

مقاله پژوهشی

محاسبه شاخص‌های اقلیم گردشگری مدل RayMan در شهر یاسوج و بررسی روند آن‌ها

وجیهه قربان‌نیا خیبری*، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا، بهبهان، ایران

الهه عظیمی، کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

محسن آرمین، استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی-آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

چکیده

در این تحقیق تقویم گردشگری شهر یاسوج با استفاده از شاخص‌های SET، PMV و حاصل از اجرای مدل RayMan به لحاظ قابلیت استفاده از پارامترهای مختلف اقلیمی، فرم محاسباتی مناسب و پشتیبانی توسط نرم‌افزار مربوطه در یک دوره زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸) تعیین شد و سپس روند این شاخص‌ها و پارامترهای هواشناسی مؤثر بر آنها با استفاده از آزمون ناپارامتری من - کندال مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس هر سه شاخص مورد بررسی شرایط آسایش و راحت بدون تنش گرمایی یا سرمایایی برای گردشگران در شهر یاسوج، ۶ تا ۷ درصد از کل روزهای سال یعنی حدوداً معادل یک ماه است که این شرایط بر اساس شاخص PET، در ماه فروردین و بر اساس شاخص‌های PMV و SET در اواخر اردیبهشت و اوایل خرداد است. بر اساس شاخص‌های PET و PMV شرایط اقلیم گردشگری در شهر یاسوج در یک سال عمدتاً سرد تا خیلی سرد با تنش سرمایایی شدید تا بسیار شدید است. در صورتی که شرایط عمده اقلیم گردشگری بر اساس شاخص SET، خنک تا خیلی خنک است. در مقایسه با واقعیت‌های اقلیمی به نظر می‌آید که شاخص PMV نسبت به دو شاخص دیگر بهتر گویای تقویم گردشگری شهر یاسوج هم به لحاظ تعیین مناسب‌ترین زمان گردشگری هم به لحاظ شرایط عمده اقلیم گردشگری در طول سال است. در موضوع بررسی روند شاخص‌های اقلیم گردشگری و پارامترهای مؤثر بر آنها، نتایج به طور کلی نشان دهنده این است که پارامترهای دمای خشک و فشار بخار از ماه بهمن تا تیر دارای روند افزایشی و از ماه مرداد تا دی دارای روند کاهشی هستند. پارامترهای رطوبت، سرعت باد و میزان ابرناکی از ماه بهمن تا تیر بدون روند و از ماه مرداد تا دی دارای روند کاهشی هستند. شاخص‌های PET، SET و PMV در همه ماه‌های سال به جزء ماه جولای (معادل مرداد ماه) دارای روند هستند، به طوری که از ماه بهمن تا تیر دارای روند افزایشی و از ماه مرداد تا ماه دی دارای روند کاهشی هستند.

کلمات کلیدی: اقلیم گردشگری، مدل RayMan، شاخص، روند، آزمون من-کندال، یاسوج.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۴/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۵/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱۵

مقدمه

آب و هوا، محیط طبیعی و امنیت سه عامل اصلی تعیین‌کننده در مطلوبیت یک مقصد گردشگری به شمار می‌آید به طوری که بسیاری از مقاصد مطرح گردشگری جهان، موفقیت خود را مرهون برخورداری از اقلیمی مطلوب هستند. اقلیم مناسب، منبع طبیعی و ثروت عظیم اقتصادی برای گردشگری است و عنصری است که جاذبه‌هایی را برای گردشگران فراهم می‌آورد و از این طریق موجب رضایت‌مندی و افزایش گردشگران می‌شود (پناهی و ستاری، ۱۳۹۶). شرایط اقلیمی در موفقیت و توسعه بلندمدت صنعت گردشگری نقش مهمی ایفا می‌کند. در این راستا می‌توان گفت که هم گردشگر و هم صنعت گردشگری نیازمند اطلاعات مناسب در رابطه با اقلیم و آب و هوا می‌باشند. گردشگران برای مقصد گردشگری زمان و مکانی را انتخاب می‌کنند که دارای بیشترین آسایش گردشگری از لحاظ آب و هوایی باشد. در واقع آب و هوا و گردشگری به شکل‌های گوناگونی به هم وابسته‌اند به عبارتی آب و هوا هم فاکتور محدودکننده و هم تعیین‌کننده برای صنعت گردشگری است (Leacha eta, 1997, Olsson et al, 1995). بررسی میزان آسایش اقلیمی و روزهای مناسب برای گردش در مناطق شهری، یکی از جنبه‌های برنامه‌ریزی موفق برای رشد صنعت گردشگری شهری است (تقوایی و جلالیان، ۱۳۹۶). بیان شرایط اقلیم آسایشی^۱ معمولاً با شاخص‌هایی بیان می‌گردد که در آن مجموعه‌ای از عناصر هواشناسی، انسانی و محیطی دخالت داده می‌شود. این شاخص‌ها داده‌های اقلیمی را به شکل عددی بیان می‌کنند که نشان‌دهنده واکنش افراد به شرایط آب و هوایی است و در طبقه‌بندی عددی درجاتی از بسیار نامناسب تا بسیار مناسب را در بر می‌گیرد. این شاخص‌ها تفسیر تغییرات پیچیده عناصر جوی را از آسایش انسان، آسان‌تر می‌کند و امکان مقایسه مکان‌های مختلف را از دیدگاه اقلیم آسایشی فراهم می‌آوردند. امروزه به کارگیری شاخص‌های ترکیبی دما- فیزیولوژیک^۲ که مبتنی بر بیلان بدن انسان است (de Freitas, 2003). در ارزیابی‌های اقلیم آسایشی و آب و هواشناسی گردشگری بسیار متداول شده است که اولین بار توسط فانگر^۳ ابداع و تشریح شدند (Fanger, 1972). دو دهه بعد جاندریتسکی^۴ و همکاران (۱۹۹۰) موفق شدند روش پیچیده فانگر را با اختصاص متغیرهای مناسب تحت مدل موازنه انرژی^۵ (MEMI) معرفی کنند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۹). باعقیده و همکاران (۱۳۹۱) پارامترهای مدل ریمن^۶ شامل دمای هوا، رطوبت نسبی، میزان ابرناکی آسمان و سرعت باد در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۸ را برای تعیین تقویم مناسب گردشگری در شهر اصفهان مورد بررسی قرار دادند. با در نظر گرفتن میانگین دراز مدت پارامترهای فوق مقادیر شاخص‌های دمای مؤثر استاندارد^۷ (SET)، دمای معادل فیزیولوژیک^۸ (PET) و میانگین نظرسنجی پیش‌بینی شده^۹ (PMV) با استفاده از نرم‌افزار ریمن محاسبه و مقایسه گردید. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با توجه به نتایج دو شاخص PMV و PET، روزهای یک تا هفدهم فروردین و بیست مهر تا شش آبان بهترین بازه زمانی برای حضور گردشگران در اصفهان است. اما بر اساس خروجی‌های شاخص SET هر چند که دوره آسایش اقلیمی منطبق بر همین ماه‌ها است، ولی تنش‌های حرارتی طوانی مدت بر منطقه حاکم است که نمی‌تواند با واقعیت اقلیمی سازگار باشد. در نهایت مقایسه نتایج به دست آمده از هر سه شاخص نشان داد که شاخص‌های PMV و PET شناخت بهتری از زیست اقلیم منطقه مورد مطالعه ارائه می‌دهند. گندمکار و مرادمند (۱۳۹۲) روند تغییرات اقلیم آسایش گردشگری استان چهارمحال و بختیاری را با استفاده از شاخص PMV بررسی کردند.

