



امکان سنجی پتانسیل تهویه طبیعی ساختمان‌های مسکونی برای اقلیم‌های مختلف ایران

وحید رضائی^{۱*}، مجتبی معصوم نژاد^۲، آرش تحویلی^۳

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

کلمات کلیدی

شرایط آب و هوایی ایران، نرم افزار کلایمنت کانسالتنت، روش اقلیم شناسی کوپن - گایگر، شرایط آسایش، سرمایه‌گذاری تبخیری.

چکیده

تهویه طبیعی از مهمترین استراتژی‌های غیرفعال کاهش مصرف انرژی ساختمان، ایجاد آسایش حرارتی و بهبود کیفیت هوای داخل ساختمان است و از راه حل‌های کلیدی برای دستیابی به پایداری در صنعت ساختمان می‌باشد. از طرف دیگر، پتانسیل تهویه طبیعی به شدت وابسته به شرایط آب و هوایی است و به طور قابل توجهی از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است. در این مقاله امکان‌سنجی سرمایه‌گذاری غیرفعال و تهویه طبیعی برای شهرهای مختلف ایران انجام شده است. شهرهای ایران با روش اقلیم شناسی کوپن - گایگر به ۹ اقلیم تقسیم می‌شوند. تاثیر شرایط اقلیمی برای تهویه طبیعی ساختمان‌ها با استفاده از روش کوپن - گایگر و چند شهر منتخب در این اقلیم‌ها توسط نرم افزار کلایمنت کانسالتنت با روش استاندارد ASHRAE 55 انجام شد. با وارد کردن فیلل پارامترهای آب و هوایی شهرهای منتخب در نرم افزار کلایمنت کانسالتنت نتایج خروجی شامل شرایط آسایش، تهویه طبیعی و دیگر نتایج برای ۹ اقلیم ایران بدست آمد. نتایج نشان داد که اقلیم شهر آبادان 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 تامین می‌کنند. همچنین شهرهای یزد و سبزوار به ترتیب با ۲۵.۸ درصد و ۲۲.۵ درصد در سال بیشترین پتانسیل و شهرهای انزلی و مشهدین شهر به ترتیب با ۰.۱ و ۰.۸ درصد کمترین پتانسیل استفاده از سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری (کولر آبی) را دارند.

۱- مقدمه

مانند خشت یا آجر گلی برای سازگاری با محیط خود هستند. چنین مثال‌هایی نشان می‌دهد که چگونه معماری بومی را می‌توان به گونه‌ای طراحی کرد که با اقلیم و منابع محیطی آنها کار کند نه اینکه به شدت بر وسایل مصنوعی برای کنترل محیط داخلی تکیه کند [۸،۹]. در زمینه بحران انرژی فعلی و تغییرات آب و هوایی، طراحی زیست اقلیم و غیرفعال که در معماری بومی تجسم یافته است به طور فزاینده‌ای به عنوان منابع ارزشمند برای ایجاد یک جامعه پایدار شناخته می‌شود. به عنوان 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 به طور موثر از تفاوت دما و اختلاف فشار هوا برای هدایت تهویه طبیعی، تسهیل گردش و تعویض هوا استفاده می‌کند.

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 تاثیر، 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 تجدیدناپذیر متکی هستند، معماری بومی ویژگی‌های طراحی زیست‌اقلیمی و غیرفعال را به نمایش می‌گذارد. به عنوان مثال، معماری سنتی در آب و هوای 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

* نویسنده مسئول: Vahidrezaee.136698@gmail.com

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

شریف‌زاده و همکاران [۱۱]، میرالهی و همکاران [۱۵]، کسمایی و ورمقانی [۱۶]، انتظاری و همکاران [۱۷]، با نرم افزار کلایمنت کانسالتنت شرایط آسایش و تهویه طبیعی برای اقلیم‌ها و شهرهای مختلف ایران را مورد بررسی قرار دادند.

استفانو شیواون^۲ 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 نرم افزارهای 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 به طور سیستماتیک را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند.

پتانسیل تهویه طبیعی را می‌توان در سه مقیاس اصلی از جمله اقلیم، سایت و ساختمان ارزیابی کرد. شکل ۱ این طبقه بندی را نشان می‌دهد. در مقیاس آب و هوایی 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 به شدت به ویژگی‌های آب و هوایی محلی بستگی داشته و به طور قابل توجهی از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است. تهویه، حرکت طبیعی هوا در داخل ساختمان با استفاده از استراتژی‌های مختلف است، که باید به دقت 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 تامین هوای تازه و حذف دی اکسید کربن موجب کاهش قرار گرفتن در طیف وسیعی از آلاینده های هوا و بو و مواد شیمیایی می‌شود.

هدف اصلی این پژوهش، امکان‌سنجی پتانسیل تهویه طبیعی برای شرایط اقلیمی شهرهای ایران برحسب روش کوپن - گایگر^۳ می‌باشد. در بررسی شرایط اقلیمی سه پارامتر دما، رطوبت و باد برای اقلیم ایران برحسب روش کوپن برای شهرهای مختلف با استفاده از نرم‌افزار کلایمنت کانسالتنت^۴ انجام شد. در این

پتانسیل تهویه طبیعی برای ارزیابی امکان اطمینان از کیفیت هوای داخلی قابل قبول و آسایش حرارتی به طور 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 ساخته شده از ترکیبات کلر استفاده می‌کنند که متأسفانه در تخریب لایه ازن و گرم شدن زمین نقش دارند. قابل ذکر است که تولید گازهای گلخانه‌ای توسط انسان به ویژه دی اکسید کربن در حال تغییر دادن اقلیم جهانی است [۷]. آمارها نشان می‌دهد که نزدیک به ۵۰ درصد از انتشار دی اکسید 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 قابل توجه در انتشار دی اکسید کربن مورد نیاز هستند.

استفاده از سیستم تهویه طبیعی یا غیرفعال می‌تواند یک راه جایگزین برای حفظ خنکی یک خانه یا کاهش بار تهویه مطبوع باشد. یک سیستم خنک کننده 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 خنک کننده مکانیکی نقش داشته است. اخیراً تمایل زیادی به این سیستم‌ها به خصوص به دلایل اقتصادی و زیست محیطی وجود دارد.

پژوهش‌های بسیار زیادی در حوزه تهویه طبیعی و آسایش ساکنان انجام شده است. مینایی و معلمی [۸] بررسی آسایش حرارتی با مدل تهویه تطبیقی استاندارد ASHRAE¹55 با نرم افزار 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 فلونت نشان داد که بهره‌گیری از بادگیر منجر به کاهش دما تا ۹ درجه سلسیوس می‌شود.

