flow is that weather files for each region in EPW format are imported to software, and we can extract these formats on sites like Energy Plus for Iran cities and other parts of the world weather conditions. By importing the climate files of the selected cities in the climate consulting software, climate charts is drawing and their analyzing is done using the Climate Consultant software. In the weather consulting software, we have used the ASHRAE 55 standard and the PMV model. In this standard, thermal comfort is defined based on dry bulb temperature, clothing surface, metabolic activity, air velocity, humidity, and average radiant temperature. The area where most people are comfortable is calculated using the PMV (predicted mean vote) model. Regarding the climatic classification of different parts of the world, various methods have been proposed, among which the method of the Austrian scientist Köppen has been favored. Kopen has introduced different types of climates in the world based on the growth of plants. Basically, in many regions of the world, climate is defined by latitude and altitude. Most of Iran is located in a temperate region with latitude between 25- and 40- degrees north latitude. Iran has a high plateau with a majority of its territory rising beyond 475 meters above sea level. Based on Köppen–Geiger climate classification, BWh, BSk, CSa and BSh are important climatic groups of Iran, each part covers a large part of the country and other climatic groups comprise a very small part of the country area (Figure 1).

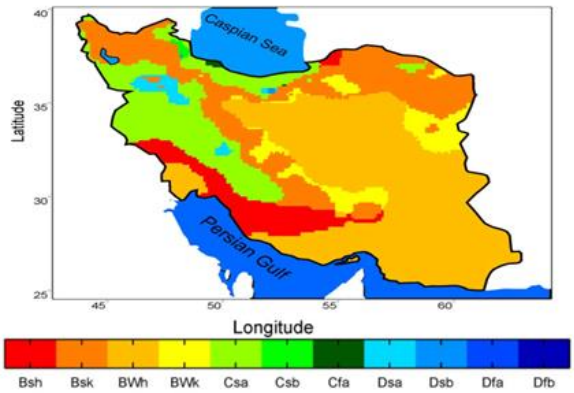


Figure 1: Köppen – Geiger climate classification of Iran

3. Results

According to Table 1, moving from the north of Iran to the center and south, the potential for using natural ventilation is greater according to the software results. Abadan has the highest ventilation potential with 673 hours of ventilation per year, followed by Qom with 625 hours of ventilation per year and Tehran with 570 hours of ventilation per year. Northern and coastal cities on the Caspian Sea have the least potential and ventilation hours Rasht city has the lowest ventilation potential with 5 hours of ventilation per year, followed by Ramsar with 10 hours of ventilation per year and Garmsar with 11 hours of ventilation per year. In general, it can be stated that central and southern cities have greater potential for using natural ventilation, according to the defined conditions.

Table 1: Natural ventilation results for different cities

City	*Ventilation hours*	*City*	*Ventilation hours*
Abali	118	Rasht	5
Astara	3	Ilam	444
Khoramabad	341	Ardabil	59
Sabzevar	590	Anzali	11
Kerman	435	Tabriz	290
Hamedan	275	Mashhad	377
Yasuj	256	Hamdan - Nojeh	225
Abadan	673	Yazd	425
Ahvaz	511	Sanandaj	338
Tehran	570	Bandar Abbas	263
Qom	625	Birjand	466

4. Conclusion

In this research, the passive design of buildings with near-zero energy consumption was studied for 9 of the 31 climates identified by Köppen-Geiger for Iran, which include BWh, BSk, BSh, BWk and CSa, CSb, CFa, DSa, DSb. By importing climate data in EPW format into Climate Consultant software and using the ASHRAE55 standard and the PMV model in the climate consulting software, it was used. The output results of the cities, including temperature, relative humidity, and wind speed, as well as the results of comfort conditions and natural ventilation, were examined with various figures and tables.

5- References

[1] Yadegari, M., An optimal design for S-shaped air intake diffusers using simultaneous entropy generation analysis and multi-objective genetic algorithm, The European Physical Journal Plus, (2021), Vol. 136, No. 10, pp. 10-19,.

[2] Yadegari, M. and A. Bak Khoshnevis., A numerical study over the effect of curvature and adverse pressure gradient on development of flow inside gas transmission pipelines, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, (2020),.

[3] Haghighatjoo, H., M. Yadegari, and A. Bak Khoshnevis., Optimization of single-obstacle location and distance between square obstacles in a curved channel, The European Physical Journal Plus, (2022), Vol. 137, No. 9, pp. 1042,.

[4] Yadegari, M. and M. Ghassemi, Investigation of the Effects of Temperature, Mass Flow Rate of the Injected Fuel, Pore Diameter, Porosity and Ambient Pressure on the Amount of Pollutants in the Combustion Chamber. Iranian Journal of Mechanical Engineering Transactions of the ISME, 2022. 23(1): p. 122-146.

[5] Raziei, T. Köppen-Geiger climate classification of Iran and investigation of its changes during 20th century. Journal of the Earth and Space Physics
(2017). , 43(2), 419-439.

[6] Rezaee, Vahid, and Arash Houshmand. Feasibility study of Maisotsenko indirect evaporative air cooling cycle in Iran. GeoScience Engineering 61.2 (2015): 23.

نشریه علم و فناوری در مهندسی مکانیک

سال ۱۴۰۳، دوره ۳، شماره ۱، صفحه ۱۸۵-۲۰۶

آدرس نشریه: https://stmechanics.bmtc.ac.ir

DOI: 10.22034/stme.2024.480524.1077

امکان‌سنجی پتانسیل تهویه طبیعی ساختمان‌های مسکونی برای اقلیم‌های مختلف ایران

وحید رضائی[1*]، مجتبی معصوم نژاد[2]، آرش تحویلی[3]

۱- مربی، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران.

۲- دانشیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران.

۳- مربی، گروه نساجی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران.

چکیده

تهویه طبیعی از مهم‌ترین استراتژی‌های غیرفعال کاهش مصرف انرژی ساختمان، ایجاد آسایش حرارتی و بهبود کیفیت هوای داخل ساختمان است و از راه‌حل‌های کلیدی برای دستیابی به پایداری در صنعت ساختمان می‌باشد. از طرف دیگر، پتانسیل تهویه طبیعی به‌شدت وابسته به شرایط آب‌وهوایی است و به‌طور قابل‌توجهی از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است. در این مقاله امکان‌سنجی سرمایش غیرفعال و تهویه طبیعی برای شهرهای مختلف ایران انجام‌شده است. شهرهای ایران با روش اقلیم‌شناسی کوپن - گایگر به ۹ اقلیم تقسیم می‌شوند. تأثیر شرایط اقلیمی برای تهویه طبیعی ساختمان‌ها با استفاده از روش کوپن - گایگر و چند شهر منتخب در این اقلیم‌ها توسط نرم‌افزار کلایمنت کانسالتنت با روش استاندارد ASHRAE 55 انجام شد. با واردکردن فایل پارامترهای آب‌وهوایی شهرهای منتخب در نرم‌افزار کلایمنت کانسالتنت نتایج خروجی شامل شرایط آسایش، تهویه طبیعی و دیگر نتایج برای ۹ اقلیم ایران‌به دست آمد. نتایج نشان داد که اقلیم شهرآبادان با ۶۷۳ ساعت بیشترین تهویه طبیعی و اقلیم شهرهای رشت و انزلی با مقدار زیر ۱۰ ساعت کمترین مقدار آسایش را با استفاده از تهویه طبیعی تأمین می‌کنند. همچنین شهرهای یزد و سبزوار به ترتیب با ۲۵.۸ درصد و ۲۲.۵ درصد در سال بیشترین پتانسیل و شهرهای انزلی و مشکین‌شهر به ترتیب با ۰.۱ و ۰.۸ درصد کمترین پتانسیل استفاده از سیستم سرمایش تبخیری (کولرآبی) را دارند.

کلمات کلیدی

شرایط آب‌وهوایی ایران

نرم‌افزار کلایمنت کانسالتنت

روش اقلیم‌شناسی کوپن – گایگر

شرایط آسایش

سرمایش تبخیری

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۰۵

بازنگری مقاله: ۱۴۰۳/۰۹/۱۷

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۱۱

[*]نویسنده مسئول

وحید رضائی

ایمیل

Vahidrezaee.136698@gmail.com

۱- مقدمه

بخش‌های ساختمانی مجموعاً ۳۰ درصد از کل مصرف انرژی نهایی جهان و ۲۷ درصد از کل انتشارات بخش انرژی را تشکیل می‌دهند [۱-۳]. عامل مهم در این تأثیر، عملیات ساختمان‌ها است که شامل مصرف انرژی برای روشنایی، گرمایش، سرمایش و تهویه می‌شود [۴-۶]. برخلاف سازه‌های معاصر که برای این عملکردها به سیستم‌های مکانیکی و منابع انرژی تجدید ناپذیر متکی هستند، معماری بومی ویژگی‌های طراحی زیست‌اقلیمی و غیرفعال را به نمایش می‌گذارد. به‌عنوان‌مثال، معماری سنتی در آب‌وهوای گرمسیری اغلب دارای سازه‌های مرتفع، برآمدگی‌های گسترده، دهانه‌های متعدد و الوارهای با وزن سبک و بومی برای مقابله با شرایط گرم و مرطوب است. برعکس، خانه‌های بومی در مناطق کویری معمولاً دارای دیوارهای ضخیم برای عایق، پنجره‌های کوچک، حیاط‌های سایه‌دار و استفاده از مصالح بومی مانند خشت یا آجر گلی برای سازگاری با محیط خود هستند. چنین مثال‌هایی نشان می‌دهد که چگونه معماری بومی را می‌توان به‌گونه‌ای طراحی کرد که با اقلیم و منابع محیطی آن‌ها کار کند نه اینکه به‌شدت بر وسایل مصنوعی برای کنترل محیط داخلی تکیه کند [۸،۹]. در زمینهٔ بحران انرژی فعلی و تغییرات آب‌وهوایی، طراحی زیست اقلیم و غیرفعال که در معماری بومی تجسم‌یافته است به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان منابع ارزشمند برای ایجاد یک جامعه پایدار شناخته می‌شود. به‌عنوان یک استراتژی حیاتی برای طراحی زیست اقلیم، تهویه طبیعی نقش مهمی در تنظیم محیط داخلی معماری بومی ایفا می‌کند [۱۵-۱۸]. با در نظر گرفتن عواملی مانند چیدمان ساختمان، دهانه‌ها و اجزاء، معماری بومی به‌طور مؤثر از تفاوت دما و اختلاف فشار هوا برای هدایت تهویه طبیعی، تسهیل گردش و تعویض هوا استفاده می‌کند.

شاپای الکترونیکی: ۲۲۳۲-۲۹۸۱

©2024 the authors. Published by National University of Skills, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC License) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

پتانسیل تهویه طبیعی برای ارزیابی امکان اطمینان از کیفیت هوای داخلی قابل‌قبول و آسایش حرارتی به‌طور طبیعی تعریف می‌شود. با تعیین محیط داخلی و خارجی، پتانسیل تهویه طبیعی می‌تواند تحت تأثیر اقلیم محلی، فرم شهری و ویژگی‌های ساختمان (هندسی و حرارتی) قرار گیرد.

علاوه بر این، دستگاه‌های تهویه مطبوع معمولی از مبردهای ساخته‌شده از ترکیبات کلر استفاده می‌کنند که متأسفانه در تخریب لایه ازون و گرم شدن زمین نقش دارند. قابل‌ذکر است که تولید گازهای گلخانه‌ای توسط انسان به‌ویژه دی‌اکسید کربن در حال تغییر دادن اقلیم جهانی است [۷]. آمارها نشان می‌دهد که نزدیک به ۵۰ درصد از انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای توسعه‌یافته از مصرف انرژی در ساختمان‌ها ناشی می‌شود؛ بنابراین، بدیهی است که سیستم‌های تهویه خوب و کارآمد برای کاهش و کنترل مصرف انرژی و همچنین کاهش قابل‌توجه در انتشار دی‌اکسید کربن موردنیاز هستند.

