# مقایسه شاخص‌های کمّی آب و هواشناسی توریسم برای سنجش آسایش حرارتی محیط

زهرا ندیم *[۱]  امیر گندمکار [۲]  علیرضا عباسی [۳]

۱- گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران
۲- گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران
۳- گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران

## چکیده

گردشگری یکی از مهمترین بخش‌های اقتصادی جهان به شمار می‌رود که حساسیت خارق العاده‌ای نسبت به هوا و آب و هوا نشان می‌دهد. آب و هوا تأثیر بسیار قوی بر بخش توریسم و اوقات فراغت اعمال می‌کند. به طوری که در برخی از مناطق جهان، پیش بینی وضعیت گردشگری بر اساس آب و هوا صورت می‌گیرد. بر اساس تحقیقی که ویلتون در سال ۱۹۹۸ انجام داده است مشخص شده که ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش دمای متوسط تابستان در کانادا باعث افزایش ٤ درصدی تعداد گردشگران این کشور می‌شود. در این پژوهش با مقایسه شاخص‌های کمّی آب و هواشناسی توریسم شامل شاخص عدم آسایش (HU) ، شاخص قدرت سرد کنندگی محیط (CPI)، شاخص نظر متوسط پیش بینی شده (PMV )، شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) و شاخص آب و هوای توریسم (TCI) جمع آوری شده از ایستگاه‌های سینوپتیک بجنورد، دامغان، سبزوار، ساری، شاهرود و دو ایستگاه درون استانی شامل مراوه تپه و گرگان ؛ به بررسی کارایی این شاخص‌ها در پهنه استان گلستان پرداخته و نقشه آسایش حرارتی برای بازدید گردشگران در فصل مناسب تهیه گردیده است.

**واژگان کلیدی:** شاخص‌های آب و هواشناسی، توریسم، آسایش حرارتی

* نویسنده رابط : aagandomkar@yahoo.com

## مقدمه

صنعت گردشگری در حال تبدیل شدن به بزرگ‌ترین و پر درآمدترین صنعت دنیا می‌باشد، به نحوی که ۱۰ درصد تولید ناخالص و ۱۰ درصد از اشتغال جهان را به خود اختصاص داده است ( UNWTO, 2008) سازمان جهانی توریسم هم‌چنین پیش‌بینی کرده است که تا سال 2020 میلادی، جمعیت توریست‌های جهان به یک میلیارد نفر و درآمد حاصله به ٦ میلیارد دلار بالغ شود (WTO, 2006 ) یکی از اطلاعات مورد نیاز گردشگران برای سفر، شرایط اقلیمی مقصد می‌باشد و اکثر برنامه‌ریزان برای انتخاب مقصد گردشگری، ملاحظات اقلیمی را مورد توجه قرار می‌دهند. اقلیم از دیدگاه برنامه‌ریزی گردشگری بسیار اهمیت دارد و گردشگران معمولاً در جستجوی اقلیم مطلوب یا اقلیم آسایش هستند که در آن، فرد هیچ گونه احساس نارضایتی و عدم آسایش حرارتی و اقلیمی ندارد و این عامل نقش مهمی را در تصمیم‌گیری برای مقصد گردشگری دارا می‌باشد (Matzarkis, 2001: 26 ) توجه ویژه انسان به مطالعه راحتی گرمایی به‌خصوص در سده اخیر به ارائه انواع روشها و تکنیک‌های مطالعه وضعیت زیست اقلیم انسانی در محیط مسکون غیر مسکون منجر گردیده است. زیرا تحلیل شرایط اقلیمی هر مکان، نقطه شروع فرموله کردن ساختمان سازی و مفاهیم طراحی شهری با هدف ایجاد حداکثر شرایط راحتی و به حداقل رساندن استفاده از انرژی برای سرمایش و گرمایش است ( گیونی، ۱۹۹۷: ۳) برای ارزیابی عناصر اقلیمی، بر روی شرایط آسایش حرارتی انسان، نیاز است که از شاخص‌های آسایش حرارتی انسانی استفاده گردد . شاخص‌های آسایش، دیاگرام‌ها و جداولی هستند که تأثیر جمعی همزمان کلیهٔ عوامل مؤثر بر احساس آسایش را یکجا نشان می‌دهند ( صراف و همکاران، ۱۳۸۹: ٩٤) اقلیم و گردشگری وابستگی زیادی به یکدیگر دارند، به گونه‌ای که دارا بودن شرایط مطلوب اقلیمی جزو مزیتها و توانهای بالقوه برای گردشگری محسوب می‌شود و اغلب مسافران در انتخاب مکان و زمان سفر به شرایط آب و هوایی توجه می‌کنند. بیان شرایط اقلیم آسایشی معمولاً با شاخصهایی بیان می‌گردد که در آن مجموعه‌ای از عناصر هواشناختی و انسانی و محیطی دخالت داده می‌شود. این شاخص‌ها داده‌های اقلیمی را به شکلی ارائه می‌کنند که نشان دهندهٔ واکنش افراد به شرایط آب و هوایی است و در طبقه‌بندی عددی، درجاتی را از بسیار مناسب تا بسیار نامناسب در برمی‌گیرند. این شاخص‌ها تفسیر تأثیرات پیچیده عناصر جوی را از آسایش انسان آسانتر می‌کنند و امکان مقایسه مکان‌های مختلف را از دیدگاه اقلیم آسایشی فراهم می‌آورند ( De freitas, 2001, 4) برای پیش‌برد این شاخه علمی، تلاش‌های زیادی از طرف محققان به عمل آمده است. تعیین شاخص‌های رقومی مناسب برای ارزیابی اثرات مرکب عناصر اقلیمی برگردشگران و تعیین محیط آسایش از جمله این موارد می‌باشد. بسیاری از محققان در ارزیابی محیط آسایش، مؤلفه حرارتی را مهمتر از بقیه مؤلفه‌ها می‌دانند. آن‌ها بر این اساس شاخص‌های متعددی را طراحی و ارائه نموده‌اند که امروزه در مطالعات مربوط به زیست هواشناسی انسانی و زیست اقلیم انسانی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. شاخص‌های آب و هوایی توریسم را به طور کلی می‌توان به سه دسته شاخص‌های اولیه، شاخص‌های زیست اقلیمی و ترکیبی تقسیم نمود (اسکینر و دودیر،۲۰۱۱ :۱۰۲)

شاخص‌های اولیه که استنتاجی هستند فاقد ارتباط لازم بین فاکتورهای اقلیمی و فیزیولوژیک می‌باشند. شاخص‌های زیست اقلیمی و ترکیبی تعداد بیشتری از عوامل را در بر می‌گیرند. این شاخص‌ها معمولاً اثر مرکب عوامل را در نظر می‌گیرند. شاخص‌های مرتبط با فیزیولوژی انسانی که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق گردیده‌اند امروزه اعتبار بیشتری در مطالعات زیست اقلیم انسانی هم چنین آب و هواشناسی توریسم کسب نموده‌اند ( ماتزراکیس، ۲۰۰۱: ٤٥).