³ Köppen-Geiger climate

⁴ Climate Consultant Software (CCS)

¹ American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers

² Stefano Schiavon

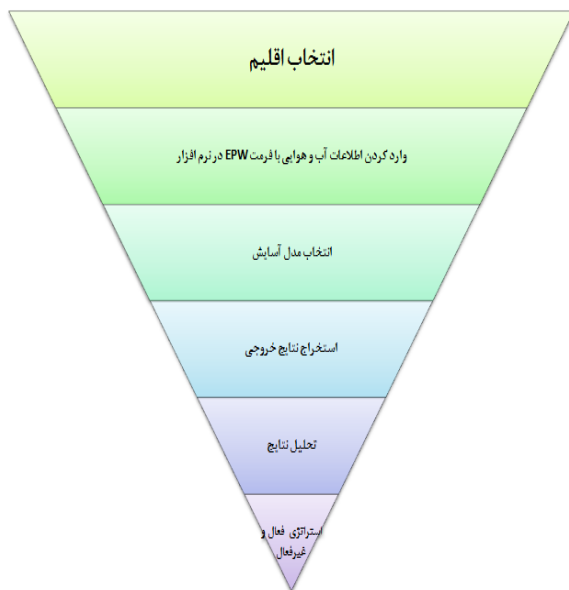
جدول ۱: ویژگی‌های جغرافیایی شهرهای منتخب برای آنالیز [۲۰].

شهر	اقلیم	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی	ارتفاع m
		شرقی	شمالی		
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	
مشکین شهر	CSb	۴۷.۱	۳۸.۲۳	۱۸۳۰	
همدان - نوزه	DSa	۴۸.۶۸	۳۵.۲	۱۶۸۰	
آبعلی	DSb	۵۱.۹۶	۳۵.۷۶	۲۰۵۷	

نرم‌افزار از مدل استاندارد ASHRAE55 به روش PMV^1 استفاده شده است. با استفاده از مدل ریاضی PMV (شاخص متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده) 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



شکل ۲: فلوچارت مراحل انجام تحقیق

۲- مواد و روش‌ها

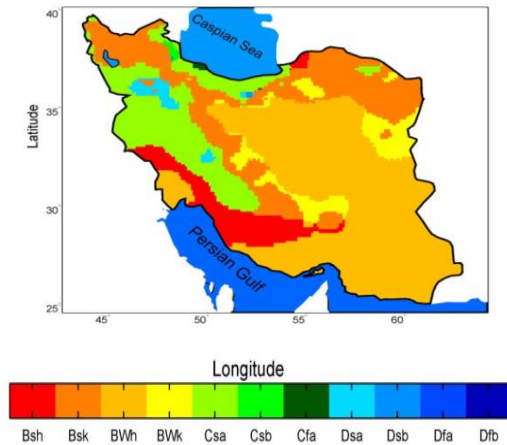
نحوه کار بدین صورت می‌باشد که در هر منطقه فایل‌های آب و هوایی با فرمت EPW^2 داده شده است که این فرمت‌ها را می‌توانیم در سایت‌هایی همانند انرژی پلاس برای شرایط آب و هوایی شهرهای ایران و دیگر نقاط جهان استخراج کنیم. با وارد کردن فایل‌های آب و هوایی شهرهای منتخب در نرم‌افزار مشاوره آب و هوایی نمودارهای اقلیمی رسم و تحلیل آن با استفاده از نرم‌افزار کلاسیک کانسالنت انجام شد. در نرم‌افزار مشاوره آب و هوایی 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 آب و هوایی هر شهر - ایستگاه به طور جداگانه وارد نرم‌افزار شده و بعد از استخراج نتایج تحلیل و مقایسه شهرها انجام شد.

² Energy Plus Ewather

¹ predicted mean vote (PMV)

از آن که 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 شناسایی شده توسط کوپن-گایگر، ایران ۹ گروه از آنها را در بر می‌گیرد (شکل ۳). بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن - گایگر، اقلیم‌های بیابانی خشک و بسیار گرم^۱ (BWh)، نیمه بیابانی خشک و سرد^۲ (BSk)، نیمه بیابانی خشک و بسیار گرم^۳ (BSh) و معتدل با تابستان‌های خشک و بسیار گرم^۴ (CSa) از گروه‌های مهم اقلیمی ایران هستند که هر کدام قسمت بزرگی از مساحت کشور را در بر می‌گیرند و سایر گروه‌های اقلیمی شامل بیابانی خشک و سرد^۵ (Bwk)، معتدل با تابستان‌های خشک و گرم^۶ (CSb)، اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و بسیار گرم^۷ (DSa)، اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و گرم^۸ (DSb) و معتدل پرباران با تابستان‌های گرم^۹ (Cfa) بخش بسیار کوچکی از مساحت کشور را تشکیل می‌دهند [۲۰] (شکل ۳).



شکل ۳: طبقه‌بندی اقلیم کوپن-گایگر در ایران

۲-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه

ایران در جنوب غربی آسیا واقع شده و با کشورهای ترکمنستان، افغانستان، پاکستان، عراق، ترکیه، ارمنستان و آذربایجان مرز مشترک دارد. مساحت ایران تقریباً ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومتر مربع است و بین ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه شرقی قرار دارد [۲۰]. یکی از عوامل محیطی مهم که بر زندگی افراد تأثیر می‌گذارد، آب و هوا است. یک

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

شهر	میانگین دمای خشک زمستانی °C	میانگین رطوبت نسبی زمستان %	میانگین دمای خشک تابستانی °C	میانگین رطوبت نسبی تابستان %
یزد	۱۰	۴۰	۲۷	۱۸
خرم‌آباد	۶.۵	۶۵.۵	۲۲.۵	۳۱.۶
مشهد	۷.۳۳	۶۰.۶۷	۲۲.۶۷	۳۲
سبزوار	۹	۵۲.۸	۲۵.۵	۲۷.۸
انزلی	۹.۸	۸۵.۳۳	۲۲.۵	۸۱
کرمان	۸.۶	۴۵.۳۳	۲۳.۱۶	۲۱.۳۳
مشگین شهر	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 آب و هوای یک منطقه که در یک دوره دراز مدت 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 تقسیم بندی اقلیمی نقاط مختلف جهان، روشهای گوناگونی پیشنهاد شده که یکی آنها روش کوپن دانشمند اتریشی مورد توجه قرار گرفته است. اصولاً در بسیاری از مناطق جهان، اقلیم به وسیله 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 از نظر ارتفاع نیز، فلات مرتفعی است که مجموع سطوحی

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

¹ Hot desert climate

² Cold semi-arid climate

³ Hot semi-arid climate

⁴ Hot-summer Mediterranean climate

⁵ Cold desert climate

آب و هوای خشک و بسیار گرم BWh: در این آب و هوا، 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 به عنوان معرف و نماینده اقلیم BWh در این تحقیق نظر گرفته شده است.

آب و هوای بیابانی خشک و سرد BWk: تابستان‌ها در آب و هوای سرد کویری (BWk) معمولاً گرم (با در برخی موارد خشک) هستند، با این حال، معمولاً به اندازه تابستان در آب و هوای BWh گرم نیستند. آب و هوای سرد بیابانی (BWk)، برخلاف آب و هوای BWh، معمولاً دارای زمستان‌های سرد و خشک است. میانگین دمای سالانه آن کمتر از ۱۸ درجه سلسیوس است. ایستگاه کرمان به عنوان نماینده اقلیم (BWk) در نظر گرفته شده است.