استفاده از سیستم تهویه طبیعی یا غیرفعال می‌تواند یک‌راه جایگزین برای حفظ خنکی یک‌خانه یا کاهش بار تهویه مطبوع باشد. یک سیستم خنک‌کننده غیرفعال از روش‌های غیر مکانیکی برای حفظ دمای مناسب داخلی استفاده می‌کند. نبوغ معماری‌های باستانی نشان داده است که چگونه استفاده منطقی از تکنیک‌های غیرفعال سنتی، همراه با طراحی هوشمندانه، در داشتن آسایش مطلوب تابستانی بدون نیاز به دنبال کردن سیستم‌های خنک‌کننده مکانیکی نقش داشته است. اخیراً تمایل زیادی به این سیستم‌ها به‌خصوص به دلایل اقتصادی و زیست‌محیطی وجود دارد.

پژوهش‌های بسیار زیادی در حوزه تهویه طبیعی و آسایش ساکنان انجام‌شده است. مینایی و معلمی [۸] بررسی آسایش حرارتی با مدل تهویه تطبیقی استاندارد ASHRAE[1]55 با نرم‌افزار انرژی پلاس برای ۶ شهر مختلف ایران را انجام دادند. نتایج نشان داد که بهترین عملکرد برای شهر تبریز اقلیم سرد و ضعیف‌ترین عملکرد برای شهر بندرعباس با اقلیم گرم و مرطوب می‌باشد.

صادقی و همکاران [۹] عملکرد حرارتی بادگیر برای ایجاد تهویه طبیعی در اقلیم گرم و خشک را بررسی کردند. شبیه‌سازی عددی در نرم‌افزار انسیس فلوئنت نشان داد که بهره‌گیری از بادگیر منجر به کاهش دما تا ۹ درجه سلسیوس می‌شود.

صفوی و اقبالی [۱۰] برای بهبود تهویه طبیعی و آسایش حرارتی در اقلیم گرم و خشک موارد تغییر فاز دهنده را مورد بررسی و انتخاب قرار دادند.

شریف‌زاده و همکاران [۱۱]، میرالهی و همکاران [۱۵]، کسمایی و ورمقانی [۱۶]، انتظاری و همکاران [۱۷]، با نرم‌افزار کلایمنت کانسالتنت شرایط آسایش و تهویه طبیعی برای اقلیم‌ها و شهرهای مختلف ایران را موردبررسی قراردادند.

استفانو شیاوون[2] و همکاران [۱۸]، یک برنامه وب جدید را برای تجسم و محاسبه آسایش حرارتی بر اساس استاندارد ASHRAE 55 ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ ارائه دادند. در مقایسه با نرم‌افزارهای موجود، این برنامه وب، رایگان و چند پلتفرمی است و یک نمایش دقیق بصری و بسیار تعاملی از شرایط آسایش ارائه می‌دهد.

ژانگ و همکاران [۱۹]، پاسخ‌های انسان به محیط‌های حرارتی در ساختمان‌های با تهویه طبیعی در منطقه گرم و مرطوب چین به‌طور سیستماتیک را موردمطالعه و بررسی قراردادند.

پتانسیل تهویه طبیعی را می‌توان در سه مقیاس اصلی ازجمله اقلیم، سایت و ساختمان ارزیابی کرد. شکل ۱ این طبقه‌بندی را نشان می‌دهد. در مقیاس آب‌وهوایی به پارامترهای اقلیمی مانند دما و رطوبت هوا در یک مکان خاص بستگی دارد. اولین گام در استراتژی تهویه طبیعی در ساختمان‌ها، شناسایی در دسترس بودن و قابلیت استفاده از تهویه طبیعی در اقلیم است؛ زیرا این استراتژی به‌شدت به ویژگی‌های آب‌وهوایی محلی بستگی داشته و به‌طور قابل‌توجهی از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است. تهویه، حرکت طبیعی هوا در داخل ساختمان با استفاده از استراتژی‌های مختلف است که باید به‌دقت طراحی شود تا محیطی سالم برای زندگی را تضمین کند. تهویه مناسب با بهبود سلامت، افزایش کیفیت هوا، سطح بالاتر رضایت از محیط همراه بوده و با تأمین هوای تازه و حذف دی‌اکسید کربن موجب کاهش قرار گرفتن در طیف وسیعی از آلاینده‌های هوا و بو و مواد شیمیایی می‌شود.

هدف اصلی این پژوهش، امکان‌سنجی پتانسیل تهویه طبیعی برای شرایط اقلیمی شهرهای ایران برحسب روش کوپن – گایگر[3] می‌باشد. در بررسی شرایط اقلیمی سه پارامتر دما، رطوبت و باد برای ۹ اقلیم ایران برحسب روش کوپن برای شهرهای مختلف با استفاده از نرم‌افزار کلایمنت کانسالتنت[4] انجام شد. در این

[1] American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers
[2] Stefano Schiavon
[3] Köppen–Geiger climate
[4] Climate Consultant Software (CCS)

نرم‌افزار از مدل استاندارد ASHRAE55 به روش PMV[1] استفاده‌شده است. با استفاده از مدل ریاضی PMV (شاخص متوسط نظرسنجی پیش‌بینی‌شده) اثرات ترکیبی کمیت‌های درجه حرارت، میانگین درجه حرارت تابشی، سرعت باد، مقاومت حرارتی لباس و سطوح رطوبت مدنظر قرار داده شد.

شکل ۱: مقیاس‌های ارزیابی پتانسیل تهویه طبیعی

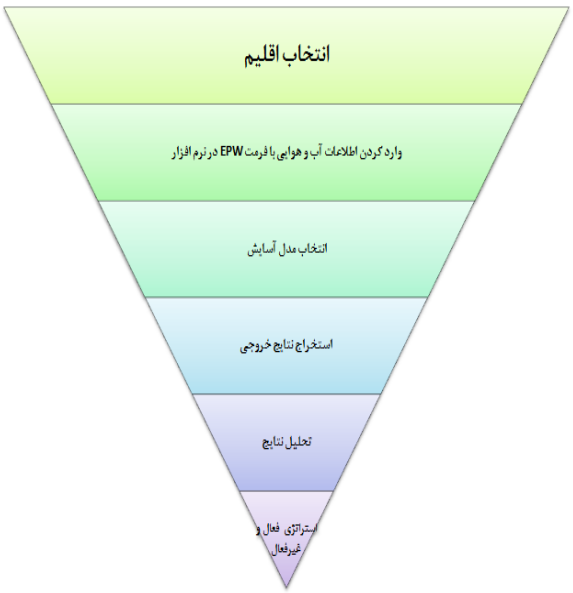
۲- مواد و روش‌ها

نحوه کار بدین‌صورت می‌باشد که در هر منطقه فایل‌های آب‌وهوایی با فرمت EPW[2] داده شده است که این فرمت‌ها را می‌توانیم در سایت‌هایی همانند انرژی پلاس برای شرایط آب‌وهوایی شهرهای ایران و دیگر نقاط جهان استخراج‌کنیم. با واردکردن فایل‌های آب‌وهوایی شهرهای منتخب در نرم‌افزار مشاوره آب‌وهوایی نمودارهای اقلیمی رسم و تحلیل آن با استفاده از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت انجام شد. در نرم‌افزار مشاوره آب‌وهوایی از استاندارد ASHRAE55 و مدل PMV استفاده شد. در این استاندارد آسایش حرارتی بر اساس دمای حباب خشک، سطح لباس، فعالیت متابولیک، سرعت هوا، رطوبت و میانگین دمای تابشی است. در جدول ۱ و ۲ ویژگی ایستگاه‌های هواشناسی شهرهای منتخب برای اقلیم کوپن - گایگر برای انجام آنالیز ارائه شد.

در شکل ۲ فلوچارت مراحل انجام تحقیق نشان داده شده است. لازم به ذکر می‌باشد که ابتدا فایل آب‌وهوایی هر شهر - ایستگاه به‌طور جداگانه وارد نرم‌افزار شده و بعد از استخراج نتایج تحلیل و مقایسه شهرها انجام شد.

جدول ۱: ویژگی‌های جغرافیایی شهرهای منتخب برای آنالیز [۲۰]

شهر	اقلیم	طول جغرافیایی شرقی	عرض جغرافیایی شمالی	ارتفاع m
یزد	BWh	۵۴.۲۸	۳۱.۸۸	۱۲۳۷
خرم‌آباد	CSa	۴۸.۲۸	۳۳.۴۳	۱۱۸۴
مشهد	BSk	۵۹.۵۷	۳۶.۲۷	۱۱۲۸
سبزوار	BSh	۵۷.۶۶	۳۶.۲۱	۹۴۱
انزلی	CFa	۴۹.۴۶	۳۷.۴۶	-۲۶
کرمان	BWk	۵۶.۹۶	۳۰.۲۵	۱۷۵۴
مشکین‌شهر	CSb	۴۷.۱	۳۸.۲۳	۱۸۳۰
همدان – نوژه	DSa	۴۸.۶۸	۳۵.۲	۱۶۸۰
آبعلی	DSb	۵۱.۹۶	۳۵.۷۶	۲۰۵۷



شکل۲: فلوچارت مراحل انجام تحقیق

[1] predicted mean vote (PMV)

[2] Energy Plus Ewather

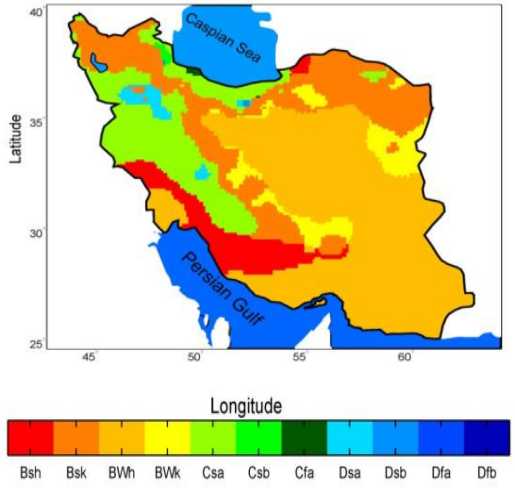
جدول ۲: ویژگی‌های دمایی شهرهای منتخب برای آنالیز [۲۰]

شهر	میانگین دمای خشک زمستانی	میانگین رطوبت نسبی زمستان	میانگین دمای خشک تابستانی	میانگین رطوبت نسبی تابستان
	°C	٪	°C	٪
یزد	۱۰	۴۰	۲۷	۱۸
خرم‌آباد	۶.۵	۶۵.۵	۲۲.۵	۳۱.۶
مشهد	۷.۳۳	۶۰.۶۷	۲۲.۶۷	۳۲
سبزوار	۹	۵۳.۸	۲۵.۵	۲۷.۸
انزلی	۹.۸	۸۵.۳۳	۲۲.۵	۸۱
کرمان	۸.۶	۴۵.۳۳	۲۳.۱۶	۲۱.۳۳
مشکین‌شهر	۶.۵	۷۰	۱۳	۶۴
همدان – نوژه	-۴	۶۳	۳.۳۳	۳۶.۶
آبعلی	۲	۵۸.۶۶	۱۷.۶۶	۳۵

۲-۱- شرایط اقلیمی ایران برحسب کوپن - گایگر

وضعیت غالب آب‌وهوای یک منطقه که در یک دوره درازمدت وجود داشته و تابعی از پارامترهای هواشناسی نظیر دما، بارندگی، رطوبت، تشعشع، باد و غیره می‌باشد را اقلیم آن منطقه می‌نامند[۱۵]. اقلیم تا آنجا که به آسایش انسان مربوط می‌شود، نتیجه تأثیر متقابل عناصری چون تابش آفتاب، دما و رطوبت هوا، وزش باد و میزان بارندگی است. در مورد تقسیم‌بندی اقلیمی نقاط مختلف جهان، روش‌های گوناگونی پیشنهاد شده که یکی از آن‌ها روش کوپن دانشمند اتریشی مورد توجه قرارگرفته است. اصولاً در بسیاری از مناطق جهان، اقلیم به‌وسیله عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا مشخص می‌شود. ایران با قرار گرفتن بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی، در منطقه گرم قرار دارد و ازنظر ارتفاع نیز، فلات مرتفعی است که مجموع سطوحی از آن‌که ارتفاعشان از سطح دریا کمتر از ۴۷۵ متر است، درصد بسیار کمی از سطح کل کشور را تشکیل می‌دهد[۱۶].