## اهداف

هدف از این پژوهش بررسی شاخص‌های کمی آب و هواشناسی توریسم شامل شاخص عدم آسایش (HU) ، شاخص قدرت سرد کنندگی محیط (CPI)، شاخص نظر متوسط پیش بینی شده (PMV )، شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) و شاخص آب و هوای توریسم (TCI) با یکدیگر و بررسی شرایط آب و هوایی استان گلستان در ایستگاه‌های سینوپتیک بجنورد، دامغان، سبزوار، ساری، شاهرود و دو ایستگاه درون استانی شامل مراوه تپه و گرگان، جهت تعیین تقویم زمانی آسایشی برای گردشگران می‌باشد.

## پیشینه تحقیق

کلارک و همکاران (۱۹۷۱) شرایط آسایش اقلیمی شهر سینسیناتی ایالت اوهایو را با حومه‌ی آن، با استفاده از شاخص‌های دمای مؤثر، دمای مؤثر اصلاح شده و فشار عصبی مورد بررسی قرار داد و مشاهده کرد که در طول شب از لحاظ اقلیمی حومه‌ی شهر نسبت به مرکز شهر آسایش بیشتری دارد. اسکات و دی فرایتس (۲۰۰٤) با به کارگیری شاخص اقلیم گردشگری اثرات اقلیم را بر روی وضعیت اقلیم گردشگری در ناحیه آمریکای شمالی بررسی کردند. این پژوهش نشان داد که تعداد شهرهایی که در آمریکای شمالی برای ماه‌های ژوئن و ژوئیه دارای شرایط مطلوب یا ایده آل اقلیمی هستند در دهه ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ دچار تغییراتی خواهند شد. هاوارد (۲۰۰۹) در مقاله تغییرات آب و هوایی و آینده گردشگری در کارائیب، زمان مناسب برای فعالیت‌های توریستی در آمریکای شمالی، شرق و غرب اروپا و سواحل اقیانوس آرام را بین ماه‌های می‌و آگوست و در شرق میانه، آسیا و آفریقا بین دسامبر و آوریل تعیین می‌کنند. همچنین تغییرات آب و هوایی و آینده‌ی توریسم در کارائیب، زمان مناسب برای فعالیت‌های توریستی در آمریکای شمالی، شرق و غرب اروپا و سواحل اقیانوس آرام را بین ماه‌های می و آگوست و در شرق میانه، آسیا و آفریقا بین دسامبر و آوریل تعیین می‌کنند. همچنین بهترین زمان برای فعالیت‌های توریستی در کارائیب را بین ماه‌های دسامبر و آوریل تعیین می‌کنند. دب و همکاران( 2010 ) 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 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.

مطالعاتی که در زمینه ارزیابی اقلیم زیستی در کشور انجام شده است دارای تنوع موضوعی خاص می‌باشد. بخشی از این مطالعات به ارزیابی اقلیم زیستی محض پرداخته و شرایط راحتی انسان را در ایام مختلف سال در مناطق مورد مطالعه خود تبیین نموده‌اند ( قیابکلو ، ۱۳۸۰: ٦٨ ؛ محمدی و سعیدی، ۱۳۸۷: ۸۳ ؛ ناظم السادات و مجنونی هریس ، ۱۳۸۷: ۸۰). فرج زاده و احمد آبادی (۱۳۸۹) در تحقیقی با استفاده از شاخص اقلیم گردشگری (TCI) به ارزیابی اقلیم گردشگری ایران پرداختند. اسماعیلی و همکاران ( 1389 ) در مطالعه ای با استفاده از شاخص‌های دما – فیزیولوژیک متوسط نظر سنجی پیش بینی شده (PMV) و استرس گرمایی (HIS) به ارزیابی اقلیم آسایشی بندر چابهار در مقیاس روزانه پرداخته‌اند. نتایج این بررسی نشان داد که شرایط آسایش اقلیمی در ما ه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند فراهم است.

