

بازنگری در تعیین دمای پایه آسایش حرارتی مناطق اقلیمی متفاوت ایران به منظور محاسبه شاخص درجه-روز مورد نیاز سرمایشی و گرمایشی

عبدالمعظم قانقرمه^۱

غلامرضا روشن^۲

اسماعیل شاهکویی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۱/۲۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۹/۱۶

چکیده

یکی از شاخص‌های کاربردی در تعیین انرژی مورد نیاز جهت تأمین آسایش اقلیمی شاخص درجه-روز می‌باشد. در ایران غالباً دمای ۱۸ درجه سلسیوس جهت محاسبه HDD و ۲۴ درجه را به منظور محاسبه CDD استفاده می‌کنند. حال آنکه تنوع اقلیمی و جغرافیایی ایران باعث می‌شود تا دماهای مبنای جدیدی جهت محاسبه HDD و CDD پیشنهاد گردد. در پژوهش حاضر جهت تعیین آستانه‌های دمایی جدید به منظور تأمین انرژی مورد نیاز برای شرایط آسایش اقلیمی از دیاگرام اولگی استفاده شده است. از آنجایی که کشور ایران دارای تنوع اقلیمی مختلفی می‌باشد، بنابراین ۱۰ ایستگاه که معرف شرایط متفاوت آب و هوایی ایران می‌باشند انتخاب و مورد واکاوی قرار گرفتند. همچنین قابل توجه می‌باشد که در این مطالعه دیاگرام اولگی به ۱۲ طبقه زیست اقلیمی تقسیم گردید. اما مهم‌ترین بخش این مطالعه مربوط به تعیین دماهای پایه جدید برای محاسبه شاخص‌های HDD و CDD ایستگاه‌های مطالعاتی است. پس بر مبنای روزهای واقع در منطقه آسایش سه محدوده در قالب آستانه صدک‌های ۴۰ تا ۶۰ براساس نماینده ۲۰ درصد مرکزی داده‌ها، آستانه صدک‌های ۲۵ تا ۷۵ درصد به عنوان ۵۰ درصد غالب مرکزی و در نهایت آستانه صدک‌های ۱۰ تا ۹۰ به عنوان ۸۰ درصد مرکزی داده‌های مورد مطالعه انتخاب و این محدوده‌ها به نام آستانه‌های آسایش دمایی جدید به منظور تعیین دماهای پایه برای محاسبه HDD و CDD معرفی گردیدند. بر اساس هدف اصلی این تحقیق آستانه‌های آسایش دمایی جدیدی برای تمام ایستگاه‌های مطالعاتی پیشنهاد گردید که یافته‌ها نشان دادند با توجه به صدک‌های مختلف، حداقل دمای پایه جهت محاسبه HDD متعلق به ایستگاه بابلرس و حداکثر دمای پایه به منظور محاسبه CDD به ایستگاه شیراز اختصاص یافته است.

واژه‌های کلیدی: دمای پایه، آسایش اقلیم-زیستی، دیاگرام اولگی، شاخص درجه-روز.

۱- استادیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیای دانشگاه گلستان، گرگان (نویسنده مسئول) a_ghangherme@yahoo.com

۲- استادیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیای دانشگاه گلستان، گرگان r.rowshan@yahoo.com

۳- استادیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیای دانشگاه گلستان، گرگان shahkoeei@gmail.com

مقدمه

به هر حال شاخص‌های ساده تا تقریباً ساده دیگر شامل دمای ظاهری^۹ است که اولین بار توسط استیدمن (۱۹۸۴) مطرح شد و یا دمای مؤثر^{۱۰} که بوسیله یاگلو^{۱۱} (۱۹۲۳) پایه گذاری گردید و همچنین شاخص دمای دماسنج مرطوب کروی^{۱۲} (WBGT) را می‌توان نام برد که نخستین بار یاگلو و مینراد (۱۹۵۷) آنرا ارائه نمودند (بلازجسکی^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۲). روش دمای معادل فیزیولوژیک^{۱۴} (PET) نیز یکی از پرکاربردترین شاخص‌های بیوکلیمایی می‌باشد که جهت محاسبه آن فرایند طولانی و پیچیده محاسباتی نیاز می‌باشد. از آنجا که فرایند محاسباتی این شاخص طولانی است، بنابراین نرم افزار RayMan جهت راحتی در خروجی گرفتن از این شاخص طراحی شده است (ماتزاراکیس^{۱۵} و روتز، ۲۰۰۷). همانگونه که اشاره شد روش دوم جهت پایش شرایط بیوکلیمایی استفاده از دیاگرام‌های بیوکلیمایی می‌باشد. شاید یکی از پیشگامان در راستای طراحی دیاگرام‌های آسایش اقلیمی را بتوان ویکتور اولگی^{۱۶} نام برد. اولگی جهت تعیین آسایش محیط خارج از ساختمان دیاگرامی ارائه نمود که اگر چه برای استفاده از این دیاگرام دما و رطوبت نسبی کفایت می‌کند، ولی این دیاگرام به گونه‌ای طراحی شده که برای دوره‌هایی نیز که با عدم آسایش اقلیمی همراه می‌باشند، می‌تواند بصورت بالقوه با در نظر گرفتن پارامترهای اقلیمی مختلفی نظیر سرعت باد، تابش و نیاز رطوبتی، شرایط مورد نیاز برای ورود به زون آسایش را تعیین نمود (اولگی، ۱۹۶۷). از دیگر دیاگرام‌های بیوکلیمایی نمودار زیست اقلیمی ساختمان گیونی^{۱۷} است. این نمودار به منظور بهسازی وضعیت داخلی ساختمان بر اساس اوضاع اقلیمی محل طراحی شده است و با توجه به تغییرات متوسط دما و

یکی از مباحث مهم در آب و هواشناسی کاربردی دانش زیست اقلیم است که امروزه خود به صورت مستقل در آب و هواشناسی مطرح است و اندیشمندان مختلف کتاب‌ها و مقالات متعددی در این زمینه تألیف و روش‌هایی را ابداع نموده اند (ام سی آرتور^۱، ۱۹۸۷، آرمسترانگ^۲، ۱۹۹۴، سیملتون^۳ و همکاران، ۲۰۱۲). بیوکلیما در واقع وضعیت آب و هوا در رابطه با موجودات زنده و بویژه انسان را مورد بررسی قرار می‌دهد (گوسلین^۴، بریس و همکاران، ۲۰۱۴). از مسائل حائز اهمیت در مطالعات زیست اقلیم شناسی، بحث آسایش انسان در فضای آزاد و فضای داخل ساختمان با توجه به پارامترهای اقلیمی است. این موارد قسمتی از مبحث بزرگتری در اقلیم شناسی کاربردی تحت عنوان اقلیم و محیط‌های مسکونی یا معماری‌های همساز با اقلیم می‌باشد. اما بطور کلی شایان ذکر می‌باشد که در راستای پایش و واکاوی شرایط بیوکلیمایی دو دسته روش کلی وجود دارد. روش‌هایی که اساس آنها بر پایه محاسبات تجربی می‌باشد که خود این روش‌های محاسباتی شامل شاخص‌های ساده تا پیچیده می‌شوند. بعنوان نمونه از شاخص‌های ساده می‌توان به شاخص‌هایی نظیر هیومیدکس^۵ اشاره نمود که اگرچه روش‌های مختلفی به منظور محاسبه این شاخص ارائه شده است ولی در غالب آنها از دو پارامتر دما و رطوبت نسبی استفاده می‌شود (اوراسو^۶ و همکاران، ۲۰۱۴، قانقره و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین از دیگر شاخص‌های محاسباتی بیوکلیمایی ساده که فقط از دو مؤلفه دما و سرعت باد استفاده می‌کند را می‌توان به شاخص سوزباد^۷ اشاره نمود که کارهای زیادی بر مبنای این شاخص در سرتاسر دنیا انجام شده است (روشن و همکاران، ۲۰۱۰، جی یونگ^۸ و کیم، ۲۰۱۳).

9 - Apparent temperature

10 - Effective temperature

11 - Yaglou

12 - The wet-bulb globe temperature

13 - Blazejczyk

14 - Physiologically equivalent temperature

15 - Matzarakis

16 - Olgyay

17 - Givoni

1 - McArthur

2 - Armstrong

3 - Simelton

4 - Gosling

5 - Humidex

6 - Orosa

7 - wind chill

8 - Jeong

درجه سلسیوس را بعنوان دامنه آسایش انتخاب نمودند. در مطالعه‌ای دیگر برای عربستان سه آستانه آسایش دمایی به منظور محاسبه نیاز سرمایشی و گرمایشی انتخاب گردید. آستانه اول شامل ۱۸ تا ۲۴، آستانه دوم ۱۸ تا ۲۰ و سومین آستانه شامل ۷ تا ۱۳ درجه سلسیوس می‌باشد (رحمان^۳ و همکاران، ۲۰۱۱). اما مجدداً در مقاله‌ای برای عربستان ال-هدحرامی^۴ (۲۰۱۳) دمای ۱۸/۳ درجه سلسیوس را بعنوان دمای پایه محاسبه HDD و CDD انتخاب نمود. بگونه‌ای که برای مقادیر پایین تر از ۱۸/۳ درجه سلسیوس نیاز گرمایشی و بالاتر از آن نیاز سرمایشی محاسبه گردید. در پژوهشی برای هنک گنگ اگرچه لم^۵ و همکاران (۲۰۰۵) دمای پایه ۱۶ و ۲۴ را به ترتیب بعنوان مبنای محاسبه HDD و CDD انتخاب نمودند ولی جیانگ^۶ و همکاران (۲۰۰۹) در راستای پایش تغییرات نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی در ۵۱ شهر چین دامنه دمایی ۱۸ تا ۲۴ را ملاک آسایش قرار داده اند. سویتان و جورکویک^۷ (۲۰۱۵) جهت مشخص نمودن روند ماهانه تقاضای انرژی در بخش گرمایش و سرمایش کرواسی سه مبنای دمایی برای محاسبات خود انتخاب نمودند. بطوری که برای HDD سه دمای مبنای ۱۰، ۱۲ و ۱۵ درجه سلسیوس و همچنین جهت محاسبه CDD دماهای ۱۸، ۲۱ و ۲۳ درجه سلسیوس بعنوان مبنای محاسبات انتخاب شدند. سیواک^۸ (۲۰۰۹) در تحقیقی جالب توجه برای ارائه یک دیدگاه کلی از انرژی سرمایشی مورد نیاز ۵۰ کلان شهر بزرگ دنیا دمای مبنا برای محاسبه CDD را ۱۸ درجه سلسیوس انتخاب نمود. پژوهشی که هدف آن ارزیابی بالقوه تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز برق در قبرس بود، دمای پایه برای محاسبه CDD و HDD را بترتیب ۱۸ و ۲۲ درجه سلسیوس انتخاب نمود (زاجاریادیس^۹، ۲۰۱۰). لازم به توضیح می‌باشد که بیشترین مطالعات در زمینه پایش HDD و CDD

رطوبت ماهیانه راهکارهای سرمایش و گرمایش طبیعی برای ساختمان ارائه شده است (گیونی، ۱۹۷۶). بعدها محدودیت‌های نمودار گیونی توسط واتسون و لیز (۱۹۸۳) مورد واکاوی قرار گرفت. یکی دیگر از کاربردی‌ترین نمودارهای بیوکلیمایی، نمودار سایکرومتریک است که کارهای مختلفی بر مبنای این نمودار انجام پذیرفته است (ال-ازری^۱ و همکاران، ۲۰۱۳).