بررسی‌های اخیر انجام‌شده بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۴ نشان می‌دهد که از ۳۱ گروه اقلیمی شناسایی‌شده توسط کوپن-گایگر، ایران ۹ گروه از آن‌ها را در برمی‌گیرد (شکل ۳). بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن – گایگر، اقلیم‌های بیابانی خشک و بسیار گرم (BWh)[1]، نیمه بیابانی خشک و سرد (BSk)[2]، نیمه بیابانی خشک و بسیار گرم (BSh)[3] و معتدل با تابستان‌های خشک و بسیار گرم (CSa)[4] از گروه‌های مهم اقلیمی ایران هستند که هرکدام قسمت بزرگی از مساحت کشور را در برمی‌گیرند و سایر گروه‌های اقلیمی شامل بیابانی خشک و سرد (BWk)[5]، معتدل با تابستان‌های خشک و گرم (CSb)[6]، اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و بسیار گرم (DSa)[7] ، اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و گرم (DSb)[8] و معتدل پرباران با تابستان‌های گرم (CFa)[9] بخش بسیار کوچکی از مساحت کشور را تشکیل می‌دهند [۲۰](شکل۳).



شکل ۳: طبقه‌بندی اقلیم کوپن – گایگر در ایران

۲-۲- موقعیت منطقه موردمطالعه

ایران در جنوب غربی آسیا واقع‌شده و با کشورهای ترکمنستان، افغانستان، پاکستان، عراق، ترکیه، ارمنستان و آذربایجان مرز مشترک دارد. مساحت ایران تقریباً ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومترمربع است و بین ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه شرقی قرار دارد [۲۰]. یکی از

[1] Hot desert climate
[2] Cold semi-arid climate
[3] Hot semi-arid climate
[4] Hot-summer Mediterranean climate
[5] Cold desert climate
[6] Warm-summer Mediterranean climate
[7] Mediterranean-influenced hot-summer humid continental climate
[8] Mediterranean-influenced warm-summer humid continental climate
[9] Humid subtropical climate

عوامل محیطی مهم که بر زندگی افراد تأثیر می‌گذارد، آب‌وهوا است. یک الگوی آب‌وهوایی خاص، دما، بارندگی، مقدار باران، رطوبت و تهویه همه به‌عنوان آب‌وهوا نامیده می‌شود. از سوی دیگر، طبقه‌بندی آب‌وهوا برای یک رویکرد ایده‌آل در طراحی ساختمان با نگرانی‌های اقلیمی بسیار مهم است و ارتباط نزدیکی با حجم داده‌های مربوط به تحولات اقلیمی دارد. هدف اصلی یک ساختمان فراهم کردن محیطی امن و راحت برای ساکنین آن است. برای ایجاد یک منطقه اقلیمی واحد و متمایز، عوامل اقلیمی که از روش خاصی برای دفع گرما از بدن انسان پشتیبانی می‌کنند و نیاز به استفاده از کیفیت‌های تخصصی خاص در طراحی ساختمان دارند، باهم گروه‌بندی می‌شوند. بیشتر ایران در منطقه معتدل با عرض جغرافیایی بین ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی واقع‌شده است. ایران دارای فلات مرتفعی است که بیشتر قلمرو آن از سطح دریا ۴۷۵ متر بالاتر است. اگرچه ایران بین دو حوضه آبی قابل‌توجه (دریای خزر و خلیج‌فارس) قرارگرفته است، اما اثرات این حوضه‌ها به دلیل رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس و موقعیت جغرافیایی آن‌ها تنها در مجاورت آن‌ها احساس می‌شود. به همین دلیل، این حوضه‌های آبی عظیم به‌ندرت تأثیری در کنترل دمای داخلی کشور دارند. ایران ازنظر وسعت کشوری پهناور است که باعث ایجاد آب‌وهوای متنوعی شده است که طیف وسیعی از دماها از نیمه گرمسیری تا نیمه قطبی را در برمی‌گیرد. در فصل زمستان سیستم‌های پرفشار از نواحی غربی و جنوبی ایران عبور می‌کنند. از سوی دیگر، سیستم‌های کم‌فشار بر روی آب‌های گرم مانند اقیانوس هند، خلیج‌فارس و دریای خزر توسعه می‌یابند.

۲-۳- ویژگی‌های اقلیم کوپن - گایگر

هر منطقه آب‌وهوایی دارای ویژگی‌های متمایزی است که منعکس‌کننده شرایط خاص منطقه است. این موارد شامل مقدار بارندگی سالانه، میانگین سرعت باد و میانگین دمای ماهانه است. هر یک از این ویژگی‌ها در رابطه با یک شهر خاص به‌عنوان نماینده منطقه اقلیمی در ایران بررسی خواهد شد.

گروه B آب‌وهوای خشکArid: اقلیم بیابانی یا خشک، یک زیرگروه آب‌وهوای خشک است که در آن تبخیر بیشتر از میزان بارندگی است. آب‌وهوای بیابانی اغلب دارای سطوح لخت، صخره‌ای یا شنی است که خشک می‌باشد و آب باران زیادی را در خود نگه نمی‌دارد، بنابراین مقدار کمی از بار آن‌که می‌بارد خیلی زود تبخیر می‌شود. آب‌وهوای خشک دارای برخی تغییرات و ریز اقلیم‌ها به‌صورت زیر است [۱۶]:

آب‌وهوای خشک و بسیار گرم BWh: در این آب‌وهوا، آسمان صاف و فشار بالا منجر به شرایط گرم و خشک با نور شدید خورشید می‌شود. میانگین دمای هوا در ماه‌های گرم اغلب بین ۲۹ تا ۳۵ درجه سلسیوس و در ظهر بین ۴۳ تا ۴۶ درجه سلسیوس متغیر است [۱۶]. شهرهای سیستان و بلوچستان، یزد، هرمزگان، قسمت‌هایی از استان سمنان، اصفهان، قم، اهواز، قسمت‌هایی از استان خراسان جنوبی، قسمت‌هایی از استان فارس و غیره در منطقه BWH بیابان خشک و بسیار گرم قرار می‌گیرند [۲۰]. ایستگاه یزد به‌عنوان معرف و نماینده اقلیم BWh در این تحقیق نظر گرفته‌شده است.

آب‌وهوای بیابانی خشک و سرد BWk: تابستان‌ها در آب‌وهوای سرد کویری (BWk) معمولاً گرم (در برخی موارد خشک) هستند، بااین‌حال، معمولاً به‌اندازه تابستان در آب‌وهوای BWh گرم نیستند. آب‌وهوای سرد بیابانی (BWk)، برخلاف آب‌وهوای BWh، معمولاً دارای زمستان‌های سرد و خشک است. میانگین دمای سالانه آن کمتر از ۱۸ درجه سلسیوس است. ایستگاه کرمان به‌عنوان نماینده اقلیم (BWk) در نظر گرفته‌شده است.

آب‌وهوای نیمه بیابانی خشک و بسیار گرم BSh: این آب‌وهوا معمولاً دارای تابستان‌های معتدل تا خنک و گاهی زمستان‌های بسیار گرم با بارش کم یا بدون بارش هستند. این اقلیم به شهرهای یاسوج، سبزوار و دامنه جنوبی زاگرس در استان خوزستان، فارس و بوشهر و قسمت کوچکی از استان گلستان در شمال شرق ایران محدود می‌شود در منطقه BSh قرار می‌گیرند که تابستان‌های بسیار گرمی دارند. در این اقلیم استفاده از تهویه شبانه، جرم حرارتی بالا و سرمایش تبخیری مناسب است. برای گرمایش این اقلیم جذب حرارت داخل و جلوگیری از اتلاف آن به همراه بهره‌گیری از گرمایش خورشیدی غیرفعال توصیه می‌شود. ایستگاه سبزوار به‌عنوان معرف و نماینده اقلیم BSh در نظر گرفته‌شده است.

آب‌وهوای نیمه بیابانی خشک و سرد BSk: آب‌وهوای BSk معمولاً دارای تابستان‌های گرم تا گرم خشک است، اگرچه تابستان‌های آن‌ها معمولاً به‌اندازه آب‌وهوای BSh گرم نیست. شهرهای خراسان رضوی و شمالی، آذربایجان شرقی و غربی در منطقه BSk قرار می‌گیرند. ایستگاه مشهد به‌عنوان معرف و نماینده اقلیم BSk در نظر گرفته‌شده است.

آب‌وهوای معتدل Temperate گروه C: سردترین ماه در این نوع آب‌وهوا دارای دمای متوسط بین ۰ درجه سلسیوس تا ۱۸ درجه سلسیوس است و حداقل یک ماه دارای دمای متوسط بالای ۱۰ درجه

سلسیوس است. آب‌وهوای معتدل گروه C زیر اقلیم‌هایی به‌صورت زیر دارد:

آب‌وهوای معتدل با تابستان‌های خشک و بسیار گرم Csa: این زیرگروه از آب‌وهوای مدیترانه‌ای (Csa) رایج‌ترین شکل آب‌وهوای مدیترانه‌ای است؛ بنابراین، آن را به‌عنوان "آب‌وهوای معمولی مدیترانه‌ای" نیز می‌شناسند. مناطقی با این نوع آب‌وهوای مدیترانه‌ای دمای متوسط ماهانه بیش از ۲۲ درجه سلسیوس را در گرم‌ترین ماه و میانگین بین ۱۸ تا ۳ درجه سلسیوس یا در موارد خاص بین ۱۸ تا ۰ درجه در سردترین ماه مشاهده می‌کنند. شهرهای گرگان، ساری، قسمت‌هایی از استان کردستان، بخش‌هایی از آذربایجان شرقی، ارومیه و پیرانشهر، خرم‌آباد، ایلام، کرمانشاه، مرکزی، چهارمحال بختیاری به‌جز شهرکرد و همدان در اقلیم Csa قرار می‌گیرند و شهر خرم‌آباد به‌عنوان نماینده اقلیم Csa در این پژوهش موردبررسی قرار گرفت.

آب‌وهوای معتدل با تابستان‌های خشک و گرم Csb: این نوع از آب‌وهوای مدیترانه‌ای (Csb) که گاهی اوقات «اقلیم مدیترانه‌ای خنک تابستانی» نیز نامیده می‌شود، کمتر رایج است و تابستان‌های گرم و خشک دارد. گرم‌ترین ماه آن به‌طور متوسط دمای بالاتر از ۲۲ درجه سلسیوس ندارد و سردترین ماه آن معمولاً دارای میانگین دمایی بین ۱۸ تا ۳ درجه سلسیوس یا در برخی موارد بین ۱۸ تا ۰ درجه سلسیوس است. معمولاً، متوسط دما باید برای حداقل چهار ماه بالاتر از ۱۰ درجه سلسیوس باشد. استان اردبیل و مشکین‌شهر نماینده اقلیم Csb در این تحقیق در نظر گرفته‌شده است.