## محدوده مورد مطالعه

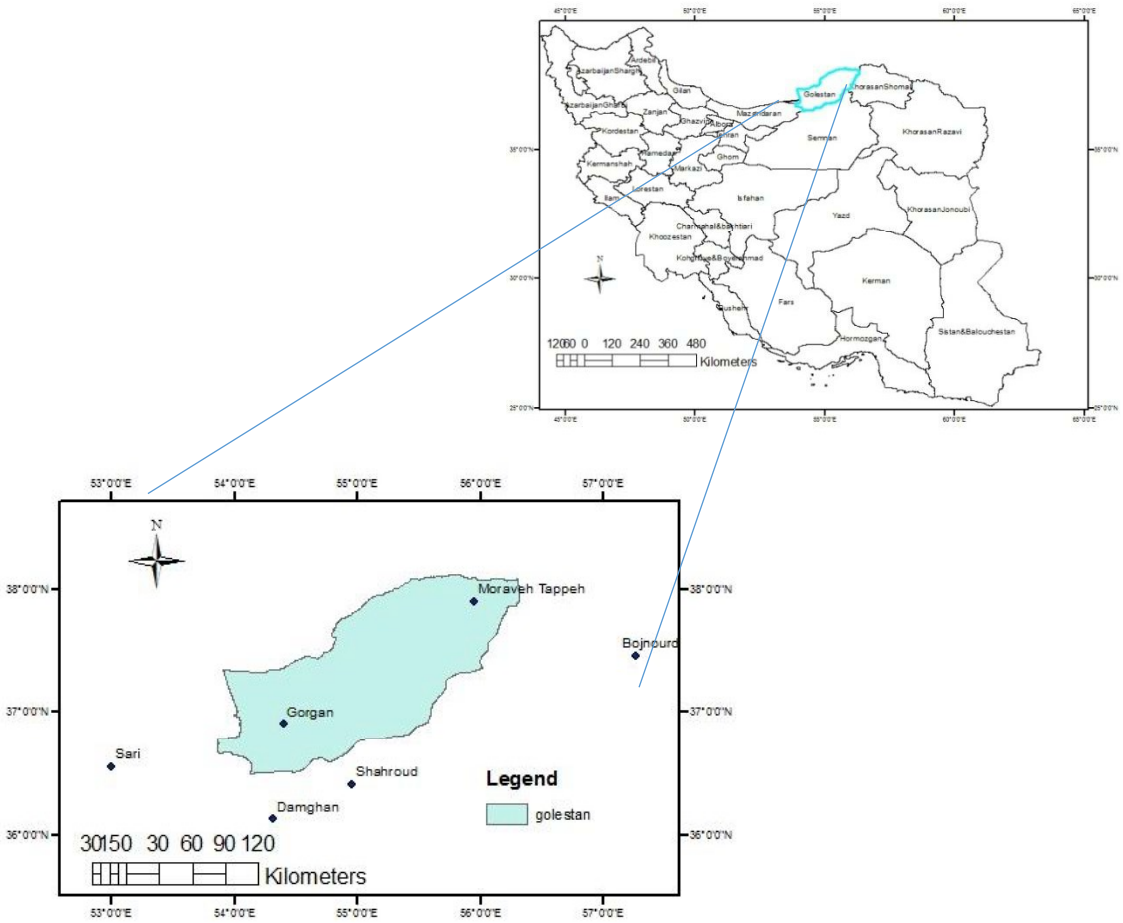
استان گلستان با مساحت حدود ۲۲۰۳۳ کیلومتر مربع بین ۳٦ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه‌ی عرض شمالی از استوا و ۵۳ درجه و ۵۰دقیقه تا ٥٦ درجه و ۱۱ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. مساحت آن بیشتر از ۷۰ کشور جهان و ۱۰ استان دیگر کشور می‌باشد. این استان از شمال به جمهوری ترکمنستان، از شرق به استان خراسان، از جنوب به استان سمنان و از غرب به استان و دریای مازندران محدود می‌شود. (جغرافیای گلستان، ۱۳۸۷) گلستان با جمعیتی بالغ بر ۳۲۹،٥۳٦ نفر طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ ، بیست و چهارمین شهر کشور از لحاظ جمعیت می‌باشد. ( پایگاه اینترنتی مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) استان گلستان بین استان‌های مازندران، سمنان و خراسان شمالی قرار دارد. گلستان با کشور ترکمنستان نیز همجوار و دارای ۳٤۸ کیلومتر مرز خاکی و ۹۰ کیلومتر مرز آبی با این کشور است. این استان به دلیل جایگاه جغرافیایی ویژه خود از آب و هوای گوناگونی برخوردار است. بخشی از رشته کوه البرز شرقی از غرب به سوی شرق استان کشیده شده که گرایش زیادی به سوی شمال شرقی دارد و رفته‌رفته از بلندی کوه‌های آن کاسته می‌شود. بخش زیادی از پهنه استان گلستان به صورت جلگه است در بخش جلگه‌ای دو گونه آب و هوا دیده می‌شود. بیش از ۲/۳ این جلگه آب و هوای خشک و نیمه خشک دارد که هر چه به سوی شمال و مرز ترکمنستان نزدیک می‌شویم، بر خشکی آن افزوده می‌شود. ۱/۳ دیگر، که مانند نواری سبز بین بخش کوهستانی در جنوب و بخش خشک و نیمه‌خشک در شمال جای گرفته‌است، آب و هوای معتدلی دارد و از نظر کشاورزی بسیار پر بازده است.( ویکی پدیا)

با توجه به خصوصیات دما و بارش بر اساس نظر اقلیم شناسان جهان همچون دمارتون، کوپن، آمبرژه استان گلستان را میتوان به ۵ ناحیه‌ی آب و هوایی تقسیم کرد:

۱- ناحیه شمال و شرق به علّت دور بودن از دریای مازندران و ارتفاعات البرز و نزدیکی به بیابان‌های ترکمنستان، دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد.

۲- شهرستان گرگان و نواحی مجاور آن دارای آب و هوای معتدل مدیترانه‌ای که ویژگی مهم آن اعتدال هوا در زمستان و خشکی و گرمی هوا در تابستان است.

۳- نواحی پایکوهی استان مانند نهارخوران، زیارت، زرین گل و تمامی درّه‌های پایکوهی استان دارای آب و هوای مرطوب و نیمه مرطوب می‌باشند (شاهکوهی، ۱۳۸۰)




شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان گلستان و ایستگاه‌های سینوپتیک مورد نظر

## مواد و روش‌ها

شاخص‌های مرتبط با فیزیولوژی انسان که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق گردیده‌اند، امروزه در مطالعات زیست اقلیم انسانی جایگاه ویژه‌ای دارند. شاخص‌های معروفی در این زمینه پیشنهاد شده است که شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و متوسط نظرسنجی پیش بینی شده

(Physiological Equivalent Temperature) (Predicted Mean Vote)

معروف هستند اهمیت بیشتری یافته‌اند که به ترتیب به شاخص‌های (PET) و (PMV) معروف می‌باشند و همچنین شاخص‌های عدم آسایش (HU) ، شاخص قدرت سرد کنندگی محیط (CPI) و شاخص آب و

هوای توریسم (TCI) در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. این شاخص‌ها در دوره زمانی ۱۳ ساله ۱۹۷۷ تا سال ۲۰۱۰ در ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان و شهرستان‌های مجاور مورد ارزیابی قرار گرفته است.

