

ارزیابی تطبیقی زیست اقلیم انسانی شهر اصفهان با استفاده از روش‌های ترجونگ، TCI، PET، PMV

هوشمند عطایی: استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران *

سادات هاشمی نسب: کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۰/۲/۱۹ - پذیرش: ۱۳۹۱/۱/۲۲، صص ۸۲-۶۳

چکیده

چگونگی شرایط اقلیمی بر انسان تاثیر زیادی دارد، به طوری که شرایط نامطلوب اقلیمی بر جسم و روان انسان فشار وارد می‌آورد که نتیجه آن ناراحتی، از دست دادن کارایی و سرانجام مختل کردن سلامت انسان است در حالی که شرایط اقلیمی مطلوب و معیارهای آسایش اثرات مثبتی به جا می‌گذارد. در این پژوهش، برای ارزیابی تطبیقی زیست اقلیم انسانی شهر اصفهان با بکارگیری روش‌های ترجونگ، اقلیم گردشگری (TCI)، دمای معادل فیزیولوژیک (PET)، متوسط نظر سنجی پیش بینی شده (PMV) از فراسنج‌های اقلیمی میانگین متوسط، حداقل و حداکثر دما، میانگین متوسط، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، میانگین ساعات آفتابی و میانگین متوسط سرعت باد و متوسط فشار بخار و میزان ابرناکی ۳ ایستگاه سینوپتیک اصفهان، شرق اصفهان، کبوترآباد طی دوره آماری هجده ساله (۱۹۹۲ الی ۲۰۱۰) استفاده شده است. نتیجه این بررسی نشان می‌دهد که اغلب روش‌ها؛ ماه‌های مه و سپتامبر را بهترین ماه‌ها از لحاظ آسایش اقلیمی دانسته و شرایط اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه در ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر (ماه‌های سرد سال) و ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت (ماه‌های گرم) به سمت نامطلوب سوق پیدا می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: زیست اقلیم، ترجونگ، TCI، PET، PMV، شهر اصفهان

۱- مقدمه

۱-۱- طرح مسأله

مطالعه و شناسایی محدودیت‌ها و مخاطرات تهدید کننده اقلیمی و آگاهی از جاذبه‌ها و پتانسیل‌های نهفته در ویژگی‌های اقلیمی جغرافیای گسترده کشور در ماه‌های مختلف سال به منظور لحاظ کردن آنها در برنامه‌ریزی در سطوح مختلف ملی، استانی و شهری خصوصاً توسعه گردشگری از اهمیت زیادی برخوردار است.

بنابراین، با بررسی و ارزیابی زیست اقلیم می‌توان به نوعی تعادل در عناصر اقلیمی به منظور ایجاد محیطی همراه با آسایش انسان دست یافت که انسان می‌تواند با شرایط نسبتاً مطلوب زمینه را برای انجام فعالیت‌های معیشتی و زیستی خود فراهم نماید به این سان مقوله آسایش برای استمرار فعالیت انسان و تکامل جسمی و روحی او، مقوله ای بسیار مهم و قابل اعتناء جلوه می‌نماید.

۲-۱- اهمیت و ضرورت پژوهش

با توجه به اینکه بهره برداری از توانهای موجود در هر منطقه می‌تواند زمینه ای پویا و فعال برای توسعه آن مکان باشد و شهر اصفهان نیز با داشتن توانها و جاذبه‌های طبیعی بسیار غنی در صورت برنامه ریزی مکانی- فضایی و هدفمند خصوصاً اقلیم گردشگری می‌تواند به عنوان یک راه حل جهت ایجاد اشتغال، توسعه اقتصادی و انسانی در کنار سایر بخش‌های اقتصادی ایفای نقش نماید. بنابراین، نتایج این تحقیق

در شناخت و معرفی تغییرات عناصر و عوامل اقلیمی در دوره‌های مختلف زمانی و نقش عوامل فوق در تامین منطقه آسایش شهر اصفهان بسیار اهمیت دارد.

۳-۱- اهداف

هدف از این پژوهش شناخت زیست اقلیم انسانی و تاثیر گذاری هر یک از فراسنج‌های اقلیمی بر روی ساختار فیزیولوژیک انسان در هر یک از ماه‌های سال در شهر اصفهان و تطبیق نتایج هر یک از روشها با یکدیگر است.

۴-۱- پیشینه پژوهش

به علت اهمیت شرایط اقلیمی و تاثیر آن بر آسایش انسان مطالعات متعددی در رابطه با زیست اقلیم انسانی در سطح جهان و ایران صورت گرفته و توجه محققان زیادی را در نقاط مختلف جهان و ایران به خود معطوف داشته که به شرح ذیل می‌باشد:

کلارک و همکاران^۱ (۱۹۷۱) شرایط آسایش اقلیمی شهر «سینسیناتی» ایالت اوهایو را با حومه ی آن، با استفاده از شاخص‌های دمای موثر، دمای موثر اصلاح شده، فشار عصبی، مورد بررسی قرار داد و مشاهده کرد که در طول شب از لحاظ اقلیمی حومه شهر نسبت به مرکز شهر آسایش بیشتری دارد. برادس^۲ (۱۹۹۱) برای پی بردن به اختلاف بین فضای داخلی پارک‌ها و محیط اطرافش برای مقایسه آسایش حرارتی آنها، پنج پارک را در شهر مکزیکوسیتی انتخاب و به بررسی‌های حرارتی و رطوبتی آن پرداخت او مشاهده

1 - Clarke and Bach

2 - Barradas

در آب و هوای جهان روی صنعت جهانگردی تاثیر خواهد گذاشت. همچنین در این پژوهش فراسنج‌های درجه حرارت و باران به طور مجزا و سپس همزمان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در نهایت درجه حرارت آسایش و درجه حرارت قابل تحمل برای جهانگردی در این پارک‌ها مشخص شد. برتی^۶ و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله‌ای با عنوان «تجزیه و تحلیل تطبیقی آسایش حرارتی در کلاس درس دانشگاه پریجیا ایتالیا» پس از ارزیابی پاسخ‌ها با استفاده از شاخص PMV^۷ (متوسط نظر سنجی پیش بینی شده) PPD^۸ (پیش بینی درصد نارضایتی افراد) مشخص نمودند که در فصول بهار، پاییز و زمستان در کلاس درس شرایط آسایش فراهم می‌باشد. زنگین^۹ و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله‌ای با عنوان «تعیین آسایش زیست اقلیم در مسیر ارض روم (ترکیه) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی» با استفاده از آمار هواشناسی ۹ ایستگاه در فصل تابستان به این نتیجه دست یافتند که عامل توپوگرافی در این منطقه یکی از عوامل موثر بوده و منطقه جنوب کوه (Meseit) در این فصل خارج از محدوده آسایش است. هین^{۱۰} (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای به بررسی وضعیت آسایش توریسم در اسپانیا با استفاده از شاخص اقلیم گردشگری (TCI)^{۱۱} اقدام نمود که نتایج پژوهش آن حاکی از آن بوده که فصل تابستان بهترین وضعیت

کرد، اختلاف درجه حرارت در اوایل بعد از ظهر بیشتر از دیگر ساعات شبانه روز می‌باشد، به طوریکه حداکثر تفاوت درجه حرارت، فشار بخار آب و کمبود فشار بخار آب، به ترتیب ۵/۶ درجه سانتی گراد، ۰/۶ و ۱/۳ میلی بار بوده است. اسکات^۳ و دی فریتایس (۲۰۰۴) با بکارگیری شاخص اقلیم گردشگری اثرات تغییر اقلیم را بر روی وضعیت اقلیم گردشگری در ناحیه امریکای شمالی بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشانگر آن بوده که تعداد شهرهایی که در امریکای شمالی برای ماه‌های ژوئن و ژوئیه دارای شرایط مطلوب یا ایده‌آل اقلیمی هستند در دهه ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ دچار تغییراتی خواهند شد. اهری^۴ و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی بنیان‌های هواشناسی حیاتی برای توریسم را مورد بررسی و مطالعه قرار داده‌اند. در این پژوهش وضعیت هواشناسی حیاتی به وسیله فراوانی حس گرمایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و درجه حرارت‌های معادل یا هم‌ارز فیزیولوژی انسان را در ده روز مشخص از سال بررسی کردند و سپس با ترکیب این فراسنج را با دیگر فراسنج‌های هواشناسی از قبیل درجه حرارت، تابش نور خورشید، مقدار و تعداد روزهای همراه با بارندگی و طوفان، مناطق آسایش را برای توریسم مشخص کرده‌اند. تپلین^۵ و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی با عنوان «پتانسیل اقلیم حیاتی و توریسم در پارک ملی تایوان» بیان نموده‌اند که تغییرات ممکن