1. Comfort Climate
2. Thermo- Physiologic
3. Fanger
4. Jendritzky
5. Munich Energy Balance Model for Individuals
6. Radiation on the human body
7. Standardize Effective Temperature
8. Physiologic Effective Temperature
9. Predicted Mean Vote

نتایج نشان داد که جنوب استان دارای شرایط مطلوب تری برای گردشگری در ماه‌های سرد سال است و در ماه‌های گرم سال نواحی شمالی استان، برای سفر به گردشگران توصیه می‌شود. قنبری و کریمی (۱۳۹۲) تغییرات شاخص اقلیم گردشگری^۱ TCI در استان اصفهان در دوره زمانی ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ را بررسی کردند. نتایج حاکی از آن است که شرایط اقلیم گردشگری در فصول زمستان، بهار و پاییز دچار تغییر نشده و تنها در فصل تابستان شرایط تغییر کرده است. آروین و شجاعی زاده (۱۳۹۳) شرایط اقلیم گردشگری شهر شیراز را با استفاده از شاخص‌های دمای معادل PET و PMV ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که بالاترین شرایط اقلیمی برای گذراندن اوقات فراغت و فعالیت‌های گردشگری در شهر شیراز به صورت دو دوره مجزا در اواسط فصل بهار (ماه می) و ابتدای فصل پاییز (ماه اکتبر) واقع شده است. حاجری و همکاران (۱۳۹۸) تقویم اکوتوریسم شهر بوشهر را بر اساس شاخص‌های مدل MEMI تهیه کردند. نتایج نشان داد که بهترین بازه زمانی برای حضور اکوتوریست با توجه به فعالیت‌های فراغتی پیک نیک در مقیاس روزانه از دهم اردیبهشت تا بیست و پنجم خرداد و در مقیاس ماهانه اردیبهشت، خرداد و مهرماه است. بن شمس و همکاران (۱۳۹۹) روند تغییرات دمایی و اقلیم آسایش گردشگری جزایر قشم و کیش در عصر گرمایش جهانی را با استفاده از شاخص PET، بررسی کردند. نتایج نشان داد که بهترین بازه زمانی برای حضور گردشگران در این جزایر ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر است که شرایط آسایش در آنها برقرار است. همچنین نتایج نشان داد که متوسط دما و دمای حداکثر در هر دو ایستگاه بدون روند بوده است و دمای حداقل نیز در کیش طی اردیبهشت ماه از روند کاهشی برخوردار بوده است.