آب‌وهوای معتدل پرباران با تابستان‌های گرم Cfa: منطقه آب‌وهوایی که با تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های سرد تا معتدل مشخص می‌شود، به‌عنوان آب‌وهوای نیمه گرمسیری مرطوب شناخته می‌شود. در این آب‌وهوا، میانگین دمای ماهانه از ۰ تا ۱۸ درجه سلسیوس در سردترین ماه تا حداقل ۲۲ درجه سلسیوس در گرم‌ترین ماه متغیر است. شهرهای رشت، انزلی، آستارا و رامسر در اقلیم Cfa قرار می‌گیرند و شهر انزلی به‌عنوان نماینده اقلیم Cfa در این پژوهش موردبررسی قرار گرفت.

آب‌وهوای قاره‌ای Continental گروه D: آب‌وهوای قاره‌ای اغلب تغییرات سالانه قابل‌توجهی در دما دارند (تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد). بارش در نواحی قاره‌ای معمولاً در مقادیر متوسط و عمدتاً در ماه‌های گرم‌تر رخ می‌دهد. برف معمولاً بیش از یک ماه زمین را می‌پوشاند و درصدی از بارندگی سالانه را تشکیل می‌دهد. در مناطق قاره‌ای، تابستان‌ها می‌تواند طوفانی و اغلب گرم باشد، اگرچه آب‌وهوای تابستان به‌طورکلی پایدارتر از هوای زمستان است. آب‌وهوای قاره‌ای دو ریز اقلیم به‌صورت زیر دارد:

- آب‌وهوای اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و بسیار گرم Dsa;
- آب‌وهوای اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و گرم Dsb;

سردترین ماه در این دو اقلیم زیر ۰ درجه سلسیوس یا ۳ درجه سلسیوس، گرم‌ترین میانگین ماه بالای ۲۲ درجه سلسیوس و حداقل چهار ماه میانگین دمابالای ۱۰ درجه سلسیوس است. تفاوت بین آب‌وهوای Dsa و Dsb در این است که Dsb در مقایسه با Dsa تابستان‌های نسبتاً خنک‌تری با بارش بیشتری دارد. شهرکرد و تالش در اقلیم Dsb قرار دارند. ایستگاه همدان – نوژه معرف آب‌وهوای اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و بسیار گرم Dsa و ایستگاه آبعلی معرف آب‌وهوای قاره‌ای مرطوب و گرم تابستانی تحت تأثیر مدیترانه Dsb می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

در مطالعه حاضر ۹ نوع اقلیم ایران برحسب روش کوپن - گایگر موردتوجه قرار گرفتند که این اقلیم‌ها به‌صورت زیر می‌باشد:

۱- اقلیم BWH شامل شهرهای سیستان و بلوچستان، یزد، هرمزگان، قسمت‌هایی از استان سمنان، اصفهان، قم، اهواز، قسمت‌هایی از استان خراسان جنوبی، قسمت‌هایی از استان فارس و غیره می‌باشد که ایستگاه یزد را معرف اقلیم BWH در نظر گرفته‌شده است.

۲- اقلیم BSk شهرهای خراسان رضوی و شمالی، آذربایجان شرقی و غربی و غیره می‌باشد که ایستگاه مشهد معرف اقلیم BSk است.

۳- شهرهایی مانند یاسوج، سبزوار و دامنه جنوبی زاگرس در استان خوزستان، فارس و بوشهر و قسمت کوچکی از استان گلستان در شمال شرق ایران در منطقه BSh قرار دارند. ایستگاه سبزوار معرف اقلیم BSh در نظر گرفته‌شده است.

۴- شهر کرمان نماینده اقلیم Bwk می‌باشد.

۵- اقلیم sfa شامل شهرهای رشت، آستارا، رامسر و انزلی است که ایستگاه انزلی معرف و نماینده اقلیم sfa می‌باشد.

۶- اقلیم sca شامل شهرهای گرگان، ساری، کردستان، بخش‌هایی از آذربایجان شرقی، ارومیه و پیرانشهر، خرم‌آباد، ایلام، کرمانشاه، مرکزی، چهارمحال بختیاری به‌جز شهرکرد و همدان می‌باشد که ایستگاه خرم‌آباد معرف و نماینده اقلیم sca در نظر گرفته شد.

۷- استان اردبیل و مشکین‌شهر نماینده اقلیم scb می‌باشد.

۸- اقلیم dsa شامل شهرکرد و تالش می‌باشند. ایستگاه همدان- نوژه نماینده اقلیم dsa در نظر گرفته‌شده است.

۹- ایستگاه آبعلی نماینده اقلیم dsb می‌باشد.

نتایج دمای هوا: پارامترهای میانگین دمای خشک زمستانی و تابستانی؛ میانگین رطوبت نسبی زمستان و تابستان این شهرها در جدول ۲ نشان داده‌شده است. شکل ۴ چارت ۳ بعدی میانگین دمای هوا برای شهرهای منتخب در اقلیم‌های ۹گانه می‌باشد. بررسی شکل ۴ نمودار دما شهرهای منتخب در ۹ اقلیم ایران نشان می‌دهد که در حدود ۶۰ درصد اوقات سال دما بین ۰ تا ۲۱ درجه سلسیوس قرار می‌گیرد و نیاز به راهکارهای غیرفعال و فعال برای گرمایش دارد. در این اقلیم‌ها حدود ۲۰ درصد اوقات سال دما بین ۲۱ تا ۲۷ درجه سلسیوس و تقریباً بین ۱۰ تا ۱۵ درصد اوقات سال دما بین ۲۷ تا ۳۸ درجه سلسیوس و تقریباً ۵ درصد اوقات سال دما بالاتر از ۳۸ درجه سلسیوس می‌باشد.

نتایج رطوبت نسبی: شکل ۵ چارت ۳ بعدی میانگین رطوبت نسبی برای شهرهای منتخب در اقلیم‌های ۹گانه می‌باشد. بررسی شکل ۵ نمودار رطوبت نسبی شهرهای منتخب در اقلیم‌های ۹ گانه ایران نشان می‌دهد که در حدود ۳۴ درصد اوقات سال رطوبت نسبی بین ۲۰ تا ۴۰ درصد قرار می‌گیرد که این میزان رطوبت کم در فصول گرم سال بوده و شرایط نامناسبی را فراهم می‌کند. در این اقلیم‌ها حدود ۴۰ درصد اوقات سال رطوبت نسبی بین ۴۰ تا ۶۰ درصد و تقریباً ۲۶ درصد اوقات سال رطوبت نسبی بین ۶۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد که این مقدار رطوبت بالا بیشتر موارد در فصول سرد و قبل از طلوع خورشید اتفاق می‌افتد.

نتایج سرعت باد: شکل ۶ چارت ۳ بعدی میانگین سرعت باد برای شهرهای منتخب در اقلیم‌های ۹ گانه می‌باشد. هرکدام از رنگ‌ها در شکل ۶ نشان‌دهنده بازه سرعت باد در ماه‌های مختلف می‌باشد. برای نمونه رنگ قرمز برای سرعت باد ۵ تا ۹ متر بر ثانیه برای اقلیم‌های مختلف می‌باشد. بیشتر اقلیم‌ها در محدوده رنگ آبی و سرعت بین ۲ تا ۵ متر بر ثانیه قرار دارند.

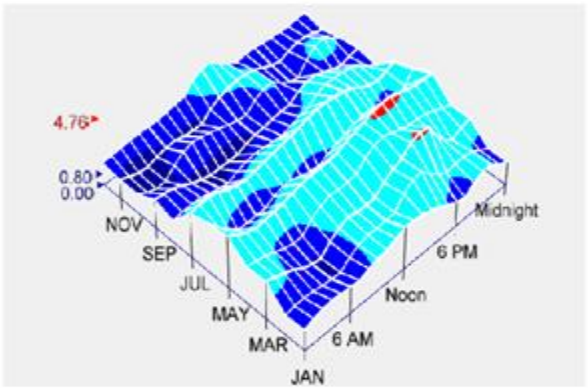
طبق جدول ۳ با حرکت از شمال ایران به سمت مرکز و جنوب، پتانسیل استفاده از تهویه طبیعی طبق نتایج نرم‌افزار بیشتر است. آبادان با ۶۷۳ ساعت تهویه در سال بیشترین پتانسیل تهویه را داشته، سپس به ترتیب قم با ۶۲۵ ساعت تهویه در سال، تهران ۵۷۰ ساعت تهویه در سال، بیشترین پتانسیل تهویه را دارند. شهرهای شمالی و ساحلی دریای خزر کمترین پتانسیل و ساعات تهویه را دارند. رشت با ۵ ساعت تهویه در سال کمترین پتانسیل تهویه را داشته، سپس به ترتیب رامسر با ۱۰ ساعت تهویه در سال، گرمسار ۱۱ ساعت تهویه در سال، کمترین پتانسیل تهویه را دارند. به‌طورکلی می‌توان بیان نمود شهرهای مرکزی و جنوبی طبق شرایط تعریف‌شده از پتانسیل بیشتری برای استفاده از تهویه طبیعی برخوردارند.

جدول ۳: نتایج تهویه طبیعی برای شهرهای مختلف

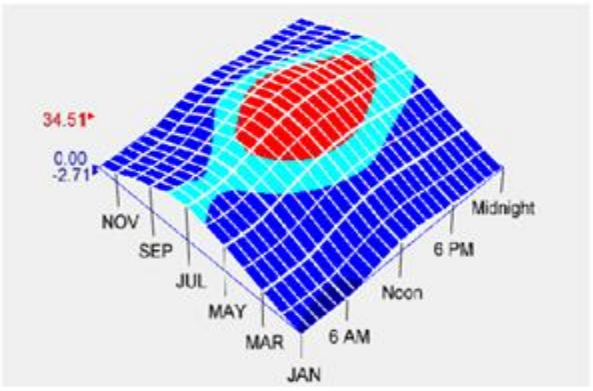
شهر	تعداد ساعت تهویه ساعت	شهر	تعداد ساعت تهویه ساعت
آبعلی	۱۱۸	اردبیل	۵۹
آستارا	۳	انزلی	۱۱
ایلام	۴۴۴	تبریز	۲۹۰
خرم‌آباد	۳۴۱	رامسر	۱۰
رشت	۵	زاهدان	۵۵۴
زنجان	۲۶۱	ساری	۷۷
سبزوار	۵۹۰	شهرکرد	۳۱۰
کرمان	۴۳۵	مشهد	۳۷۷
همدان	۲۷۵	همدان - نوژه	۲۲۵
یاسوج	۲۵۶	یزد	۴۲۵
آبادان	۶۷۳	سنندج	۳۳۸
اهواز	۵۱۱	اراک	۳۱۰
تهران	۵۷۰	اصفهان	۳۳۰
قم	۶۲۵	رفسنجان	۵۴۳
شیراز	۳۷۸	بندرعباس	۲۶۳
گرگان	۱۶۱	بیرجند	۴۶۶
بجنورد	۵۴۹	بوشهر	۷۸
ارومیه	۲۶۱	قزوین	۲۶۰
کرمانشاه	۳۳۳	گرمسار	۱۱

نتایج اقلیم‌ها: شکل ۷ نتایج شرایط آسایش، سرمایش تبخیری و تهویه طبیعی اقلیم‌های ۹گانه شهرهای منتخب را نشان می‌دهد.

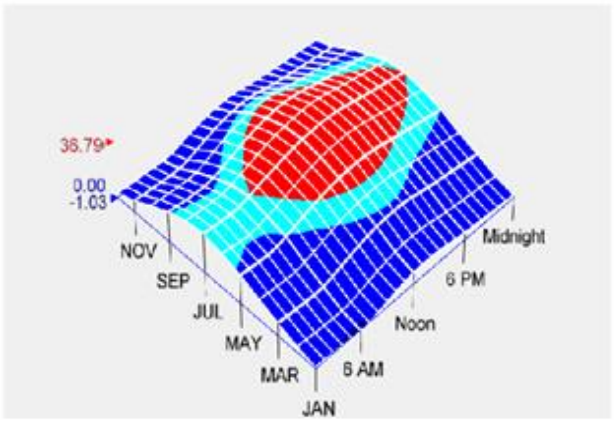
شکل ۷ نتایج ۹ اقلیم نشان می‌دهد که شهرهای یزد، سبزوار و خرم‌آباد بیشترین پتانسیل استفاده از سیستم سرمایش تبخیری را دارند. همچنین شهرهای شمالی مانند رشت، انزلی، آستارا، رامسر و مشکین‌شهر کمترین پتانسیل استفاده از سرمایش تبخیری را دارند. همچنین بیشترین پتانسیل تهویه طبیعی در شهرهای یزد، کرمان و سبزوار مشاهده‌شده است.