6- Buratti

7 - Predicted Mean Vote

8 - Predicted Percentage of Dissatisfied

9 - Zengin

10 - Hein

11 - Tourism climate Index

3 - De Freitas & Scott

4 - Oehier

5 - Tpln

روش پهنه‌بندی زیست‌اقليمی جامع است که همه شرایط گرم و سرد را در کلیه ایستگاه‌های استان یکجا در نظر گرفته و با واقعیت‌های اقلیمی منطبق باشد و بر اساس پهنه‌های تعیین شده، راهکارهای اقلیم‌معماری منطبق با معماری بومی را جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی در بخش ساختمان و مسکن ارائه نماید. در این پژوهش گروه‌بندی براساس پارامترهای اقلیمی مؤثر بر آسایش انسان با بهره‌گیری از روش‌های آماری تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای انجام و پیشنهاد شده است. خوشحال و همکاران (۱۳۸۵) در مقاله‌ای با عنوان «استفاده از گروه‌بندی خوشه‌ای در پهنه‌بندی زیست‌اقليم انسانی استان اصفهان» با به کار بردن روش ماهانی، اولگی و ترجونگ به طبقه‌بندی زیست‌اقليم استان پرداخته که تنها روش گیونی به عنوان روش برتر پیشنهاد گردیده است. بذرپاش و همکاران (۱۳۸۷) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی آسایش حرارتی در فضای آزاد جهت اکوتوریسم در شهرستان بابلسر» به ارزیابی شاخص‌های آسایش اقلیمی ماهانی، بکر و ترجونگ پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شهرستان بابلسر از ماه اردیبهشت تا اواخر آبان دارای شرایط بهینه برای گردشگری در طبیعت و فضای آزاد از نظر آسایش حرارتی است. ضیائی و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی با عنوان شاخص اقلیم آسایش گردشگری جزیره کیش به تعیین اقلیم آسایش گردشگری در این منطقه پرداخته است و به این نتیجه دست یافتند که ماه مارس (اسفند و نیمه اول

آسایش توریسم را در این کشور دارا است. دب^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی آسایش حرارتی در محل پایانه راه آهن در هند» بیان نموده‌اند که یکی از جنبه‌های مهم در خصوص رضایت مسافر در این مکان‌ها وجود یک محیط قابل قبول گرمایی است بنابراین، با بکارگیری شاخص PET^{۱۳} به ارزیابی رضایت مسافران در ایستگاه جنوب هند در ماه ژوئن پرداخته‌اند که در نهایت به ارائه پیشنهادهایی در خصوص افزایش آسایش مسافران در مورد ارتفاع سقفها و درهای پایانه نمودند. پینگ لاین^{۱۴} و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله‌ای با عنوان «گردشگری اطلاعات آب و هوایی بر اساس ادراک حرارتی بشر مطالعه موردی: تایوان و شرق چین» با استفاده از شاخص PET (دمای معادل فیزیولوژیک) و TPCs^{۱۵} (طبقه‌بندی آسایش حرارتی) به بررسی منطقه اقدام نموده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که تایوان و شرق چین برای مردمی که در مناطق معتدل سکونت دارند در فصول بهار و پاییز و برای مردمی که در مناطق جنب حاره سکونت دارند، منطقه جنوب در بهار و شمال در تابستان دارای شرایط مطلوب می‌باشد. در ادبیات ایران می‌توان به مطالعات زیر اشاره نمود:

آروین (۱۳۸۴) پهنه‌بندی زیست‌اقليم معماری بومی و بهینه‌سازی سوخت و انرژی را در استان اصفهان انجام داده است. هدف این تحقیق ارائه یک

12 - Deb

13 - Physiological Equivalent Temperature

14 - Ping Lin

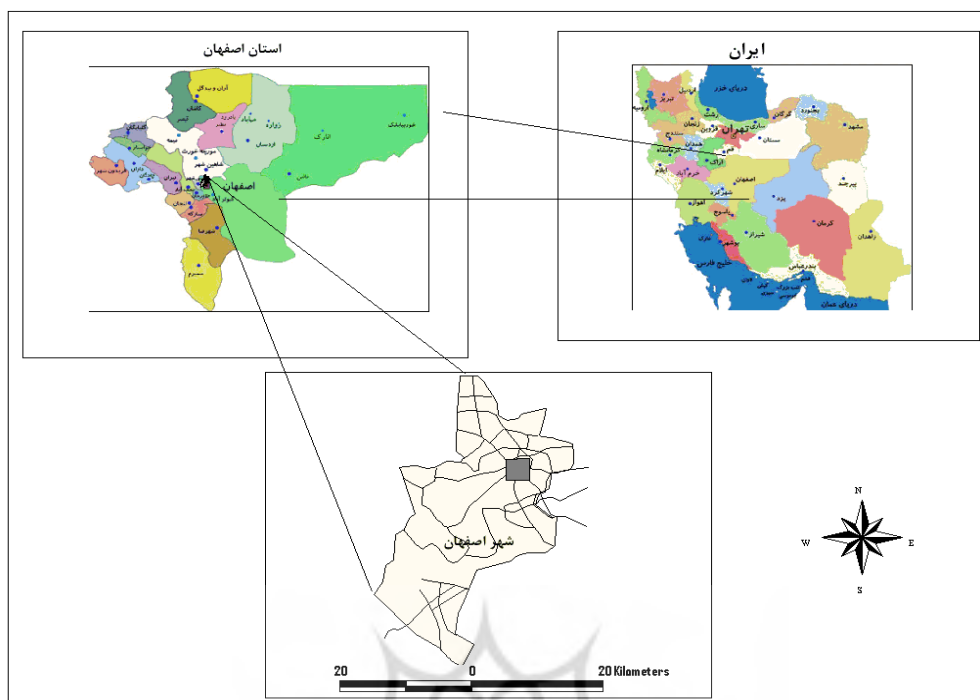
15 - Table Physiological thermal comfort

دست یافت که اغلب ایستگاه‌هایی که در جنوب، شرق و غرب استان واقع شده اند در ماه‌های فروردین و آبان، ایستگاه‌های شمالی استان در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، شهریور و مهر در محدوده آسایش می باشند. عطایی و هاشمی نسب (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان « ارزیابی و پهنه‌بندی اقلیم گردشگری استان اصفهان با استفاده از شاخص PET و سیستم اطلاعات جغرافیایی» با استفاده از روش کریجینگ به پهنه‌بندی و ارزیابی اقلیم آسایش استان اقدام نموده‌اند. نتایج این پژوهش، حاکی از آن است که مناطق شمالی و شرقی استان در ماه‌های آوریل و اکتبر و مناطق حاشیه غربی (داران) در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت و دیگر مناطق در ماه‌های مه و سپتامبر دارای شرایط اقلیمی مناسب گردشگری هستند.

۱-۵- محدوده مورد مطالعه

شهر اصفهان در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی واقع شده است و بعد از تهران و مشهد سومین شهر بزرگ ایران است (شفقی، ۱۳۸۲: ۶).

فروردین) بیشترین رتبه را در بین ماه‌های سال از نظر شاخص آسایش اقلیمی دارد. ماه‌های ژانویه، دسامبر و فوریه، دارای رتبه عالی از نظر شاخص آسایش اقلیمی هستند. در واقع جزیره کیش از جمله مناطقی است که در زمستان بهترین شرایط را برای جذب گردشگر دارد. اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای با استفاده از شاخص‌های دما - فیزیولوژیک متوسط نظر سنجی پیش بینی شده (PMV) و استرس گرمایی (HIS)^{۱۶} به ارزیابی اقلیم آسایشی بندر چابهار در مقیاس روزانه پرداخته‌اند. نتایج این بررسی نشان داد که شرایط آسایش اقلیمی در ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند فراهم است. زینالی و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای با عنوان « بررسی و پهنه‌بندی اقلیم توریستی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص PET» به مطالعه و بررسی اقلیم توریستی استان آذربایجان شرقی و ارائه راهکارهایی برای استفاده بهینه از پتانسیل‌های توریستی این استان در فصول بهار و تابستان، نموده‌اند که نتیجه مطالعه آنها نشان داد که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه، ماه‌های ژوئن و سپتامبر از اقلیم بسیار مناسبی برخوردارند و ماه ژوئیه و اوت به غیر از شهرستان‌های اهر و سراب در بقیه قسمتهای استان درجاتی متفاوتی از تنش گرمایی، از متوسط تا ضعیف حاکم است. هاشمی نسب (۱۳۹۰) در پایان نامه‌ای با عنوان « پهنه‌بندی زیست اقلیم انسانی استان سمنان» به ارزیابی و پهنه‌بندی شرایط زیست اقلیم استان مذکور نمود. وی به این نتایج



شکل ۱- موقعیت شهر اصفهان

۶-۱- سوال‌ها و فرضیه‌ها

و S-PLUS, Excell و سپس متناسب با روش PET و PMV به نرم افزار Ray man منتقل و سپس به تجزیه و تحلیل خروجی‌ها اقدام شده است.

- نتایج روش‌های ترجونگ، PET، TCI، PMV از نظر ارزیابی زیست اقلیمی شهر اصفهان چگونه‌اند؟
- بهترین شرایط مطلوب از نظر زیست اقلیمی، در شهر اصفهان کدام ماه‌ها هستند؟

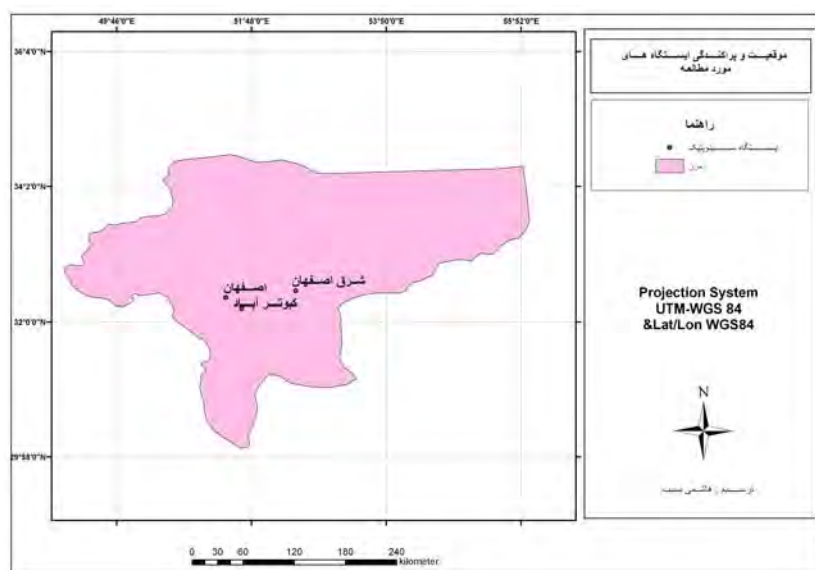
۸-۱- معرفی متغیرها و روش‌ها

به منظور ارزیابی تطبیقی زیست اقلیم انسانی شهر اصفهان بر اساس روش‌های ترجونگ، PET، TCI، PMV، از فراسنج‌های اقلیمی میانگین متوسط، حداقل و حداکثر دما، میانگین متوسط، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، میانگین ساعات آفتابی و میانگین متوسط سرعت باد و متوسط فشار بخار و میزان ابرناکی ۳ ایستگاه سینوپتیک اصفهان، شرق اصفهان و کبوترآباد طی دوره آماری هجده ساله (۱۹۹۲ الی ۲۰۱۰) استفاده شده است.