آب و هوای نیمه بیابانی خشک و بسیار گرم BSh: این آب و هوا 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 سرمایه‌گذاری 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 به عنوان معرف و نماینده اقلیم BSh در نظر گرفته شده است.

آب و هوای نیمه بیابانی خشک و سرد BSk: آب و هوای BSk معمولاً دارای تابستان‌های گرم تا گرم خشک است، اگرچه تابستان‌های آنها معمولاً به اندازه آب و هوای BSh گرم نیست. شهرهای خراسان رضوی و شمالی، آذربایجان شرقی و غربی در منطقه BSk قرار می‌گیرند. ایستگاه مشهد به عنوان معرف و نماینده اقلیم BSk در نظر گرفته شده است.

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

الگوی آب و هوایی خاص، دما، بارندگی، مقدار باران، رطوبت و تهویه همه به عنوان آب و هوا نامیده می‌شود. از سوی دیگر، طبقه‌بندی آب و هوا 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، با هم گروه‌بندی می‌شوند. بیشتر ایران در منطقه معتدل با عرض جغرافیایی بین ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی واقع شده است. ایران دارای فلات مرتفعی است که بیشتر قلمرو آن از سطح دریا ۴۷۵ متر بالاتر است. اگرچه ایران بین دو حوضه آبی قابل توجه (دریای خزر و خلیج فارس) قرار گرفته است، اما اثرات این حوضه‌ها به دلیل رشته کوه‌های البرز و زاگرس و موقعیت جغرافیایی آنها تنها در مجاورت آنها احساس می‌شود. به همین دلیل، این حوضه‌های آبی عظیم به ندرت تأثیری در کنترل دمای داخلی کشور دارند. ایران از نظر وسعت کشوری پهناور است که باعث ایجاد آب و هوای متنوعی شده است که طیف وسیعی از دماها از نیمه گرمسیری تا نیمه قطبی را در بر می‌گیرد. در فصل زمستان سیستم‌های پرفشار از نواحی غربی و جنوبی ایران عبور می‌کنند. از سوی دیگر، سیستم‌های کم فشار بر روی آب‌های گرم مانند اقیانوس هند، خلیج فارس و دریای خزر توسعه می‌یابند.

۲-۳- ویژگی‌های اقلیم کوپن - گایگر

هر منطقه آب و هوایی 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 به عنوان نماینده منطقه اقلیمی در ایران بررسی خواهد شد.

گروه B آب و هوای خشک Arid: اقلیم بیابانی یا خشک، یک زیرگروه آب و هوای خشک است که در آن تبخیر بیشتر از میزان بارندگی است. آب و هوای 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 باران که می‌بارد خیلی زود تبخیر می‌شود. آب و هوای خشک دارای برخی تغییرات و ریزاقلیم‌ها به صورت زیر است [۱۶]:

هوای تابستان به طور کلی پایدارتر از هوای زمستان است. آب و هوای قاره ای دو ریزاقلیم به صورت زیر دارد:

- آب و هوای اقلیم برفی با تابستانهای خشک و بسیار گرم Dsa;
- آب و هوای 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 دما بالای ۱۰ درجه سلسیوس است. تفاوت بین آب و هوای 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 آب و هوای اقلیم برفی با تابستانهای خشک و بسیار گرم Dsa و ایستگاه آبدلی معرف آب و هوای 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 مورد توجه قرار گرفتند که این اقلیم‌ها به صورت 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 گرفته شده 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 گرفته شده 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 بجز شهرکرد و همدان می‌باشد که ایستگاه خرم‌آباد معرف و نماینده اقلیم sca در نظر گرفته شد.
- ۷- استان اردبیل و مشکین شهر نماینده اقلیم scb می‌باشد.

سلسیوس است. آب و هوای معتدل گروه C زیراقلیم‌هایی به صورت زیر دارد:

آب و هوای معتدل با تابستانهای خشک و بسیار گرم Csa. این زیرگروه از آب و هوای مدیترانه‌ای (Csa) رایج‌ترین شکل آب و هوای مدیترانه‌ای است. بنابراین، آن را به عنوان "آب و هوای معمولی مدیترانه‌ای" نیز می‌شناسند. مناطقی با این نوع آب و هوای 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 بجز شهرکرد و همدان در اقلیم Csa قرار می‌گیرند و شهر خرم‌آباد بعنوان نماینده اقلیم Csa در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.

آب و هوای معتدل با تابستان های خشک و گرم Csb : این نوع از آب و هوای مدیترانه‌ای (Csb) که گاهی اوقات "اقلیم مدیترانه‌ای خنک تابستانی" نیز نامیده می‌شود، کمتر رایج است و تابستان‌های گرم و خشک دارد. گرمترین ماه آن به طور 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 مشکین شهر نماینده اقلیم Csb در این تحقیق در نظر گرفته شده است.

آب و هوای معتدل پرباران با تابستانهای گرم Cfa : منطقه آب و هوایی که با تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های سرد تا معتدل مشخص می‌شود، به عنوان آب و هوای نیمه گرمسیری مرطوب شناخته می‌شود. در این آب و هوا، 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 به عنوان نماینده اقلیم Cfa در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.

آب و هوای قاره‌ای Continental گروه D: آب و هوای قاره ای اغلب تغییرات سالانه قابل توجهی در دما دارند (تابستان های 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 آب و

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

۸- اقلیم dsa شامل شهرکرد و تالش می‌باشند. ایستگاه همدان - نوژه نماینده اقلیم dsa در نظر گرفته شده 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 داده شده است. شکل ۴ چارت ۳ بعدی میانگین دمای هوا برای شهرهای منتخب در اقلیم‌های ۹ گانه 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 ۹ گانه می‌باشد. بررسی شکل ۵ نمودار رطوبت‌نسبی شهرهای منتخب در اقلیم‌های ۹ گانه ایران نشان می‌دهد که در حدود ۳۴ درصد اوقات سال رطوبت‌نسبی 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 رطوبت‌نسبی بین ۴۰ تا ۶۰ درصد و تقریباً ۲۶ درصد اوقات سال رطوبت‌نسبی 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. هر کدام از رنگها در شکل ۶ نشان‌دهنده بازه سرعت باد در ماههای مختلف می‌باشد. برای نمونه رنگ قرمز برای سرعت باد ۵ تا ۹ متر برثانیه برای اقلیم‌های مختلف می‌باشد. بیشتر اقلیم‌ها در محدوده رنگ آبی و سرعت بین ۲ تا ۵ متر برثانیه قرار دارند.

