

مقایسه شاخص‌های کمی 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 ۴ درصدی تعداد گردشگران این کشور می‌شود. در این پژوهش با مقایسه 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) 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

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 ۶ 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 کلیه عوامل مؤثر بر احساس آسایش را یکجا نشان می‌دهند (صراف و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۴). 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 دهنده 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 (اسکینز 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: ۴۵).

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 (۲۰۰۴) 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 می و 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.

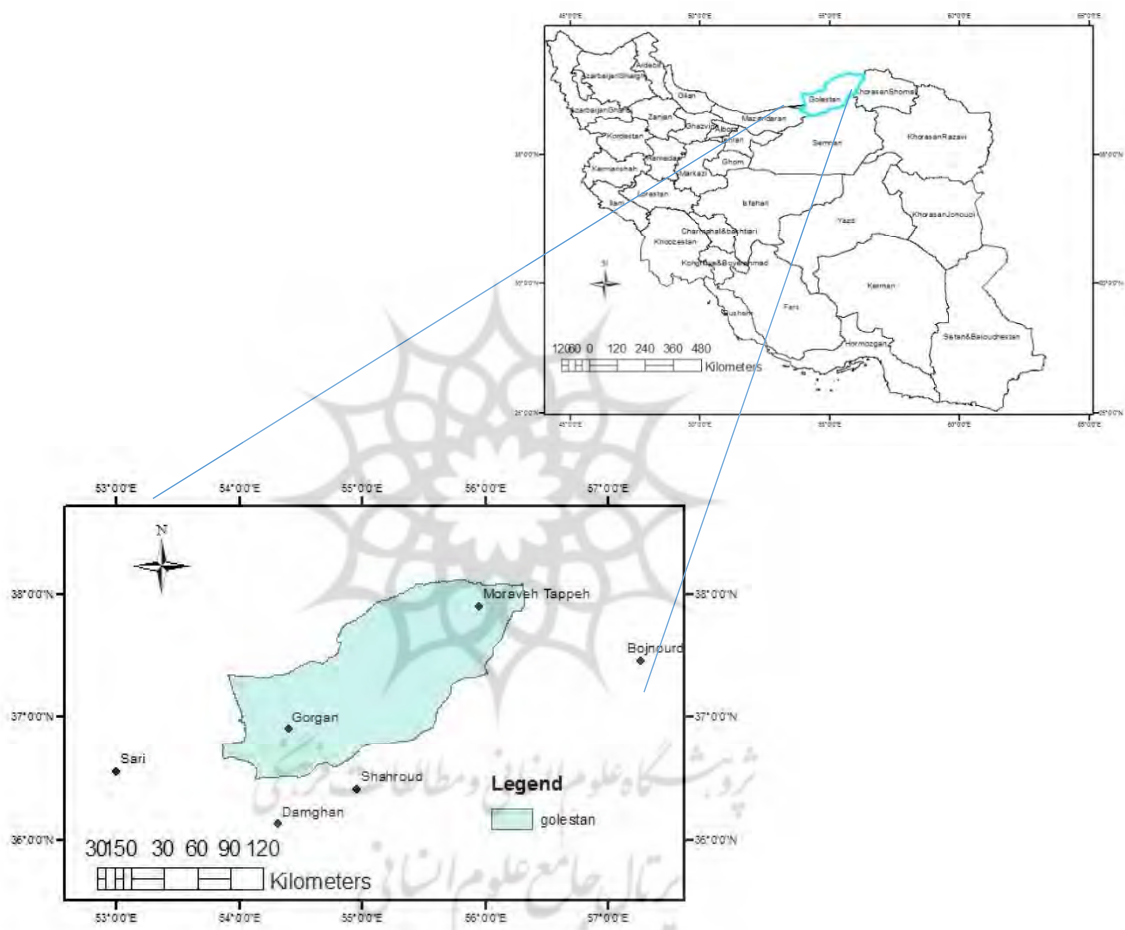
مطالعاتی که در زمینه ارزیابی اقلیم زیستی در کشور انجام شده است دارای تنوع موضوعی خاص می‌باشد. بخشی از این مطالعات به ارزیابی اقلیم زیستی محض پرداخته و شرایط راحتی انسان را در ایام مختلف سال در مناطق مورد مطالعه خود تبیین نموده‌اند (قیابکلو، ۱۳۸۰: ۶۸؛ محمدی و سعیدی، ۱۳۸۷: ۸۳؛ ناظم السادات و مجنونی هریس، 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 مطالعه‌ای 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 ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند فراهم است.

محدوده مورد مطالعه

استان گلستان با مساحت حدود ۲۲۰۳۳ کیلومتر مربع بین ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی از استوا و ۵۳ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۶ 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،۵۳۶ 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 ۳۴۸ 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 علت 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 دره‌های 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 قابلیت‌های 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 (۱۹۶۳) و مباحث نظری در زمینه اقلیم زیستی بنا شده است.