- روش‌های ترجونگ، PET، TCI، PMV از نظر ارزیابی زیست اقلیمی شهر اصفهان نتایج مشابهی خواهند داشت.
- ماه‌های مه و سپتامبر، بهترین شرایط مطلوب را از نظر زیست اقلیمی، در شهر اصفهان را، دارا هستند.

۷-۱- روش تحقیق

در این پژوهش از روش‌های توصیفی و استنباطی و روش‌های تجزیه و تحلیل بیوکلیمایی و آماری استفاده شده، در ابتدا آماره‌ها به محیط نرم افزار



شکل ۲- پراکنندگی ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

۱-۸-۱- روش ترجونگ

رابطه محاسباتی شاخص مذکور در زیر ارائه شده است.

ترجونگ^{۱۷} در سال (۱۹۶۶) برای تقسیم‌بندی

رابطه (۱)

ایالات متحده آمریکا از روش خود (ترجونگ) استفاده

$$TCI = 2(4Cid + Cia + 2R + 2S + W)$$

Cid: شاخص آسایش در بازه زمانی روز که ترکیبی از میانگین حداکثر دمای هوا و میانگین حداقل رطوبت نسبی است.

کرد. امتیاز این روش نسبت به سایر روش‌ها این است

که از کلیه فاکتورهای مهم اقلیمی شامل دما، تابش، رطوبت نسبی و باد که مجموعه شرایط حرارتی بدن را کنترل می‌کنند یکجا استفاده می‌شود. تقسیم‌بندی

Cia: شاخص آسایش شبانه روزی و در بر گیرنده میانگین دمای هوا و میانگین رطوبت نسبی است.

ترجونگ بر پایه استفاده از دو ضریب راحتی و تاثیر خنک‌کنندگی باد استوار است که به صورت مونوگراف است.

R: مجموع بارندگی S: میانگین تعداد ساعات آفتابی در روز W: میانگین سرعت باد

۱-۸-۲- شاخص TCI^{۱۸}

به منظور تعیین Cid و Cia از منحنی شاخص دمای موثر استفاده می‌نماییم.

شاخصی است که به طور سیستماتیک تاثیر عناصر اقلیمی را بر فعالیت گردشگری مشخص نماید و

۱-۸-۳- روش PET^{۱۹}

از روش‌های معروف دما - فیزیولوژیک است که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده است. در تعریف این روش برای نرخ سوخت و ساز با کار

پتانسیل‌ها و قابلیت‌های اقلیم گردشگری مناطق را برای فعالیت‌های گردشگری عمومی در شهرها مانند بازدید و دیدن چشم‌اندازها و خرید مشخص نماید.

19 - Physiological Equivalent Temperature

17 - Terjung

18 - Tourism climate Index

برای محاسبه PET از مدل بیلان انرژی یا همان MEMI (Munich Energy Balance for Individuals) برای افراد استفاده می‌شود که از طریق روابط ریاضی جدول (۱) به دست می‌آید.

سبک و میزان نارسانایی لباس به ترتیب اعداد ۸۰ وات و ۰/۹ (clo) به طور میانگین در نظر گرفته شده است. در جدول (۳) مقادیر آستانه روش PET در درجات مختلف حساسیت انسان آمده است. در این مطالعه

جدول ۱- مدل‌های بیلان انرژی برای افراد بر اساس روش PET

| | |
|---|--|
| $S = H + C + R + E_p + E_{sr} + E_{lr} + E_{sw} + E_f$ | رابطه (۲) نرخ جریان خون |
| $Q_b = (6/3 + 75(T_c - 36/6)) / (1 + 0/5(34 - t_{sk}))$ | رابطه (۳) نرخ تعرق |
| $S_w = 8/4710^{-5} ((1 t_{sk} + 0/9 t_c) - 35/6) kg / sm^2$ | رابطه (۴) تولید حرارت |
| $H = M(1 - h)$ | رابطه (۵) جریان حرارت همرفتی |
| $C = A_{sk} f_{cl} (T_a - T_{sk})$ | رابطه (۶) جریان حرارتی تابش |
| $R = A_{sk} f_{cl} f_{eff}^{es} (t_r^4 - T_{sk}^4)$ | رابطه (۷) انتشار بخار آب |
| $E_D = m r (P_a - P_{vsk})$ | رابطه (۸) اتلاف حرارت پنهانی به وسیله تعرق |
| $E_{sr} = r_{tm} C_p (T_a - T_r)$ | رابطه (۹) اتلاف حرارت به وسیله تبخیر |
| $E_{sr} = S_w r$ | رابطه (۱۰) برای زن |
| $E_{sw} = A_{sk} r_{hc} 0/622 / (P_a - P_{vsk})$ | رابطه (۱۱) حرارت افزوده یا تلف شده از طریق خوردن |
| $E_f = m f c_f (T_f - T_c)$ | رابطه (۱۲) حرارت منتقل شده از مرکز به پوست |
| $Q_b = P_b C_b (T_{sk} - T_c)$ | رابطه (۱۳) حرارت منتقل شده از پوست به محیط |

ماخذ: ماتزاراکیس و همکاران (۱۹۹۹)

M = نرخ سوخت و ساز (وات بر متر مربع) η = کارایی ممکن T_{sk} = دمای پوست P_{vsk} = فشار بخار اشباع در دمای پوست
 $F_{cl}^* f_{cl}$ = نسبت مساحت شخص پوشیده به مساحت بدون پوشش T_r = دمای تابش متوسط به درجه سانتی گراد T_{cl} = دمای سطح لباس به درجه سانتی گراد C_p, C_f, C_b = گرمای ویژه هوا، غذا و خون به ترتیب
 m_f = معادل غذا در واحد وات p_b = چگالی خون r = حرارت نهانی تبخیر
 ϵ = قابلیت انتشار پوست S = حرارت خالص ذخیره شده در هسته A_{sk} = سطح پوست بر حسب η = کارایی ممکن T_{sk} = دمای پوست P_{vsk} = فشار بخار اشباع در دمای پوست
 $F_{cl}^* f_{cl}$ = نسبت مساحت شخص پوشیده به مساحت بدون پوشش T_r = دمای تابش متوسط به درجه سانتی گراد T_{cl} = دمای سطح لباس به درجه سانتی گراد C_p, C_f, C_b = گرمای ویژه هوا، غذا و خون به ترتیب
 m_f = معادل غذا در واحد وات p_b = چگالی خون r = حرارت نهانی تبخیر
 ϵ = قابلیت انتشار پوست S = حرارت خالص ذخیره شده در هسته A_{sk} = سطح پوست بر حسب

η = کارایی ممکن T_{sk} = دمای پوست P_{vsk} = فشار بخار اشباع در دمای پوست
به پاسکال P_{vr} = فشار بخار اشباع در دمای پوست
 h_c = ضریب انتقال حرارت همرفتی W/k
= جرم هوای تعریقی در هر ثانیه
 δ = ضریب ثابت استفان بولتزمن I_{cl} = مقاومت لباس در برابر انتقال حرارت C_b = حرارت ویژه خون
لازم به ذکر است که برای محاسبه شاخص PET تهیه داده‌های هواشناسی مثل دما و رطوبت هوا و سرعت باد به سادگی امکان پذیر است ولی محاسبه و به دست آوردن برخی پارامترها مثل «متوسط دمای تابشی محیط» یا همان T_{mrt} به سادگی امکان پذیر نمی‌باشد و از آنجا که پارامتر

در نظر گرفت. به طور مثال در مرد، قد ۱۷۵ سانتی متر، وزن ۷۵ کیلوگرم و سن ۳۵ سال را می توان لحاظ نمود. در مورد پوشش رقم ۰/۹ کلو و فعالیت متوسطی مثل رانندگی با ۸۰ وات را می توان برای یکی از جنس‌های مرد یا زن در نظر گرفت. گفتنی است که تفاوت بسیار ناچیزی در این زمینه بین زن و مرد وجود دارد که در بسیاری از موارد قابل چشم پوششی است.

۱-۸-۴- روش (PMV Predicted Mean Vote)

در رابطه با روش PMV محاسبات از رابطه‌های جدول (۲) انجام می‌شود و سپس مقادیر عددی از جدول (۳) استخراج می‌شود.