جدول ۳: نتایج تهویه طبیعی برای شهرهای مختلف

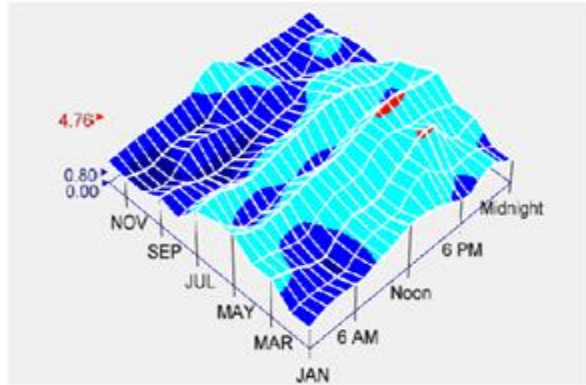
شهر	تعداد ساعت تهویه ساعت	شهر	تعداد ساعت تهویه ساعت
آبعلی	۱۱۸	اردبیل	۵۹

طبق جدول ۳ با حرکت از شمال ایران به سمت مرکز و جنوب، پتانسیل استفاده از تهویه طبیعی طبق نتایج نرم افزار 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. به طور کلی می‌توان بیان نمود شهرهای مرکزی و جنوبی طبق شرایط تعریف شده از پتانسیل بیشتری برای استفاده از تهویه طبیعی برخوردارند.

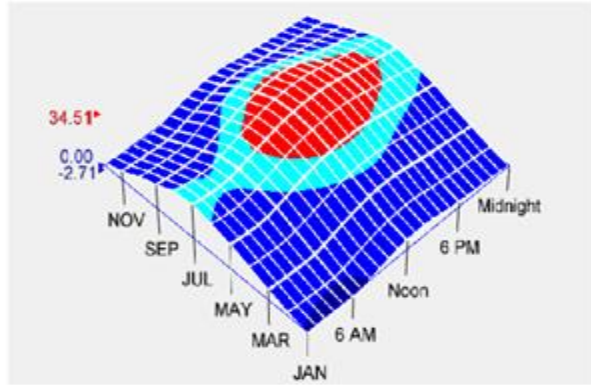
نتایج اقلیم‌ها: شکل ۷ نتایج شرایط آسایش، سرمایه‌ش تبخیری و تهویه طبیعی اقلیم‌های ۹ گانه شهرهای منتخب را نشان می‌دهد.

مشگین شهر کمترین پتانسیل استفاده از سرمایه‌ش تبخیری را دارند. همچنین بیشترین پتانسیل تهویه طبیعی در شهرهای یزد، کرمان و سبزوار مشاهده شده است.

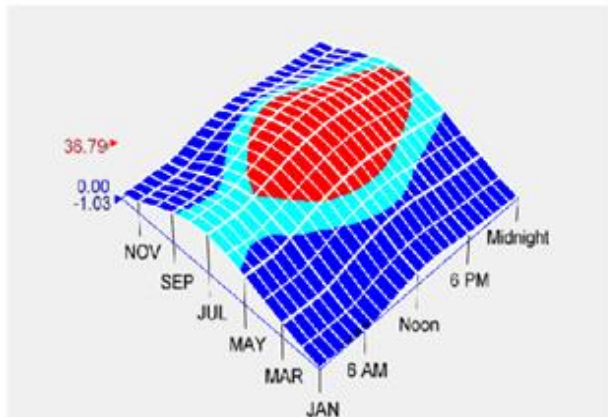
شکل ۷ نتایج ۹ اقلیم نشان می‌دهد که شهرهای یزد، سبزوار و خرم‌آباد بیشترین پتانسیل استفاده از سیستم سرمایه‌ش تبخیری را دارند. همچنین شهرهای شمالی مانند رشت، انزلی، آستارا، رامسر و