با در نظر گرفتن مطالب فوق‌الذکر مشاهده می‌شود که شاخص‌های بیوکلیمایی بسیاری توسط دانشمندان ابداع و در دسترس محققین قرار دارد. ولی یکی از شاخص‌های کاربردی در تعیین انرژی مورد نیاز جهت تأمین آسایش اقلیمی شاخص درجه-روز می‌باشد. مجموع انحراف میانگین درجه حرارت روزانه از درجه حرارت آسایشی انسان (دمای آستانه) درجه-روز نامیده می‌شود. در بالاتر از دمای آستانه نیاز به سرد کردن محیط و در پایین تر از آن نیاز به گرم کردن محیط که به ترتیب نیازهای سرمایشی و گرمایشی نامیده می‌شود، مشاهده می‌گردد (سازمان هواشناسی جهانی، ۱۹۹۱). درجه-روزهای سرمایش و گرمایش از جنبه‌های مختلف، شاخصی مهم و مؤثر قلمداد می‌شود. معیار درجه-روز گرمایشی و سرمایشی می‌تواند ضمن ارائه تصویری روشن و دقیق از میزان نیازهای دمایی ساختمان، شهر و منطقه، در تأمین آسایش دمایی و اصلاح الگوی مصرف انرژی نیز نقش مثبتی ایفا کند. برآورد و محاسبه مقادیر میانگین درجه-روزهای نیاز به گرمایش و سرمایش بعنوان اطلاعات پایه و اصلی در برآورد مقدار انرژی مورد نیاز جهت گرم کردن ساختمان در فصل سرد و یا سرد کردن آن در فصل گرم سال و در نتیجه برنامه ریزان مصرف انرژی است. نکته قابل توجه اینکه مطالعات مختلف در سرتاسر دنیا با توجه به موقعیت جغرافیایی و اقلیمی خود مبنای دماهای متفاوتی به منظور محاسبه HDD و CDD استفاده نموده اند. بعنوان نمونه پترالی^۲ و همکاران (۲۰۱۱)، در واکاوی برخی شاخص‌های اقلیمی منجمله HDD و CDD برای شهر فلورانس ایتالیا، محدوده ۱۷ تا ۲۲

3 - Rehman

4 - Al-Hadhrani

5 - Lam

6 - Jiang

7 - Jurković

8 - Sivak

9 - Zachariadis

1 - Al-Azri

2 - Petralli

علی رغم اینکه بسیاری از مناطق کشور آب و هوای سردی را تجربه می‌کنند ولی شهرهایی نظیر چابهار، جزایر سواحل جنوبی و برخی شهرهای ساحلی خلیج فارس و دریای عمان دارای شرایط آسایش اقلیمی می‌باشند و از طرف دیگر در تابستان‌های گرم ایران، شهرهایی مانند اردبیل، خلخال، ماکو و برخی مناطق مرتفع، آب و هوای خنک و همراه با آسایش اقلیمی تجربه می‌کنند.

در این راستا لازم به ذکر است که توزیع شهرهای مختلف ایران در نواحی جغرافیایی متنوع نظیر جنگل‌ها، بیابان‌ها، سواحل دریا و مناطق کوهستانی به طوری می‌باشد که نقش این عوامل محلی در تنوع آب و هوایی شهرهای ایران بر کسی پوشیده نیست.

پس ترکیب سامانه‌ها و توده‌های مختلف جوئی (عوامل فرامنطقه‌ای) در طول سال با عوامل منطقه‌ای و محلی توپوگرافی باعث شده که نه تنها تفاوت‌های فاحشی بین شهرهایی که فاصله نسبتاً دوری از یکدیگر دارند مشاهده شود، بلکه حتی برخی شهرهای نزدیک به یکدیگر نیز تفاوت‌هایی در شرایط آب و هوایی دارند. پس مجموع این گزینه‌ها باعث می‌گردد که در انتخاب دمای پایه آسایش دمایی شهرهای مختلف ایران یک بازنگری اساسی انجام گردد. هر چند که غالباً بسیاری از محققان داخلی آستانه آسایش دمایی را برای شهرهای مختلف ایران ۱۸ تا ۲۴ درجه و یا ۱۸ تا ۲۱ درجه سلسیوس انتخاب کرده‌اند (روشن و همکاران، ۲۰۱۲، محرابی و همکاران، ۲۰۱۱، تقوی، ۲۰۱۰، خلیلی، ۱۳۸۳ و کسمائی، ۱۳۷۸)، ولی با توجه به ملاحظات فوق الذکر به نظر می‌رسد که باید دامنه آسایش دمایی جدیدی برای مناطق مختلف ایران تعریف گردد. مقاله حاضر در نظر دارد تا ملاک انتخاب آستانه آسایش دمایی هر شهر را بر پایه فراوانی رخدادهای دمایی روزهای همراه با آسایش دمایی تعیین نماید. بنابراین انتظار می‌رود تا با در نظر گرفتن ویژگی اختصاصی اقلیمی هر شهر، بهتر بتوان دامنه آسایش دمایی و به گفتار دیگر مبنای دمایی مناسبی را جهت برآورد HDD و CDD ارائه نمود.

توسط محققین یونانی و ترکیه انجام پذیرفته است. از جمله محققان ترک دمبایک^۱ (۲۰۰۹) می‌باشد که در مطالعه خود دامنه آسایش دمایی برای شهرهای ترکیه را بین ۱۷/۵ تا ۲۲ درجه سلسیوس انتخاب نمود، ولی یلدیز^۲ و سوساواگلو^۳ (۲۰۰۷) سه آستانه آسایش دمایی ۱۸ تا ۲۰ درجه، ۱۸ تا ۲۴ درجه سلسیوس و ۷ تا ۱۳ درجه سلسیوس در تحقیق خود اعمال کرد. همچنین زیکی^۴ و کادیوگ (۱۹۹۸) آستانه دمایی ۱۵ تا ۲۴ را بعنوان دامنه آسایش دمایی انتخاب نمود. بررسی برای یونان مؤید این حقیقت بوده که مبنای دمای ۱۸، ۱۵ و ۱۴ درجه سلسیوس بعنوان ملاک تعیین HDD و مبنای دمای ۲۶، ۲۴ بعنوان معیار سنجش CDD مورد واکاوی قرار گرفته است (پاپاکوستاس^۵ و کری یاکیس، ۲۰۰۵، پاپاکوستاس و همکاران، ۲۰۱۰، موستریس^۶ و همکاران، ۲۰۱۴).

اما اولین پیشگامان تحقیقات راجع به اقلیم و آسایش انسان و محیط‌های مسکونی در ایران بیشتر مربوط به کارهای ریاضی (۱۳۵۶)، رزمجویان (۱۳۷۶) و کسمایی (۱۳۷۸) می‌باشد. کسمایی نقشه پهنه‌بندی اقلیمی ایران را در ارتباط با مسکن و محیط‌های مسکونی برای سراسر ایران با روش گیونی محاسبه و ترسیم نمود همچنین خلیلی (۱۳۸۳) بر مبنای تحلیل سه بعدی درجه-روزهای گرمایش و سرمایش در گستره ایران را مورد بررسی قرار داده و نقشه‌های نیاز سالانه گرمایش و سرمایش ایران را ترسیم نموده است. از محدود کارها در زمینه تأثیر گرمایش جهانی بر نیاز انرژی سرمایشی و گرمایشی می‌توان به پژوهش روشن و همکاران (۲۰۱۲) اشاره نمود.

در این مطالعه یافته‌ها نشان می‌دهند که نیاز به انرژی سرمایشی در مقایسه با گرمایشی برای دهه‌های آینده افزایش خواهد یافت. اما نکته قابل تأمل اینکه ایران کشوری دارای تنوع آب و هوایی و اقلیمی است. برای مثال در زمستان

1 - Dombayc

2 - Yildiz

3 - Sosaoglu

4 - ZEKAİ

5 - Papakostas

6 - Moustris

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر جهت تعیین آستانه‌های دمایی جدید به منظور تأمین شرایط آسایش اقلیمی از دیاگرام اولگی استفاده شده است. یکی از کاربردی ترین دیاگرام‌های بیوکلیمایی برای بررسی شرایط دمایی- رطوبتی هوا از نظر آسایش، دیاگرام بیوکلیمایی اولگی است که امروزه همچنان توسط محققین مورد استفاده قرار می‌گیرد (رلیحان، ۲۰۰۳، ال-ازری، زوریگتیب و ال-راواهی، ۲۰۱۳، پور وحیدی و اوزدنیز، ۲۰۱۳).