Mazarakis (۲۰۰۱) با استفاده از نرم‌افزار RayMan داده‌های سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰ را برای ۲۰ ایستگاه در کشور مجارستان مورد مطالعه قرار داد. در این مطالعه عناصر درجه حرارت، رطوبت نسبی، پوشش ابر و سرعت باد بررسی شد و از شاخص PET برای بررسی آسایش اقلیمی در این ایستگاه‌ها استفاده نمود. بعلاوه نقشه آسایش اقلیمی این مناطق را ترسیم نمود. (Danilovic, 2004) بر اساس موازنه انرژی بدن انسان بر پایه دو شاخص PET و SET* شرایط بیوکلیمایی ساحل دریای آدریاتیک را بررسی نمودند. آنها نقشه زیست اقلیم این منطقه را برای استفاده در صنعت گردشگری ارائه نمودند. (Thorson, 2006) با استفاده از شاخص PET اثر محیط حرارتی بر میزان استفاده مردم از فضای پارک شهری گاتبرگ سوئد را مورد مطالعه قرار داد. آنها با استفاده از این شاخص دما - فیزیولوژیک، روابط بین محیط حرارتی و الگوی رفتاری مراجعین به پارک را تحلیل نمودند. (Hanja, 2009) آسایش حرارتی را در فضای باز بررسی کرد، شاخص‌هایی نظیر SET*، PMV و PET نه تنها به عنوان شاخص‌های محیط داخلی، بلکه همچنین به عنوان شاخص‌های آسایش در فضای باز بیشترین استفاده را دارند. (Buratti et al, 2009) در مطالعه‌ای تجزیه و تحلیل آسایش حرارتی را در یکی از کلاس‌های درسی در دانشگاه پریجیای ایتالیا بر اساس شاخص‌های پیش‌بینی درصد نارضایتی^۲ (PPD) و PET مطالعه کرده‌اند. نتایج نشان داد که کلاس درس در فصول پاییز دارای شرایط آسایش حرارتی است. (Pantava et al, 2010) با بررسی چهار عامل بیولوژیکی شامل ASV (وضعیت حساسیت واقعی)^۳، TS (شاخص حساسیت گینوی)^۴، DI (شاخص ناراحتی)^۵ و HL (شاخص حساسیت گرمایی)^۶ به بررسی مرگ و میر در تابستان ۲۰۰۷ در شهر یونان پرداختند. نتایج میزان بسیار بالای شاخص DI و HI را نشان داد که بیانگر تنش گرمایی شدید در طول ده روز آخر ماه‌های ژوئن و جولای بوده است. (Deb et al, 2010) آسایش در فضای باز را با استفاده از شاخص PET مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تغییر محیط زیست بر سلامتی و آسایش افراد تأثیر می‌گذارد و راحتی در یک فضای باز تحت تأثیر عوامل زیادی است.

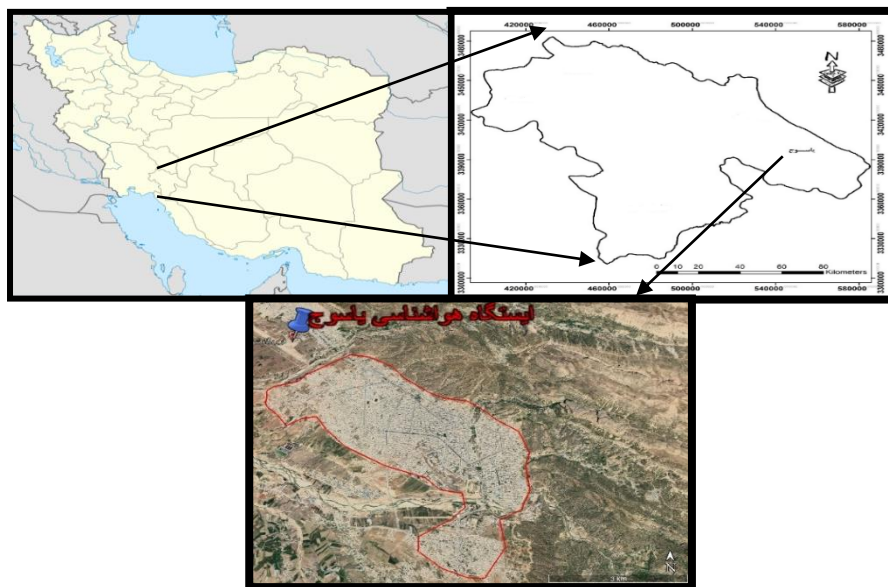
1. Tourism Climate Index
2. Predicted Percentage of Dissatisfied
3. Actual Sensation Vote
4. Sensation-Ginovi method thermal
5. Discomfort Index
6. Heat Load Index

در مدل موازنه انرژی پارامترهای هواشناسی درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و میزان ابرناکی آسمان وجود دارد، تغییرات اقلیمی چرخه اتمسفری باعث نوساناتی در این پارامترها می‌شود که این نوسانات در بسیاری از نقاط شدید بوده و طبیعتاً مقدار شاخص های اقلیم گردشگری مدل موازنه انرژی از این تغییرات متأثر می‌شود. در چند سال اخیر شناسایی روند، یک مسئله مهم در تجزیه و تحلیل سری های زمانی هواشناسی بوده است. بررسی روند علاوه بر مشخص کردن نوسانات طولانی عناصر هواشناسی، دوره تناوب و دیگر خصوصیات آنها را مشخص می‌کند (Fang Sang et al., 2014). لذا در این پژوهش ضمن محاسبه شاخص های اقلیم گردشگری حاصل از مدل موازنه انرژی و تعیین تقویم گردشگری شهر یاسوج، سعی می‌شود روند این شاخص ها و عوامل هواشناسی مؤثر بر آنها نیز در یک بازه زمانی طولانی مدت بررسی شود.

داده‌ها و روش تحقیق

معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر یاسوج مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد در محدوده جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۸ دقیقه و ۴۰ ثانیه تا ۳۰ درجه و ۴۱ دقیقه و ۲۰ ثانیه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۴ دقیقه و ۲۲ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه و ۳۷ ثانیه طول شرقی و در شمال شرقی استان واقع شد است. شهر یاسوج در کنار رودخانه بشار و در دامنه قله دنا در ارتفاع ۱۸۷۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است. در فصل زمستان برف زیادی در این شهر می‌بارد و اکثر نقاط و ارتفاعات اطراف آن برای مدتی طولانی پوشید از برف باقی می‌ماند. اصلی ترین جاذبه گردشگری شهر یاسوج آبشار یاسوج است. این آبشار (پارک جنگلی آبشار) در فاصله ۲ کیلومتری مرکز شهر و در شمال شهر یاسوج واقع است و هر ساله مورد توجه گردشگران ایرانی و خارجی قرار می‌گیرد. در شکل ۱ موقعیت شهر یاسوج در استان کهگیلویه و بویراحمد و کشور ایران نشان داده شده است.