شاخص TCI : شاخصی است که به طور سیستماتیک تأثیر عناصر اقلیمی را بر فعالیت گردشگری مشخص نماید و پتانسیل‌ها و قابلیت‌ها ی اقلیم گردشگری مناطق را برای فعالیت‌های گردشگری عمومی در شهرها مانند بازدید و دیدن چشم اندازها و خرید مشخص نماید. رابطه محاسباتی شاخص مذکور در زیر ارائه شده است:

$$TCI = 2(4CID + CIA + 2R + 2S + W)$$

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

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

R: مجموع بارندگی

S: میانگین تعداد ساعات آفتابی در روز

W: میانگین سرعت باد

به منظور تعیین CID و CIA از منحنی شاخص دمای مؤثر استفاده می‌نماییم.

شاخص TCI به وسیله میکزکوفسکی با استفاده از عناصر اقلیمی که بیشترین ارتباط را با کیفیت تجربه گردشگری برای غالب گردشگران دارد، به کار گرفته شده است. روش TCI بر مطالعات و تحقیقات قبلی در زمینه طبقه‌بندی اقلیمی برای گردشگری و اوقات فراغت توسط افرادی همچون برنت (۱۹٦۳) و مباحث نظری در زمینه اقلیم زیستی بنا شده است.

شاخص عدم آسایش (HU)

شاخص (Humidex) ابتدا در سال ۱۹٦٥ توسط هواشناسان کانادا طراحی شد و از همان سال به طور گسترده در تمام جهان مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از طراحی این شاخص، ارائه روشی ساده برای درک احساس حرارتی گرم همراه با رطوبت برای یک فرد متوسط بوده است. شاخص عدم آسایش ساده در اصل برای تعیین حساسیت افراد به تنشهای حرارتی محیط به ویژه در فصل تابستان طراحی گردیده است. این شاخص از طریق فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$H = T + (0.5555\ (\ E - 10))$$

در فرمول فوق :

H : شاخص عدم آسایش حرارتی؛

T : درجه حرارت بر حسب سانتی‌گراد؛

E : فشار بخار بر حسب میلی بار.

دامنه تغییرات شاخص مذکور و توصیف حالت‌های پیش آمده در جدول زیر ارائه شده است:

جدول۱- دامنه تغییرات آسایش یا عدم آسایش شاخص (HU)

| شاخص | توصیف |
|---|---|
| آسایش حرارتی (عدم آسایش در حد ناچیز) | کمتر از ۲۹ |
| عدم آسایش قابل توجه | ۳٤-۳۰ |
| عدم آسایش آشکار | ۳۹-۳۵ |
| عدم آسایش شدید (احتراز از مواجه شدن) | ٤٥-٤٠ |
| عدم آسایش در حد خطرناک | ٥٥-٤٥ |
| احتمال خطر آسیب حرارتی شدید | بالای ٥٤ |

شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و شاخص نظر متوسط پیش‌بینی شده از جمله مهمترین شاخص‌های فیزیولوژی -دما محسوب می‌شوند که علاوه بر مطالعات مربوط به برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای بویژه در تعیین مؤلفه حرارتی میکروکلیماهای شهری، در مطالعات مربوط به آب و هواشناسی توریسم نیز جهت بررسی محیط‌های آسایش اقلیمی برای گردشگران کاربرد وسیعی پیدا کرده اند. شاخص PMV از معادله تعادل گرمای فانگر مشتق شده است. این شاخص چهار متغیر دمای هوا، سرعت باد، دمای تابشی و رطوبت نسبی و دو متغیر مقاومت لباس و میزان فعالیت را به صورت یک شاخص مرکب که آسایش حرارتی را می‌سنجد، بیان می‌کند. شاخص PMV ضرایبی را تعیین می‌کند که مطابق با احساس حرارتی آشر سنجیده می‌شود و نشانگر احساس حرارتی متوسط یک دسته بزرگ از اشخاص از یک فضای معین می‌باشد. شاخص PMV شرایط حرارتی را بر اساس مقیاس هفت طبقه‌ای آشرا نشان می‌دهد. (Ashare ، ۲۰۰۹)، (1970 ,Fanger )

شاخص PMV از طریق معادله زیر قابل محاسبه است:

$$PMV=(0.303e^{-0.036M}+0.028)[(M-W)-H-Ec-Crec-Erec]$$

$$E=3.05*10^{-3}(256Tsk- 3373-Pa)+Esw$$

$$Ec=3.05*10^{-3}[5733-6.99*(M-W)-Pa]+0.42(M-W-58.15)$$

$$Crec=0.0014M(34-Ta)$$

$$Erec=1.72*10^{-5}M(5867-Pa)$$

H مستقیماً قابل اندازه‌گیری بوده و از طریق معادله زیر نیز قابل محاسبه است:

$$H= Kcl=tsk-tcl/ Icl$$

در معادلات فوق:

Crec = تبادل حرارت همرفتی تعرق ($w/m^2$)

Erec= تبادل حرارت تبخیری تعرق ($w/m^2$)

Esw= تبادل حرارت تبخیری در سطح پوست موقعی که در حالت خنثی قرار دارد($w/m^2$)

Ec= تبادل حرارت تبخیری در سطح پوست موقعی که در حالت حرارتی خنثی قرار دارد($w/m^2$)

Icl= تابش لباس به طور متوسط برای تمام بدن$(w/m^2)$

M= نرخ سوخت و ساز بدن $(w/m^2)$

Tcl= دمای سطح لباس (درجه سانتی گراد)

Tsk= دمای متوسط پوست ( درجه سانتی گراد)

W= نیروی مکانیکی مؤثر$(w/m^2)$

e= تبادل حرارت تبخیری در سطح پوست $(w/m^2)$

H= تلفات حرارت خشک به صورت همرفت، هدایت و تابش$(w/m^2)$

Pa= رطوبت، فشار بخار جزئی هوا (پاسکال)

Ta= دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)

مقیاس PMV نوعی تقسیم‌بندی احساس حرارتی ۷ درجه‌ای است که دامنه آن از ۳.۵- ( سرد) تا ۳.۵ + (گرم) تغییر می‌کند. صفر در این مقیاس نشانگر احساس حرارتی خنثی است. برای محاسبه راحت‌تر و سریع‌تر این شاخص، نرم‌افزارهایی هم طراحی شده است که نرم‌افزار Ray Man یکی از آن‌هاست. (ذوالفقاری، ۱۳۸٦)