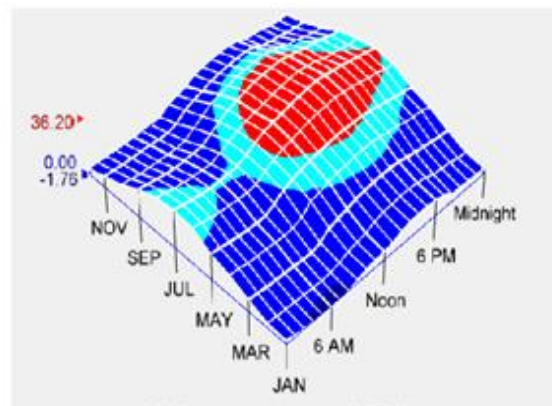
الف. یزد



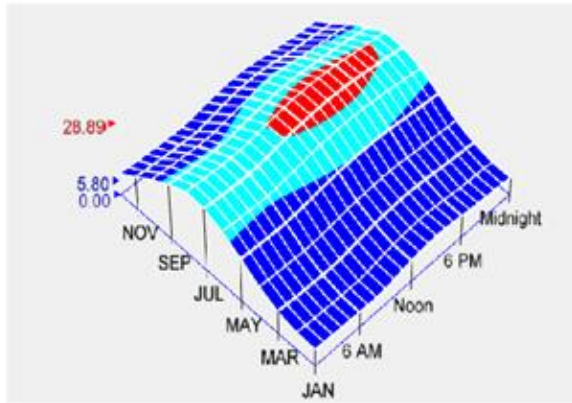
ب. مشهد



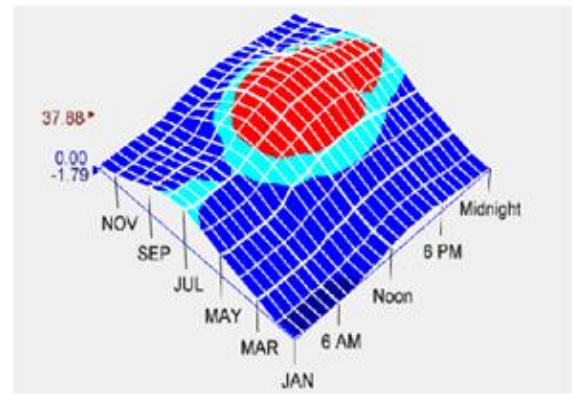
پ. سبزوار



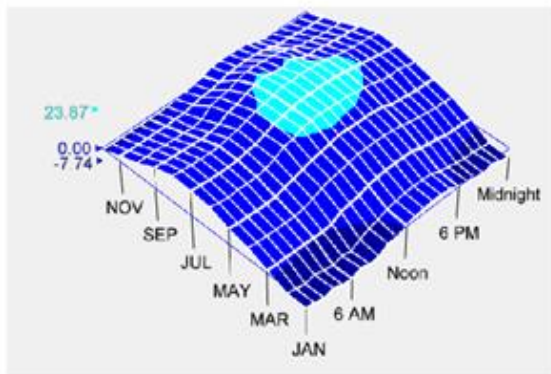
ت. کرمان



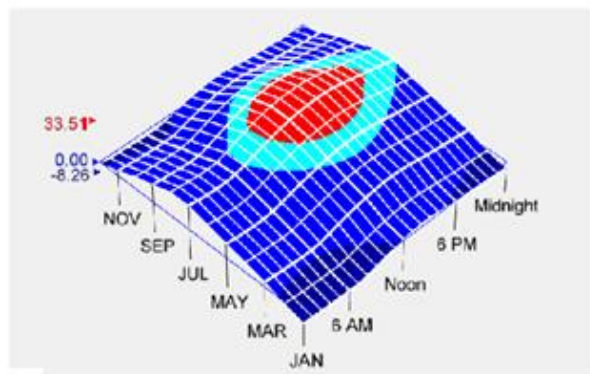
ث. بندر انزلی



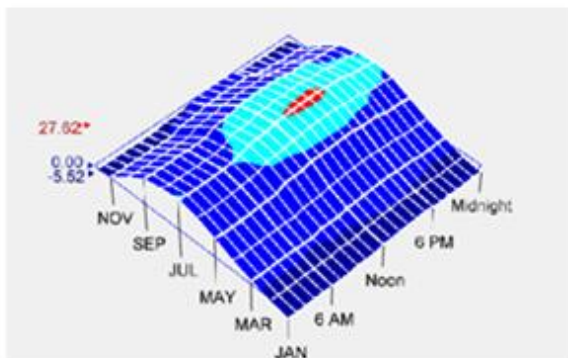
ج. خرم‌آباد



چ. اردبیل



ح. همدان - نوزه

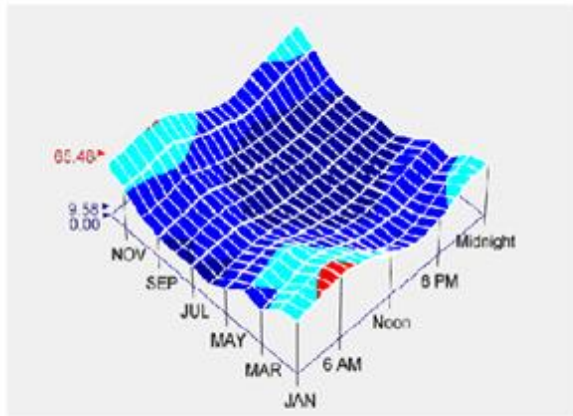


خ. آبعلی

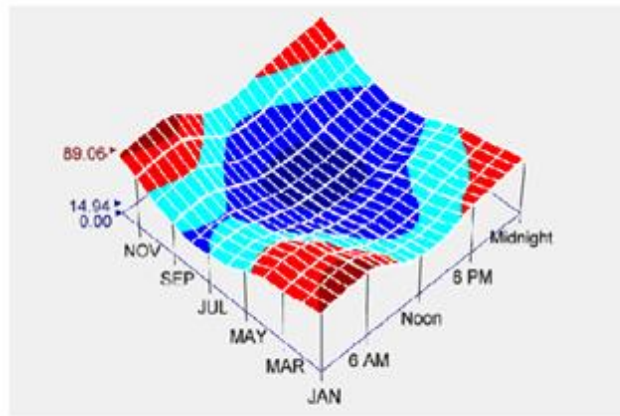


د. راهنما : دمای حباب خشک بر حسب درجه سلسیوس

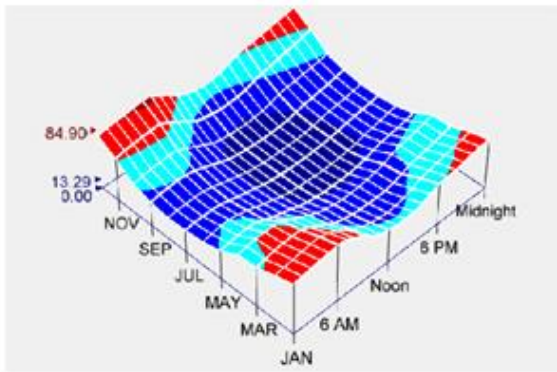
شکل ۴: چارت ۳ بعدی میانگین دمای هوای خشک برای شهرهای منتخب در اقلیم های ۹ گانه (الف) یزد (ب) مشهد، (پ) سبزوار، (ت) کرمان، (ث) بندر انزلی، (ج) خرم‌آباد، (چ) اردبیل، (ح) همدان - نوزه، (خ) آبعلی، (د) راهنما.