شکل (۱): موقعیت شهر یاسوج در استان کهگیلویه و بویراحمد و کشور ایران

داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده پارامترهای اقلیمی روزانه (دمای هوای خشک، فشار بخار، رطوبت نسبی، سرعت باد و میزان ابرناکی آسمان) ایستگاه هواشناسی یاسوج در بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۸-۲۰۱۸) هستند که از سازمان هواشناسی استان کهگیلویه و بویراحمد اخذ شدند (جدول ۱).

جدول (۱): داده‌های مورد استفاده و نحوه استفاده از آنها در مدل ریمن

نحوه استفاده از پارامتر در مدل ریمن	نحوه برداشت و ثبت در ایستگاه هواشناسی	واحد	پارامتر ثبت شده در ایستگاه هواشناسی
میانگین روزانه بلند مدت: از داده‌های هر روز میانگین گرفته شد (میانگین روزانه) و سپس از میانگین‌های روزانه در دوره زمانی مورد مطالعه برای هر روز نیز میانگین گرفته شد (میانگین روزانه بلند مدت)	پارامترها در ۸ زمان در روز در ساعت-های ۱۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱ ثبت می‌شوند	درجه سانتی-گراد	دمای روزانه
		درصد	رطوبت نسبی
		اکتا	میزان ابرناکی آسمان
		هکتوپاسکال	فشار بخار
		متر بر ثانیه	سرعت باد

روش تحقیق

در این تحقیق برای تعیین زمان مناسب گردشگری در شهر یاسوج از شاخص‌های حاصل از اجرای مدل بیلان انرژی برای افراد (MEMI) یعنی شاخص‌های PMV، PET و SET استفاده شده است. به همین منظور ابتدا میانگین روزانه هر کدام از این پارامترهای اقلیمی مورد استفاده در دوره زمانی مورد مطالعه تعیین شد و سپس با قرار دادن میانگین پارامترها در مدل ریمن، شاخص‌های مذکور محاسبه شد. روند این شاخص‌ها و پارامترهای هواشناسی مؤثر بر آنها نیز با استفاده از آزمون ناپارامتری من - کندال مورد بررسی قرار گرفته است. محققین روش‌های مختلف پارامتری و ناپارامتری را جهت بررسی روند ارائه دادند (Hamed and Rao, 1998). در روش پارامتری نیاز است که داده‌ها مستقل بوده و از توزیع نرمال پیروی کنند. در صورتی که روش‌های ناپارامتری نیاز نیست داده‌ها از توزیع نرمال پیروی کنند و این روش‌ها نسبت به داده‌های پرت و گم شده حساسیت کمتری دارند (Hamed and Rao, 1998; Yue et al., 2002; Hamed, 2007). نقطه اشتراک دو آزمون پارامتری و ناپارامتری داشتن داده‌های مستقل است (Hamed, 2007). از آزمون من - کندال برای تعیین روند عناصر اقلیمی استفاده می‌شود. این آزمون ابتدا توسط من^۱ در سال ۱۹۴۵ ارائه شد (Man, 1945) و سپس توسط کندال^۲ در سال ۱۹۶۶ توسعه یافت (Kendall, 1975). این روش در همان سال‌ها مورد توجه سازمان جهانی هواشناسی^۳ قرار گرفت. همانند سایر آزمون‌های آماری، این آزمون بر مبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و در نهایت در مورد پذیرش یا رد فرض صفر تصمیم‌گیری می‌نماید. فرض صفر این آزمون مبتنی بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها است و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها است. در این تحقیق روند پارامترهای ورودی به مدل ریمن (دمای هوای خشک به درجه سانتی‌گراد، فشار بخار به هکتوپاسکال، رطوبت نسبی به درصد، سرعت باد به متر بر ثانیه و میزان ابرناکی آسمان بر حسب اکتا) برای محاسبه شاخص‌های اقلیم گردشگری PET، PMV و SET و خود شاخص‌ها در سه مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه بررسی شد. تعیین روند در آزمون من کندال بر اساس آماره Z صورت می‌گیرد.

$$Z > 1.96$$

روند معنی‌دار افزایشی

$$-1.96 < Z < 1.96$$

روند معنی‌دار نیست

$$Z < -1.96$$

روند معنی‌دار کاهشی

1. Man
2. Kendall
3. World Meteorological Organization

ابزارهای مختلفی برای بررسی آزمون من - کندال وجود دارد که یکی از مهمترین و ساده‌ترین نرم‌افزارها در این زمینه نرم-افزار XLSTAT است که به صورت یک الحاقیه به نرم‌افزار EXCEL اضافه می‌شود. در این مطالعه شاخص‌های اقلیم گردشگری و پارامترهای هواشناسی مؤثر بر آنها در دوره زمانی مورد مطالعه وارد نرم‌افزار EXCEL شد و سپس با استفاده از دستور مربوطه روند بررسی شد.

مدل بیلان انرژی برای افراد (MEMI) و شاخص‌های حاصل از آن از طریق روابط زیر قابل محاسبه هستند.