جدول۲- مقادیر آستانه شاخص‌های PET و PMV در درجات مختلف حساسیت انسان

| درجه تنش فیزیولوژیک | حساسیت حرارتی | PET | PMV |
|---|---|---|---|
| تنش سرمای بسیار شدید | خیلی سرد | | |
| تنش سرمای شدید | سرد | ٤ | -۳.۵ |
| تنش سرمای متوسط | خنک | ۸ | -۲.۵ |
| تنش سرمای اندک | کمی خنک | ۱۳ | -۱.۵ |
| بدون تنش سرما | راحت | ۱۸ | -۰.۵ |
| تنش گرمای اندک | کمی گرم | ۲۳ | ۰.۵ |
| تنش گرمای متوسط | گرم | ۲۹ | ۱.۵ |
| تنش گرمای شدید | خیلی گرم | ۳۵ | ۲.۵ |
| تنش گرمای بسیار شدید | داغ | ٤۱ | ۳.۵ |

شاخص‌های حرارتی متوسط آرای پیش بینی شده(pmv) ، دمای معادل فیزیولوژیک (PET) و دمای مؤثر استاندارد (SET) جزء خروجی‌های مدل MEMI هستند. در این میان شاخص دمای معادل

فیزیولوژیک از جامع‌ترین و پرکاربردترین شاخص‌ها، برای ارزیابی شرایط زیست هواشناختی و شناسایی منابع اقلیم گردشگری محسوب می‌شود (Matzarakis: 2007,146).

مزیت اصلی شاخص PET، ارائه بر حسب واحد سلسیوس است که نتایج به دست آمده را برای گردشگران و برنامه‌ریزان بخش گردشگری که ممکن است با اصطلاحات زیست هواشناسی آشنایی نداشته باشند، قابل درک می‌کند. علاوه بر این، قابلیت ارزیابی در مقیاس زمانی روزانه و حتی ساعتی را نیز برای محققان به وجود می‌آورد. شاخص PET را می‌توان دمایی در نظر گرفت که طی آن بیلان حرارتی بدن انسانی در محیط بسته و در حالت نشسته ( بدون باد و تابش خورشیدی) با نرخ سوخت و ساز با کار سبک ( ۸۰ وات) و مقاومت حرارتی لباس حدود ۰.۹ کلو، با دمای پوست و دمای مرکز بدن، در تعادل باشد (HOPPE,1999,72; VDI,1998,160; Matzarakis and Mayer,1996,8 ).

در جدول به طور نمونه با استفاده از مدل گرمایی MEMI در شرایط اقلیم گرم و آفتابی و با در نظر گرفتن سه دسته از داده‌های اقلیمی، فیزیولوژیکی و اطلاعات فردی دمای معادل فیزیولوژیک را ۴۳ درجه سلسیوس به دست آورده است که بر حسب طبقه‌بندی توصیفی ارائه شده در جدول ۲ بیانگر حساسیت گرمایی بسیار داغ یا تنش گرمایی بسیار زیاد است.

جدول ۳– بیلان حرارتی MEMI در شرایط گرم و آفتاب (HOPPE,1999,76)

| پارامترهای بدن | پارامترهای فیزیولوژیک | پارامترهای هواشناسی |
|---|---|---|
| قد = ۱.۸۰ متر | تولید حرارت داخلی – ۲۵۸ وات | Ta=30(oC) |
| وزن – ۷۵ کیلوگرم | دمای متوسط پوست- ۳۶.۱ (oC) | Tmrt=60(oC) |
| سن- ۳۵ سال | دمای هسته‌ای بدن= ۳۷.۵ (oC) | RH=50% |
| لباس= ۰.۹ کلو | رطوبت بدن= ۵۳٪ | V=1m/s |
| فعالیت= ٤ کیلومتر در ساعت | تلفات آب= ۵۲۵ گرم در ساعت | PET=43 (oC) |
| | تلفات حرارتی تعرق= ۲۷ وات | |
| | تعرق نامحسوس= ۱۱ وات | |
| | همرفت = ۱٤۳ وات | |
| | تابش خالص = ۲٤۰ وات | |

جدول ٤- ایستگاه‌های سینوپتیک انتخاب شده

| ایستگاه | طول جغرافیایی (X) | عرض جغرافیایی (Y) | ارتفاع از سطح دریا (H) |
|---|---|---|---|
| بجنورد | ۵۷.۲۶ | ۳۷.٤٦ | ۱۱۱۲ |
| دامغان | ٥٤.۳۱ | ۳٦.۱۳ | ۱۱٥٥ |
| گرگان | ٥٤.٤ | ۳٦.۹ | ۰ |
| مراوه تپه | ٥٥.۹٥ | ۳۷.۹ | ٤٦۰ |
| سبزوار | ۵۷.٦٥ | ۳٦.۲ | ۹۷۲ |
| ساری | ۵۳ | ۳٦.٥٥ | ۲۳ |
| شاهرود | ٥٤.۹٥ | ۳٦.٤۱ | ۱۳٤۹ |

جدول ٥- مقادیر ماهیانه شاخص PET در ایستگاه‌ها

| station | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JULY | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بجنورد | -2.3 | 0 | 5.8 | 13.5 | 19 | 26.4 | 29.5 | 28.7 | 22.8 | 14.3 | 6.4 | 0.2 |
| دامغان | -0.5 | 3.6 | 10.3 | 16.5 | 23.3 | 31.3 | 35.4 | 34.2 | 28.6 | 19.6 | 8.6 | 0.9 |
| گرگان | 7 | 9.4 | 12.7 | 19.4 | 27 | 33.5 | 36.3 | 36 | 31.2 | 21.1 | 15.1 | 8.7 |
| مراوه تپه | 1.2 | 5.1 | 10.1 | 16.5 | 23.5 | 30.4 | 33.3 | 34.8 | 28.6 | 19.2 | 10.6 | 4.7 |
| سبزوار | -0.4 | 3.2 | 9.4 | 17.5 | 25 | 33.5 | 36 | 34.2 | 27 | 17.1 | 8.3 | 1.9 |
| ساری | 5.8 | 7.7 | 11.5 | 16.9 | 23 | 28.9 | 33 | 33.6 | 28.4 | 20.9 | 12.2 | 7.6 |
| شاهرود | -1.2 | 2.2 | 7.9 | 15.8 | 22.4 | 29.3 | 31.9 | 31.1 | 25.9 | 16.7 | 7.4 | 0.5 |