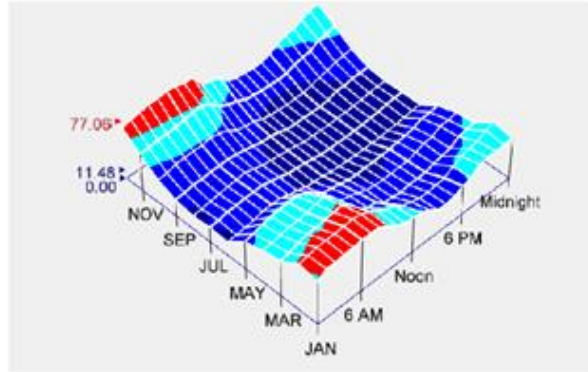
الف. یزد



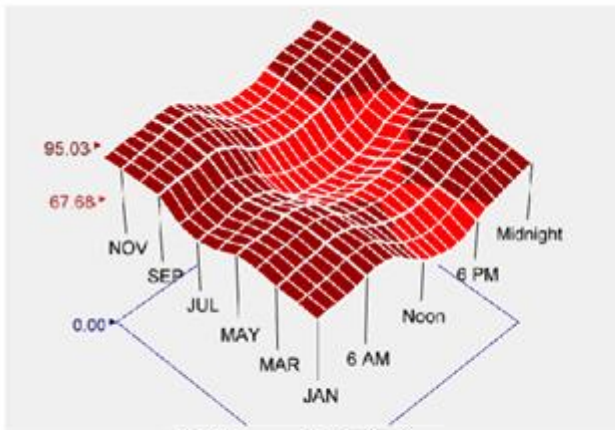
ب. مشهد



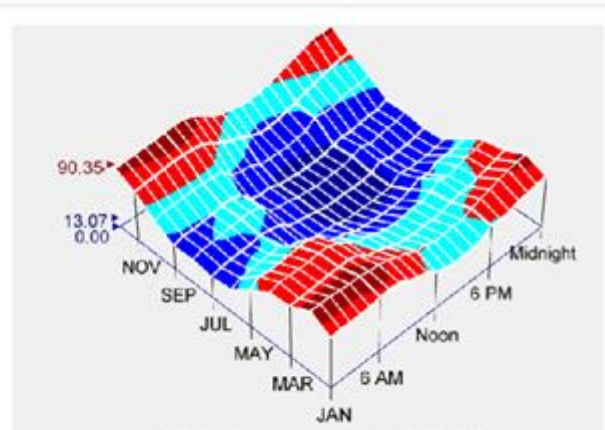
پ. سبزوار



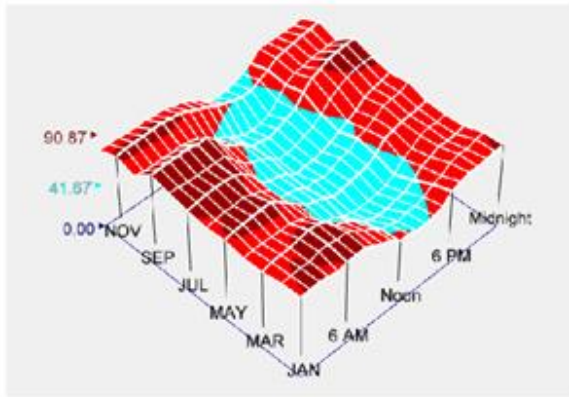
ت. کرمان



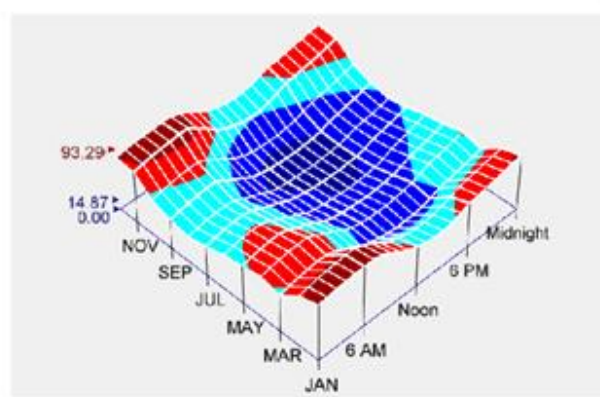
ث. بندر انزلی



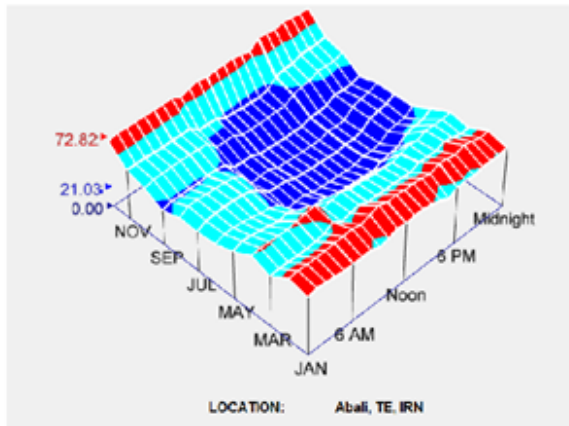
ج. خرم آباد



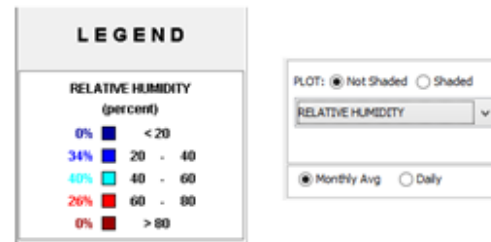
چ. اردبیل



ح. همدان - نوزه

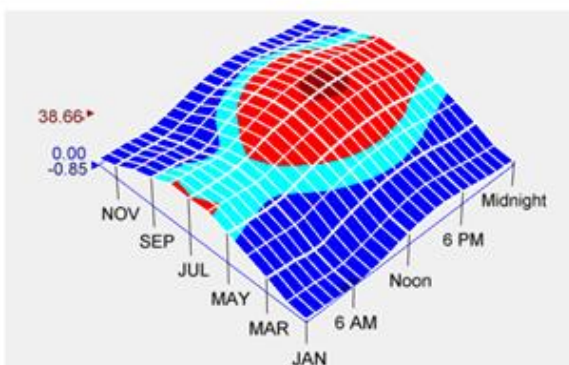


خ. آبعلی

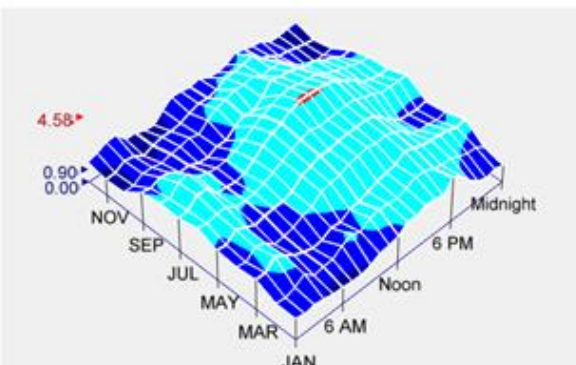


د. راهنما نمودارها: رطوبت نسبی شهرها برحسب درصد

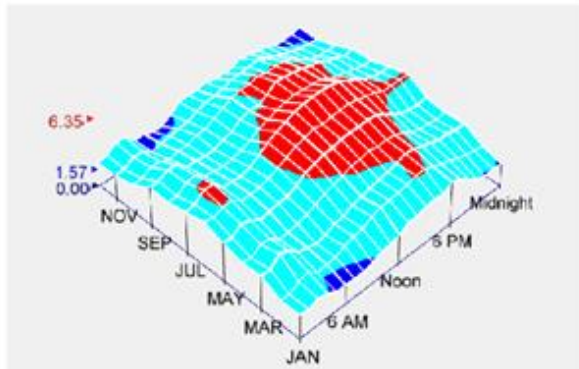
شکل ۵: چارت ۳ بعدی میانگین رطوبت نسبی برای شهرهای منتخب در اقلیم های ۹ گانه: (الف) یزد (ب) مشهد، (پ) سبزواری، (ت) کرمان، (ث) بندر انزلی، (ج) خرم‌آباد، (چ) اردبیل، (ح) همدان - نوزه، (خ) آبعلی، (د) راهنما رطوبت نسبی.