مدل بیلان انرژی برای افراد (MEMI)

تعداد زیادی شاخص ترموفیزیولوژیک که از بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده‌اند، وجود دارد که از طرف محققان آب و هواشناسی توریسم برای بررسی و ارزیابی ویژگی‌های آسایش حرارتی گردشگران مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدل MEMI جزء مدل‌های موازنه حرارتی ترمو- فیزیولوژیک است که به عنوان مبنایی برای بدست آوردن شاخص‌های PET، PMV و SET محسوب می‌گردد. در این مدل به چهار دسته پیراسنج شامل (۱) موقعیت جغرافیایی شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع هندسی محل، (۲) پارامترهای هواشناسی شامل دمای هوای خشک به درجه سانتی‌گراد، فشار بخار به هکتوپاسکال، رطوبت نسبی به درصد، سرعت باد به متر بر ثانیه و میزان ابرناکی آسمان بر حسب اکتا، (۳) متغیرهای فردی مثل قد، وزن، سن و جنسیت که به عنوان ویژگی‌های فیزیولوژیک مؤثر در مدل لحاظ می‌گردند و (۴) نوع پوشش (بر حسب کلو^۱) و فعالیت (بر حسب وات) نیاز است. در مورد پوشش، رقم ۰/۹ و فعالیت متوسطی مثل رانندگی با ۸۰ وات را می‌توان برای یکی از جنس‌های مرد یا زن در نظر گرفت (Hoppe, 1999). با توجه به اینکه داده‌های فیزیولوژیک، پوشش و نوع فعالیت بسیار متفاوت و متغیر هستند، می‌توان مواردی را به صورت میانگین متعارف جامعه یا حالت استاندارد در نظر گرفت که تفاوت بسیار ناچیزی در این زمینه بین زن و مرد وجود دارد و قابل چشم‌پوشی است. از حل معادلات مدل MEMI سه شاخص PMV، PET و SET که از مهمترین شاخص‌های دما - فیزیولوژی محسوب می‌شوند و در مطالعات مربوط به تعیین زمان مناسب برای توسعه گردشگری کاربرد وسیعی دارند، قابل محاسبه است.

شاخص PMV

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 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 آش^۲ سنجیده می‌شود و نشانگر احساس حرارتی متوسط یک دسته بزرگ از اشخاص از یک فضای معین می‌باشد

رابطه ۱ (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۳)

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

که

$$E = 3.05 \times 10^{-3} (256 tsk - 3373 - Pa) + Esw$$

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

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

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

H مستقیماً قابل اندازه‌گیری بوده و از طریق رابطه ۲ قابل محاسبه است.

۱. واحد نارسایی لباس را کلو می‌گویند. مقاومت گرمایی یک کلو معادل ۰/۱۵۵ وات بر درجه سانی‌گراد در متر مربع است.

رابطه ۲ (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۳)

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

که C_{rec} : تبادل حرارت همرفتی تعرق (w/m^2)، E_{rec} : تبادل حرارت تبخیری تعرق (w/m^2)، E_{sw} : تلفات حرارت تبخیری تعرق (w/m^2)، E_c : 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) و T_a : دمای هوا به درجه سانتی گراد است.

مقیاس PMV نوعی تقسیم‌بندی احساس حرارتی ۷ درجه‌ای است که دامنه مقادیر آن از $3/5 -$ تا $3/5 +$ تغییر می‌کند. صفر در این مقیاس نشانگر احساس حرارتی خنثی است (جدول ۲).

شاخص PET

شاخص دمای معادل فیزیولوژیک یا PET یکی دیگر از شاخص‌های معرف دما- فیزیولوژیک است. برای محاسبه دمای معادل فیزیولوژیک از معادله بیلان انرژی برای افراد یا MEMI استفاده می‌شود. مزیت اصلی این شاخص ارائه بر حسب واحد سلسیوس است که نتایج حاصل را برای برنامه‌ریزان بخش‌های مختلف که ممکن است آشنایی با اصطلاحات زیست اقلیمی ندارند، قابل درک می‌کند (اسماعیلی، ۱۳۸۹). در تعریف این شاخص برای موقعیت بیرون از منزل می‌توان گفت دمایی است که طی آن در یک اتاق نمونه بیلان حرارتی بدن انسان (نرخ سوخت و ساز با کار سبک ۸۰ وات بر نرخ سوخت و ساز پایه اضافه می‌شود که با دمای پوست و دمای مرکزی بدن انسان در شرایط بیرون از منزل در تعادل باشد که از طریق روابط ریاضی محاسبه می‌گردد.

رابطه ۳ (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۳)

$$H + C + R + E_p + E_{sr} + E_{lr} + E_{sw} + E_f = S \quad \text{نرخ جریان خون}$$

$$Q_b = (6/3 + 75 (t_c - 36/6)) / (1 + 0/5 (34 - t_{sk})) \quad \text{نرخ تعرق}$$

$$S_w = 8/4710 - 5 ((1t_{sk} + 0/9t_c) - 35/6) \text{kg/sm}^2 \quad \text{تولید حرارت}$$

$$H = M (1 - \eta) \quad \text{شار حرارت همرفتی}$$

$$C = Ask f_{cl} (T_a - T_{sk}) \quad \text{شار حرارت تابشی}$$

$$R = Ask f_{cl} f_{cfe} \delta (t_{r4} - T_{sk}^4) \quad \text{انتشار بخار آب}$$

$$(P_{vsk} - P_a) r_m = ED \quad \text{اتلاف حرارت بوسیله تعرق}$$

$$E_{sr} = r_{tm} C_p (T_a - T_r) \quad \text{اتلاف حرارت پنهانی بوسیله تعرق}$$

$$E_{lr} = r_{tm} r (P_a - P_{vr}) / P_a \quad \text{اتلاف حرارت بوسیله تبخیر}$$

$$E_{sw} = S_w r \quad \text{برای زن}$$

$$E_{sw} = Ask r_{hc} 0/622 / P_a (P_a - P_{vsk}) \quad \text{حرارت افزوده یا تلف شده از طریق غذا یا آشامیدنی‌ها}$$

$$E_f = m f_{cf} (T_f - T_c) \quad \text{حرارت منتقل شده از مرکز به پوست}$$

$$Q_b = \rho_b C_b (T_{sk} - T_c) = \frac{T_{sk} - T_{cl}}{I_{cl}} (22) \quad \text{حرارت وارد شده از پوست به محیط}$$