مزبور بیشترین تاثیر را در محاسبه شاخص فوق دارد از این رو برای محاسبه این پارامتر از نرم افزار Ray Man کمک گرفته شد تا ضریب دقت محاسبات افزایش یابد. مدل Ray Man که توسط آندریاس ماتزاراکیس (Matzarakis) برای محاسبه شارهای تابشی به ویژه در بین ساختمان‌های شهری طراحی شده است یکی از روش‌های مناسب برای محاسبه متوسط دمای تابشی محیط و در نهایت، برای محاسبه PET مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه داده‌های فیزیولوژیک، پوشش و نوع فعالیت بسیار متفاوت و متغیر هستند، بنابراین، طبق توصیه مدل می توان مواردی را به صورت میانگین یا حالت استاندارد

جدول ۲- مدل‌های بیلان انرژی برای افراد بر اساس روش PMV

| | |
|--|------------|
| $PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) \{ (M - W) - H - E_c - C_{rec} - E_{rec} \}$ | رابطه (۱۴) |
| $E = 3.05 \times 10^{-3} (526(t_{sk} - 3373 - P_a) + E_{sw})$ | رابطه (۱۵) |
| $E_c = 3.05 \times 10^{-3} (5733 - 6.99 \times (M - W) - P_a) + 0.42(M - W - 58.15)$ | رابطه (۱۸) |
| $C_{rec} = 0.0014M(34 - T_a)$ | رابطه (۱۷) |
| $E_{rec} = 1.72 \times 10^{-3} M(5867 - P_a)$ | رابطه (۱۸) |
| $H = K_{cl} = t_{sk} - t_{cl} / I_{cl}$ | رابطه (۱۹) |

مأخذ: ماتزاراکیس و همکاران (۱۹۹۹)

$W =$ نیروی مکانیکی موثر (W/M^2) P_a = رطوبت، فشار بخار جزئی هوا (hp)
 $e =$ تبادل حرارتی تبخیری در سطح پوست (W/M^2)
 $H =$ تلفات حرارت خشک به صورت همرفت، هدایت، تابش (W/M^2) $T_a =$ دمای هوا (C)

$C_{rec} =$ تبادل همرفتی تعرق (W/M^2) $E_{rec} =$ تبادل حرارتی تبخیری تعرق (W/M^2)
 $E_c =$ تبادل حرارتی تبخیری در سطح پوست موقعی که در حالت حرارت خنثی قرار دارد (W/M^2)
 $E_{sw} =$ تلفات حرارتی تبخیری تعرق (W/M^2) $I_{cl} =$ تابش لباس به طور متوسط برای تمام بدن (W/M^2)
 $M =$ نرخ سوخت و ساز بدن (W/M^2) $T_{cl} =$ دمای سطح لباس (C) $T_{SK} =$ دمای متوسط پوست (C)

جدول ۳- مقادیر آستانه روش PMV و PET

| PMV | PET | حساسیت حرارتی | درجه تنش فیزیولوژیک |
|------|-----|------------------|----------------------|
| - | <۴ | خیلی سرد | تنش سرمای بسیار شدید |
| -۳/۵ | ۴ | سرد | تنش سرمای شدید |
| -۲/۵ | ۸ | خنک | تنش سرمای متوسط |
| -۱/۵ | ۱۳ | کمی خنک | تنش سرمای اندک |
| -۰/۵ | ۱۸ | راحت | بدون تنش سرما |
| ۰/۵ | ۲۳ | کمی گرم | تنش گرمای اندک |
| ۱/۵ | ۲۹ | گرم | تنش گرمای متوسط |
| ۲/۵ | ۳۵ | خیلی گرم | تنش گرمای شدید |
| ۳/۵ | ۴۱ | داغ | تنش گرمای بسیار شدید |

ماخذ: ماتزاراکیس و همکاران (۱۹۹۹)

۲- مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

از آنجایی که دمای بدن انسان در طول زندگی ثابت و در حدود ۳۷ درجه سانتی گراد است بنابراین، آسایش و راحتی انسان وقتی تامین می‌گردد که سامانه تنظیم حرارتی بدن وی بتواند دمای مزبور را ثابت نگه دارد این امر زمانی امکان پذیر است که توازن گرمایی بدن یعنی دفع و جذب گرما از بدن متعادل باقی بماند. تاثیر دما بر آسایش انسان متاثر از بقیه فراسنج‌های جوی، شرایط جسمی، روحی و خوپذیری است. بهترین شرایط حرارتی برای زندگی انسان آن است که فرد بدون کوشش و تلاش زیاد بتواند توازنی منطقی بین گرمای حاصل شده در بدن و گرمای از دست داده برقرار کند، بدین معنا که نه حرارتی از محیط پیرامون دریافت کند و نه حرارتی به محیط پس بدهد. بنابراین آب و هوای بسیار سرد و بسیار گرم برای زندگی مناسب نیست. در حالت طبیعی دمای درونی بدن انسان ۳۷ و دمای پوست ۳۲ درجه سانتی گراد است و این دمای بدن انسان متناسب با غذایی که مصرف می‌کند و فعالیتی که انجام می‌دهد تولید

می‌شود. حال اگر بدن انسان در محیطی گرم تر از پوست قرار گیرد شروع به جذب گرما می‌کند و به عکس اگر در محیطی که سردتر از پوست است قرار گیرد، گرمای خود را به تدریج از دست خواهد داد. در نتیجه در هر محیطی بین بدن و هوای پیرامونش تبادل حرارتی به اشکال جابجایی هوا، تعرق، تابش و هدایت صورت می‌گیرد که در پی این تبادل یا گرما از دست می‌دهد و یا بدست می‌آورد که این امر برای برقراری تعادل بین بدن و محیط می‌باشد. ترومپ^{۲۰} به این نکته اشاره می‌کند که مویرگ‌های سطح بدن به هنگام سرما منقبض می‌شوند این واکنش یکی از ساز و کارهایی است که به هنگام سرد شدن محیط جریان خون از مرکز به سطح را به حداقل می‌رساند و دیگر ساز و کار این که مویرگ‌های سطح بدن به هنگام گرما منبسط می‌شود. این ساز و کارها برای ایجاد تعادل در بدن به منظور اتلاف حرارت بدن در گرما و جلوگیری از اتلاف حرارت در سرما از ساز و کارهای مهمی هستند (ترومپ، ۱۹۶۳: ۱۴۵). رطوبت نسبی موجود در محیط یکی از عوامل موثر در آسایش انسان است در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد میزان رطوبت نسبی بین ۳۰ تا ۸۰ درصد نمی‌تواند تاثیری بر آسایش انسان داشته باشد اما این در مورد دمای بیشتر از ۲۵ درجه و با همین میزان رطوبت باعث تعرق می‌گردد به طوری که هوای گرم و مرطوب (شرجی) به دلیل جلوگیری از ایجاد تعرق و تبخیر در روی پوست سبب ناراحتی می‌گردد. هوای گرم و خشک نیز به دلیل ناراحتی‌هایی که از لحاظ سلامتی ریه‌ها و پوست ایجاد می‌کند سبب ناراحتی

لباس فرد نیز بستگی دارد به طوری که می‌توان گفت دمای مطلوب هوا برای یک فرد در زمستان و تابستان نیز متفاوت است. اصولاً دمای مطلوب برای افراد بالای چهل سال یک درجه بیشتر از دمای مطلوب برای افراد سنین پائین تر است و بطور کلی برای زنان نیز یک درجه بیشتر از مردان است (افتخاری، ۱۳۷۹: ۱۶۶). پس این نکته قابل توجه است که منطقه آسایش یک منطقه نسبی و تقریبی است. بنابراین، آسایش در یک منطقه صد در صد نمی‌تواند باشد و برای افراد بر حسب سن، سلامت، فعالیت بدنی، نژاد، میزان پوشش و بر اساس فصول مختلف سال و خو گرفتن افراد به محیط تغییر می‌کند (عسگری، ۱۳۸۱: ۸).

۳- تحلیل یافته‌ها

پس از محاسبه ضرایب راحتی و خنک‌کنندگی باد در سه ایستگاه مورد نظر در محدوده شهر اصفهان مشخص شد که اصفهان در طول سال ۶ اقلیم فیزیولوژیک داشته به طوریکه از نظر ضریب راحتی روز به شب ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه (آذر تا بهمن) دارای روزهای بسیار خنک و شب‌های سرد هستند در این سه ماه از نظر میزان خنک‌کنندگی باد روزها خنک و شب‌ها بسیار خنک است به استثناء فوریه که روزها مطبوع و دلپذیر و سپتامبر که روزها گرم است، ماه‌های مارس و نوامبر (اسفند و آبان) دارای روزها و شب‌های بسیار خنک است در این دو ماه از نظر میزان خنک‌کنندگی باد روزها مطبوع و دلپذیر و شب‌ها بسیار خنک است به استثناء نوامبر که روزها گرم است، ماه‌های آوریل، مه و اکتبر (فروردین، اردیبهشت و مهر) دارای روزهای مطبوع و شب‌های بسیار خنک است در این سه ماه میزان خنک

می‌گردد. دامنه مناسب رطوبت نسبی در دماهای معمولی برای انسان بین ۳۰ تا ۷۰ درصد است. طبق بررسی‌های بعمل آمده هرگاه میزان رطوبت نسبی کمتر از ۲۰٪ باشد به دلیل خشکی بیش از اندازه هوا احساس ناراحتی ایجاد می‌گردد که تداوم این امر باعث ترک لب‌ها، گلو درد و سوزش چشم می‌شود و هرگاه رطوبت نسبی بالاتر از ۹۰٪ باشد باعث چسبناکی و احساس شرجی بر روی پوست بدن و موجبات ناراحتی انسان می‌گردد (رازجویان، ۱۳۷۶: ۱۱). تابش، ارتباط تنگاتنگی با درجه حرارت هوا دارد به طوری که گاه به عنوان عامل اثر گذار مثبت و گاه به عنوان عنوان عامل اثر گذار منفی تلقی می‌گردد. هرگاه درجه حرارت هوا کمتر از ۲۱ درجه باشد تابش آفتاب می‌تواند به عنوان عاملی موثر در راحتی انسان تلقی گردد و کاهش دما را جبران کند حال اگر درجه حرارت هوا بالاتر از این مقدار باشد و شرایط محیطی مانند هوای صاف و پاک و بدون ابر (کنار دریا، ارتفاعات) باعث آفتاب سوختگی و اثرات زیانبار پوستی می‌گردد. باد از جمله پدیده‌های جوی است که زحمت و رحمت آن بر کسی پوشیده نیست. بادها بسته به ماهیت شان و شرایط جوی حاکم در محیط، اثرات متفاوتی در آسایش انسان به وجود می‌آورند. چنانچه منطقه‌ای دارای دمای ۲۹ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۳۰ تا ۶۰ درصد باشد و بادی با سرعت ۶ متر بر ثانیه بوزد باعث ایجاد آسایش می‌گردد. حال اگر سرعت باد از ۱۲۰ متر در دقیقه افزایش یابد زمینه ساز عدم آسایش و ناراحتی است (محمدی، ۱۳۸۶: ۱۳۶). بنابراین، دمای مطلوب هوا در یک منطقه برای افراد با سنین و جنس‌های مختلف متفاوت است و به نوع و میزان فعالیت و نوع و مقدار