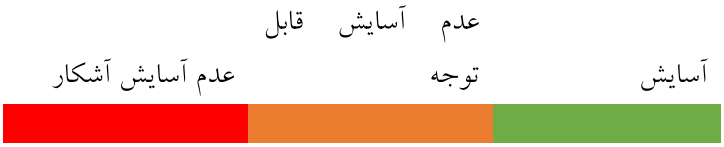
جدول ٦- مقادیر ماهیانه شاخص PMV در ایستگاه‌ها

| station | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JULY | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بجنورد | -4.9 | -4.5 | -3.3 | -1.7 | -0.5 | 0.9 | 1.5 | 1.3 | 0.3 | -1.5 | -3.1 | -4.3 |
| دامغان | -4.6 | -3.8 | -2.3 | -0.9 | 0.6 | 1.9 | 2.6 | 2.3 | 1.4 | -0.2 | -2.6 | -4.3 |
| گرگان | -2.8 | -2.4 | -1.8 | -0.5 | 0.9 | 2.1 | 2.7 | 2.6 | 1.7 | 0 | -1.2 | -2.5 |
| مراوه تپه | -4.3 | -3.4 | -2.4 | -1 | 0.4 | 1.6 | 2.2 | 2.4 | 1.3 | -0.3 | -2.1 | -3.4 |
| سبزوار | -4.6 | -3.9 | -2.5 | -0.7 | 0.7 | 2.2 | 2.6 | 2.3 | 1.1 | -0.8 | -2.7 | -4 |
| ساری | -3.2 | -2.8 | -2.1 | -0.9 | 0.3 | 1.4 | 2.1 | 2.3 | 1.4 | 0 | -1.8 | -2.7 |
| شاهرود | -4.7 | -4.1 | -2.9 | -1.2 | 0.2 | 1.4 | 1.9 | 1.7 | 1.7 | -1 | -2.9 | -4.3 |

راهنمای رنگ‌ها برای شاخص‌های PET و PMV

| station | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JULY | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بجنورد | -2.40 | -0.79 | 4.71 | 12.38 | 18.17 | 24.20 | 27.84 | 26.02 | 20.83 | 13.02 | 5.80 | 0.32 |
| دامغان | -0.21 | 3.70 | 10.31 | 16.34 | 23.11 | 28.96 | 32.36 | 31.01 | 26.16 | 19.35 | 8.89 | 1.61 |
| گرگان | 6.19 | 7.17 | 10.63 | 17.57 | 24.81 | 31.30 | 35.37 | 35.92 | 30.79 | 22.38 | 14.68 | 8.93 |
| مراوه | | | | | | | | | | | | |
| تپه | 4.43 | 5.69 | 9.91 | 16.34 | 23.19 | 29.12 | 32.92 | 33.58 | 27.76 | 20.07 | 12.16 | 7.18 |
| سبزوار | 0.20 | 3.16 | 9.17 | 16.85 | 23.16 | 28.85 | 31.29 | 28.98 | 23.79 | 16.51 | 8.62 | 2.75 |
| ساری | 7.42 | 8.32 | 11.49 | 17.45 | 23.91 | 30.24 | 35.02 | 36.73 | 31.82 | 24.44 | 14.93 | 9.56 |
| شاهرود | -1.84 | 0.57 | 6.10 | 13.50 | 19.58 | 25.08 | 28.22 | 26.89 | 21.92 | 14.37 | 6.46 | 0.27 |

جدول ۷- مقادیر ماهیانه شاخص HU در ایستگاه‌ها



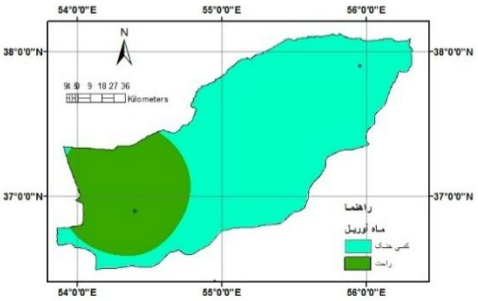

جدول ۸- مقادیر ماهیانه شاخص TCI

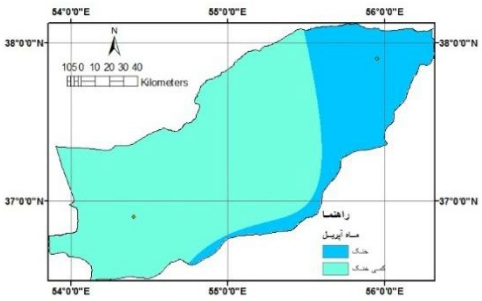
| station | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JULY | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بجنورد | 53 | 62 | 54 | 73 | 85 | 89 | 80 | 81 | 96 | 89 | 61 | 54 |
| دامغان | 57 | 60 | 69 | 84 | 94 | 79 | 70 | 70 | 86 | 95 | 71 | 59 |
| گرگان | 55 | 55 | 56 | 79 | 79 | 72 | 63 | 63 | 71 | 81 | 68 | 55 |
| مراوه | | | | | | | | | | | | |
| تپه | 52 | 54 | 61 | 82 | 91 | 77 | 67 | 71 | 75 | 90 | 63 | 54 |
| سبزوار | 53 | 58 | 64 | 85 | 86 | 72 | 70 | 70 | 78 | 91 | 71 | 60 |
| ساری | 54 | 54 | 55 | 76 | 84 | 80 | 64 | 50 | 62 | 78 | 55 | 51 |
| شاهرود | 55 | 57 | 62 | 86 | 92 | 89 | 81 | 81 | 96 | 90 | 65 | 56 |