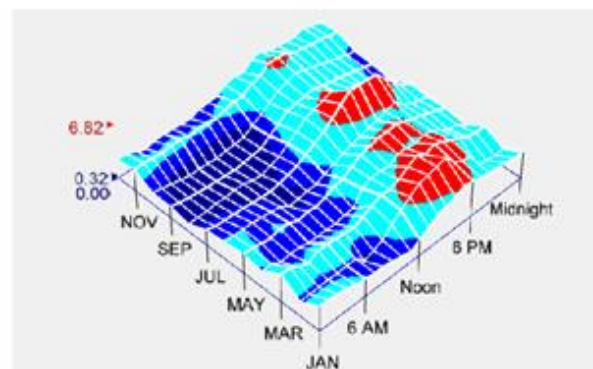
الف. یزد



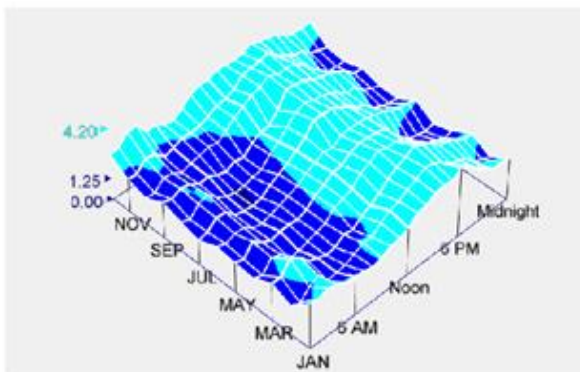
ب. مشهد



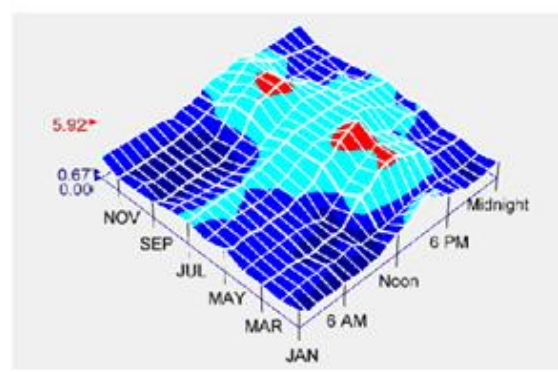
ب. سبزوار



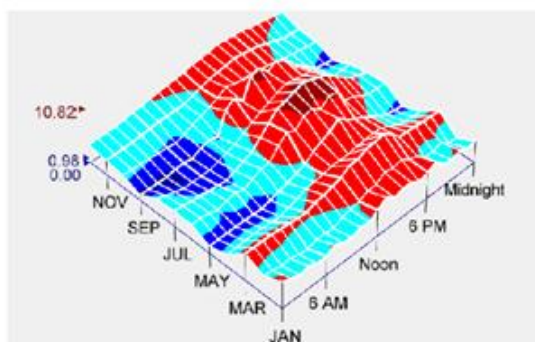
ت. گرمان



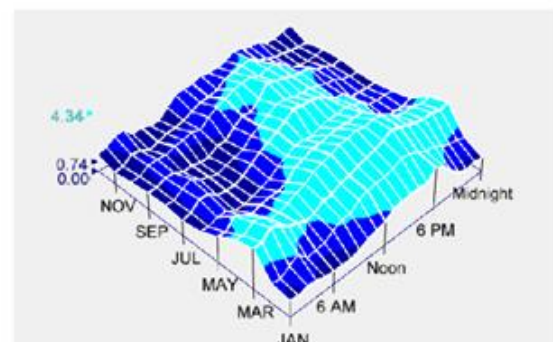
ث. بندر انزلی



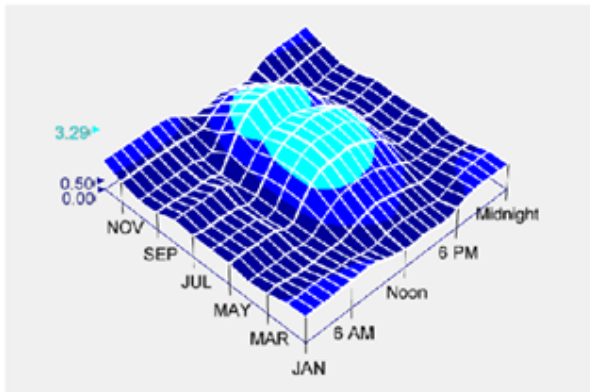
ج. خرم آباد



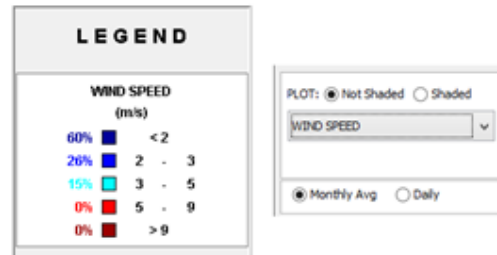
ح. اردبیل



ح. همدان - نوزه



خ. ابعلی

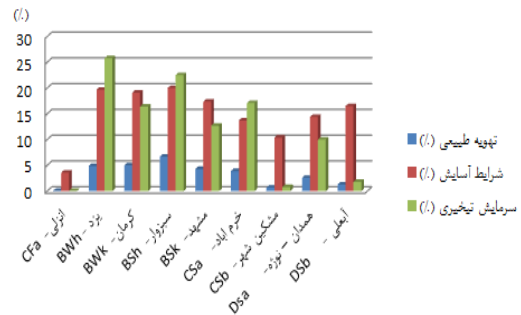


د. راهنما: سرعت باد

شکل ۶: چارت ۳ بعدی میانگین سرعت باد برای شهرهای منتخب در اقلیم های ۹ گانه: (الف) یزد (ب) مشهد، (پ) سبزوار، (ت) کرمان، (ث) بندر انزلی، (ج) خرم آباد، (چ) اردبیل، (ح) همدان - نوزده، (خ) ابعلی، (د) راهنما سرعت باد.

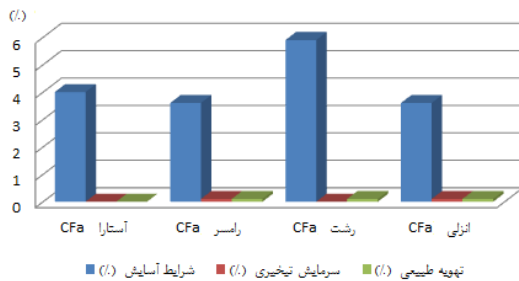
تبخیری به جز شهر ساری در بقیه شهرها تا حدودی استفاده شود هرچند نیاز به تجهیزات رطوبت‌زنی انفرادی نیز در بعضی از شهرهای این اقلیم مشاهده شد.

نتایج اقلیم‌ها



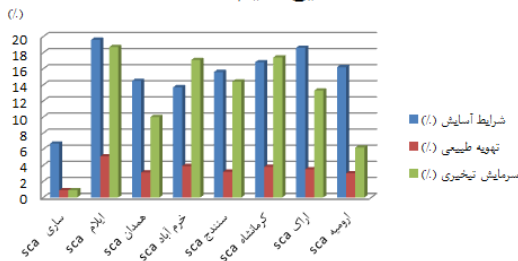
شکل ۷: نتایج شرایط آسایش، سرمایه‌گذاری تبخیری و تهویه طبیعی اقلیم های ۹ گانه شهرهای منتخب

نتایج اقلیم CFa



شکل ۸: نتایج اقلیم CFa

نتایج اقلیم Sca

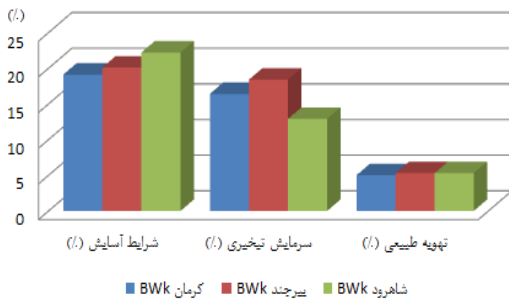


شکل ۹: نتایج اقلیم Sca

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

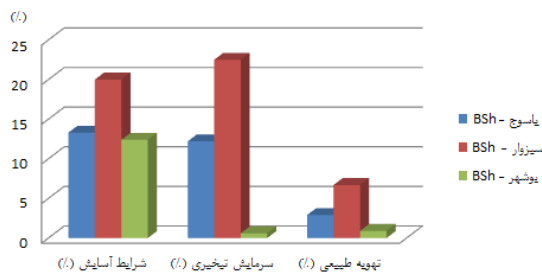
نتایج اقلیم CFa شکل ۸ نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری تبخیری و تهویه طبیعی در این اقلیم کاربردی ندارد و باید از سیستم فعال و مکانیکی پربازده استفاده نماییم. شرایط آسایش در این اقلیم در حدود ۵ درصد می‌باشد.