شاخص عدم آسایش (HU) پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

شاخص (Humidex) ابتدا در سال ۱۹۶۵ 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:

جدول ۱- دامنه تغییرات آسایش یا عدم آسایش شاخص (HU)

شاخص	توصیف
آسایش حرارتی (عدم آسایش در حد ناچیز)	کمتر از ۲۹
عدم آسایش قابل توجه	۳۰-۳۴
عدم آسایش آشکار	۳۵-۳۹
عدم آسایش شدید (احتراز از مواجه شدن)	۴۰-۴۵
عدم آسایش در حد خطرناک	۴۵-۵۵
احتمال خطر آسیب حرارتی شدید	بالای ۵۴

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 میکروکلیمای 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 آثر 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 آثرا نشان می‌دهد. (Ashare, ۲۰۰۹)، (Fanger, 1970)

شاخص PMV از طریق معادله زیر قابل محاسبه است:

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

$$E = 3.05 \cdot 10^{-3} (256T_{sk} - 3373 - Pa) + E_{sw}$$

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

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

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

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

$$H = K_{cl} = t_{sk} - t_{cl} / I_{cl}$$

در معادلات فوق:

$$Crec = \text{تبادل حرارت همرفتی تعرق } (w/m^2)$$

$$Erec = \text{تبادل حرارت تبخیری تعرق } (w/m^2)$$

$$E_{sw} = \text{تبادل حرارت تبخیری در سطح پوست موقعی که در حالت خنثی قرار دارد } (w/m^2)$$

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

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 (درجه سانتی گراد)

T_{sk} = 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)

P_a = رطوبت، فشار بخار جزئی هوا (پاسکال)

T_a = دمای هوا (درجه سانتی گراد)

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، ۱۳۸۶)

جدول ۲- مقادیر آستانه شاخص‌های PET و PMV در درجات مختلف حساسیت انسان

PMV	PET	حساسیت حرارتی	تنش فیزیولوژیک
		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

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 زیست‌هواشناختی و شناسایی منابع اقلیم‌گردشگری 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 زیست‌هواشناسی 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 هواشناسی	پارامترهای فیزیولوژیک	پارامترهای بدن
Ta=30(oC)	تولید حرارت داخلی = ۲۵۸ وات	قد = ۱.۸۰ متر
Tmrt=60(oC)	دمای متوسط پوست = ۳۶.۱ (oC)	وزن = ۷۵ کیلوگرم
RH=50%	دمای هسته‌ای بدن = ۳۷.۵ (oC)	سن = ۳۵ سال
V=1m/s	رطوبت بدن = ۵۳٪	لباس = ۰.۹ کلو
PET=43 (oC)	تلفات آب = ۵۲۵ گرم در ساعت	فعالیت = ۴ کیلومتر در ساعت
	تلفات حرارتی تعرق = ۲۷ وات	
	تعرق نامحسوس = ۱۱ وات	
	همرفت = ۱۴۳ وات	
	تابش خالص = ۲۴۰ وات	

جدول ۴- ایستگاه‌های سینوپتیک انتخاب شده

ایستگاه	طول جغرافیایی (X)	عرض جغرافیایی (Y)	ارتفاع از سطح دریا (H)
بجنورد	۵۷.۲۶	۳۷.۴۶	۱۱۱۲
دامغان	۵۴.۳۱	۳۶.۱۳	۱۱۵۵
گرگان	۵۴.۴	۳۶.۹	۰
مراوه تپه	۵۵.۹۵	۳۷.۹	۴۶۰
سبزوار	۵۷.۶۵	۳۶.۲	۹۷۲
ساری	۵۳	۳۶.۵۵	۲۳
شاهرود	۵۴.۹۵	۳۶.۴۱	۱۳۴۹

جدول ۵- 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 ۶- مقادیر ماهیانه شاخص PMV در ایستگاه‌ها

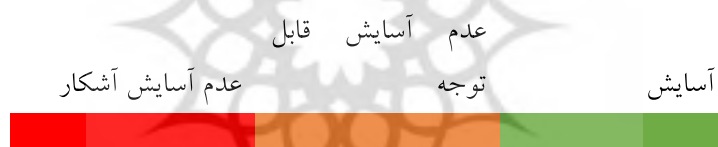
station	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
بجنورد	-4.9	-4.5	-3.3	-1.7	-0.5	0.9	1.5	1.3	0.3	-1.5	-3.1	-4.3
دامغان	-4.6	-3.8	-2.3	-0.9	0.6	1.9	2.6	2.3	1.4	-0.2	-2.6	-4.3
گرگان	-2.8	-2.4	-1.8	-0.5	0.9	2.1	2.7	2.6	1.7	0	-1.2	-2.5
مراوه تپه	-4.3	-3.4	-2.4	-1	0.4	1.6	2.2	2.4	1.3	-0.3	-2.1	-3.4
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