ویکتور اولگی برای اولین بار در سال ۱۹۶۳ با استفاده از میانگین درازمدت ماهانه چهار عنصر اقلیمی حداکثر و حداقل دما و رطوبت نسبی و باد دیاگرامی را طراحی نمود که در آن حدود آسایش انسان بر اساس تغییرات این چهار عنصر تعیین شده است. علاوه بر این در دیاگرام ارائه شده در صورت تأمین سه عنصر تابش، رطوبت و جریان باد در محدوده آسایش نیز نشان داده شده است. اولگی با توجه به نتایج مطالعات انجام شده در استرالیا نشان داد رابطه دمای خشک هوا و احساس انسان از وضعیت گرمایی، ملموس‌تر و واقعی‌تر از رابطه دمای مؤثر و وضعیت گرمایی است. لذا اولگی معیاری را ارائه داد که نقش پدیده‌های مؤثر در احساس آسایش را روشن نماید. او در دهه شصت نموداری ارائه داد که در آن مشخصات منطقه آسایش انسان به دمای خشک و رطوبت نسبی تعیین شده بود. وی بعدها نمودار خود را کامل تر ساخت و نشان داد که دامنه منطقه آسایش را می‌توان با استفاده از خاصیت برودت زایی باد، خاصیت گرم‌زایی آفتاب و خاصیت افزایش رطوبت هوا گسترش داد. در غالب روش‌ها و دیاگرام‌های بیوکلیمایی بندرت دیده می‌شود که سال به دو دوره گرم و سرد تفکیک و وضعیت آسایش آن بر اساس این تقسیم بندی مورد واکاوی قرار گیرد. پس در این تحقیق کل زون آسایش بدون هیچگونه تفکیک در نظر گرفته شد. در این پژوهش برای ترسیم شرایط بیوکلیمایی از داده‌های متوسط دما

و رطوبت نسبی روزانه استفاده گردیده است. از آنجایی که کشور ایران دارای تنوع اقلیمی مختلفی می‌باشد، پس ۱۰ ایستگاه که معرف شرایط متفاوت آب و هوایی ایران می‌باشند انتخاب و مورد واکاوی قرار گرفته شدند (نگاره ۱). لازم به ذکر است که طول سری زمانی مورد استفاده شامل دوره آماری ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰ می‌باشد که این داده‌ها از سازمان هواشناسی ایران تهیه گردید. از آنجا که ترسیم دستی هر یک از رخدادهای بر روی دیاگرام اولگی با توجه به طیف وسیع داده‌های مورد مطالعه کاری طاقت فرسا و زمان بر می‌باشد، بنابراین دیاگرام اولگی رقومی گردید تا براحتی بتوان برای هر ایستگاه بسرعت و راحتی خروجی دریافت نمود. همچنین قابل توجه می‌باشد که در این مطالعه دیاگرام اولگی به ۱۲ طبقه بیوکلیمایی تقسیم گردید که درصد فراوانی رخداد هر یک از طبقات بیوکلیمایی برای هر ایستگاه در جدول (۱) گزارش شده است. اما مهمترین بخش این مطالعه مربوط به تعیین دماهای پایه جدید برای محاسبه شاخص‌های HDD و CDD ایستگاه‌های مطالعاتی است. پس بر مبنای روزهای واقع در منطقه آسایش^۳ سه محدوده در قالب آستانه صدک‌های ۴۰ تا ۶۰ بعنوان نماینده ۲۰ درصد مرکزی داده‌ها، آستانه صدک‌های ۲۵ تا ۷۵ درصد بعنوان ۵۰ درصد غالب مرکزی و در نهایت آستانه صدک‌های ۱۰ تا ۹۰ بعنوان ۸۰ درصد مرکزی داده‌های مورد مطالعه انتخاب و این محدوده‌ها بعنوان آستانه‌های آسایش دمایی جدید به منظور تعیین دماهای پایه برای محاسبه HDD و CDD معرفی گردیدند (رابطه ۱):

$$L_p = (n+1) \frac{s}{100} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در معادله (۱)، L_p معادل رتبه آستانه برای صدک‌های ۱۰، ۲۵، ۴۰، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درصد، n معادل تعداد نمونه‌ها و s معادل صدک‌ها می‌باشد.

در گام نهایی پس از تعیین دمای پایه، مقادیر درجه-روز مورد نیاز سرمایشی (رابطه ۲) و گرمایشی (رابطه ۳)

1 - Rellihan

2 - Ozdeniz

بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$CDD = \sum_1^N (T - \theta) \longrightarrow \theta < T \quad \text{رابطه (۲)}$$

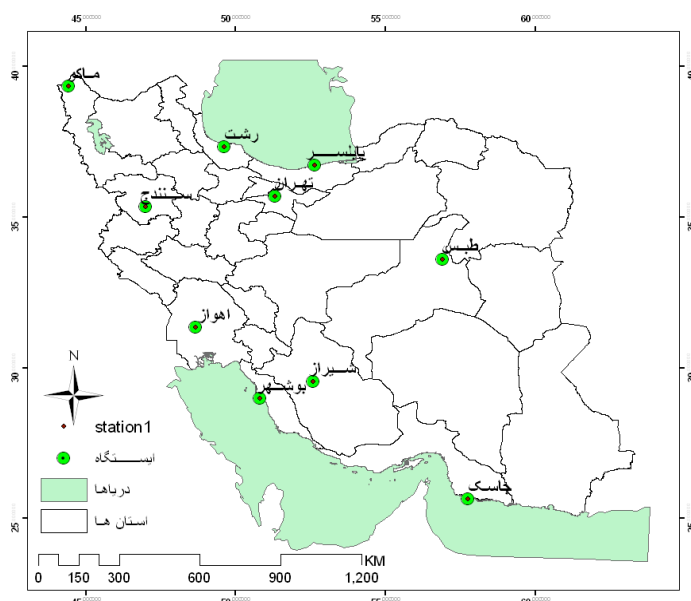
$$HDD = \sum_1^N (\theta - T) \longrightarrow \theta > T \quad \text{رابطه (۳)}$$

در فرمول ۲ و ۳ بترتیب نیاز سرمایشی با CDD و گرمایشی با علامت HDD برای یک دوره معین N روزه محاسبه می‌شود که در این فرمول‌ها T میانگین دمای روزانه و θ دمای پایه می‌باشد که با توجه به آستانه صدک‌های مختلف اعداد متفاوتی برای هر ایستگاه پیشنهاد می‌گردد.

معرفی ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایران کشوری با تنوع اقلیمی و توپوگرافی قابل ملاحظه می‌باشد که این امر باعث گردید تا ۱۰ ایستگاه بعنوان نماینده این تنوع آب و هوایی و جغرافیایی مورد استفاده قرار گیرند (نگاره ۱). یکی از این پهنه‌های آب و هوایی شامل استان‌ها و شهرهایی می‌باشد که در جنوب ایران و در محدوده سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان واقع شده‌اند. جالب توجه اینکه از سواحل غربی به سمت سواحل شرقی رژیم اقلیمی این ایستگاه‌ها تغییر می‌کند. پس برای نواحی غربی خلیج فارس ایستگاه اهواز، برای نیمه مرکزی سواحل خلیج فارس بندر بوشهر و برای سواحل شرقی ایستگاه جاسک انتخاب گردید که این ایستگاه‌ها دارای آب و هوای گرم و خشک تا گرم و مرطوب می‌باشند. گزارشات نشان می‌دهد که میانگین سالانه دما و رطوبت نسبی اهواز بترتیب شامل ۲۵/۴ درجه سلسیوس و ۴۲/۶ درصد، بوشهر ۲۴/۵ درجه سلسیوس و ۶۵ درصد، جاسک ۲۶/۹ درجه سلسیوس و ۶۸ درصد است. غالب سامانه‌های جوی تأثیرگذار بر این مناطق شامل سیستم‌های جنب حاره‌ای و سودانی که از روی شبه جزیره عربستان عبور می‌کنند می‌باشد. اما از ایستگاه‌های مرکزی ایران که دارای آب و هوای سرد و خشک در زمستان و گرم و خشک در تابستان هستند می‌توان به طبس و شیراز اشاره

نمود. میانگین درازمدت دما و رطوبت نسبی بترتیب برای طبس شامل ۲۱/۹ درجه سلسیوس و ۳۳/۴ درصد و برای شیراز شامل ۱۷/۹ درجه سلسیوس و ۳۸/۹ درصد است. سامانه‌های اصلی آب و هوایی تأثیرگذار بر این ایستگاه‌ها شامل پرفشار جنب حاره در دوره گرم سال و سامانه‌های غربی در دوره سرد سال است. در ادامه شهرهای شمالی را می‌توان به دو گروه شهرهای همجوار با دریای خزر و دیگری خارج از محدوده دریای خزر نام برد. از شهرهای سواحل شمالی ایران می‌توان به دو ایستگاه رشت در جنوب غربی و بابلسر در سواحل شرقی تر دریای خزر اشاره نمود. بر مبنای میانگین سالانه درازمدت، میزان رطوبت نسبی ایستگاه رشت بعنوان نماینده شهرهای جنوب غربی دریای خزر بوده ۸۲/۲ درصد است که با حرکت به سمت شرق خزر این رطوبت تقلیل یافته و به میزان ۶۵/۱ درصد برای شهر بابلسر می‌رسد. همچنین دمای سالانه درازمدت رشت ۱۶/۱ و بابلسر ۱۷/۱ درجه سلسیوس است. غالب سامانه‌های اقلیمی تأثیرگذار برای این نواحی شامل سامانه محلی نسیم دریا-خشکی، بادهای غربی است. اما شهر ماکو از شهرهای بسیار سرد نوار شمالی کشور بوده که زمستان‌های بسیار سرد و تابستان‌ها را آب و هوای خنک تجربه می‌نماید. میانگین دمای سالانه این ایستگاه ۱۰/۵ درجه سلسیوس بوده و رطوبت نسبی آن ۵۶/۸ درصد گزارش شده است. در ادامه تهران بعنوان یکی از شهرهای نیمه شمالی کشور در دامنه جنوبی البرز نه فقط بر پایه الگوی آب و هوایی آن، بلکه با توجه به جایگاه خاص سیاسی آن، دلیل اهمیت انتخاب آن در این تحقیق بوده است. در این ایستگاه شرایط آب و هوایی از گرم و خشک در تابستان تا سرد و نیمه مرطوب در زمستان متغیر می‌باشد که میانگین سالانه دما و رطوبت آن بترتیب شامل ۱۷/۵ و ۴۰/۳ می‌باشد. در نهایت سندانج نماینده‌ای از ایستگاه‌های غرب ایران می‌باشند که در دوره سرد سال از سامانه‌هایی که از منطقه مدیترانه و دریای سرخ نشأت می‌گیرند تأثیر پذیرفته و دوره بارش آنها غالباً مربوط به فصول سرد پاییز و زمستان است. حال



نگاره ۱: پراکنش ایستگاه‌های انتخابی در پهنه جغرافیایی ایران

رخداد شرایط آسایش بیوکلیمایی امکان‌پذیر می‌باشد اما در دو طبقه دیگر این امکان وجود ندارد. در این دیگرام منطقه کمبود رطوبت نسبی مربوط به پهنه‌ای می‌باشد که رطوبت نسبی آن با در نظر گرفتن هر دمایی کمتر از ۵ درصد است. ولی طبقه خشکی شدید شامل پهنه‌ای محصور بین آستانه‌های خطرگرم‌زدگی و نیاز رطوبتی است. لازم به ذکر است که نقش مؤلفه دما در تعیین پهنه خشکی بارزتر از طبقه کمبود رطوبت می‌باشد (نگاره ۲).