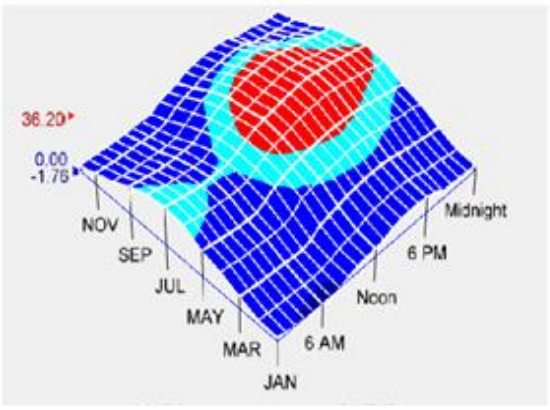
الف. یزد



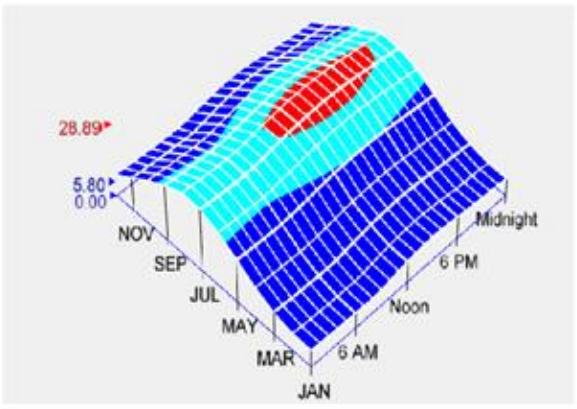
ب. مشهد



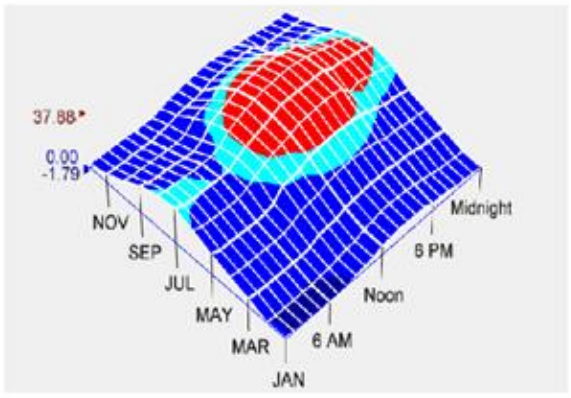
پ. سبزوار



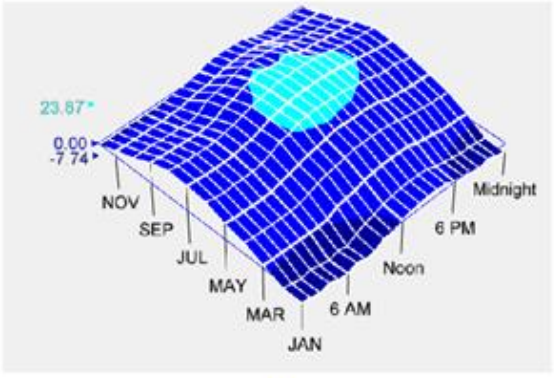
ت. کرمان



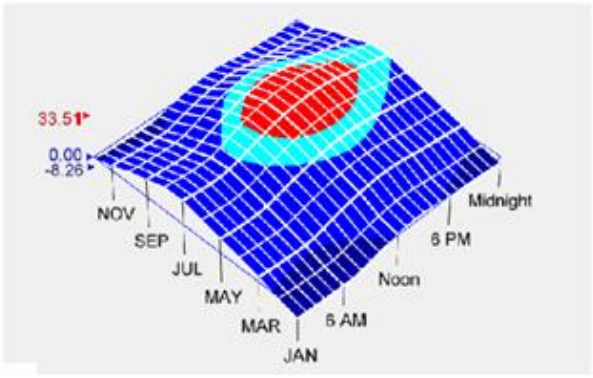
ث. بندر انزلی



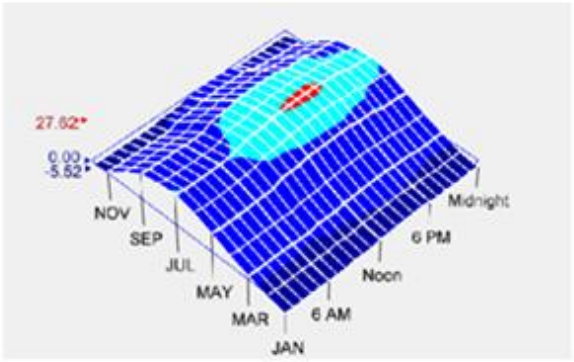
ج. خرم آباد



چ. اردبیل



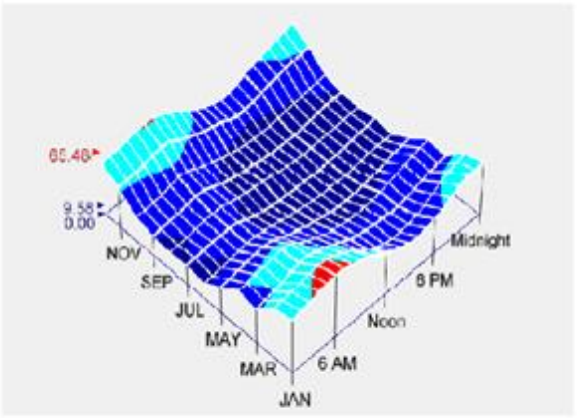
ح. همدان – نوژه



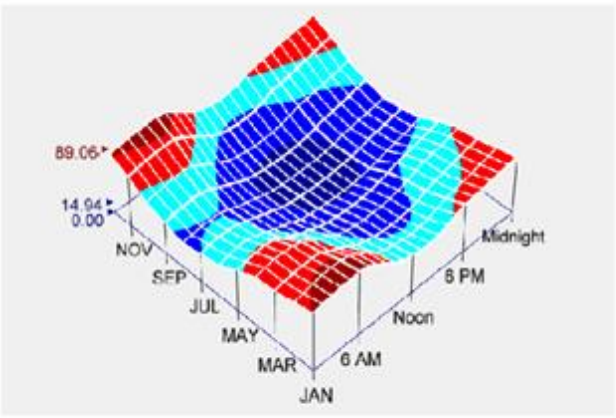
خ. آبعلی

د. راهنما : دمای حباب خشک
بر حسب درجه سلسیوس

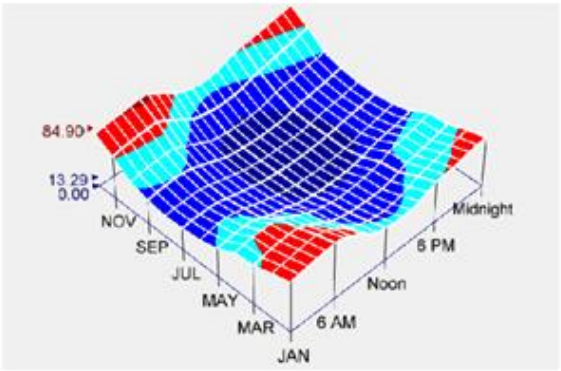
شکل ۴: چارت ۳ بعدی میانگین دمای هوای خشک برای شهرهای منتخب در اقلیم‌های ۹ گانه (الف) یزد (ب) مشهد، (پ) سبزوار، (ت) کرمان، (ث) بندر انزلی، (ج) خرم‌آباد، (چ) اردبیل، (ح) همدان – نوژه، (خ) آبعلی، (د) راهنما