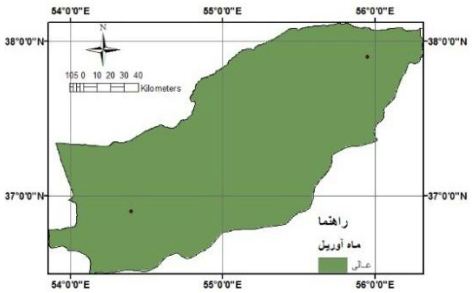
جدول ۹- مقادیر ماهیانه شاخص CPI

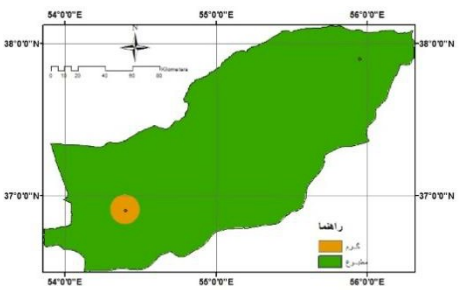
| station | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JULY | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بجنورد | 23.98 | 25.50 | 23.58 | 18.33 | 14.86 | 12.61 | 12.17 | 9.51 | 10.19 | 12.74 | 15.83 | 20.53 |
| دامغان | 26.82 | 27.97 | 27.86 | 24.34 | 21.72 | 19.24 | 13.21 | 11.46 | 12.23 | 14.07 | 19.70 | 24.72 |
| گرگان | 12.88 | 13.68 | 13.23 | 8.59 | 3.98 | 1.02 | -2.27 | -3.06 | -1.38 | 2.01 | 6.36 | 10.88 |
| مراوه تپه | 24.17 | 23.81 | 20.05 | 14.87 | 11.40 | 8.91 | 6.55 | 4.44 | 6.71 | 9.72 | 15.42 | 22.89 |
| سبزوار | 26.41 | 26.53 | 24.07 | 18.33 | 14.17 | 11.82 | 11.42 | 11.06 | 12.77 | 15.77 | 19.67 | 22.82 |
| ساری | 18.46 | 18.91 | 17.22 | 13.91 | 9.81 | 5.62 | 0.99 | -0.10 | 2.68 | 6.54 | 12.74 | 15.56 |
| شاهرود | 23.92 | 23.58 | 20.92 | 15.59 | 10.98 | 8.87 | 8.06 | 7.20 | 7.32 | 10.39 | 16.52 | 21.24 |

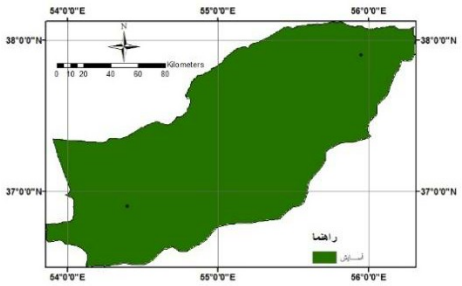
شکل ۲- نقشه‌های ماه آوریل ۵ شاخص در استان گلستان


PET ماه آپریل


PMV ماه آپریل


TCI ماه آوریل


CPI ماه آوریل




HU ماه آوریل

جدول ۱۰- مقادیر شاخص‌ها در هر ماه

| شاخص ماه | متر مربع مساحت هر ناحیه | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | PET | PMV | TCI | CPI | HU |
| JAN | 15057.78خ.سرد<br>5304.79 سرد | 19378.11خ.سرد<br>983.3 سرد | 20361.42<br>قابل قبول | 6633.63مطبوع<br>13728.91خنک | 20361.42<br>آسایش |
| FEB | 91.65خ.سرد<br>17852.26سرد<br>2416.16 خنک | 19378.11 خ.سرد<br>983.3سرد | 20361.42<br>قابل قبول | 5980.32مطبوع<br>14380.72خنک | 20361.42<br>آسایش |
| MAR | 20361.42خنک | 17508.86سرد<br>2852.28خنک | 15058.9خوب<br>5303.03ق.قبول | 8528.32مطبوع<br>11832.02خنک | 20361.42<br>آسایش |
| APR | 15015.88 ک. خ<br>5345.73 راحت | 5382.15خنک<br>14978.16ک.خنک | 20361.42<br>عالی | 290.84 گرم<br>20070.57مطبوع | 20361.42<br>آسایش |
| MAY | 20361.42ک.گرم | 20361.42راحت | 5811.91آرمانی<br>13927.9عالی<br>620.76خیلی خوب | 8.7 داغ<br>6102.35گرم<br>14251.38مطبوع | 20361.42<br>آسایش |
| JUN | 20361.42گرم | 18545کمی گرم<br>1816.41گرم | 5044.79عالی<br>15317.42خ.خوب | 2787.74 داغ<br>15741.68گرم<br>1831.45مطبوع | 11999آسایش<br>8361(عدم آسایش قابل توجه )* |
| JULY | 14806.21گرم<br>5553.16 خ. گرم | 20361.42گرم | 8507.6خیلی خوب<br>11853.47خوب | 7062.63 داغ<br>13299.32گرم | 16582آسایش<br>3780 * |
| AUG | 16749.82گرم<br>3610.89خ.گرم | 183.07کمی گرم<br>20178.25گرم | 13463.31خ.خوب<br>6896.59خوب | 9608.01داغ<br>10750.69گرم | 329.4آسایش<br>15872 *<br>4157عدم.آ.آشکار |
| SEP | 13620.76گرم<br>6740.18خیلی.گرم | 20361.42گرم | 55.59آرمانی<br>7671.29عالی | 6842.33داغ<br>13518.1گرم | 16420.51آسایش<br>3941.26 * |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 12634.72خیلی.خوب | | |
| OCT | 76.31 کمی.خنک<br>20284.23راحت | 20361.42ک.خنک | 20361.42عالی | 2014.24داغ<br>10246.62گرم<br>8099.65مطبوع | 20361.42<br>آسایش |
| NOV | 16501.98خنک<br>3860.85کمی.خنک | 13264.57سرد<br>7095.75خنک | 20361.42خوب | 2440.08 گرم<br>17921.33مطبوع | 20361.42<br>آسایش |
| DEC | 3742.79خ.سرد<br>15808.61سرد<br>807.79 خنک | 16364.57851خیلی.سرد<br>3995.729393سرد | 20361.42<br>قابل قبول | 10282.99مطبوع<br>10077.33خنک | 20361.42<br>آسایش |