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که بر مبنای منطقه آسایش، درصد فراوانی روزهای همراه با آسایش از حداقل به میزان ۲/۸۳ درصد از کل دوره آماری برای بابلسر تا حداکثر آن به مقدار ۲۲/۳۵ درصد برای شیراز نوسان دارد. در ادامه اگر به خروجی‌های شهرهای ساحلی خلیج فارس توجه شود، ملاحظه می‌شود که برای ایستگاه اهواز در حدود ۱۸/۶۷ درصد از سری زمانی، شرایط آسایش محقق گردیده که اگر در ۳۲/۴۳ درصد از ایام دوره مطالعاتی نیاز تابشی مورد نظر تأمین گردد، فراوانی روزهای آسایش فزونی می‌یابد. همچنین مجموعاً در ۲۹/۷۳ درصد از دوره مطالعاتی می‌بایستی محدوده‌هایی از آستانه‌های نیاز رطوبتی، بادی و رطوبتی - بادی تأمین شود تا شرایط آسایش اقلیمی مهیا شود. اما در این ایستگاه اگرچه بر مبنای گزارش‌ها

آنکه در دوره گرم سال با عقب نشینی سامانه‌های بارش زا و جایگزینی پرفشار آזור آب و هوای گرم و خشکی را تجربه می‌نمایند. متوسط دما و رطوبت نسبی برای این ایستگاه بترتیب شامل ۱۳/۵ درجه سلسیوس و ۴۶/۹ درصد است.

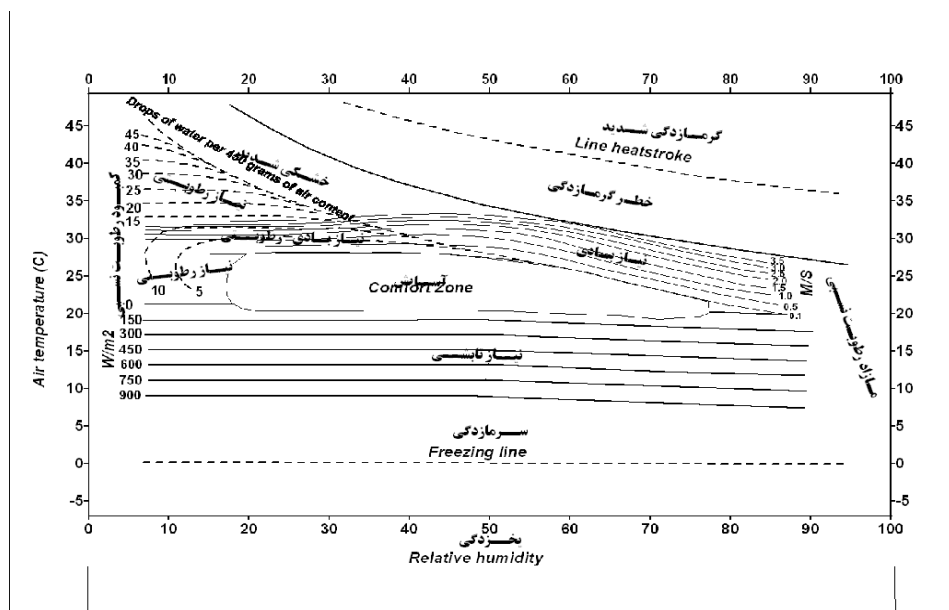
یافته‌های پژوهش

واکاوی شرایط بیوکلیمایی ایستگاه‌های منتخب

همانگونه که پیش تر ذکر شد بر پایه نگاره (۲)، دیگرام اولگی بصورت پیشنهادی به ۱۲ محدوده بیوکلیمایی تقسیم گردید که درصد فراوانی رخداد هر کدام از شرایط بیوکلیمایی ایستگاه‌های مختلف با توجه به نگاره (۳) و جدول (۱) ارائه شده است. بیان این نکته قابل توجه می‌باشد که ۷ پهنه گرم‌زدگی شدید، خطر گرم‌زدگی، یخ‌زدگی، سرم‌زدگی، مازاد رطوبت نسبی، کمبود رطوبت نسبی و خشکی شدید بعنوان عوامل بازدارنده تحقق شرایط آسایش اقلیمی معرفی می‌شوند که در دیگرام اولگی در زمان رخداد هر یک از شرایط بازدارنده فوق‌الذکر، هیچ وضعیتی که بطور پتانسیل بتواند شرایط آسایش را تأمین نماید متصور نشده است. نکته قابل توجه دیگر تفکیک سه طبقه نیاز رطوبتی، کمبود رطوبت نسبی و خشکی شدید است. در زمان رخداد وضعیت نیاز رطوبتی، با تأمین رطوبت مورد نیاز، تحقق

داشت. ایستگاه جاسک نماینده شهرهای شرقی سواحل جنوبی کشور با تفاوت جزئی نسبت به اهواز در حدود ۲۲/۷۳ درصد از روزهای مطالعاتی آن در منطقه آسایش واقع شده است. در این ایستگاه همانند بوشهر مهمترین عامل بازدارنده تأمین آسایش خطر گرمزدگی بوده که از مجموع عوامل بازدارنده به میزان ۳۷/۳۴ درصد، حدود ۳۳/۲۲ درصد فراوانی روزها به این عامل بازدارنده تعلق دارد. اما در صورت تأمین نیاز تابشی، بادی، بادی-رطوبتی حدود ۳۹/۹۳ درصد از رخدادها، پتانسیل ورود به منطقه آسایش را دارند. نکته حائز اهمیت در مورد تفاوت اهواز با دو ایستگاه جاسک و بوشهر در مورد موقعیت جغرافیایی آن می باشد. به نوعی که اهواز هم از بدنه آبی خلیج فارس تأثیرپذیر بوده و هم از سامانه هایی که مستقیماً از خشکی عربستان عبور می نمایند. این وضعیت از دیاگرام اولگی شهر اهواز براحتی قابل تشخیص است، زیرا پراکنش داده ها نشان می دهند که این ایستگاه به غیر از تجربه رطوبت های بالای ۵۰ درصد، رکوردهای قابل توجهی از رطوبت نسبی زیر ۵۰ درصد را نیز دارد. اما برای جاسک تمرکز رخدادها غالباً در آستانه بالاتر از ۵۰ درصد رطوبت نسبی بوده که این شرایط در بوشهر برای آستانه های رطوبت بالاتر تشدیدتر شده

رخداد شرایط یخ زدگی را می توان صفر در نظر گرفت، ولی سرمازدگی با کمترین رخداد به میزان ۱/۱۴ درصد در پایین ترین سطح گزارش شده است. از طرف دیگر خطر گرمزدگی و گرمزدگی شدید بترتیب با مقادیر ۲/۱۴ و ۰/۵۴ درصد از پایین ترین سطح برخوردار هستند. برای اهواز اگرچه خشکی هوا بعنوان مهمترین عامل بازدارندگی تأمین شرایط آسایش اقلیمی می باشد اما در کل با تجمع عوامل بازدارنده دیگر نظیر کمبود رطوبت، خطر گرمزدگی و سرمازدگی شدید حدود ۱۷ درصد از فراوانی داده ها را پوشش می دهد. به هر حال تأثیر عوامل بازدارنده فوق الذکر به گونه ای می باشد که حذف اثرگذاری آنها جهت تأمین شرایط آسایش بیوکلیمایی توسط سایر پارامترهای اقلیمی دیگر قابل جبران نمی باشد. در ایستگاه بوشهر ۱۵/۴۲ درصد از ایام در محدوده آسایش واقع شده اند که برای این ایستگاه مهم ترین عامل بازدارندگی تحقق شرایط آسایش اقلیمی، عامل خطرگرمزدگی است که این شرایط حدود ۱۷/۷۲ درصد از فراوانی داده ها را به خود اختصاص داده است. در مجموع در صورت تأمین شرایط تابش، نیاز رطوبتی، بادی و رطوبتی- بادی این پتانسیل تأمین شرایط آسایش اقلیمی برای ۶۲/۶۲ درصد از ایام وجود خواهد



نگاره ۲: پهنه های بیوکلیمایی دیاگرام اولگی

نمی شود (نگاره ۳).

در همین جا از ایستگاه ماکو بعنوان دیگر نماینده ایستگاه‌های شمالغرب کشور می‌توان نام برد که با ۲۰/۷۲ درصد از ایام واقع در منطقه آسایش الگوی متفاوتی نسبت به دو ایستگاه رشت و بابلسر تجربه نموده است. در ماکو سرمازدگی و یخ زدگی به تنهایی ۴۱/۲۲ درصد از عوامل بازدارنده آسایش را شامل شده اند که در صورت تأمین نیاز تابشی در حدود ۳۶/۵۱ درصد از روزهای مطالعاتی پتانسیل ورود به پهنه آسایش بیوکلیمایی را دارند. برای ایستگاه‌های مرکزی ایران شیراز ۲۲/۳۵ و طبس ۱۵/۹۵ درصد از روزها در پهنه آسایش واقع شده اند. نکته قابل تأمل اینکه برای شیراز عامل سرمازدگی با ۱۶/۴۵ درصد و در طبس یخ زدگی و سرمازدگی به ترتیب به میزان ۱۲/۸۳ و ۹/۲۱ بعنوان عمده عوامل محدود کننده ی رخداد شرایط آسایش بیوکلیمایی می‌باشند. همچنین تابش بعنوان مهترین مؤلفه جهت تأمین شرایط آسایش اقلیمی برای روزهای خارج از پهنه آسایش این دو ایستگاه تلقی می‌گردد. ناگفته نماند که بر اساس دیاگرام اولگی پراکنش غالب روزهای همراه با آسایش برای هر دو ایستگاه به نیمه غربی زون اختصاص یافته بطوری که غالب این روزها دارای رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ و یا ۴۰ درصد هستند. علی رغم این موضوع، همانگونه که در نگاره ۲ دیده می‌شود تمرکز داده‌های شیراز در نیمه غربی کمی بیش تر از ایستگاه طبس می‌باشد (نگاره ۳).