کنندگی باد روزها گرم و شب‌ها خنک است به استثناء مه و آوریل که روزها نه گرم نه سرد است، ماه‌های ژوئن و سپتامبر (خرداد و شهریور) دارای روزها گرم و شب‌ها خنک است در این دو ماه میزان خنک کنندگی باد روزها احساس گرمای نامطبوع اضافی روی پوست و شب‌ها مطبوع و دلپذیر است، ژوئیه (تیر) دارای روزهای داغ و شب‌های مطبوع است در این ماه میزان خنک کنندگی باد روزها احساس گرمای نامطبوع اضافی روی پوست و شب‌ها گرم است، اوت (مرداد) دارای روزها داغ و شب‌ها خنک است، در این ماه میزان خنک کنندگی باد روزها احساس گرمای نامطبوع اضافی روی پوست و شب‌ها گرم است. به طور کلی، می‌توان گفت در این ایستگاه روز در ماه‌های آوریل، اکتبر و مه (فروردین، اردیبهشت و مهر) هوا مطبوع بوده و انسان با پوشش معمولی احساس راحتی می‌کند در طول ۴ ماه از سال یعنی از نوامبر تا فوریه (آبان تا بهمن) هوا در طی روزها بسیار خنک بوده و انسان برای به دست آوردن راحتی گرمایی باید از لباس‌های زمستانه استفاده کند، این در حالی است که ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت (خرداد تا مرداد) در طول روز هوا داغ بوده و ضریب خنک کنندگی باد نیز با ایجاد گرمای اضافی روی پوست احساس نامطبوعی به انسان دست می‌دهد. شرق اصفهان در طول سال ۵ اقلیم فیزیولوژیک داشته به طوریکه از نظر ضریب راحتی روز به شب ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه (آذر تا بهمن) دارای روزهای بسیار خنک و شب‌های سرد است در این سه ماه از نظر میزان خنک کنندگی باد روزها مطبوع و شب‌ها بسیار خنک است به استثناء ژانویه که روزها خنک است. ماه‌های مارس و نوامبر (اسفند و آبان) دارای

روزها و شب‌های بسیارخنک می‌باشد در این دو ماه از نظر میزان خنک کنندگی باد روزها مطبوع و دلپذیر و شب‌ها بسیار خنک می‌باشد به استثناء نوامبر که روزها معمولی است، ماه‌های آوریل و اکتبر (فروردین و مهر) دارای روزهای مطبوع و شب‌های بسیار خنک می‌باشد و میزان خنک کنندگی باد روزها معمولی و شب‌ها خنک می‌باشد به استثناء اکتبر که روزها گرم است، ماه‌های ژوئیه و اوت (تیر و مرداد) دارای روزها داغ و شب‌های بسیارخنک است تاثیر باد در این ماه‌ها با احساس گرما در روی پوست بدن در روز و خنک در شب‌ها همراه است. ماه‌های مه، ژوئن و سپتامبر (اردیبهشت، خرداد و شهریور) دارای روزها گرم و شب‌ها خنک می‌باشد در این سه ماه میزان خنک کنندگی باد روزها با احساس گرما روی پوست و شب‌ها خنک است به استثناء مه که روزها گرم است. در کیوتو آباد در طول سال ۶ اقلیم فیزیولوژیک دیده می‌شود از نظر ضریب راحتی روز به شب ماه‌های نوامبر، تا فوریه (آبان تا بهمن) دارای روزهای بسیار خنک و شب‌های سرد است در این چهار ماه از نظر میزان خنک کنندگی باد روزها خنک و شب‌ها بسیار خنک است به استثناء نوامبر که روزهای مطبوع و دلپذیر است، ماه مارس (اسفند) دارای روزها و شب‌های بسیارخنک است در این ماه از نظر میزان خنک کنندگی باد روزها مطبوع و دلپذیر و شب‌ها سرد است، ماه‌های آوریل و اکتبر (فروردین و مهر) دارای روزهای مطبوع و شب‌های بسیار خنک است در این دو ماه میزان خنک کنندگی باد روزها معمولی و شب‌ها خنک است. مه، ژوئن و سپتامبر (اردیبهشت، خرداد و شهریور) دارای روزها گرم و شب‌ها بسیارخنک است در این سه ماه میزان خنک کنندگی

تا مارس (۱۱ آذر تا ۱۱ فروردین) به تدریج از مقدار شاخص آسایش کاسته شده و رتبه‌های مربوط به آن نزول یافته و در نتیجه انتظار آسایش اقلیمی کمتری برای گردشگران می‌رود. از اوایل آوریل تا پایان مه (۱۲ فروردین تا ۱۰ خرداد) مجدداً شاخص، روند صعودی دارد. از ژوئن تا پایان ژوئیه (۱۱ خرداد تا ۹ مرداد) مجدداً از مقدار شاخص کاسته شده و از اوت تا پایان ماه سپتامبر مجدداً مقدار شاخص و رتبه مربوط به آن افزایش می‌یابد (شکل ۳ الف). مقادیر روش اقلیم آسایش گردشگری (TCI) در شرق اصفهان از ۵۵ تا ۹۴ تغییر می‌کند که بیشترین مقدار متعلق به ماه اکتبر و کمترین نمره و رتبه شاخص مربوط به ماه‌های ژانویه و دسامبر به ترتیب با مقادیر عددی ۵۵ و ۵۷ است. شرق اصفهان در ماه‌های مه (۱۱ اردیبهشت تا ۱۰ خرداد)، اکتبر (۹ مهر تا ۹ آبان) و سپتامبر (۱۰ شهریور تا ۸ مهر) بهترین وضعیت اقلیمی (رتبه نه) برای آسایش را دارا است. ماه آوریل (۱۲ فروردین تا ۱۰ اردیبهشت) (رتبه ۸) نیز وضعیت خوبی را از نظر آسایش اقلیمی دارد. با شروع ماه نوامبر تا ماه مارس (۱۰ آبان تا ۱۱ فروردین) به تدریج از مقدار شاخص آسایش کاسته شده و رتبه‌های مربوط به آن نزول یافته و در نتیجه انتظار آسایش اقلیمی کمتری برای انسان‌ها می‌رود. از اوایل آوریل تا پایان مه (۱۲ فروردین تا ۱۰ خرداد) مجدداً شاخص، روند صعودی دارد. از ژوئن تا پایان اوت (۱۱ خرداد تا ۹ شهریور) مجدداً از مقدار شاخص کاسته شده و از سپتامبر تا پایان ماه اکتبر مجدداً مقدار شاخص و رتبه مربوط به آن افزایش می‌یابد (شکل ۳ الف). مقادیر روش اقلیم آسایش گردشگری (TCI) در کبوترآباد از ۵۸ تا ۹۵ تغییر می‌کند. که بیشترین مقدار متعلق به

باد روزها احساس گرمای نامطبوع اضافی روی پوست و شب‌ها خنک است، ژوئیه (تیر) دارای روزها داغ و شب‌ها خنک است در این ماه میزان خنک‌کنندگی باد روزها احساس گرمای نامطبوع اضافی روی پوست و شب‌ها مطبوع و دلپذیر است، اوت (مرداد) دارای روزها داغ و شب‌های بسیار خنک است در این ماه میزان خنک‌کنندگی باد روزها احساس گرمای بسیار نامطبوع اضافی روی پوست و شب‌ها مطبوع و دلپذیر است. به طور کلی، می‌توان گفت در این سه ایستگاه روز در ماه‌های آوریل و اکتبر (فروردین و مهر) هوا مطبوع بوده و انسان با پوشش معمولی احساس راحتی می‌کند در طول ۵ ماه از سال یعنی از نوامبر تا مارس (آبان تا اسفند) هوا در طی روزها بسیار خنک بوده و انسان برای به دست آوردن راحتی گرمایی باید از لباس‌های زمستانه استفاده کند، این در حالی است که ماه‌های ژوئیه و اوت (خرداد و مرداد) در طول روز هوا داغ بوده و ضریب خنک‌کنندگی باد نیز با ایجاد گرمای اضافی روی پوست احساس نامطبوعی به انسان دست می‌دهد. بر اساس محاسبات انجام شده، مقادیر شاخص اقلیم آسایش گردشگری (TCI) در اصفهان از ۵۹ تا ۹۲ تغییر می‌کند. که بیشترین مقدار متعلق به ماه سپتامبر و کمترین نمره و رتبه شاخص مربوط به ماه‌های ژانویه و دسامبر به ترتیب با مقادیر ۵۹ و ۶۳ می‌باشد. اصفهان در ماه‌های آوریل (۱۲ فروردین تا ۱۰ اردیبهشت)، سپتامبر (۱۰ شهریور تا ۸ مهر) و اکتبر (۹ مهر تا ۹ آبان) بهترین وضعیت اقلیمی (رتبه نه) برای آسایش گردشگران را دارا است. ماه‌های مه (۱۱ اردیبهشت تا ۱۰ خرداد) و اوت (۱۰ مرداد تا ۹ شهریور) (رتبه ۸) نیز وضعیت خوبی را از نظر آسایش اقلیمی گردشگران دارد. با شروع دسامبر