## نتیجه‌گیری

از لحاظ شاخص PET در ماه آوریل و اکتبر شرایط ایده‌آل گردشگری وجود دارد. شاخص PMV ماه مه را بهترین شرایط معرفی می‌کند، در شاخص TCI در ماه مه و سپتامبر شرایط آرمانی و در ماه‌های آپریل، می، ژوئن، سپتامبر و اکتبر شرایط عالی وجود دارد. در شاخص CPI در همه ماه‌ها به جز ٤ ماه ژولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر که شرایط گرم و داغ حکم فرماست در دیگر ماه‌ها شرایط مطبوع وجود دارد. در شاخص HU که برای هشدار به مردم برای خطر فشار گرما مخصوصاً در تابستان استفاده می‌شود، می‌توان برای بررسی شرایط بحرانی گرمای تابستان در استان گلستان استفاده نمود. این شاخص در ٤ ماه ژوئن، ژولای، آگوست و سپتامبر شرایط عدم آسایش نشان می‌دهد و دیگر ماه‌ها را دارای آسایش معرفی می‌کند.

با توجه به یافته‌های به دست آمده با استفاده از مدل‌های اقلیمی و مقایسه نتایج با شرایط واقعی جوی استان گلستان می‌توان نتیجه گرفت که مدل PET بهترین نتایج را نشان می‌دهد و بهترین فصل گردشگری این استان، همانند اکثر استان‌های ایران فروردین و اردیبهشت (APR) می‌باشد و در این فصول انسان با پوشش معمولی احساس راحتی خواهد کرد.

در نتیجه به منظور بهره‌وری هر چه بیشتر از صنعت گردشگری در استان گلستان لازم است زیر ساخت‌های مناسب جهت ورود گردشگران برای فصول مناسب آن ایجاد شده و ظرفیت‌های استان در زمینه گردشگری را با ایجاد کمپ‌های موقت و استفاده از نیروهای بومی برای بالا بردن توان خدمت‌رسانی در فصول پرتراکم (High Season) استفاده نمود و در فصول دیگر با تبلیغات و ایجاد جشنواره‌های گوناگون از کاهش شدید گردشگران جلوگیری به عمل آورد.

پی نوشت : با توجه به حجم بالای جداول و نقشه‌ها، تعداد اندکی از آن‌ها در این مقاله گنجانده شده است.

## منابع و مآخذ


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

۲- ذوالفقاری.حسن، تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردش در تبریز با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژی(PET) و متوسط نظرسنجی پیش بینی شده(PMV)، ۱۳۸٦، پژوهش‌های جغرافیایی

۳- شاهکوئی. اسماعیل، سپهر، نشریه سازمان جغرافیائی نیروهای مسلح شماره ۳۷، بهار ۱۳۸۰.

٤- صراف، بهروز و طاهره جلالی و آذین جلال کمالی (۱۳۸۹)، پهنه بندی کلیماتوریسم منطقه ارسباران با استفاده از شاخص TCI، مجله فضای جغرافیایی، سال دهم، شماره ۳۰، تابستان ۱۳۸۹.

۵- ۵-قیابکلو،ز، تعیین محدوده آسایش حرارتی، مجله هنرهای زیبا، شماره ۱۰، زمستان ۱۳۸۰.

٦- ناظم السادات، س. مجنونی،الف. بررسی میزان راحتی انسان در شرایط اقلیمی مختلف (مطالعه موردی شهرهای شیراز، بندرعباس، بیرجند و اردبیل، مجله محیط شناسی دانشگاه تهران، سال ۳٤، شماره ٤۸، ، ۱۳۸۷.

7- ASHRAE. ASHRAE fundamental handbook, American society of heating, refrigerating and air conditioning inc, Atlanta, 2001.

8- Givoni, B. 1997.Climate consideration in Building and urban Design .I .T .P. Pub. Inc.-8

9- Matzarakis, A. Climate and Bioclimatic Information for the Tourism in Greece. Proceedings of the 1st International workshop on climate, tourism and recreation. International society of biometeorology, commission on climate, tourism and recreation, 2001.

10- Clarke. j. F. and W. bach. (1971).Comparison of the comfort condition in different urbun and suburban microenviroment Internati onal journal of biometeorology. Volum 15.number 1. March.

11- Skinner, C. J and De Dear, R (2001).Climate and Tourism. an Australian Prespective. Proceedings of the 1st International Workshop on Climate, Tourism and Tecreation. International Society of Biomete orology, Commission on Climate, Tourism and Recreation

12- Deb ,Ch. Ramachandraiah, A. (2010), Evaluation of thermal comfort in a rail terminal location in India, Buil ding and Environment, volume 45

13- De freites C.R s, Scott. Daniel and Geoffme Boyle,(2004).A Ne w generation climate index for Tourism, TOURISM.

14- Hoppe P., 1999, The Physiological Equivalent Temperature -a Universal Index for the Biometeorological Assessment of the Thermal Environment, Int. J. Biometeorology. 43

15- Matzarakis, A., Mayer, H., 1996, Another Kind of Environmental Stress: Thermal Stress, WHO collaborating centre for Air Quality Management and Air pollution Control. NEWSLETTERS 18.

16- Matzarakis, A., 2007, Climate, Thermal Comfort and Taourism, Proceedings of the 2nd International workshop on Climate Change and Tourism Assessment and Coping Strategies (Ed.)

17- A. Matzarakis and C. Bas Amelung - Krzysztof Blazejczyk – Andreas Matzarakis. Verein Deutscher Ingenieure, 1998, VDI 3787, Part I: environmental meteorology, methods for the human-biometeorological evaluation of climate and air quality for the urban and regional planning at regional level. Part I: climate. VDI/DIN -Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b, Düsseldorf, 29 pp.
18- Fanger, P. O., Thermal Comfort, Danish Technical Press, Copenhagen, 1970. -18
19- UNWTO, 2008, World Tourism Barometer, Volume 6, Number 2. Madrid: United Nation
20- WorldTourism Organization World Tourism Organization. Madrid, Spain. -20
21- UNWTO, 2001, Tourism 2020 Vision-Global Forecast and Profiles of Market Segments,-21
22- Madrid:United Nations World Tourism Organization. -22
23- 23-www.amar.org.ir