در ادامه می‌توان به شرایط بیوکلیمایی ایستگاه سنندج بعنوان نماینده ایستگاه‌های غرب اشاره نمود. برای سنندج ۲۲/۳۳ درصد از داده‌های مطالعاتی در پهنه آسایش دمایی واقع شده اند. در این ایستگاه در صورت تأمین نیاز تابشی شرایط بالقوه برای ورود ۳۵/۳۵ درصد از روزهای مطالعاتی دیگر نیز به منطقه آسایش مهیا می‌گردد. به هر حال به غیر از سرمازدگی عامل یخ‌زدگی نیز بعنوان مهترین مؤلفه بازدارنده شناخته می‌شود که مجموعاً تأثیر این دو باعث شده است که ۳۴/۵۸ درصد از روزهای مطالعاتی با عدم آسایش همراه باشند. جدای از مؤلفه تابش، تأمین نیاز

است. همچنین با توجه به دیاگرام اولگی و زون آسایش ملاحظه می‌شود که اگر چه بندرت می‌توان روزهای همراه با آسایشی که رطوبت آن کمتر از ۲۵ درصد می‌باشد را برای اهواز مشاهده کرد ولی توزیع روزهای همراه با آسایش این شهر در زون آسایش در مقایسه با بوشهر و جاسک از پراکنش بیشتری برخوردار می‌باشد. زیرا برای دو ایستگاه بوشهر و جاسک تمرکز روزهای همراه با آسایش در انتهای شرقی زون آسایش می‌باشد (نگاره ۳).

در ایستگاه‌های سواحل دریای خزر، مهترین عامل بازدارندگی آسایش اقلیمی مازاد رطوبت نسبی می‌باشد که مقدار آن برای رشت ۲۳/۰۳ و برای بابلسر ۱۶/۳۵ درصد گزارش شده است. عامل سرمازدگی نیز به ترتیب با مقادیر ۱۴/۶۵ درصد و ۹/۲۳ درصد در رشت و بابلسر بعنوان دومین عامل بازدارنده تحقق شرایط آسایش اقلیمی معرفی می‌شود. سایر عوامل بازدارنده شامل یخ زدگی، گرمادگی شدید، نیاز رطوبتی، خشکی شدید، کمبود رطوبت نسبی و خطر گرمادگی برای هر دو ایستگاه کمتر از ۲ درصد فراوانی داده‌ها را به خود اختصاص داده اند. فراموش نگردد که در رشت ۶/۴۱ درصد از داده‌ها در محدوده آسایش واقع گردیده اند که در صورت تأمین نیاز تابشی، بادی و رطوبتی - بادی ۵۴/۰۸ درصد از دوره مطالعاتی پتانسیل ورود به محدوده آسایش را داشته که این رقم برای بابلسر ۶۹/۷۵ درصد محاسبه شده است.

نکته جالب توجه دیگر برای تفاوت دو ایستگاه رشت و بابلسر در تمرکز روزهای آسایش در زون آسایش است. در بابلسر این روزها به انتهایی ترین قسمت شرقی زون تمایل داشته بطوری که غالب رکوردهای آسایش، بیش از ۶۵ درصد رطوبت داشته اند ولی این وضعیت در رشت به صورتی است که غالب روزهای آسایش در دو سوم نیمه شرقی زون و با آستانه رطوبتی ۵۵ درصد به بالا پراکنده شده اند. از تفاوت‌های دیگر بین بابلسر و رشت، بندرت رخداد روزهای آسایش با رطوبت کمتر از ۵۰ درصد برای رشت بوده که در بابلسر هیچ تجربه‌ای از این شرایط دیده

جدول ۱: درصد فراوانی محدوده‌های زیست اقلیمی ایستگاه‌های شاخص بر مبنای دیاگرام اولگی

ایستگاه	آسایش	نیاز تابشی	نیاز بادی	نیاز بادی-رطوبتی	مازاد رطوبت نسبی	کمبود رطوبت نسبی	سرمازدگی	یخزدگی	خشکی شدید	خطر سرمازدگی	گرمازدگی شدید	نیاز رطوبتی	مجموع
تهران	۲۱/۵۴	۳۲	۰/۶۵	۱۶/۲۳	۰/۱۳	۰/۴۶	۲۰/۹۴	۲/۸۰	۰/۲۱	۰/۰	۰/۰	۵/۰	۱۰۰
طبس	۱۵/۹۵	۲۷/۷	۰/۲۷	۱۴/۱۶	۰/۱۷	۰/۵۲	۹/۲۱	۱۲/۸۳	۱/۷۰	۰/۲۶	۰/۱۵	۱۶/۰۷	۱۰۰
ماکو	۲۰/۷۲	۳۶/۵۱	۰/۱	۰/۷۷	۰/۳۰	۰/۲۳	۲۳/۲	۱۸/۰۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰۳	۰/۰۸	۱۰۰
اهواز	۱۸/۶۷	۳۲/۴۳	۳/۱۹	۱۰/۴۷	۱/۵۷	۰/۲۳	۱/۱۴	۰/۰۵	۱۳/۵	۲/۱۵	۰/۵۴	۱۶/۰۷	۱۰۰
بابلسر	۲/۸۳	۳۷/۹۶	۳۰/۵۹	۱/۲۰	۱۶/۳۵	۰/۶۰	۹/۲۳	۰/۰۷	۰/۰۳	۱/۱۴	۰/۰	۰/۰	۱۰۰
بوشهر	۱۵/۴۲	۳۰/۹۸	۳۰/۴۸	۱/۱۶	۱/۳۱	۰/۰۵	۰/۸۲	۰/۱۳	۱/۹۱	۱۷/۷۲	۰/۰	۰/۰	۱۰۰
جاسک	۲۲/۷۳	۸/۱۲	۳۰/۷۸	۱/۰۴	۲/۱۶	۰/۱۹	۰/۳۶	۰/۱۵	۱/۲۷	۳۳/۲۲	۰/۰	۰/۰	۱۰۰
رشت	۶/۴۱	۳۰/۱۴	۲۳/۰۳	۰/۹۱	۲۳/۰۳	۰/۶۰	۱۴/۶۵	۰/۷۹	۰/۰۱	۰/۴۱	۰/۰	۰/۰۱	۱۰۰
سندج	۲۲/۳۳	۳۵/۳۵	۰/۱۷	۵/۷۰	۰/۱۵	۰/۳۳	۲۶/۷۵	۷/۸۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۱/۳۴	۱۰۰
شیراز	۲۲/۳۵	۳۹/۲۹	۰/۴۴	۱۴/۳۸	۰/۷۲	۰/۳۸	۱۶/۴۵	۰/۹۲	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۰۴	۴/۷۴	۱۰۰

آسایش تهران در دیاگرام اولگی تقریباً به شهرهای طبس، شیراز و سندج شباهت دارد (نگاره ۳).

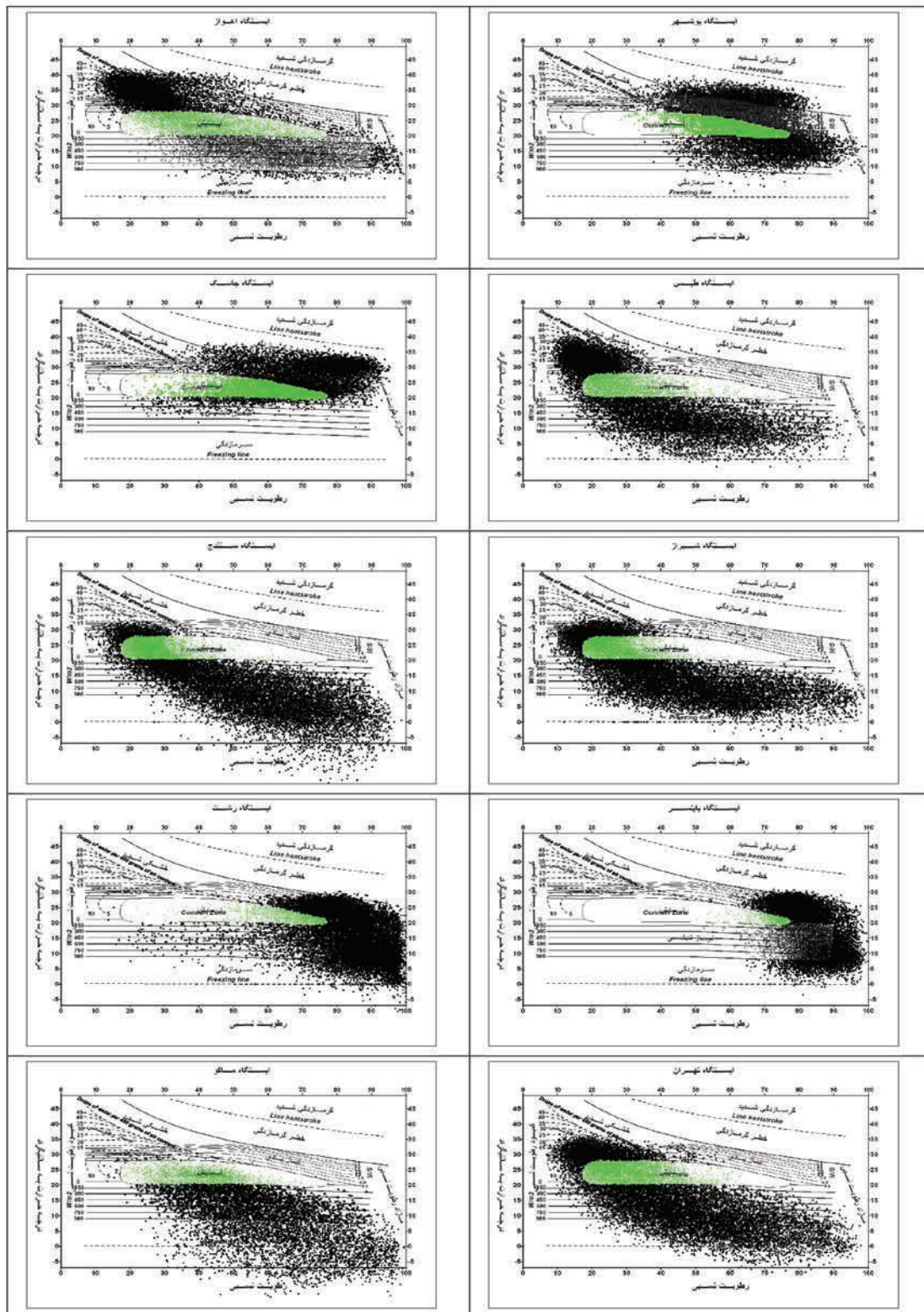
بازنگری در تعیین دماهای پایه جهت محاسبه HDD و CDD

همانگونه که پیش تر بیان گردید هدف اصلی از انجام تحقیق حاضر بازنگری در آستانه‌های آسایش دمایی به منظور محاسبه HDD و CDD برای مناطق مختلف اقلیمی ایران می‌باشد. بنابراین با توجه به فرمول ۱، سه آستانه دمایی بر مبنای روزهای واقع در پهنه آسایش ارائه گردید. در جدول شماره (۲) دامنه دمایی محدوده آسایش بر اساس ۲۰ درصد داده‌های مرکزی یا به عبارتی صدک ۴۰ تا ۶۰ درصد، به همراه آستانه صدک ۲۵ تا ۷۵ درصد که نماینده فراوانی غالب ۵۰ درصدی داده‌های مرکزی بوده و همچنین دامنه صدک ۱۰ تا ۹۰ درصد ارائه شده است. لازم به توضیح می‌باشد که جهت خلاصه‌سازی از اصطلاحات صدک P۲۰، P۵۰ و P۸۰ که نماینده آستانه‌های فوق‌الذکر می‌باشد

بادی-رطوبتی نیز می‌تواند بعنوان دومین مؤلفه تأثیرگذار در جهت فراهم نمودن شرایط آسایش بیوکلیمایی برای کمتر از ۶ درصد از داده‌ها ایفای نقش نماید. شایان ذکر است که در دیاگرام اولگی نحوه توزیع روزهای آسایش شهر سندج به نوعی می‌باشد که غالب این روزها در نیمه غربی پهنه آسایش و با آستانه رطوبت نسبی کمتر از ۴۵ درصد توزیع گردیده اند (نگاره ۳).