ماه آوریل و کمترین نمره و رتبه شاخص مربوط ژوئیه و ژانویه به ترتیب با مقادیر ۵۸ و ۶۱ است. کبوترآباد در ماه‌های آوریل (۱۰ شهریور تا ۸ مهر)، اکتبر (۹ مهر تا ۹ آبان) و مه (۱۰ اردیبهشت تا ۱۰ خرداد) بهترین وضعیت اقلیمی (رتبه نه) برای آسایش گردشگران را دارا است. ماه‌های نوامبر (۱۰ آبان تا ۹ آذر) (رتبه ۸) نیز وضعیت خوبی را از نظر آسایش اقلیمی گردشگران دارند. با شروع نوامبر تا پایان مارس (۱۰ آبان تا ۱۱ فروردین) به تدریج از مقدار شاخص آسایش کاسته شده و رتبه‌های مربوط به آن نزول یافته و در نتیجه انتظار آسایش اقلیمی کمتری برای گردشگران می‌رود. از اوایل آوریل تا پایان مه (۱۲ فروردین تا ۱۰ خرداد) شاخص، روند صعودی دارد. از پایان ماه اکتبر به بعد مجدداً مقدار شاخص و رتبه مربوط به آن کاهش می‌یابد و مجدداً از ماه سپتامبر تا پایان اکتبر مقادیر، روند صعودی دارند. از ماه اکتبر تا پایان ماه مارس به تدریج با افزایش مقدار بارش و رطوبت نسبی و کاهش ساعات آفتابی رتبه منطقه کاهش یافته که نشان دهنده کاهش آسایش اقلیمی گردشگران است (شکل ۳ الف). در مجموع این سه ایستگاه که به عنوان نماینده اقلیم شهر اصفهان برگزیده شده اند شرایط آب و هوای آنها در اوایل و اواسط فصل بهار و اواخر فصل تابستان و اوایل پاییز بهترین وضعیت را در جذب گردشگر دارد.

بر اساس روش PET اصفهان در ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای شدید و از لحاظ حساسیت حرارتی خیلی سرد و در ماه مارس از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای متوسط بوده و از حساسیت حرارتی خنک برخوردار است

ماه‌های آوریل و اکتبر با وجود تنش سرمایی اندک از حساسیت حرارتی کمی خنک برخوردار است. ماه ژوئیه با بالاترین مقادیر عددی PET، ۲۳/۶ از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک برخوردار از تنش گرمایی متوسط و از لحاظ حساسیت حرارتی گرم بوده است. ماه‌های ژوئن و اوت از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک برخوردار از تنش گرمایی اندک و از لحاظ حساسیت حرارتی کمی گرم بوده و ماه‌های مه و سپتامبر از دسته ماه‌هایی هستند که با عدم تنش، در محدوده آسایش واقع است (شکل ۳ ب). شرق اصفهان در ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر و مارس از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای بسیار شدید و از لحاظ حساسیت حرارتی خیلی سرد و در ماه‌های آوریل و اکتبر از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای اندک بوده و از حساسیت حرارتی کمی خنک برخوردار است. ماه اوت با وجود تنش گرمایی اندک از حساسیت حرارتی کمی گرم برخوردار است. ماه‌های ژوئن و ژوئیه به ترتیب با بالاترین مقادیر عددی PET به ترتیب ۲۸/۶ و ۲۳/۷، از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک برخوردار از تنش گرمایی متوسط و از لحاظ حساسیت حرارتی گرم بوده است. ماه‌های مه و سپتامبر از دسته ماه‌هایی هستند که با عدم تنش، در محدوده آسایش واقع می‌باشد و دارای شرایط مطلوب اقلیمی هستند (شکل ۳ ب). کبوترآباد در ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای بسیار شدید و از لحاظ حساسیت حرارتی خیلی سرد و در ماه‌های مارس و نوامبر از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای متوسط بوده و از حساسیت حرارتی خنک برخوردار است. ماه آوریل و اکتبر با

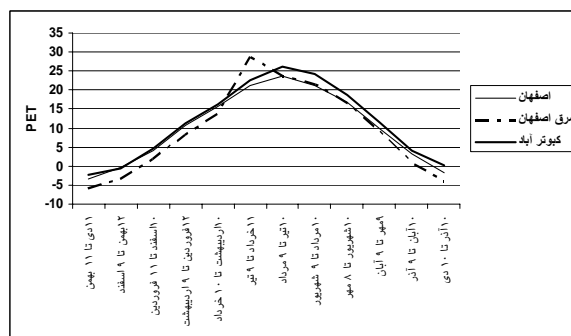
تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای شدید و از لحاظ حساسیت حرارتی سرد و در ماه اکتبر از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای اندک بوده و از حساسیت حرارتی کمی خنک برخوردار است. ماه اوت با وجود تنش گرمایی اندک از حساسیت حرارتی کمی گرم برخوردار است. ماه‌های ژوئن و ژوئیه به ترتیب با بالاترین مقادیر عددی PMV به ترتیب ۱/۳ و ۰/۹، از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک برخوردار از تنش گرمای متوسط و از لحاظ حساسیت حرارتی گرم بوده است. ماه‌های مه و سپتامبر از دسته ماه‌هایی هستند که با عدم تنش، در محدوده آسایش واقع شده و دارای شرایط مطلوب اقلیمی است. کبوترآباد در ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای شدید و از لحاظ حساسیت حرارتی سرد و در ماه‌های مارس و نوامبر از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای متوسط بوده و از حساسیت حرارتی خنک برخوردار است. ماه‌های آوریل و اکتبر با وجود تنش سرمای اندک از حساسیت حرارتی کمی خنک برخوردار است. ماه‌های ژوئیه و اوت به ترتیب با بالاترین مقادیر عددی PMV ۱/۲ و ۰/۹ از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک برخوردار از تنش گرمای متوسط و از لحاظ حساسیت حرارتی گرم بوده است. ماه مه و سپتامبر با عدم تنش سرمای و گرمایی از حساسیت حرارتی راحت برخوردار است و دارای شرایط مطلوب اقلیمی است (شکل ۳ ج).

وجود تنش گرمایی اندک از حساسیت حرارتی کمی خنک برخوردار می‌باشد. ماه‌های ژوئیه و اوت به ترتیب با بالاترین مقادیر عددی PET ۲۶/۱ و ۲۴/۲، از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک برخوردار از تنش گرمایی متوسط و از لحاظ حساسیت حرارتی گرم بوده است. ماه ژوئن از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک برخوردار از تنش گرمایی اندک و از لحاظ حساسیت حرارتی کمی گرم است. ماه‌های مه و سپتامبر با عدم تنش، در محدوده آسایش واقع شده و کبوترآباد در این دو ماه دارای شرایط مطلوب اقلیمی است. بر اساس روش PMV اصفهان در ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای شدید و از لحاظ حساسیت حرارتی سرد و در ماه مارس از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمای متوسط بوده و از حساسیت حرارتی خنک برخوردار می‌باشد. ماه‌های آوریل و اکتبر با وجود تنش سرمای اندک از حساسیت حرارتی کمی خنک برخوردار است. ماه ژوئیه با بالاترین مقادیر عددی PMV، ۰/۸ از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک برخوردار از تنش گرمایی متوسط و از لحاظ حساسیت حرارتی گرم بوده است. ماه ژوئن و اوت از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک برخوردار از تنش گرمایی اندک و از لحاظ حساسیت حرارتی کمی گرم بوده و ماه‌های مه و سپتامبر نیز با تنش گرمایی اندک از لحاظ حساسیت حرارتی کمی گرم است. ماه‌های مه و سپتامبر از دسته ماه‌هایی هستند که با عدم تنش، در محدوده آسایش واقع هستند و اصفهان در این دو ماه دارای شرایط مطلوب اقلیمی است. (شکل ۳ ج). شرق اصفهان در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، نوامبر و دسامبر از لحاظ درجه

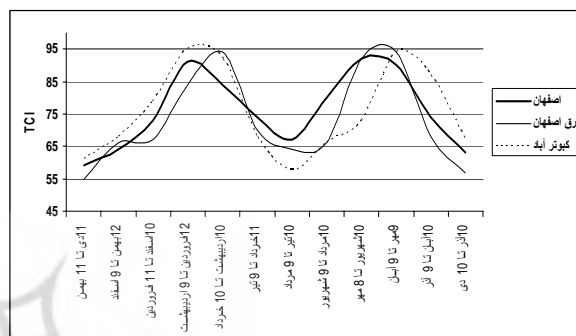
بر اساس ارزیابی روش‌های مختلف مشخص گردید که در روش ترجونگ ماه‌های آوریل و اکتبر اقلیم سه ایستگاه دارای وضعیت مطلوب بوده و بر اساس شاخص TCI اصفهان در ماه‌های آوریل، سپتامبر و اکتبر مطلوب، و ماه اوت نسبتاً مطلوب هستند. شرق اصفهان نیز در ماه‌های مه، سپتامبر و اکتبر دارای شرایط مطلوب و آوریل نسبتاً مطلوب است. کبوترآباد در ماه‌های آوریل، مه و اکتبر دارای بهترین شرایط اقلیمی بوده و نوامبر نیز دارای وضعیت نسبتاً مطلوبی است. در روش PET و PMV ماه‌های مه و سپتامبر، همه ایستگاه‌ها دارای شرایط مطلوب اقلیمی هستند و ماه‌های آوریل و اکتبر با وجود حساسیت حرارتی کمی خنک، نسبتاً مطلوب هستند. بنابراین، با توجه به نتایج حاصله فرضیه اول رد می‌شود.