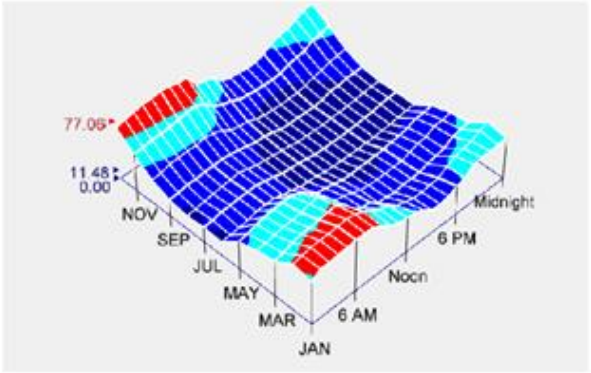
الف. یزد



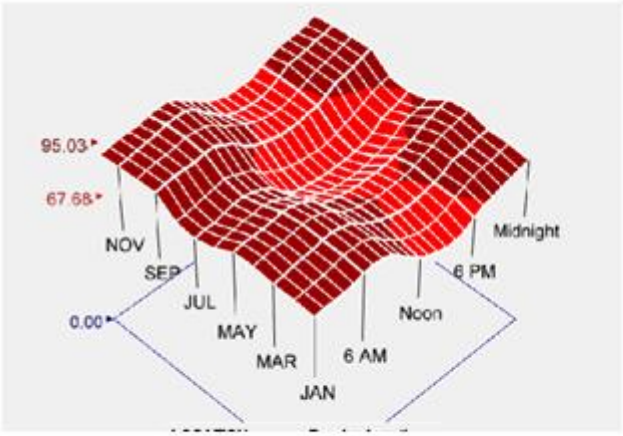
ب. مشهد



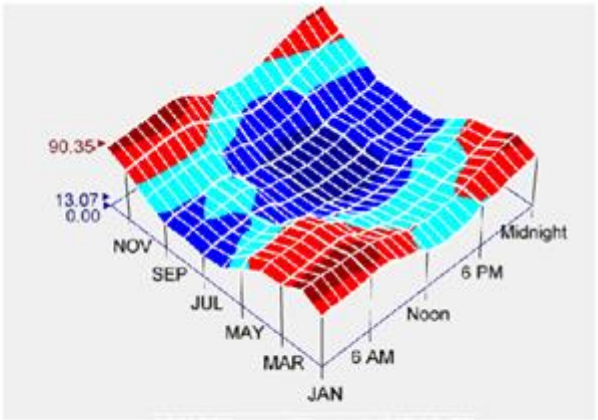
پ. سبزوار



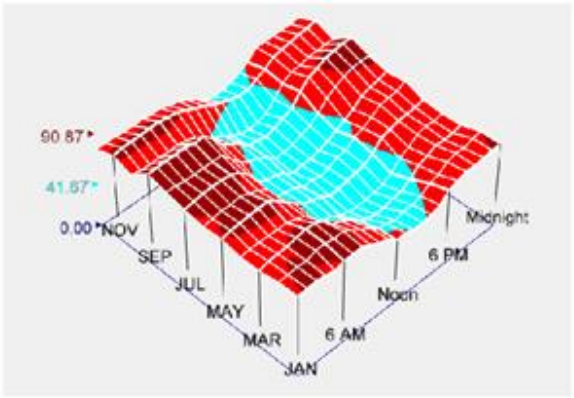
ت. کرمان



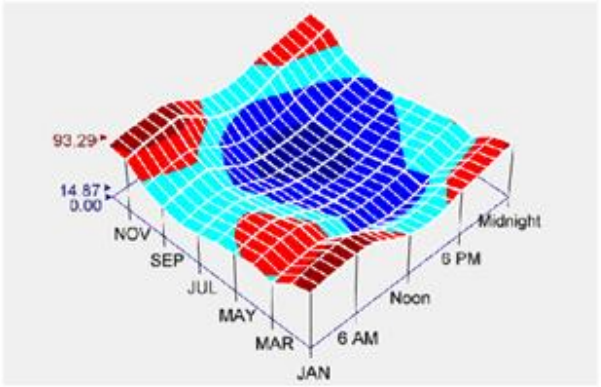
ث. بندر انزلی



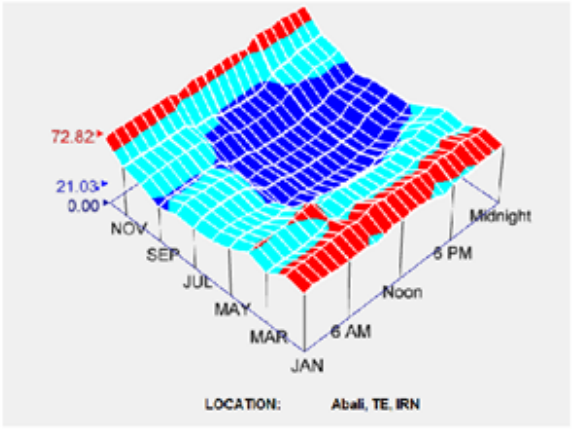
ج. خرم آباد



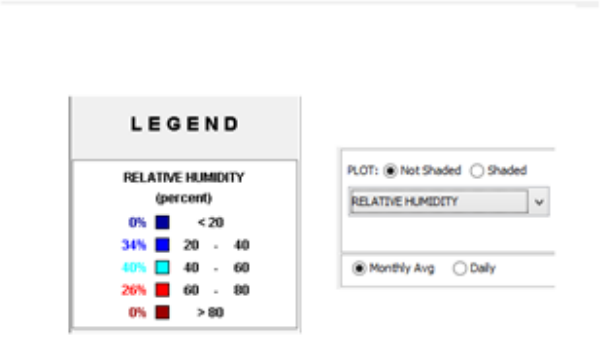
چ. اردبیل



ح. همدان – نوژه

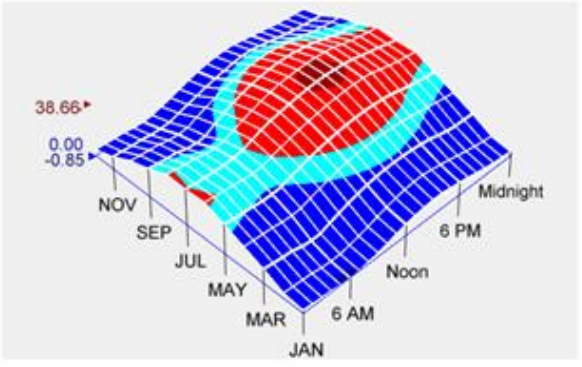


خ. آبعلی

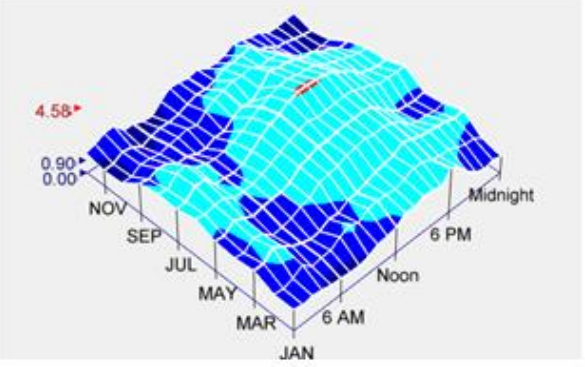


د. راهنما نمودارها: رطوبت نسبی شهرها برحسب درصد

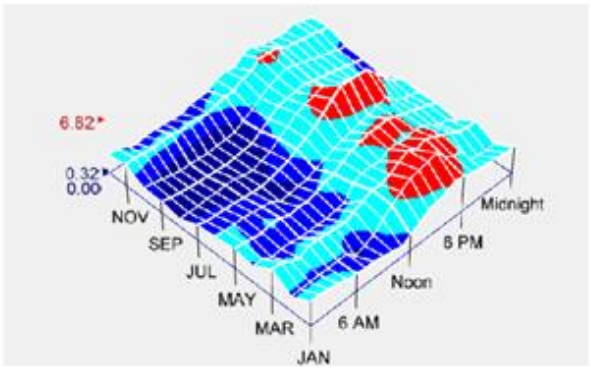
شکل۵: چارت ۳ بعدی میانگین رطوبت نسبی برای شهرهای منتخب در اقلیم‌های ۹ گانه: (الف) یزد (ب) مشهد، (پ) سبزوار، (ت) کرمان، (ث) بندر انزلی، (ج) خرم‌آباد، (چ) اردبیل، (ح) همدان - نوژه، (خ) آبعلی، (د) راهنما رطوبت نسبی



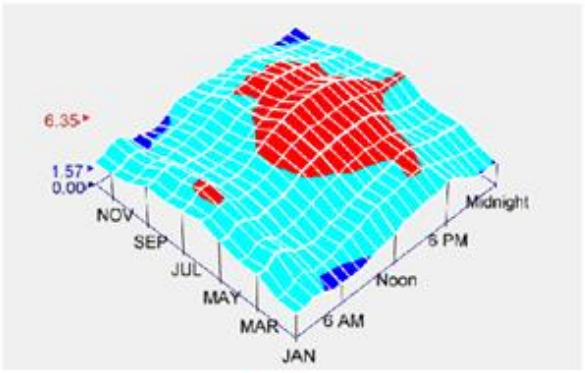
الف. یزد



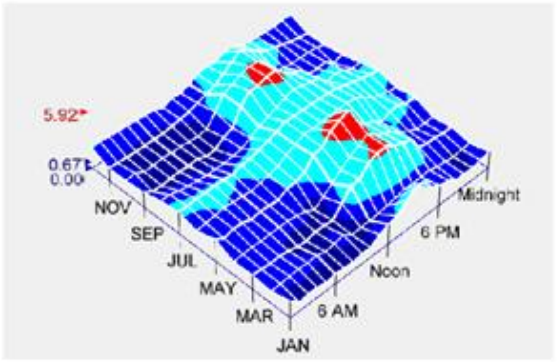
ب. مشهد



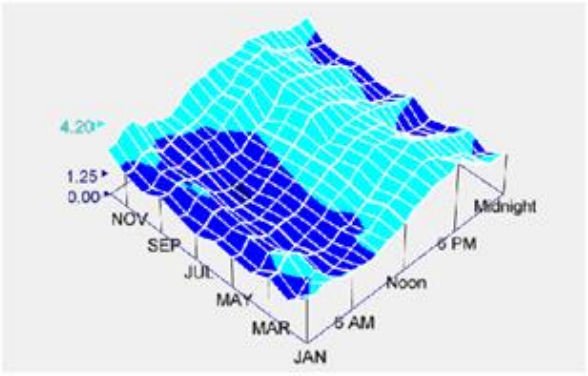
ت. کرمان



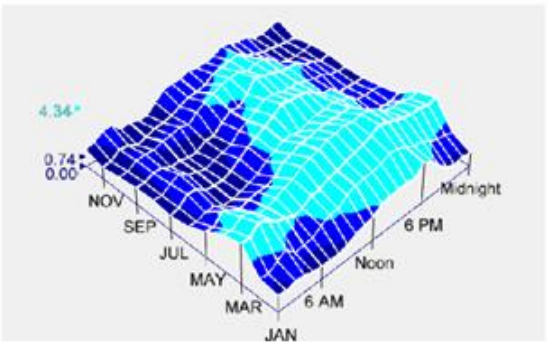
پ. سبزوار



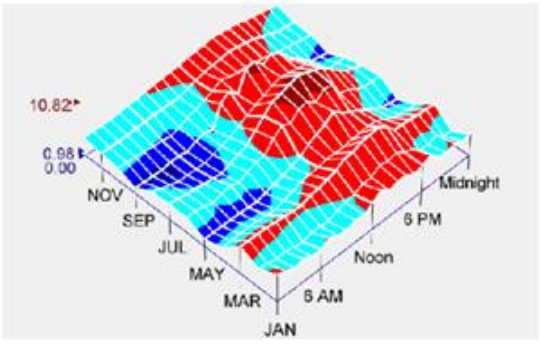
ج. خرم آباد



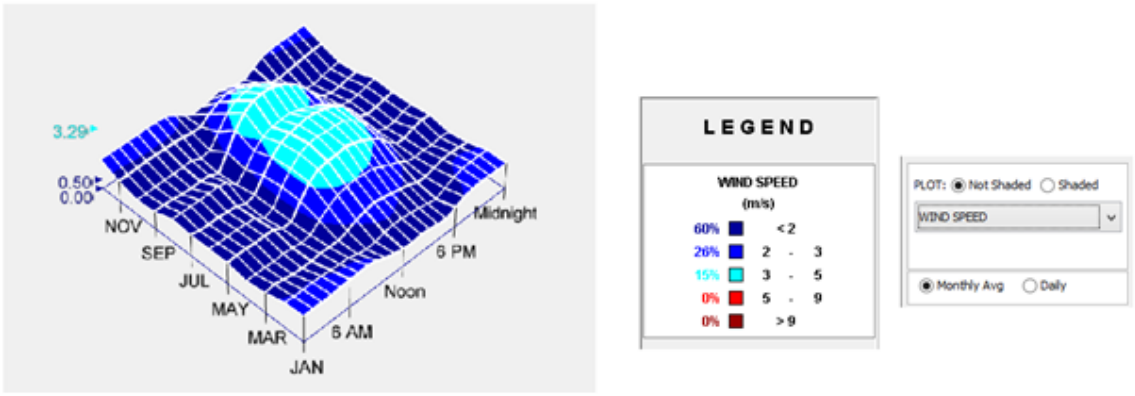
ث. بندر انزلی



ح. همدان – نوژه



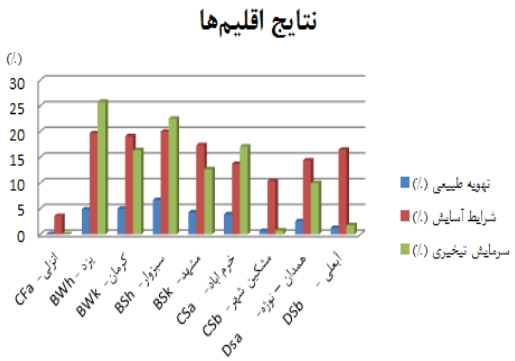
چ. اردبیل



خ- ابعلی

د- راهنما: سرعت باد

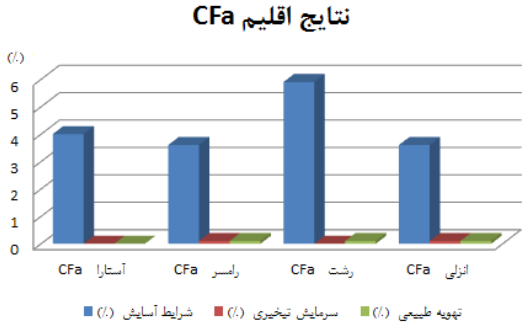
شکل ۶: چارت ۳ بعدی میانگین سرعت باد برای شهرهای منتخب در اقلیم‌های ۹ گانه: (الف) یزد (ب) مشهد، (پ) سبزوار، (ت) کرمان، (ث) بندر انزلی، (ج) خرم‌آباد، (چ) اردبیل، (ح) همدان - نوژه، (خ) آبعلی، (د) راهنما سرعت باد



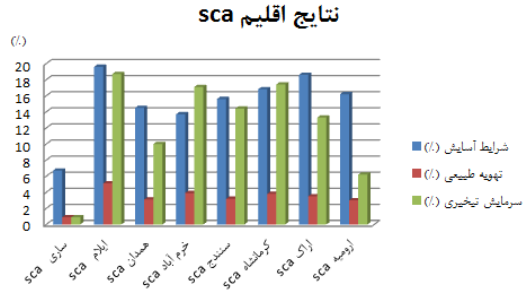
شکل ۷: نتایج شرایط آسایش، سرمایش تبخیری و تهویه طبیعی اقلیم‌های ۹ گانه شهرهای منتخب

نتایج اقلیم CFa شکل ۸ نشان می‌دهد که سرمایش تبخیری و تهویه طبیعی در این اقلیم کاربردی ندارد و باید از سیستم فعال و مکانیکی پربازده استفاده نماییم. شرایط آسایش در این اقلیم در حدود ۵ درصد می‌باشد.