در آخر می‌توان نتایج مربوط به ایستگاه تهران را ارائه نمود. در این ایستگاه ۲۱/۵۴ درصد از کل سری زمانی درون محدوده آسایش واقع گردیده است. در تهران رخدادهای سرمازدگی با ۲۰/۹۵ درصد مهمترین مانع آسایش شناسایی شده که بعد از آن یخ زدگی با ۲/۸۰ درصد در جایگاه دوم رتبه‌بندی می‌شود. از طرفی در صورت دسترسی به تابش مورد نیاز برای گرمایش، حدود ۳۲ درصد، و نیاز بادی-رطوبتی برای خنک‌کنندگی، به میزان ۱۶/۲۳ درصد از روزهای مطالعاتی بطور بالقوه شرایط ورود به پهنه آسایش اقلیمی را دارند. شایان ذکر است که نحوه پراکنش روزهای

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)
 بازنگری در تعیین دمای پایه آسایش حرارتی مناطق... / ۱۳۷



نگاره ۳: پراکنش شرایط بیوکلیمایی روزانه ایستگاه‌های منتخب برای سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰

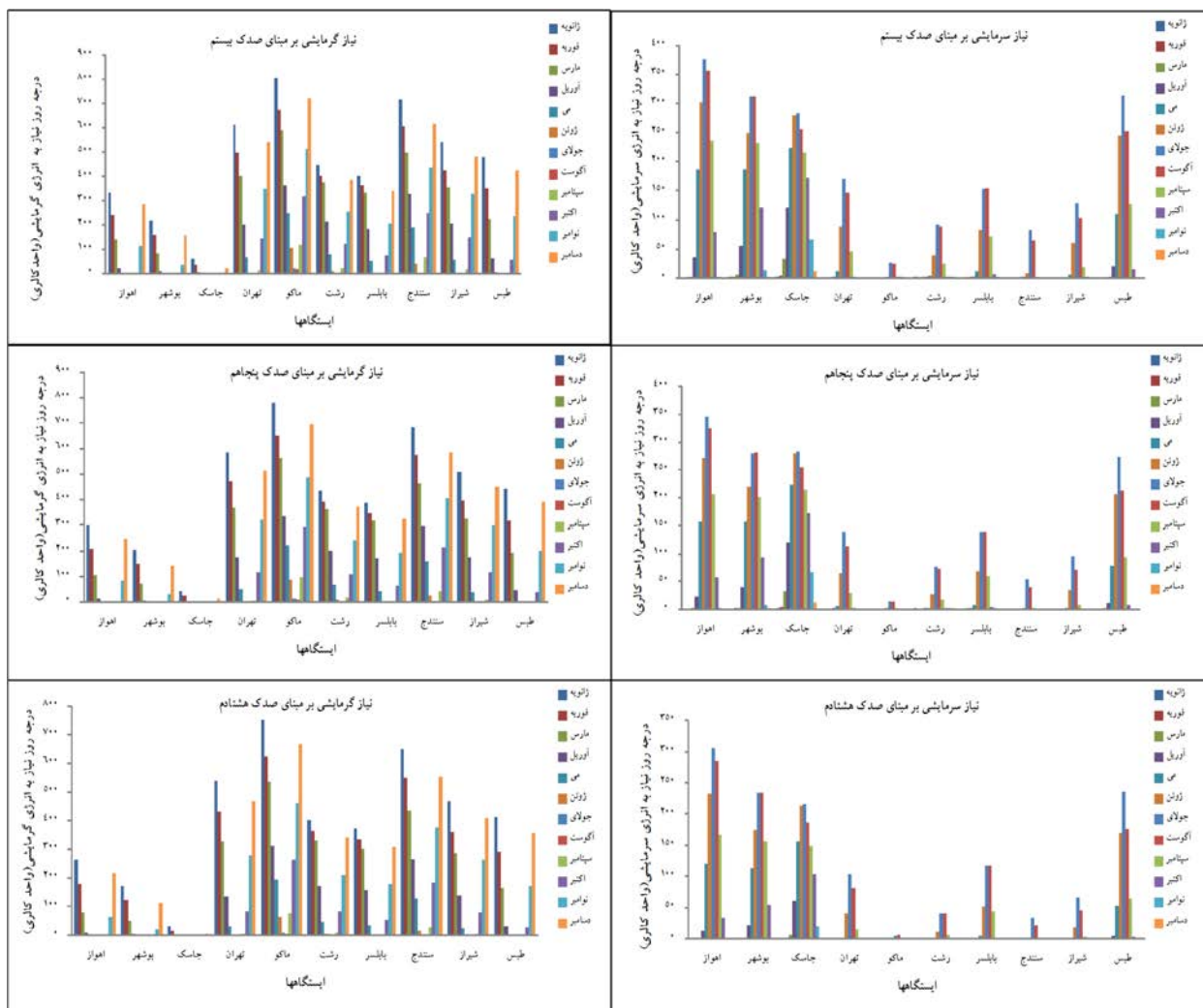
شده برای بابلسر در مقایسه با رشت تقریباً یک درجه کمتر است همچنین دمای پایه برای محاسبه درجه- روز مورد نیاز سرمایشی و گرمایشی مقادیر پایین تری را برای بابلسر در مقایسه با رشت نشان می‌دهد. علی‌رغم این در ماکو هم دامنه آسایش دمایی و هم اینکه دمای پایه HDD و CDD عدد بزرگ‌تری را در قیاس با دو ایستگاه رشت و بابلسر نشان می‌دهد. در واسنجی نتایج ایستگاه‌های مرکزی دیده می‌شود که اختلاف قابل ملاحظه‌ای در دامنه و پهنای محدوده آسایش دمایی دو شهر شیراز و طبس وجود ندارد هر چند که دمای مبنای محاسبه HDD و CDD برای شیراز اندکی بیش تر از طبس است. شهر تهران نیز از لحاظ دمای مبنای آسایش دمایی الگویی شبیه شیراز و طبس داشته و یافته‌های تحقیق مؤید این حقیقت است که دامنه آسایش دمایی و دمای پایه HDD و CDD در ساندج بیشترین تشابه را با طبس دارد. بنابراین همانگونه که خروجی‌ها نشان می‌دهند با بهره‌گیری از روش پیشنهادی ارائه شده در این مقاله مشاهده می‌گردد که حتی برای ایستگاه‌های واقع در یک محدوده جغرافیای یکسان که بعضاً دارای الگوی آب و هوایی تقریباً مشابه نیز می‌باشند، تفاوت‌هایی در دمای پایه و دامنه آسایش دمایی آنها قابل مشاهده می‌باشد (جدول ۲).

پایش مقادیر HDD و CDD مورد نیاز ایستگاه‌های مطالعاتی

در این بخش از تحقیق بعد از تعیین دماهای پایه و به عبارتی آستانه‌های دمایی آسایش دمایی مورد نظر، حال با استفاده از داده‌های روزانه سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰، میانگین ماهانه درجه- روز گرمایش و سرمایش ایستگاه‌های منتخب محاسبه و نتایج در قالب نگاره (۵) ارائه گردیدند. همانطوری که در نگاره ۴ دیده می‌شود برای هر دمای پایه پیشنهادی، مقادیر HDD و CDD ارائه شده است. در ابتدا از مقایسه کلی مقادیر مورد نیاز HDD و CDD ایستگاه‌های مختلف ملاحظه می‌گردد که در غالب این ایستگاه‌ها تقاضای HDD بیشتر از CDD است. بر مبنای نگاره ۵ دیده می‌شود که با توجه به سه آستانه دمایی مورد مطالعه حداقل نیاز

استفاده شده است. ابتدا با نگاهی اجمالی ملاحظه می‌گردد که هر چه دامنه صدک‌ها محدودتر می‌شود پهنای آستانه‌ی آسایش دمایی نیز کمتر می‌شود. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهند که بر مبنای فراوانی ۲۰ درصدی داده‌های مرکزی پایین‌ترین آستانه‌های دمایی جهت محاسبه HDD و CDD به ترتیب به میزان ۲۱ و ۲۱/۵۰ درجه سلسیوس متعلق به ایستگاه بابلسر و بالاترین آن به مقدار ۲۳/۵۵ و ۲۵/۱۵ درجه سلسیوس برای شیراز محاسبه شده است. در ادامه اگر چه بر مبنای صدک ۵۰ درصد داده‌های مرکزی حداقل دمای پایه جهت محاسبه HDD به میزان ۲۰/۵ درجه سلسیوس برای بابلسر محاسبه شده ولی با توجه به ۸۰ پایین‌ترین دمای پایه بطور مشترک در ایستگاه‌های رشت، بوشهر و بابلسر به میزان ۲۰ درجه سلسیوس شناسایی شده است. حال آنکه با در نظر گرفتن ۵۰ بیشینه دمای پایه جهت محاسبه CDD به میزان ۲۶/۳ درجه سلسیوس برای شیراز شناسایی گردیده که در صورت لحاظ ۸۰ بالاترین دمای پایه عدد ۲۷/۳ درجه سلسیوس است که این مقدار برای شهرهای شیراز، اهواز و تهران بصورت مشترک استخراج شده است.