۳-۱-۲- ماه‌های مه و سپتامبر، بهترین شرایط مطلوب را از نظر زیست اقلیمی، در شهر اصفهان، دارا هستند.

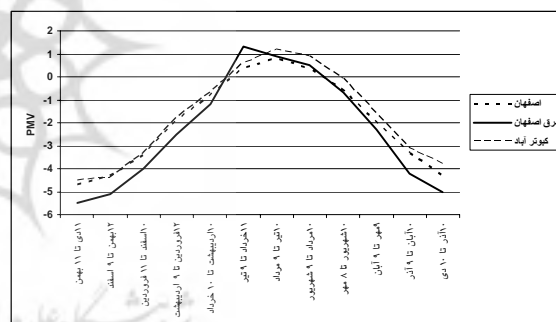
با وجودی که این روش‌ها ترکیبی از فراسنج‌های اقلیمی هستند محاسبه روش‌های مختلف برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در محدوده شهر اصفهان بیانگر این واقعیت بود که اغلب روش‌ها به جزء روش ترجونگ ماه‌های مه و سپتامبر را بهترین ماه‌ها از نظر زیست اقلیمی دانسته، همچنین ماه‌های آوریل و اکتبر نیز دارای وضعیت نسبتاً مطلوبی در اغلب روش‌ها بوده بنابراین، فرضیه دوم تایید می‌شود.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۳- توزیع ماهانه مقادیر روش‌های PET, TCI, PMV ایستگاه‌های مورد مطالعه

۳-۱-۱- ارزیابی فرضیه‌ها

۳-۱-۱- روش‌های ترجونگ، PET, TCI, PMV

از نظر ارزیابی زیست اقلیمی شهر اصفهان نتایج مشابهی خواهند داشت.

جدول ۴- نتایج به دست آمده از هر یک از روش‌ها در ماه‌های مختلف

| ماه | روش‌ها | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | م | ژوئن | ژوئیه | اوت | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر | |
|--------|--------|------------|-------|------|-------|---|------|-------|-----|---------|-------|--------|--------|---|
| اصفهان | ترجونگ | x | x | * | x | x | x | x | x | * | x | x | x | |
| | | شرق اصفهان | x | x | * | x | x | x | x | * | x | x | x | |
| | | کبوترآباد | x | x | * | x | x | x | x | * | x | x | x | |
| اصفهان | TCI | x | x | * | * | + | x | x | x | * | x | x | x | |
| | | شرق اصفهان | x | x | * | * | x | x | x | * | + | x | x | x |
| | | کبوترآباد | x | + | * | x | x | x | x | * | * | x | x | x |
| اصفهان | PET | x | x | + | * | x | x | x | * | + | x | x | x | |
| | | شرق اصفهان | x | x | + | * | x | x | x | * | + | x | x | x |
| | | کبوترآباد | x | x | + | * | x | x | x | * | + | x | x | x |
| اصفهان | PMV | x | x | + | * | x | x | x | * | + | x | x | x | |
| | | شرق اصفهان | x | x | + | * | x | x | x | * | + | x | x | x |
| | | کبوترآباد | x | x | + | * | x | x | x | * | + | x | x | x |

x: نامطلوب * : مطلوب + : نسبتاً مطلوب

۴- نتیجه‌گیری

شهر اصفهان از قابل قبول تا ایده آل متغیر بوده به طوری که در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه (ماه‌های سرد) و در ماه‌های ژوئیه، ژوئن و اوت (ماه‌های گرم) شاهد کمترین مقادیر عددی بوده در حالیکه در ماه‌های آوریل و اکتبر بالاترین مقادیر عددی را به خود اختصاص داده است. با توجه به محاسبه روش PET و PMV نیز نتایج مشابهی بدست آمده به طوریکه ماه‌های ژوئیه، ژوئن و اوت با بالاترین مقادیر عددی از تنش گرمایی و در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه با کمترین مقادیر از تنش سرمایی برخوردار بوده است. در مجموع بر اساس روش ترجونگ همه ایستگاه‌ها در ماه‌های آوریل و اکتبر، با بکارگیری روش TCI اصفهان در ماه‌های آوریل، سپتامبر و اکتبر، شرق اصفهان در ماه‌های مه، سپتامبر و اکتبر، کبوترآباد در ماه‌های آوریل، مه و اکتبر، در روش PET و PMV هر سه ایستگاه در ماه‌های مه و سپتامبر، دارای بهترین

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که شرایط زیست اقلیمی شهر اصفهان در ماه‌های مختلف سال متفاوت بوده است. طبق محاسبات صورت گرفته بر اساس روش ترجونگ مشخص شد که شهر اصفهان در روزهای ماه‌های آوریل و اکتبر هوا مطبوع بوده و انسان با پوشش معمولی احساس راحتی می‌کند در طول ۴ ماه از سال یعنی از نوامبر تا فوریه (آبان تا بهمن) هوا در طی روزها بسیار خنک بوده و انسان برای به دست آوردن راحتی گرمایی باید از لباس‌های زمستانه استفاده کند، این در حالی است که ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت (خرداد تا مرداد) در طول روز هوا داغ بوده و ضریب خنک‌کنندگی باد نیز با ایجاد گرمای اضافی روی پوست باعث شده که احساس نامطبوعی به انسان دست می‌دهد. شاخص اقلیم گردشگری نیز نشان داد که در ماه‌های سال شرایط

نمایند تا تقویم زیست اقلیم روزانه شهر اصفهان تهیه گردد.

پی‌نوشت

با توجه به زیاد بودن حجم جداول و منوگراف‌های مربوط به مشخصات شرایط زیست اقلیمی روش‌های مورد استفاده، از درج بعضی از آنها در مقاله خوداری شده است.

منابع

آروین، عباسعلی، (۱۳۸۴)، پهنه‌بندی زیست اقلیم معماری و بومی و بهینه‌یابی سوخت و انرژی در استان اصفهان، دانشگاه اصفهان، گروه جغرافیا.

اسماعیلی، رضا. صابر حقیقت، اکرم. ملبوسی، شراره، (۱۳۸۹)، ارزیابی شرایط اقلیم آسایش بندر چابهار در جهت توسعه گردشگری، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان.

افتخاری، فریبا، (۱۳۷۹)، اقلیم حیاتی دشت سیستان و اثرات زیست اقلیمی آن بر انسان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین و جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

بدرپاش، رحیم. ملکی، حمید رضا. حسینی، سیدعلی اکبر، (۱۳۸۷)، بررسی آسایش حرارتی در فضای آزاد جهت اکوتوریسم در شهرستان بابلسر، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره پاییز، ص

۱۰۸-۹۳

خوشحال، جواد، غازی، ایران، آروین، عباسعلی، (۱۳۸۵)، استفاده از گروه بندی خوشه ای در

شرایط از نقطه نظر اقلیم آسایش بوده و ماه‌های آوریل و اکتبر نیز دارای اقلیم نسبتاً مطلوب هستند. در واقع می‌توان اذعان داشت که اغلب روش‌ها ماه‌های مه و سپتامبر را بهترین ماه‌ها از لحاظ آسایش اقلیمی دانسته که انسان در این دو ماه احساس آسایش می‌کند و در ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر که از ماه‌های سرد هستند، اقلیم استان تحت تاثیر سامانه‌های اقلیمی که از سمت غرب وارد کشور شده است، که شرایط نامطلوبی در این ماه‌ها وجود دارد و انسان در طی این ماه‌ها احساس عدم آسایش می‌کند. در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت منطقه تحت استیلای پرفشار جنب حاره است که باعث استقرار توده هوای CT (قاره ای حاره ای) می‌شود. این توده هوا بسیار گرم و خشک است و جو باروتروپیک و هوای پایدار ناشی از اینورژن‌های دینامیکی را ایجاد می‌کند و باعث آسمان صاف، تابش شدید آفتاب و افت شدید رطوبت نسبی می‌گردد. که در پی آن شرایط اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه به سمت نامطلوب سوق پیدا کرده‌اند. در مجموع روش PET و PMV با در نظر گرفتن موازنه گرمایی خصوصاً با لحاظ نمودن فراسنج‌های اقلیمی و شرایط فیزیولوژیک متناسب با پوشش و فعالیت انسان با واقعیات اقلیمی منطقه نتایج بهتری را نسبت به دیگر روش‌ها نشان داد.

۵- پیشنهادها

با توجه به نقش فراسنج‌های اقلیمی در ایجاد شرایط آسایش زیست اقلیمی پیشنهاد می‌شود اداره کل میراث فرهنگی و گردشگری، صنایع دستی، آژانس‌های گردشگری و موسسات مربوطه تلاش

محمدی، حسین، (۱۳۸۶)، آب و هواشناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.
 هاشمی نسب، سادات، (۱۳۹۰)، پهنه بندی زیست اقلیم انسانی استان سمنان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم اجتماعی دانشگاه پیام نور اصفهان.

Barradas, Victor L. (1991). Air temperature and humidity and human comfort index of some city parks of Mexico City. *International Journal of Biometeorology*, volume 35, number 1.