که M : نرخ سوخت و ساز (w/m^2)، S : حرارت خالص ذخیره شده در هسته، η : کارایی مکانیکی، Ask : سطح پوست (m^2)، $f_{cfe} f_{cl}$: نسبت مساحت شخص پوشیده به مساحت بدون پوشش، T_a : دمای هوا (درجه سانتی گراد)، T_r : دمای تابش متوسط

(درجه سانتی‌گراد)، Tc1: دمای سطح لباس (درجه سانتی‌گراد)، Pa: فشار بخار جزئی (پاسکال)، Pvr: فشار بخار اشباع در دمای پوست، hc: ضریب انتقال حرارت همرفتی (k/w)، Cb، Cf و Cp: به ترتیب گرمای ویژه هوا، غذا و خون، rtm: جرم هوای تعریفی در هر ثانیه، mf: معادل غذا در واحد وات، δ: ضریب ثابت استفان بولتزمن، ε: قابلیت انتشار پوست، t: حرارت نهانی تبخیر، Pb: چگالی خون، Cb: حرارت ویژه خون، Ic1: مقاومت لباس در برابر انتقال حرارت و Tsk: دمای پوست است.

شاخص SET

نوع پیشرفته شاخص دمای مؤثر^۱ یا ET است و در محاسبه آن از پارامترهایی استفاده می‌شود که برای محاسبه‌ی شاخص‌های PMV و PET از آنها استفاده شده است ولی مقدار آستانه از طریق جدول ۳ محاسبه می‌گردد و محاسبه دقیق‌تر آن از طریق مدل ریمن امکان‌پذیر است.

$$ET = T - 0.6(T - 10)(1 - RH/100)$$











رابطه ۴ (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۳)

که T دما بر حسب درجه سلیسیوس و RH رطوبت نسبی به درصد می‌باشد. به دلیلی که محاسبه این معادلات پیچیده و وقت‌گیر است، برای بدست آوردن شاخص‌های مورد نظر، پارامترهای اقلیمی به صورت میانگین بلند مدت روزانه به عنوان ورودی‌های مدل، وارد نرم‌افزار ریمن شد.

جدول (۲): مقادیر آستانه شاخص‌های PET و PMV در درجات مختلف حساسیت انسان

رنگ مشخصه	PMV	PET	حساسیت حرارتی	درجه تنش فیزیولوژیک
	<-۳/۵	<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

جدول (۳): مقادیر آستانه شاخص SET در درجات مختلف حساسیت انسان

رنگ مشخصه	ضریب آسایش	حساسیت حرارتی
	<۳۰	فوق العاده گرم
	۳۰-۲۷/۵	شرجی
	۲۷/۵-۲۵/۶	خیلی گرم
	۲۵/۶-۲۲/۲	گرم
	۲۲/۲-۱۷/۸	آسایش
	۱۷/۸-۱۵/۵	خنک
	۱۵/۵-۱/۶۷	خیلی خنک
	(-۱/۶۷) - (-۱۰)	سرد
	(-۱۰) - (-۲۰)	خیلی سرد
	<-۲۰	فوق العاده سرد

یافته‌ها

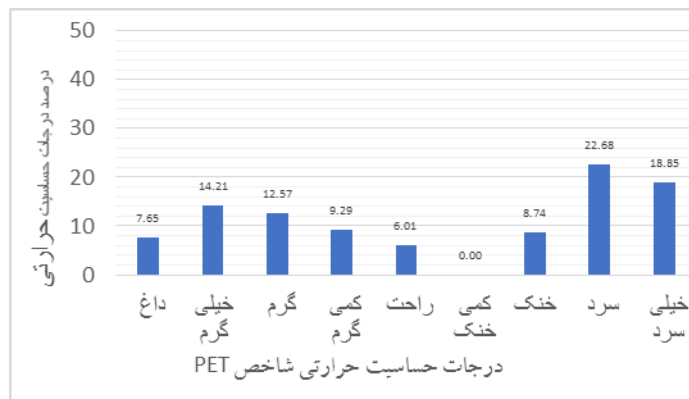
شاخص PET

در جدول ۴ درجه حساسیت شاخص PET در تمام روزهای سال در شهر یاسوج نشان داده است.

جدول (۴): درجه حساسیت شاخص PET در تمام روزهای سال در شهر یاسوج

Months/Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	حسابیت حرارتی	رنگ مشخصه
January	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	خیلی سرد	خیلی سرد
February	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	سرد	سرد
March	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	خنک	خنک
April	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	کمی خنک	کمی خنک
May	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	راحت	راحت
June	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	کمی گرم	کمی گرم
July	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	گرم	گرم
August	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	خیلی گرم	خیلی گرم
September	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	داغ	داغ
October	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
November	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
December	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		