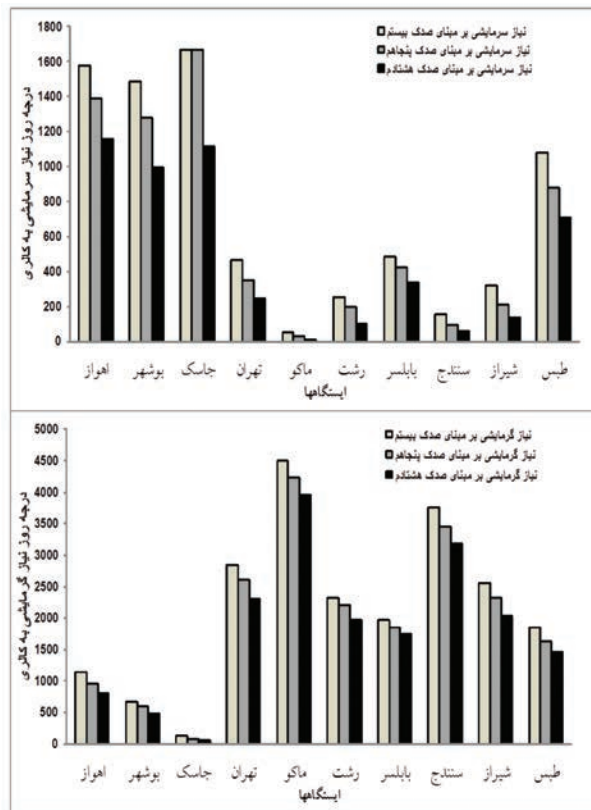
علاوه بر یافته‌های ذکر شده، نتایج این بخش از تحقیق نشان می‌دهد که برای ایستگاه‌های حاشیه خلیج فارس و دریای عمان با حرکت از سواحل غربی به شرق هم دامنه آسایش دمایی و هم اینکه دمای مبنای محاسبه HDD و CDD کاهش می‌یابد. منظور آنکه بیشینه پهنای بالاترین دمای پایه برای اهواز بوده و کمترین آن مختص جاسک است که همانگونه که قبلاً بیان گردید این بواسطه تأثیرپذیری اهواز از دو نوع سامانه آب و هوایی متأثر از پهنه خشکی و دریا می‌باشد که در دو ایستگاه دیگر غالب تأثیرپذیری آب و هوایی از پهنه آبی خلیج فارس و دریای عمان است. بعنوان نمونه بر مبنای ۵۰ درصد فراوانی داده‌های مرکزی، دمای پایه HDD و CDD اهواز ۲۲ و ۲۶ درجه سلسیوس بوده که این آستانه برای جاسک ۲۱/۲ و ۲۳/۹ درجه سلسیوس است. در سواحل شمالی ایران نیز بطور میانگین بر اساس هر سه آستانه مورد مطالعه، دامنه آسایش دمایی محاسبه



نگاره ۴: میانگین ماهانه نیاز به انرژی سرمایشی و گرمایشی بر اساس سه دامنه آسایش دمایی پیشنهادی

اهواز (DD=۱۳۸۸) و بوشهر (CDD=۱۲۸۲, P=۰.۰۵) در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها، بیشینه نیاز سالانه CDD محاسبه گردید که بعد از این سه شهر ساحلی خلیج فارس و دریای عمان، دو شهر طبس (CDD=۸۸۱, P=۰.۰۵) و بابلسر (CDD=۴۲۰, P=۰.۰۵) در رتبه‌های بعدی نیاز به انرژی سرمایشی قرار گرفته‌اند. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهند که برای دو ایستگاه ماکو (CDD=۲۹/۵, P=۰.۰۵) و سندانج (CDD=۹۷, P=۰.۰۵) حداقل نیاز به انرژی سرمایشی در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها وجود دارد (نگاره ۴). به هر حال نتایج این تحقیق مؤید این واقعیت بوده که در میان ماه‌های مختلف سال برای غالب ایستگاه‌ها ژانویه، دسامبر و فوریه بالاترین نیاز به HDD

HDD سالانه برای شهرهای ساحلی خلیج فارس و دریای عمان محاسبه گردیده است که بر مبنای شاخص P=۰.۰۵، به ترتیب ایستگاه‌های جاسک، بوشهر و اهواز با مقادیر ۸۲/۶۶ درجه-روز کالری، ۶۰۱/۵۳ و ۹۶۰/۴۲ درجه-روز کالری کمینه نیاز گرمایشی را به خود اختصاص داده‌اند. حال آنکه بر مبنای سه آستانه پیشنهادی شهرهای ماکو، سندانج و تهران بیشترین نیاز سالانه به انرژی گرمایشی دارند که با توجه به شاخص P=۰.۰۵ ماکو با ۴۲۳۴/۵۸ درجه-روز کالری، سندانج با ۳۴۵۴/۱۲ و تهران با ۲۶۰۶/۱۱ درجه-روز کالری در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفته‌اند. از طرف دیگر به ترتیب برای جاسک (CDD=۱۶۶۷, P=۰.۰۵)،



نگاره ۵: میانگین سالانه نیاز به انرژی سرمایشی و گرمایشی بر اساس سه دامنه آسایش دمایی پیشنهادی

را داشته و در تابستان مقدار این نیاز بشدت تنزل یافته بصورتی که در آگوست و جولای حداقل نیاز به HDD دیده می شود (نگاره ۵). اگر به یافته های CDD توجه گردد مشخص می شود که در ماه جولای در بیشتر شهرها بالاترین نیاز به انرژی سرمایشی وجود دارد که بعد از آن آگوست در جایگاه دوم قرار دارد. پس با توجه به ایستگاه های منتخب این نکته به وضوح مشخص است که بالاترین مقادیر HDD برای فصول زمستان و پاییز بوده که این بیشینه نیاز برای CDD متعلق به تابستان و بهار است.

نتیجه گیری

ایران کشوری با شرایط آب و هوایی و جغرافیایی متنوع می باشد. لذا این امر باعث می شود که محدوده های آسایش دمایی برای مناطق مختلف کشور متفاوت از یکدیگر باشند و نتوان آستانه دمایی مشترکی را به منظور محاسبه CDD و HDD شهرهای مختلف آن در نظر گرفت. پس در پژوهش حاضر از ۱۰ ایستگاه که نماینده شرایط متنوع اقلیمی و توپوگرافی ایران می باشند استفاده گردید.

جدول ۲: دامنه دمایی (دمای پایه) محدوده آسایش دمایی برای ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد میانی منطقه آسایش

P80		P50		P20		ایستگاه ها	ردیف
دمای مبنای CDD	دمای مبنای HDD	دمای مبنای CDD	دمای مبنای HDD	دمای مبنای CDD	دمای مبنای HDD		
۲۷/۳	۲۱/۱	۲۶/۱	۲۲/۵	۲۵	۲۳/۵	تهران	۱
۲۷/۲	۲۱	۲۶	۲۲	۲۴/۷	۲۳/۲	طیس	۲
۲۷/۳	۲۱/۲	۲۶/۳	۲۲/۵	۲۵/۱۵	۲۳/۵۵	شیراز	۳
۲۷	۲۱	۲۵/۹	۲۲	۲۴/۷	۲۳/۱	سنندج	۴
۲۴/۵	۲۰	۲۳/۱	۲۱	۲۲/۵	۲۱/۵	رشت	۵
۲۵/۷	۲۰/۸	۲۴/۵	۲۱/۷	۲۳/۵۵	۲۲/۵۵	ماکو	۶
۲۵/۱	۲۰/۵	۲۳/۹	۲۱/۲	۲۲/۹	۲۱/۹	جاسک	۷
۲۱	۲۰	۲۲	۲۱	۲۳	۲۲	بوشهر	۸
۲۲/۷	۲۰	۲۲	۲۰/۵	۲۱/۵	۲۱	بابلسر	۹
۲۷/۳	۲۰/۹	۲۶	۲۲	۲۵	۲۳/۲	اهواز	۱۰

هایی گرم و خشکی که مستقیماً از خشکی عربستان عبور می‌نمایند.

در ادامه بر اساس هدف اصلی این تحقیق آستانه‌های آسایش دمایی جدیدی برای تمام ایستگاه‌های مطالعاتی پیشنهاد گردید که یافته‌ها نشان دادند با توجه به صدک‌های مختلف، حداقل دمای پایه جهت محاسبه HDD متعلق به ایستگاه بابلسر و حداکثر دمای پایه به منظور محاسبه CDD به ایستگاه شیراز اختصاص یافته است. همچنین شایان ذکر است که حساسیت پذیری روش پیشنهادی بگونه‌ای است که حتی برای ایستگاه‌های واقع در یک محدوده تقریباً مشابه جغرافیایی نیز حداقل تفاوت‌هایی در دامنه و دمای پایه آسایش دمایی آنها قابل مشاهده می‌باشد و به نوعی این می‌تواند اعتبار روش پیشنهادی را نشان دهد. در نهایت با استفاده از آستانه‌ها و دماهای پایه پیشنهادی میانگین دراز مدت ماهانه و سالانه شاخص‌های HDD و CDD شهرهای مورد مطالعه محاسبه گردید. نتایج این بخش نشان دادند که در غالب ایستگاه‌های مطالعاتی ماه‌های ژانویه، دسامبر و فوریه بیشینه نیاز HDD را داشته و برای ماه‌های جولای و آگوست بیشینه نیاز CDD محاسبه گردید. در مجموع یافته‌های پژوهش آشکار می‌سازند که بیشینه میانگین سالانه نیاز به HDD و CDD به ترتیب متعلق به ماکو و جاسک است. همچنین نتایج این تحقیق مؤید این واقعیت بوده که نیاز به انرژی گرمایشی برای غالب شهرهای مطالعاتی به مراتب بیشتر از انرژی سرمایشی است.