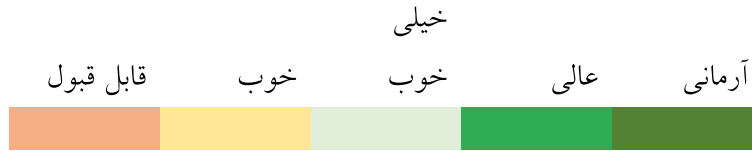
station	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
بجنورد	-2.40	0.79	4.71	12.38	18.17	24.20	27.84	26.02	20.83	13.02	5.80	0.32
دامغان	-0.21	3.70	10.31	16.34	23.11	28.96	32.36	31.01	26.16	19.35	8.89	1.61
گرگان	6.19	7.17	10.63	17.57	24.81	31.30	35.37	35.92	30.79	22.38	14.68	8.93
مراوه												
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

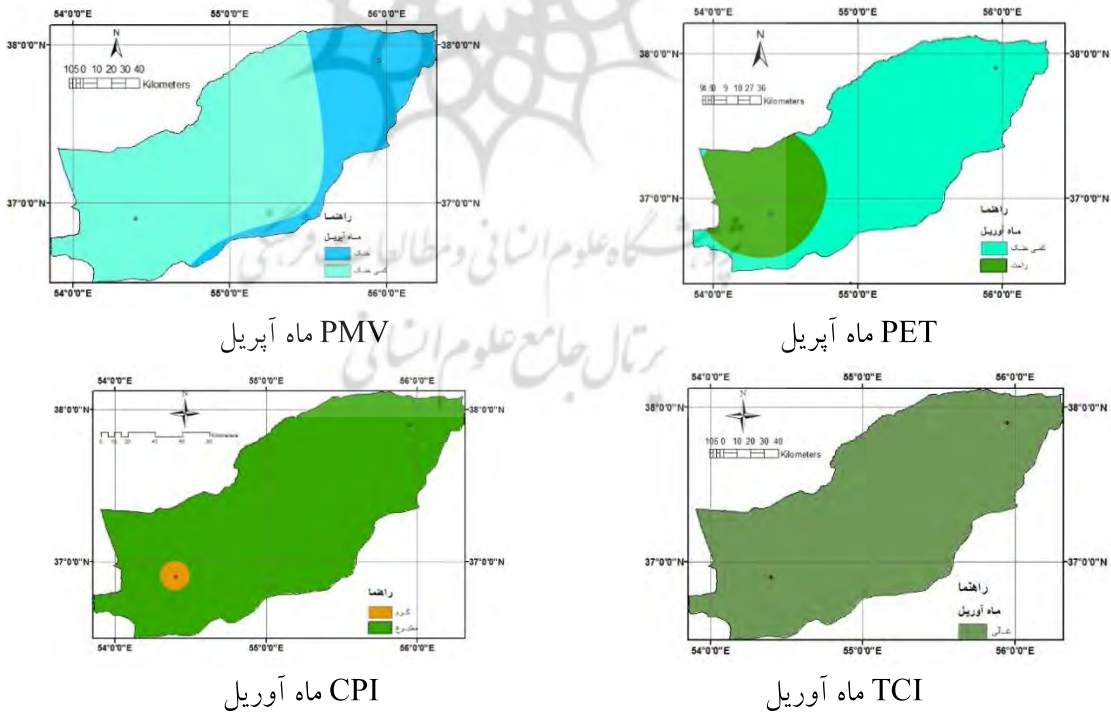


جدول ۹- مقادیر ماهیانه شاخص CPI

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





HU ماه آوریل

جدول ۱۰- مقادیر شاخص‌ها در هر ماه

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

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

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 ۴ 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 ۴ 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 بین‌المللی 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 پیش‌بینی شده (PMV)، ۱۳۸۶، پژوهش‌های جغرافیایی
- ۳- شاهکویی. اسماعیل، سپهر، نشریه سازمان جغرافیائی نیروهای مسلح شماره ۳۷، بهار ۱۳۸۰.
- ۴- 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-قیابکلوز، تعیین محدوده آسایش حرارتی، مجله هنرهای زیبا، شماره ۱۰، زمستان ۱۳۸۰.
- ۶- ناظم السادات، س. مجنون، الف. بررسی میزان راحتی انسان در شرایط اقلیمی مختلف (مطالعه موردی شهرهای شیراز، بندرعباس، بیرجند و اردبیل، مجله محیط شناسی دانشگاه تهران، سال ۳۴، شماره ۴۸، 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 urban and suburban microenvironment International journal of biometeorology. Volum 15. number 1. March.
- 11- Skinner, C. J and De Dear, R (2001). Climate and Tourism. an Australian Perspective. Proceedings of the 1st International Workshop on Climate, Tourism and Recreation. International Society of Biometeorology, Commission on Climate, Tourism and Recreation
- 12- Deb ,Ch. Ramachandraiah, A. (2010), Evaluation of thermal comfort in a rail terminal location in India, Building and Environment, volume 45
- 13- De freites C.R s, Scott. Daniel and Geoffme Boyle,(2004). A New 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 Tourism, 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