ایستگاه خرم‌آباد معرف اقلیم معتدل با تابستان‌های خشک و بسیار گرم SCa است که بخش زیادی از زاگرس، البرز و ناحیه خزری را در برمی‌گیرد. شهرهای ساری، ایلام، همدان، سنندج، کرمانشاه، اراک و ارومیه در این اقلیم قرار دارند و شکل ۹ نتایج آن را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که در اقلیم SCa به‌طور طبیعی تهویه طبیعی و شرایط آسایش به ترتیب در حدود ۵ درصد و حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد ایام سال فراهم است و در این اقلیم می‌توانیم از سیستم سرمایش تبخیری به‌جز شهر ساری در بقیه شهرها تا حدودی استفاده شود هرچند نیاز به تجهیزات رطوبت زنی انفرادی نیز در بعضی از شهرهای این اقلیم مشاهده شد.



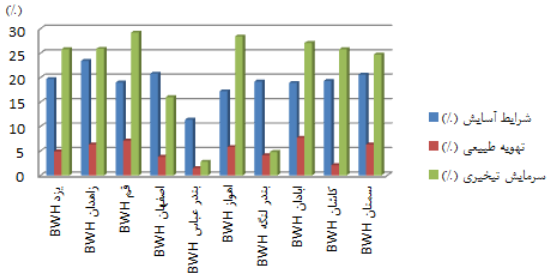
شکل ۸: نتایج اقلیم CFa



شکل ۹: نتایج اقلیم SCa

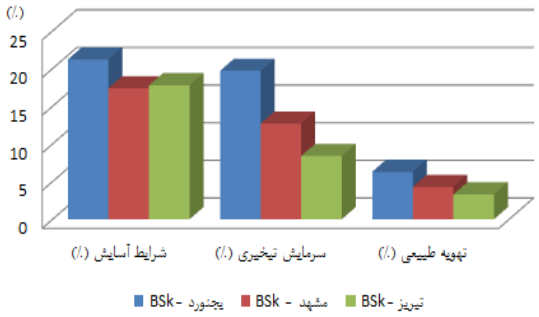
اقلیم غالب در کشور ایران اقلیم بیابانی BW و نیمه بیابانی BS است و اقلیم معتدل به بخشی از زاگرس و دامنه‌های شمالی

البرز محدود می‌شود. ایستگاه یزد نماینده اقلیم بیابانی گرم BWh است. شهرهای زاهدان، قم، اصفهان، بندرعباس، اهواز، بندرلنگه، آبادان، کاشان و غیره در اقلیم BWh قرار دارند. نتایج شکل ۱۰ نشان می‌دهد که در این اقلیم شرایط آسایش در ۲۰ درصد اوقات سال فراهم است. در این اقلیم تهویه طبیعی در حدود ۵ درصد اوقات سال می‌تواند استفاده شود. همچنین سرمایش تبخیری مستقیم و غیرمستقیم در این اقلیم می‌تواند مورداستفاده قرار گیرند؛ اما شهرهای بندرعباس و بندرلنگه به دلیل شرجی بودن و رطوبت بالا استفاده از کولرآبی توصیه نمی‌شود و حتماً باید از سیستم‌های سرمایش و رطوبت زنی همانند کولرگازی استفاده شود.

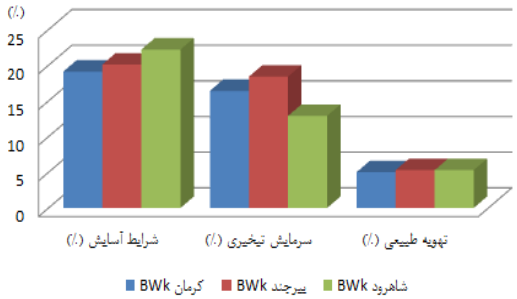


شکل ۱۰: نتایج اقلیم BWh

ایستگاه مشهد معرف اقلیم نیمه بیابانی سرد BSk و ایستگاه کرمان از اقلیم بیابانی سرد BWk برخوردار هستند. شکل ۱۱ و ۱۲ نتایج شهرهای این دو اقلیم را نشان می‌دهد. در اقلیم نیمه بیابانی سرد BSk شرایط آسایش در حدود ۲۰ درصد ایام سال برقرار می‌باشد. در اقلیم بیابانی سرد BWk تهویه طبیعی در حدود ۵ درصد می‌باشد.

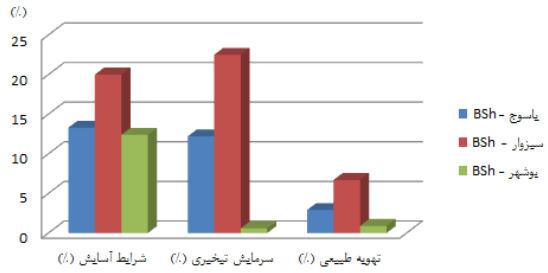


شکل ۱۱: نتایج اقلیمBSk



شکل ۱۲: نتایج اقلیم BWk

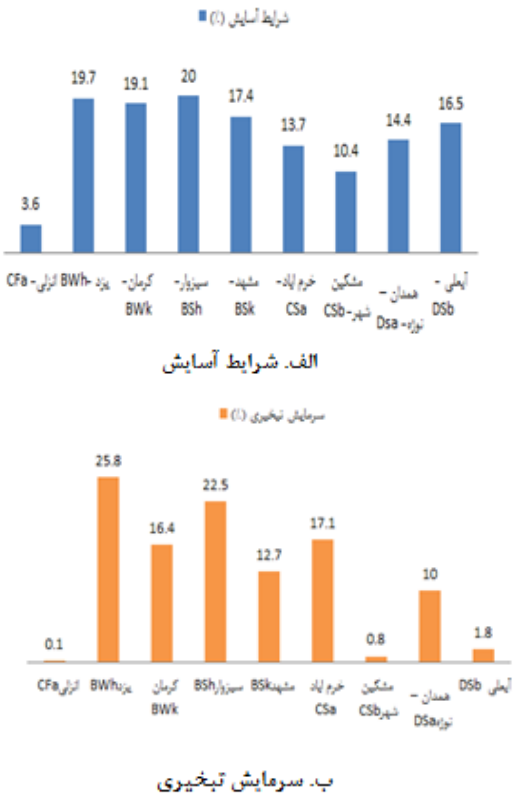
ایستگاه سبزوار معرف اقلیم نیمه بیابانی گرمBSh است. شکل ۱۳ نتایج شهرها در این اقلیم را نشان می‌دهد. با کمک استراتژی غیرفعال شرایط آسایش از ۱۰ درصد تقریباً به ۵۰ درصد می‌رسد. همچنین شهر بوشهر به دلیل شرجی بودن نیاز به سیستم سرمایش و رطوبت‌گیری دارد و از کولرآبی استفاده نمی‌شود. همچنین شهرهای یاسوج و سبزوار زمستان‌های سردتری نسبت به بوشهر دارند و باید سیستم فعال گرمایش و رطوبت زنی استفاده شود.



شکل ۱۳: نتایج اقلیم BSh

در شکل ۱۴ و ۱۵ نتایج مقایسه‌ای پارامترهای مختلف شرایط آسایش، سرمایش تبخیری، تهویه طبیعی و بادهای مزاحم، در اقلیم‌های ۹گانه نشان داده‌شده است.

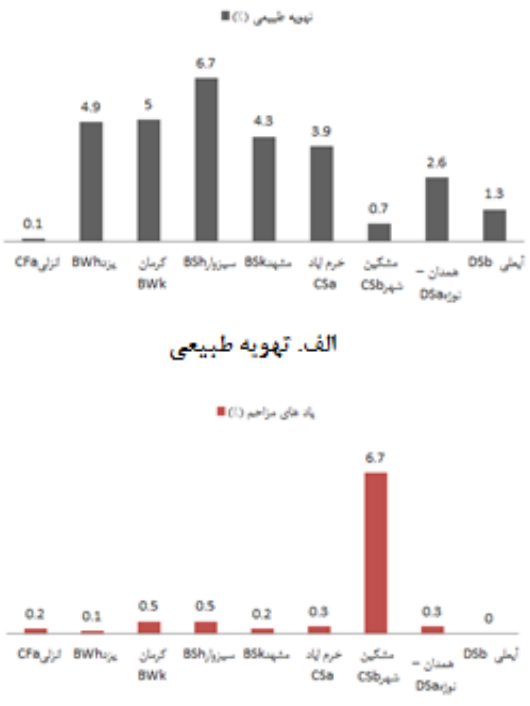
اعتبارسنجی داده‌های به‌دست‌آمده با نتایج مرجع [۸]، [۱۶] و [۱۷] به‌طور کامل تصدیق می‌شود. نمودارها و شکل‌های به‌دست‌آمده با مرجع شماره [۱۷] که استراتژی‌های طراحی معماری شهر یزد (اقلیم Bwh) را بررسی کرده است، هماهنگی کامل دارد. همچنین نتایج به‌دست‌آمده و ارائه‌شده در جدول ۳ با نتایج مرجع [۱۶] عوامل مؤثر بر کاهش مصرف انرژی ساختمان در شهر تهران که در جدول ۴ ارائه گردیده است کاملاً تصدیق می‌شود.



الف. شرایط آسایش

ب. سرمایش تبخیری

شکل ۱۴: نتایج مقایسه‌ای پارامترهای اقلیم‌های ۹ گانه ایران (الف) شرایط آسایش (ب) سرمایش تبخیری



الف. تهویه طبیعی

ب. بادهای مزاحم

شکل ۱۵: نتایج مقایسه‌ای پارامترهای اقلیم‌های ۹ گانه ایران (الف) تهویه طبیعی (ب) بادهای مزاحم

جدول ۴: نتایج شهر تهران برای اعتبارسنجی تحقیق [۱۶].

شهر	شرایط آسایش (درصد)	تهویه طبیعی (درصد)	سرمایش تبخیری (درصد)	مرجع
تهران	۱۲.۴	۵.۹	۲۸.۲	[۱۶]

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق طراحی غیرفعال ساختمان‌های با مصرف انرژی نزدیک به صفر برای ۹ اقلیم از ۳۱ اقلیم شناسایی‌شده کوپن - گایگر برای کشور ایران را که شامل اقلیم‌های، BWh، BSk، BSh، BWk و CSa، CSb، CFa، DSa، DSb می‌باشد، موردمطالعه قرار گرفت. با واردکردن داده‌های آب‌وهوایی با فرمت EPW در نرم‌افزار کلایمنت کانسالتنت و استفاده از استاندارد ASHRAE55 و مدل PMV در نرم‌افزار مشاوره آب‌وهوایی استفاده شد. نتایج خروجی شهرها شامل دما، رطوبت نسبی و سرعت باد و همچنین نتایج شرایط آسایش و تهویه طبیعی با شکل‌ها و جداول مختلف موردبررسی قرار گرفت. مهم‌ترین نتایج ۹ اقلیم عبارت‌اند از:

۱- در اقلیم بیابانی و گرم BWh که ایستگاه یزد به‌عنوان معرف و نماینده در نظر گرفته‌شده است. ویژگی این نوع اقلیم نشان می‌دهد که مقدار بارش ماه‌های مختلف سال بسیار ناچیز و این ایستگاه دارای یک‌فصل طولانی خشک است که با دمای بسیار بالای هوا در تمام ماه‌های سال همراه است. نتایج در این اقلیم نشان داد که در ۴.۹ درصد اوقات سال یعنی ۴۲۵ ساعت از ۸۷۶۰ ساعت سال با استراتژی‌های تهویه طبیعی در شرایط آسایش قرار دارد. در ماه‌های گرم سال با سیستم سرمایش تبخیری ۲۵.۸ درصد یا ۲۲۶۳ ساعت به شرایط آسایش می‌رسد.