منابع و مأخذ

۱. خلیلی، علی. (۱۳۷۸). تحلیل سه بعدی درجه - روزهای گرمایش و سرمایش در گستره ایران. تحقیقات جغرافیایی. پاییز و زمستان ۱۳۷۸. شماره ۵۴ و ۵۵.
۲. رازجویان، محمود، (۱۳۷۶)، آسایش با استفاده از معماری همساز با اقلیم، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۲۸۵.
۳. ریاضی، جمشید. (۱۳۵۶). اقلیم و آسایش در ساختمان. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. تهران. ایران

در ادامه جهت بازنگری در آستانه‌های آسایش دمایی مناطق مختلف اقلیمی ایران از دیاگرام اولگی استفاده شد. روال کار جهت تعیین دماهای پایه آسایش دمایی بر این اساس استوار بود که بر مبنای روش صدک‌ها، سه آستانه قراردادی انتخاب و بر مبنای آنها محدوده آسایش هر ایستگاه تعیین گردید. اما پیش از آن با توجه به اینکه بر مبنای دیاگرام اولگی ۱۲ طبقه بیوکلیمایی قابل تفکیک بودند، پس فراوانی طبقات مختلف بیوکلیمایی برای هر ایستگاه مطالعاتی محاسبه شد. یافته‌های این بخش نشان دادند که شیراز و سنندج به ترتیب با ۲۲/۳۵ و ۲۲/۳۳ درصد از فراوانی روزهای واقع در پهنه آسایش در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها ایده‌آل‌ترین شرایط آسایش را تجربه نموده اند و بابلسر با ۲/۸۳ درصد فراوانی روزها کمترین تجربه روزهای همراه با آسایش دمایی را داشته است. در میان ایستگاه‌های مطالعاتی بیشترین تجربه رخداد سرمازدگی و یخ‌بندان متعلق به سنندج بوده و برای ایستگاه‌های ماکو، شیراز، تهران و طبس نیز مهمترین عامل بازدارنده رخداد شرایط آسایش سرمازدگی و یخ‌زدگی است. اما جاسک و بوشهر بیشترین تجربه روزهای خطرگرم‌زدگی را داشته‌اند که این عامل مهمترین مؤلفه بازدارنده آسایش در این دو ایستگاه است. برای اهواز اگرچه مهمترین عامل بازدارندگی آسایش تحت تأثیر خشکی شدید قرار دارد ولی در رشت و بابلسر مازاد رطوبت مهمترین عامل عدم رخداد آسایش می‌باشد.

نتایج این تحقیق نشان دادند که دیاگرام اولگی بخوبی توانست تفاوت‌های اقلیمی و بیوکلیمایی مناطق مختلف را نشان دهد. بعنوان نمونه برای شهرهای ساحلی خلیج فارس و دریای عمان نوع پراکنش داده‌ها بر روی دیاگرام نشان داد که خصوصیت اقلیمی و بیوکلیمایی دو شهر بوشهر و جاسک با اهواز متفاوت است. بطوری که بوشهر و جاسک با توجه به تجربه رطوبت‌های بالا، رژیم غالب اقلیمی آنها متأثر از پهنه آبی خلیج فارس و دریای عمان بوده اما اهواز هم از بدنه آبی خلیج فارس تأثیرپذیر بوده و هم از سامانه

- Liang, L., Lean, P.A., Muthers, S., Nascimento, S.T., Petralli, M., Vanos, J.K., Wanka, E.R., Mahillon, V., A., 2014, glossary for biometeorology, *Int J Biometeorol*, 58:277-308.
16. Jeong, J.H., Kim, D. H., 2013, An Outdoor Comfort Index Framework Based on GIS for Supporting Optimal Environment, *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 7(6):211-220.
17. Jiang, F., Li, X., Wei, B., Hu, R., Li, Z., 2009, Observed trends of heating and cooling degree-days in Xinjiang Province, China, *Theor Appl Climatol*, 97:349-360.
18. Kasmaei, M., 1993, *Climate and Architecture*, Tehran Baztab Press. p. 230.
19. Khalili, A., 1999, Three Dimensional Analysis of Heating and Cooling Degree Days in Iran, *Geographical Researches*, 54-55: 7-18 (in Persian).
20. Lam, J.C., Tsang, C.L., Yang, L., Li, D.H.W., 2005, Weather data analysis and design implications for different climatic zones in China. *Build Environ* 40:277-296.
21. Matzarakis, A., Rutz, F., 2007. RayMan: a tool for tourism and applied climatology. *Dev. Tourism Climatol*. 9:129-138.
22. McArthur, A.J., 1987, Thermal interaction between animal and microclimate: a comprehensive model. *J Theor Biol*, 126:203-238.
23. Mehrabi, M., Kaabi-Nejadian, A., Khalaji Asadi, M., 2011, Providing a Heating Degree Days (HDDs) Atlas across Iran Entire Zones, *World renewable energy congress 2011-Sweden*, 8-13 may 2011, Linkoping .
24. Moustris, K. P., Nastos, P. T., Bartzokas, A. Larissi, I. K., Zacharia, P. T., Paliatsos, A. G., 2014, Energy consumption based on heating/cooling degree days within the urban environment of Athens, Greece, *Theor Appl Climatol*, 10.1007/s00704-014-1308-7.
25. Olgyay, V., 1967, Bioclimatic Orientation Method for Buildings, *Int. J. Biometeor.* 11(2):163-174.
26. Orosa, A.J., Costa, A.M., Fernández, A.R., Roshan, Gh.R., 2014, Effect of climate change on outdoor thermal comfort in humid climates, *J. Environ. Health. Sci. Eng.* 12(46):1-9.
۴. کسمائی، مرتضی. (۱۳۷۸)، اقلیم و معماری، انتشارات بازتاب، تهران، صص ۲۳۰.
5. Al- Azri, N. A., Zurigatb, H.Y., Al-Rawahia, N., 2012, Development of Bioclimatic Chart for Passive Building Design in Muscat-Oman, *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'12)*, Santiago de Compostela (Spain), 28th to 30th March, 2012.
6. Al- Azri, N. A., Zurigatb, H.Y., Al-Rawahia, N., 2013, Selection and Assessment of Passive Cooling Techniques for Residential Buildings in Oman Using a Bioclimatic Approach, *The Journal of Engineering research*, 3(11)-56-72.
7. Al-Hadhrami, L.M., 2013, Comprehensive review of cooling and heating degree days characteristics over Kingdom of Saudi Arabia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27:305-314.
8. Amengual, A., Homar, V., Romero, R., Ramis, C., Alonso, S., 2014, Projections for the 21st century of the climate potential for beach-based tourism in the Mediterranean, *International Journal of Climatology*, 34(13):3481-3498.
9. Armstrong, B.K., 1994, Stratospheric ozone and health. *Int J Epidemiol* 23: 873-885.
10. Blazejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H., Tinz, B., 2012, Comparison of UTCI to selected thermal indices, *Int J Biometeorol* (2012) 56:515-535.
11. Cvitan, L., Jurković, R.S., 2015, Secular trends in monthly heating and cooling demands in Croatia, *Theoretical and Applied Climatology*, DOI 10.1007/s00704-015-1534-7.
12. Dombayc, Ö., 2009, Degree-days maps of Turkey for various base temperatures, *Energy*, 34(11):1807-1812.
13. Ghanghermeh, A.A., Roshan, Gh.R., Orosa, A.J., Calvo-Rolle, J.L., Costa, A. M., 2013, New Climatic Indicators for Improving Urban Sprawl: A Case Study of Tehran City, *Entropy*, 15: 999-1013.
14. Givoni, B., 1976, *Man, climate and Architecture*, 2nd Edition, Applied science publishers, London.
15. Gosling, S.n., Bryce, E.K., Grady Dixon, P., Gabriel, K. M. A., Gosling, E.Y., Hanes, J. M., Hondula, D. M.,

change vulnerability: a global scale quantitative analysis of how grain crops are sensitive to drought. *Food Security*, 4:163-179.

39. Sivak, M., 2009, Potential energy demand for cooling in the 50 largest metropolitan areas of the world: Implications for developing countries, *Energy Policy*, 37:1382-1384.

40. Taghavi, F., 2010, Linkage between Climate Change and Extreme Events in Iran, *Journal of the Earth & Space Physics*. 36(2):33-43.

41. Watson, K. labs, K., 1983, *Climate Design : Energy efficient building principles and practices*, MC Grow-Hill.

42. W.M.O., 1991, *International Meteorological Vocabulary*, W.M.O, No. 182, TP 91, P.116.

43. Yildiz, Z., Sosaoglu, B., 2007, Spatial distributions of heating, cooling, and industrial degree-days in Turkey, *Theor. Appl. Climatol.* 90: 249-261.

44. Zachariadis, T., 2010, Forecast of electricity consumption in Cyprus up to the year 2030: The potential impact of climate change, *Energy Policy*, 38: 744-750.

45. Zekai, S. EN., Kadiog Lu, LU, MI., 1998, Heating degree-days for arid regions, *Energy*, 23(12):1089-1094.

27. Papakostas, K., Kyriakis, N., 2005, Heating and cooling degree-hours for Athens and Thessaloniki, *Greece Renewable Energy*, 12(9) :1873-1880.

28. Papakostas, K., Mavromatis, T., Kyriakis, N., 2010, Impact of the ambient temperature rise on the energy consumption for heating and cooling in residential buildings of Greece, *Renewable Energy*, 12(9): 1376-1379.

29. Petralli, M., Massetti, L., Orlandini, S., 2011, Five years of thermal intra-urban monitoring in Florence (Italy) and application of climatological indices, *Theor Appl Climatol*, 104:349-356.

30. Pourvahidi, P., Ozdeniz, M. B., 2013, Bioclimatic analysis of Iranian climate for energy conservation in architecture, *Scientific Research and Essays*, 8(1): 6-16.

31. Razjooyan, M., 1988, *Comfort with Using Climate Adaptable Architecture*, Tehran University, p. 285.

32. Rellihan, S.S., 2003, *Master of Architecture, design with climate: A retreat for vieques, Puerto Rico*, Thesis Master of Architecture, University of Maryland.

33. Rehman, S., Al-Hadhrami, L.M., Khan, S., 2011, Annual, and seasonal trends of cooling, heating, and industrial degree-days in coastal regions of Saudi Arabia, *Theor Appl Climatol*, 104:479-488.

34. Riazi, J., 1977, *Climate and Comfort in Building, Center of Houses and Building Researches*. Tehran, Iran.

35. Roshan, Gh.R., Mirkatouli, G., Shakoob, A., Mohammad-Nejad, V., 2010, Studying Wind Chill Index as a Climatic Index Effective on the Health of Athletes and Tourists Interested in Winter Sports, *Asian J Sports Med.*, 1(2): 108-116.

36. Roshan, Gh.R. Orosa, J.A, Nasrabadi, T., 2012, Simulation of climate change impact on energy consumption in buildings, case study of Iran, *Energy Policy*, 49:731-739.

37. Saussez, S., Michel, O., 2006, High incidence of sensitization to ornamental plants in allergic rhinitis, *Allergy* 61:1138-1140.

38. Simelton, E., Fraser, E.D.G., Termansen, M., Benton, T.G., Gosling, S.N., South, A., Arnell, N.W., Challinor, A.J., Dougill, A.J., Forster, P.M., 2012, The socioeconomics of food crop production and climate