Clarke. j. F. and W. bach. (1971). Comparison of the comfort condition in different urban and suburban microenvironment. *International journal of biometeorology*. Volum 15. number 1. March.

Buratti, C., Ricciardi, P. (2009), Adaptive analysis of thermal comfort in university classrooms: Correlation between experimental data and mathematical models, *Building and Environment*, volume 44, pp 674-687.

Deb, Ch. Ramachandriah, A. (2010), Evaluation of thermal comfort in a rail terminal location in India, *Building and Environment*, volume 45, pp 2571-2580.

De freites C.R s, Scott. Daniel and Geoffme Boyle, (2004). A New generation climate index for Tourism, *T OURISM*

Oehier. K and Matzarakis, A, (2007), Developments in tourism climatology - a Matzarakis, c.r. defreitas :d.scott

Ping Lin, T. Matzarakis, A, 2011, Tourism climate information based on human thermal perception in Taiwan and Eastern China, *Tourism Management*, volume 32, pp 492-500.

Hein, L. Metzger, M.J and Moreno, A, (2009) Potential impacts of climate change on tourism; a case study for Spain. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Volume 1. 170-178..

Matzarakis. A, Mayer H and Iziomon M G, (1999), Application of a Universal Thermal Index: Physiological Equivalent

پهنه بندی زیست اقلیم انسانی (مطالعه موردی: استان اصفهان)، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، جلد ۲۰، شماره ۱.
 رازجویان، محمود، (۱۳۷۶)، آسایش به وسیله همساز با اقلیم، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، چاپ اول.

زینالی، بتول. جلالی، طاهره، ایاسه، فریبا، اصغری، صیاد، (۱۳۸۹)، بررسی و پهنه بندی اقلیم توریستی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص PET، همایش منطقه ای کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد.

ضیائی، محمود، بختیاری، آرشین، (۱۳۸۸)، شاخص اقلیم آسایش گردشگری جزیره کیش، مقالات برگزیده پنجمین همایش ملی خلیج فارس شفقی، سیروس، (۱۳۸۲)، جغرافیای اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان، اصفهان.

عسگری، احمد، معینی، مصطفی، (۱۳۸۱)، اقلیم و آسایش سازمان هواشناسی کشور. عطایی، هوشمند، هاشمی نسب، سادات، (۱۳۹۰)، ارزیابی و پهنه بندی اقلیم گردشگری استان اصفهان با استفاده از شاخص PET و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجموعه مقالات اولین همایش مدیریت گردشگری و توسعه پایدار (TMSD) با محوریت گردشگری ارتباط دهنده فرهنگ‌ها، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، ص ۲۷.

- Tourismua. Ber. metero. inst. Univ.preiburgner. volume16. pp73-79
- Zengin Murat, Kopar Ibrahim, Karhan faris, (2009), Determination of bioclimatic comfort in Erzurm- Rize expressway corridor using GIS, Building and Enviroment, Volume45, Lssuse1, pp158-164.
- Temperature. Int. Biometorology. 43 : 43: 78-84.
- Terjung, W.H.(1966), Physiologic climates of the coterminous United States, AM. Assoc.Geogr.Ann.60.
- Tromp, S.W,(1963). "Medical Biometeorology",Elsevier, Amsterdam, Volume,pp 145-158
- Tplin and Matzarakis, A, (2007), EnTwicklung einer Bewertungs methodic zur interation , von wetter- and klimabed ingungen in





University Of Isfahan

Urban - Regional Studies and Research Journal
4th Year – No. 14 - Autumn 2012

ISSN (online): 2252-0848

ISSN (Print): 2008-5354

<http://uijs.ui.ac.ir/urs>

Comparative Evaluation of Human Bioclimatic of Isfahan city using the Terjung methods, TCI, PET, PMV

H. Ataei. S. Hasheminasab

Received: May 9, 2011/ Accepted: April 10, 2012, 17-19 P

Extended abstract

1-Introduction

It is very important to study and identify climatic limitations and threats and know attractions and potentialities of climatic specifications nationwide during different seasons in order to consider them in planning of national, provincial and urban levels.

Thus, we can achieve a balance in climatic elements assessing bioclimate to create welfare for mankind. Thereby man can pave the ground to do livelihood activities. Therefore, the issue of welfare is very important and considerable for the continuity of human activities and his mental and physical evaluation.

Since benefiting the available capacities in every region is a dynamic factor to

develop region, Isfahan can play a very important role in job creation and economic and human development mainly because of its rich natural attractions. Therefore, the results of this research are very important in recognizing and introducing the changes of climatic elements and factors during different periods and the role of these factors in providing welfare in Isfahan.

The aim of this research is to know human bioclimate and the influence of climatic parameters on the physiological structure of human in every month in Isfahan and to compare the results of various methods with each other.

2-Methodology

Descriptive, deductive and statistical methods have been used in this research. First, statistics were transferred to Excel Software and S-PLUS and then to Rayman Software fitting PET and PMV methods and finally the outputs were analyzed.

Author (s)

H. Ataei (✉)

Assistant Professor of Climatology, Payam Noor University, Tehran, Iran

e-mail: hoo_ataei@yahoo.com

S. Hasheminasab

MA. of Climatology, Payam Noor University, Tehran, Iran

To assess human bioclimate of Isfahan comparatively on the basis of PMV, PET, TCI and Terjung methods, climate parameters such as the mean average, the minimum and maximum temperature, the minimum and maximum relative humidity, average of sunshine hours, mean average of wind speed, average of vapor pressure, the amount of cloud in three synoptic stations including Isfahan, east of Isfahan and Kabootar-Abad during a eighteen-year statistical period (1992-2010) have been used.

3-Discussion

According to the assessment of different methods, it was determined that based on Terjung method the climate of three stations was pleasant in April and October and based on TCI factor, it was pleasant in April, September and October and partly pleasant in August. In east of Isfahan it was pleasant in May, September and October and partly pleasant in April. Kabootar-Abad had the best climatic condition in April, May and October and it was partly pleasant in November. Based on PET and PMV methods, all stations have pleasant climatic condition in May and September and partly pleasant in April and October in spite of the light cool thermal sensitivity.

In general, although these methods are a combination of climatic parameters, evaluation of different methods for stations studied within Isfahan represents this fact that most of methods except Terjung indicate that May and September have been the best months of bioclimate and April and October have been partly pleasant.

4-Conclusion

Evaluation of methods and Parameters shows that climatic condition of Isfahan has been different in different months and based

on the results of comparative assessment, most of methods indicate that May and September are the best months in terms of climatic welfare and people feel comfortable in these two months but in January, February and December which are cold months, climate of Isfahan province is influenced by the climate system import from the west and climatic condition is unpleasant and people do not feel comfortable. In June, July and August Isfahan is under the domination of high pressure torrid that results in CT air mass. This air mass is very warm and dry and causes serene, intense sun radiation and severe fall of humidity. Subsequently, climatic conditions of studied stations become unpleasant. All stations in April and October have the best climatic condition based on Terjung method. And based on TCI method Isfahan has this situation in April, September and October, east of Isfahan in May, September and October, Kabootar-Abad in April, May and October. All three stations are in the best climatic condition in May and September based on PET & PMV Method.

5-Suggestions

Regarding the role of climatic parameters in creating condition of bioclimate welfare, it's suggested that Cultural heritage department, handicrafts and Tourism Organization, tour and travel agencies and other related organizations try to prepare daily bioclimate calendar of Isfahan.

Keywords: Bioclimatic, Terjung, TCI, PET, PMV, Isfahan.

References

Barradas, Victor L. (1991). Air temperature and humidity and human comfort index of some city parks of Mexico City.

- International Journal of Biometeorology, volume 35, number 1.
- Clarke. j. F. and W. bach. (1971). Comparison of the comfort condition in different urban and suburban microenvironment. International journal of biometeorology. Volume 15, number 1. March.
- Buratti, C., Ricciardi, P. (2009), Adaptive analysis of thermal comfort in university classrooms: Correlation between experimental data and mathematical models, Building and Environment, volume 44, pp 674-687.
- Debnath, Ch. Ramachandriah, A. (2010), Evaluation of thermal comfort in a rail terminal location in India, Building and Environment, volume 45, pp 2571-2580.
- De Freitas C.R., Scott. Daniel and Geoffme Boyle, (2004). A New generation climate index for Tourism, TOURISM
- Oehler. K and Matzarakis, A., (2007), Developments in tourism climatology - a Matzarakis, c.r. de Freitas : d.scott
- Ping Lin, T. Matzarakis, A. 2011, Tourism climate information based on human thermal perception in Taiwan and Eastern China, Tourism Management, volume 32, pp 492-500.
- Hein, L. Metzger, M.J and Moreno, A. (2009) Potential impacts of climate change on tourism; a case study for Spain. Current Opinion in Environmental Sustainability, Volume 1. 170-178..
- Matzarakis. A., Mayer H and Iziomon M G., (1999), Application of a Universal Thermal Index: Physiological Equivalent Temperature. Int. Biometeorology. 43 : 43: 78-84.
- Terjung, W.H. (1966), Physiologic climates of the coterminous United States, AM. Assoc. Geogr. Ann. 60.
- Tromp, S.W. (1963). "Medical Biometeorology", Elsevier, Amsterdam, Volume, pp 145-158
- Tiplin and Matzarakis, A. (2007), Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Interaktion von Wetter- und Klimabedingungen in Tourismus. Ber. meteor. inst. Univ. preiburgner. volume 16. pp 73-79
- Zengin Murat, Kopar Ibrahim, Karhan Faris, (2009), Determination of bioclimatic comfort in Erzurum- Rize expressway corridor using GIS, Building and Environment, Volume 45, Issue 1, pp 158-164.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 رتال جامع علوم انسانی