ایستگاه خرم‌آباد معرف اقلیم معتدل با تابستان‌های خشک و بسیار گرم Sca است که بخش زیادی از زاگرس، البرز و ناحیه خزری را در بر می‌گیرد. 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 به طور 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 سرمایه‌گذاری



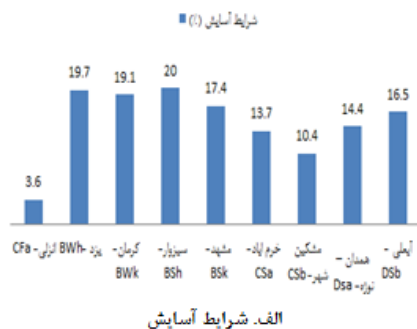
شکل ۱۲: نتایج اقلیم BwK

ایستگاه سبزوار معرف اقلیم نیمه بیابانی گرم BSh 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 شرحی بودن نیاز به سیستم سرمایش و رطوبت‌گیری دارد و از کولرایی استفاده نمی‌شود. همچنین شهرهای یاسوج و سبزوار زمستان‌های سردتری نسبت به بوشهر دارند و باید سیستم فعال گرمایش و رطوبت‌زنی استفاده شود.

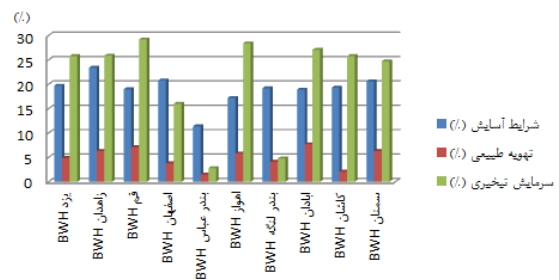


شکل ۱۳: نتایج اقلیم BSh

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

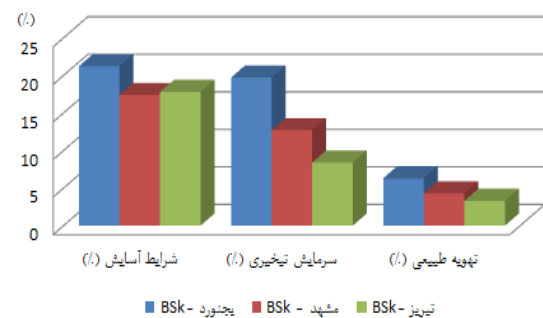


البرز محدود می‌شود. ایستگاه یزد نماینده اقلیم بیابانی گرم BWh است. شهرهای زاهدان، قم، اصفهان، بندرعباس، اهواز، بندر لنگه، آبادان، کاشان و غیره در اقلیم BWh قرار دارند. نتایج شکل ۱۰ نشان می‌دهد که در این اقلیم شرایط آسایش در ۲۰ درصد اوقات سال فراهم است. در این اقلیم تهویه طبیعی در حدود ۵ درصد اوقات سال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



شکل ۱۰: نتایج اقلیم BWh

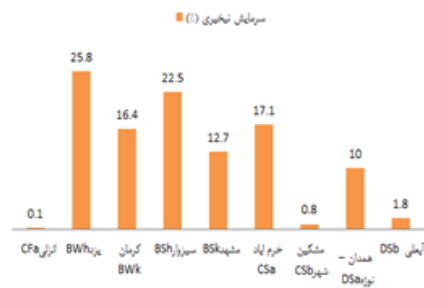
ایستگاه مشهد معرف اقلیم نیمه بیابانی سرد BSk و ایستگاه کرمان از اقلیم بیابانی سرد BwK برخوردار هستند. شکل ۱۱ و ۱۲ نتایج شهرهای این دو اقلیم را نشان می‌دهد. در اقلیم نیمه بیابانی سرد BSk شرایط آسایش در حدود ۲۰ درصد ایام سال برقرار می‌باشد. در اقلیم بیابانی سرد BwK تهویه طبیعی در حدود ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۱۱: نتایج اقلیم BSk

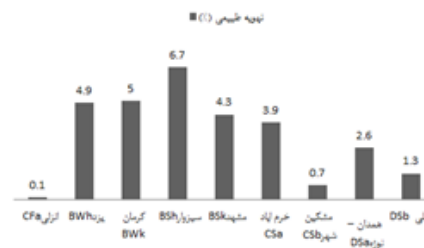
جدول ۴: نتایج شهر تهران برای اعتبارسنجی تحقیق [۱۶].

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

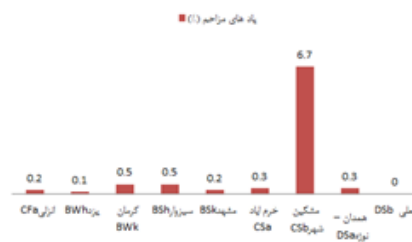


ب. سرمايش تبخیری

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



الف. تهویه طبیعی



ب. بادهای مزاحم

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

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق طراحی غیرفعال ساختمان‌های با مصرف انرژی نزدیک به صفر برای ۹ اقلیم از ۳۱ اقلیم شناسایی شده کوپن - گایگر برای کشور ایران را که شامل اقلیم‌های، BWh، BSk، BSh، BWk و CSa، CSb، Cfa، DSb، DSa می‌باشد، مورد مطالعه قرار گرفت. با وارد کردن داده‌های آب و هوایی با فرمت EPW در نرم‌افزار کلاسیک کانسالتنت و استفاده از استاندارد ASHRAE55 و مدل PMV در نرم‌افزار مشاوره آب و هوایی 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 مورد بررسی قرار گرفت. مهمترین نتایج ۹ اقلیم عبارتند از:

- ۱- در اقلیم بیابانی و گرم BWh که ایستگاه یزد به عنوان معرف و نماینده در نظر گرفته شده است. ویژگی این نوع اقلیم نشان می‌دهد که مقدار بارش ماه‌های مختلف سال بسیار ناچیز و این ایستگاه دارای یک فصل 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 سرمايش 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 بر می‌گیرد. 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 سرمايش تبخیری ۱۷ درصد به شرایط آسایش می‌رسد.

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

۹- نتایج اقلیم برفی با تابستان‌های خشک و گرم DSb ایستگاه آبدلی 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 و مراجع

- [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] Haghghatjoo, 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-

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 کولر آبی یا سرمایش تبخیری به دلیل شرجی بودن این اقلیم کاربردی ندارد.

۶- در اقلیم بیابانی سرد BWk 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 مشگین‌شهر 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.

- 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.; Tyler, H.; 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] Razi, 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 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

- different climates of Pakistan and Thailand. Case Studies in Thermal Engineering, (2021). 26, 101049.
- [26] Climate Data 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.
- and modeling of energy consumption of tall office buildings in Iran's hot-arid and cold 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 Fakhri, 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