۲- ایستگاه خرم‌آباد معرف اقلیم معتدل با تابستان‌های خشک و بسیار گرم CSa است که بخش زیادی از زاگرس، البرز و ناحیه خزری را در برمی‌گیرد. این اقلیم اگرچه از یک دوره خشک تابستانه برخوردار است ولی در اغلب ماه‌های سال بارش تقریباً خوبی دریافت می‌کند و تابستان‌های آن نیز خنک است. نتایج در این اقلیم نشان داد که در ۳.۹ درصد اوقات سال یعنی ۳۴۱ ساعت از ۸۷۶۰ ساعت سال با استراتژی‌های تهویه طبیعی در شرایط آسایش قرار دارد. در ماه‌های گرم سال با سیستم سرمایش تبخیری ۱۷ درصد به شرایط آسایش می‌رسد.

۳- نتایج اقلیم نیمه بیابانی سرد BSk یا ایستگاه مشهد نشان داد نتایج در این اقلیم نشان داد که در ۴.۳ درصد اوقات سال یعنی ۳۷۷ ساعت از ۸۷۶۰ ساعت سال با استراتژی‌های تهویه طبیعی در شرایط آسایش قرار دارد. در ماه‌های گرم سال با سیستم سرمایش تبخیری ۱۲.۷ درصد به شرایط آسایش می‌رسد.

۴- نتایج اقلیم نیمه بیابانی گرم BSh ایستگاه سبزوار نشان داد که ۶.۷ درصد اوقات سال یعنی ۵۹۰ ساعت با استراتژی‌های تهویه طبیعی در شرایط آسایش قرار می‌گیرد. در ماه‌های گرم سال ۲۲.۵ درصد یا ۱۹۷۰ ساعت با سرمایش تبخیری در شرایط آسایش قرار می‌گیرد.

۵- ایستگاه انزلی معرف اقلیم معتدل پرباران با تابستان‌های گرم و بدون فصل خشک CFa است. نتایج ایستگاه انزلی و اقلیم CFa که فقط در نوار ساحلی دریای خزر دیده می‌شود نشان داد که در ۰.۱ درصد اوقات سال یعنی ۱۱ ساعت از ۸۷۶۰ ساعت سال با استراتژی‌های تهویه طبیعی در شرایط آسایش قرار دارد. همچنین استفاده از کولرآبی یا سرمایش تبخیری به دلیل شرجی بودن این اقلیم کاربردی ندارد.

۶- در اقلیم بیابانی سردBWk ایستگاه کرمان ۵ درصد اوقات سال یعنی ۴۳۵ ساعت با استراتژی‌های تهویه طبیعی در شرایط آسایش قرار می‌گیرد. در ماه‌های گرم سال ۱۹.۴ درصد یا ۱۷۰۰ ساعت با سرمایش تبخیری در شرایط آسایش قرار می‌گیرد.

۷- اقلیم معتدل با تابستان‌های خشک و گرم CSb ایستگاه مشکین‌شهر نشان داد که ۵۹ ساعت در سال با استراتژی‌های تهویه طبیعی در شرایط آسایش قرار می‌گیرد و در ماه‌های گرم سال ۰.۵ درصد یا ۴۸ ساعت با سرمایش تبخیری در شرایط آسایش قرار می‌گیرد. همچنین وزش بادهای مزاحم در این اقلیم با ۷ درصد بیشترین ناراحتی را برای ساکنین نسبت به اقلیم‌های دیگر به وجود می‌آورد.

۸- ایستگاه همدان – نوژه معرف اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و بسیار گرم DSa است که در زمستان بسیار سرد است ولی تابستان‌های بسیار گرمی دارد. نتایج نشان داد که در ۲.۶ درصد اوقات سال یعنی ۲۲۵ ساعت با استراتژی‌های تهویه طبیعی در شرایط آسایش قرار می‌گیرد و در ماه‌های گرم سال ۱۰ درصد یا ۸۸۰ ساعت با سرمایش تبخیری در شرایط آسایش قرار می‌گیرد.

۹- نتایج اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و گرم DSb ایستگاه آبعلی که در مقایسه با اقلیم DSa تابستان‌های خنک‌تری دارد و از بارش بیشتری نیز برخوردار است نشان می‌دهد که در ۱۱۸ ساعت با استراتژی‌های تهویه طبیعی در شرایط آسایش قرار می‌گیرد. در ماه‌های گرم سال ۱.۸ درصد یا ۱۶۰ ساعت با سرمایش تبخیری در شرایط آسایش قرار خواهد گرفت.

۵- منابع

[1] Yadegari, M. An optimal design for S-shaped air intake diffusers using simultaneous entropy generation analysis and multi-objective genetic algorithm, The European Physical Journal Plus, (2021), Vol. 136, No. 10, pp. 10-19,

[2] Yadegari, M. and A. Bak Khoshnevis. A numerical study over the effect of curvature and adverse pressure gradient on development of flow inside gas transmission pipelines, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, (2020),

[3] Haghighatjoo, H. M. Yadegari, and A. Bak Khoshnevis. Optimization of single-obstacle location and distance between square obstacles in a curved channel, The European Physical Journal Plus, (2022), Vol. 137, No. 9, pp. 1042,

[4] Yadegari, M. and A. Bak Khoshnevis. Investigation of entropy generation, efficiency, static and ideal pressure recovery coefficient in curved annular diffusers, The European Physical Journal Plus, (2021), Vol. 136, pp. 1-19,

[5] Yadegari, M. and A.B. Khoshnevis. Numerical study of the effects of adverse pressure gradient parameter, turning angle and curvature ratio on turbulent flow in 3D turning curved rectangular diffusers using entropy generation analysis, The European Physical Journal Plus, (2020), Vol. 135, No.7, pp. 548,

[6] Yadegari, M. and A.B. Khoshnevis. Entropy generation analysis of turbulent boundary layer flow in different curved diffusers in air-conditioning systems, The European Physical Journal Plus, (2020), Vol. 135, No. 6, pp. 534,

[7] Yadegari, M. and M. Ghassemi, Investigation of the Effects of Temperature, Mass Flow Rate of the Injected Fuel, Pore Diameter, Porosity and Ambient Pressure on the Amount of Pollutants in the Combustion Chamber. Iranian Journal of

Mechanical Engineering Transactions of the ISME, 2022. 23(1): p. 122-146.

[8] Minaei, A. and Moallemi Khiavi, N, Thermal Comfort Evaluation for Naturally Ventilated Building Applying an Adaptive Model in Different Cities of Iran. Amirkabir Journal of Mechanical Engineering, (2023). 54(11), 2663-2680. (in Persian)

[9] Sadeghi, N. Gorji Mahlabani, Y. & Nazif, H. R, Numerical investigation on thermal performance of a wind catcher for natural ventilation in hot and dry climate. Journal of Renewable and New Energy,. (2021). 8(1), 33-40. (in Persian)

[10] Neshat Safavi, S. H. & Eghbali, S. R, Investigation of Phase Change Materials Selection in Passive Cooling to Improve Natural Ventilation and Thermal Comfort. Journal of Renewable and New Energy, (2021). 8(2), 1-10. (in Persian)

[11] Amaripadath, D. Rahif, R. Zuo, W. Velickovic, M. Voglaire, C. & Attia, S. Climate change sensitive sizing and design for nearly zero-energy office building systems in Brussels. Energy and Buildings, (2023). 286, 112971.

[12] Wilberforce, T. Olabi, A. G. Sayed, E. T. Elsaid, K. Maghrabie, H. M. & Abdelkareem, M. A. A review on zero energy buildings–Pros and cons. Energy and Built Environment, (2023). 4(1), 25-38.

[13] Taherahmadi, J. Noorollahi, Y. & Panahi, M. Toward comprehensive zero energy building definitions: a literature review and recommendations. International Journal of Sustainable Energy, (2021). 40(2), 120-148.

[14] Sarir, P. & Sharifzadeh, M. Application of passive and active scenarios to a residential building in a dry and hot climate to achieve a positive energy building (PEB). Heliyon, (2024). 10(10).

[15] Mirlohi, S. M. Sadeghzadeh, M. Kumar, R. & Ghassemieh, M. Implementation of a zero-energy building scheme for a hot and dry climate region in Iran (a Case Study, Yazd). Renewable energy research and applications, (2020). 1(1), 65-74.

[16] Varmaghani, H. & Kasmaei, A. Factors Affecting Energy Conservation in High-rise Buildings Case of 22th District of Tehran. Iranian Journal of Energy, (2021). 24(1), 67-100. (in Persian)

[17] Entezari , A, mayvaneh , F. khazaeenejad , F. (2020). Sun, Wind and Light (Design Strategies in Consistent Architecture with Climate) Case Study: Yazd City. jgs , 20(56), 223-240. (in Persian)

[18] Schiavon, S; H. Tyler; Piccioli, Alberto. Web application for thermal comfort visualization and calculation according to ASHRAE Standard 55. In: Building Simulation. Tsinghua University Press, 2014. p. 321-334.

[19] ZHANG, Yufeng, et al. Thermal comfort in naturally ventilated buildings in hot-humid area of China. Building and Environment, 2010, 45.11: 2562-2570.

[20] Raziei, T. Köppen-Geiger climate classification of Iran and investigation of its changes during 20th century. Journal of the Earth and Space Physics
(2017)., 43(2), 419-439.

[21] Ghiai, M. M. Arjmand, J. T. Mohammadi, O. Ahmadi, M. H. & Assad, M. E. H. Investigation and modeling of energy consumption of tall office buildings in Iran'shot-arid'andcold'climate conditions. International Journal of Low-Carbon Technologies, (2021). 16(1), 21-34.

[22] Aram, K. Taherkhani, R. & Šimelytė, A. Multistage optimization toward a nearly net zero energy building due to climate change. Energies, (2022). 15(3), 983.

[23] Haghgoo Fakhr, M. Rahimi Ariaei, A. & Jahangiri, M. Techno-Econo-Enviro Assessment of Photovoltaic-Thermal (PV-T) System for Residential Use in Iran Based on Köppen Climate Classification. International Journal of Energy Research, (2023). (1), 6657485.

[24] Chang, H. Hou, Y. Lee, I. Liu, T. & Acharya, T. D, Feasibility study and passive design of nearly zero energy building on rural houses in Xi’an, China. Buildings, . (2022). 12(3), 341.

[25] Arif, S. Taweekun, J. Ali, H. M. Yanjun, D. A. I. & Ahmed, A. Feasibility study and economic analysis of grid connected solar powered net zero energy building (NZEB) of shopping mall for two different climates of Pakistan and Thailand. Case

Studies in Thermal Engineering, (2021). 26, 101049.

[26] Climate Date for Cities Worldwide. https://en.climate-data.org

[27] Khalili, M. Climatic Design of a Residential Villa and Finding Suitable Solar Heating Technology to Meet Thermal Needs in the Cold Climate of Iran. Journal of Solar Energy Research, (2021). vol. 6(4),pp 865-882.

[28] Vahidifar, S. Nabavi, S. H. Zakeri, M. Naserian, M. M. & Heydarian, A. Numerical and Experimental study of a new building cooling system based on compression refrigeration cycle. Science and Technology in Mechanical Engineering, (2023). 1(1), 126-137. (in Persian)

[29] Akbari, S. A. H. & Javanshir, Y. Energy and exergy analysis of the organic Rankine cycle used for recovering waste heat from the cement industry... Science and Technology in Mechanical Engineering, (2023). 2(1), 7-25