بر اساس مقادیر آستانه این شاخص و رنگ مشخصه مربوط به آنها در جدول ۲، ۸۰ روز از سال (از اوایل ماه جولای تا اواسط سپتامبر، تقریباً معادل اوایل ماه تیر تا اواخر شهریور) در شهر یاسوج تنش گرمایی برای گردشگران شدید تا بسیار شدید است و شرایط حرارتی خیلی گرم تا داغی وجود دارد. از دهه پایانی ماه آوریل تا اواخر ژوئن (معادل اوایل ماه اردیبهشت تا دهه اول تیر) یعنی باز هم حدود ۸۰ روز آسایش حرارتی کمی گرم تا گرمی در شهر یاسوج برای گردشگران وجود دارد. گردشگران فقط حدود ۲۲ روز در ماه آوریل (از روز طبیعت یعنی سیزدهم ماه فروردین تا انتهای دهه اول اردیبهشت) در شرایط آسایشی راحت و بدون تنش سرما در شهر یاسوج به سیر و سیاحت می‌پردازند. بر اساس نتایج و آستانه‌های شاخص PET، کلاس حساسیت حرارتی کمی خنک در شهر یاسوج وجود ندارد. دو دهه اول ماه اکتبر (معادل دو دهه پایانی ماه مهر) در شهر یاسوج، آسایش حرارتی برای گردشگران خنک است. حدود ۱۵۰ روز از سال (از دهه پایانی ماه اکتبر تا اواخر مارس معادل اواخر مهر تا دهه اول فروردین) تنش سرمایی شدید تا بسیار شدیدی در شهر یاسوج احساس می‌شود و گردشگران با شرایط سرد تا خیلی سردی روبرو هستند. در شکل ۲ درصد طبقات حساسیت حرارتی در یک سال در شهر یاسوج بر اساس شاخص PET نشان داده شده است.



شکل (۲): درصد طبقات حساسیت حرارتی در یک سال در شهر یاسوج بر اساس شاخص PET

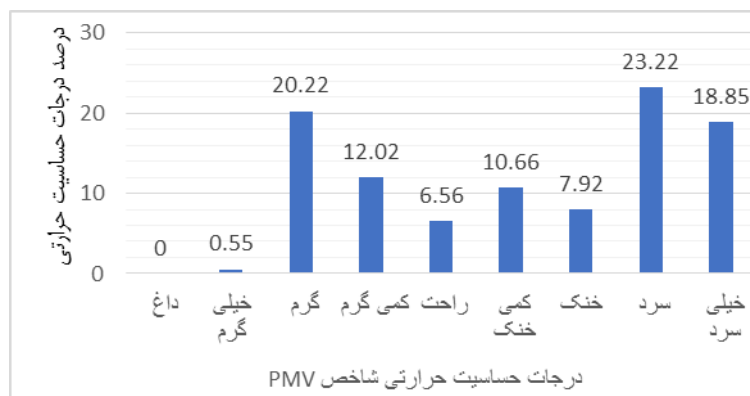
شاخص PMV

در جدول ۵ درجه حساسیت شاخص PMV در تمام روزهای سال در شهر یاسوج نشان داده است.

جدول (۵): درجه حساسیت شاخص PMV در تمام روزهای سال در شهر یاسوج

Months/day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	حسابت حرارتی	رنگ مشخصه	
January																																	خیلی سرد	
February																																	سرد	
March																																	خنک	
April																																	کمی خنک	
May																																	راحت	
June																																	کمی گرم	
July																																	گرم	
August																																	خیلی گرم	
September																																	داغ	
October																																		
November																																		
December																																		

بر اساس مقادیر آستانه شاخص PMV در جدول ۲، گردشگران در هیچکدام از روزهای سال در شهر یاسوج تنش گرمایی احساس نمی‌کنند. شرایط اقلیم گردشگری در شهر یاسوج از اوائل ماه ژوئن (دهم ماه خرداد) تا اواخر ماه سپتامبر (دهم ماه مهر) یعنی حدود ۱۲۰ روز، کمی گرم تا گرم است. شرایط آسایشی برای گردشگران فقط حدود ۲۴ روز، دو دهه پایانی ماه می (معادل دهه پایانی ماه اردیبهشت و دهه اول ماه خرداد) راحت است. حدود ۷۰ روز از سال در شهر یاسوج، گردشگران تنش سرمایی متوسط تا اندکی را احساس می‌کنند و شرایط آسایشی کمی خنک تا خنک است که این شرایط در ماه‌های آوریل (معادل سیزدهم فروردین تا اواخر دهه اول اردیبهشت) و اکتبر (انتهای دهه اول مهر تا انتهای دهه اول آبان) به وقوع می‌پیوندد. حدود ۱۵۵ روز در یک سال در شهر یاسوج، تنش سرمایی شدید تا بسیار شدید و شرایط سرد تا خیلی سردی (اوایل ماه نوامبر تا اواخر ماه مارس) (دهم آبان تا دهم فروردین) وجود دارد. در شکل ۳ درصد طبقات حساسیت حرارتی در یک سال در شهر یاسوج بر اساس شاخص PMV نشان داده شده است.



شکل (۳): درصد طبقات حساسیت حرارتی در یک سال در شهر یاسوج بر اساس شاخص PMV

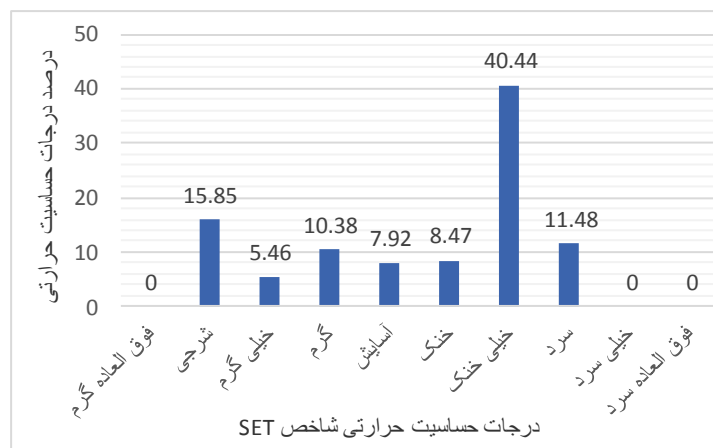
شاخص SET

تغییرات شاخص SET برای تمام روزهای سال در شهر یاسوج در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول (۶): تغییرات شاخص SET برای تمام روزهای سال در شهر یاسوج

Months/Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	حسابیت حرارتی	رنگ مشخصه		
January																																	فوق العاده گرم	زرد	
February																																		شرجی	قهوه ای
March																																		خیلی گرم	قرمز
April																																		گرم	سبز
May																																		آسایش	صورتی
June																																		خنک	سبز
July																																		خیلی خنک	سبز
August																																		سرد	قهوه ای
September																																		خیلی سرد	سبز
October																																		فوق العاده سرد	سبز
November																																			
December																																			

بر اساس نتایج محاسبه شاخص SET، شرایط فوق العاده گرم در هیچ کدام از روزهای سال در شهر یاسوج وجود ندارد. ماه‌های جولای و اگوست (دهم تیر تا دهم شهریور) شرایط آسایش اقلیمی برای گردشگران در شهر یاسوج حالت شرجی دارد. ماه ژوئن (دهم ماه خرداد تا دهم تیر) و نیمه دوم سپتامبر (بیست و پنج شهریور تا دهم مهرماه) شرایط آسایشی برای گردشگران در شهر یاسوج گرم تا خیلی گرم است. شرایط آسایشی برای گردشگران در شهر یاسوج در سال حدوداً یک ماه و عمدتاً نیمه دوم ماه می (بیست و پنجم اردیبهشت تا دهم خرداد) برقرار است. شرایط اقلیمی در حدود ۱۸۰ روز در طول سال در شهر یاسوج خنک تا خیلی خنک است که این وضعیت از اوایل ماه اکتبر تا اواخر ماه فوریه (دهم مهر ماه تا دهم دی ماه) و ماه آوریل (دهم فروردین تا دهم اردیبهشت) به وقوع می‌پیوندد. دهم اسفند تا دهم فروردین در شهر یاسوج شرایط خیلی سردی در شهر یاسوج حاکم است. بر اساس آستانه‌های تعریف شده برای شاخص SET، شرایط خیلی سرد تا فوق العاده سرد در طول سال در شهر یاسوج وجود ندارد اما ماه مارس (دهم اسفند تا دهم فروردین) و نیمه دوم ماه نوامبر (بیست و پنج آبان تا دهم آذرماه) یعنی حدود ۴۰ روز شرایط سردی در شهر یاسوج به لحاظ آسایش اقلیمی برای گردشگران وجود دارد. در شکل ۴ درصد طبقات حساسیت حرارتی در یک سال در شهر یاسوج بر اساس شاخص SET نشان داده شده است



شکل (۴): درصد طبقات حساسیت حرارتی در یک سال در شهر یاسوج بر اساس شاخص SET

تحلیل روند شاخص‌ها و پارامترهای مؤثر بر آنها

در جدول ۷ تا ۹ نتایج بررسی روند پارامترهای هواشناسی و شاخص‌های اقلیم گردشگری با استفاده از آزمون من-کندل به ترتیب در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه نشان داده شده است. با توجه به جدول ۷، پارامتر دمای خشک در تمام ماه‌های سال دارای روند است. پارامتر فشار بخار در نه ماه از سال دارای روند و در سه ماه از سال بدون روند است. پارامتر سرعت باد در هفت

ماه از سال دارای روند و در پنج ماه از سال بدون روند است. پارامتر رطوبت در شش ماه از سال دارای روند و در شش ماه دیگر بدون روند است. پارامتر میزان ابرناکی در شش ماه از سال دارای روند و در شش ماه دیگر سال بدون روند است. پارامترهای دمای خشک و فشار بخار از ماه فوریه تا ماه ژوئن (معادل دوازدهم بهمن تا دهم تیر) به صورت افزایشی و از ماه آگوست تا ژانویه (معادل یازدهم مرداد تا یازدهم بهمن ماه) به صورت کاهش می‌کند. پارامترهای سرعت باد، رطوبت و میزان ابرناکی از ماه فوریه تا ماه ژوئن عمدتاً بدون روند و از ماه آگوست تا ژانویه عمدتاً دارای روند معنی‌دار کاهش هستند. شاخص‌های اقلیم گردشگری یعنی PET، SET و PMV در همه ماه‌های سال به جزء ماه جولای (معادل مرداد ماه) دارای روند هستند، به طوری که هر سه شاخص از ماه فوریه تا ژوئن دارای روند افزایشی و از ماه آگوست تا ماه ژانویه دارای روند کاهش هستند. با توجه به جدول ۸، پارامتر دمای خشک در ماه‌های بهار و تابستان دارای روند افزایشی و در ماه‌های پاییز و زمستان دارای روند کاهش هستند. پارامترهای فشار بخار و سرعت باد در ماه بهار دارای روند معنی‌دار افزایشی و در ماه‌های تابستان، پاییز و زمستان دارای روند معنی‌دار کاهش هستند. پارامترهای رطوبت و میزان ابرناکی در فصل‌های بهار و تابستان دارای روند معنی‌دار کاهش و در فصل‌های پاییز و زمستان دارای روند معنی‌دار افزایش هستند. هر سه شاخص SET، PET و PMV در فصل بهار دارای روند معنی‌دار افزایشی و در بقیه فصول دارای روند معنی‌دار کاهش هستند.

جدول (۷): معنی‌داری روند پارامترها و شاخص‌ها مورد بررسی در مقیاس ماهانه با استفاده از آماره من- کندال

معنی‌داری روند پارامترها و شاخص‌ها								ماه
PMV	PET	SET	میزان ابرناکی	رطوبت	سرعت باد	فشار بخار	دمای خشک	
معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار نیست	معنی‌دار کاهش	January
معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار نیست	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	February
معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	March
معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار نیست	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار نیست	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	April
معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار نیست	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	May
معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	June
معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار نیست	معنی‌دار افزایشی	July
معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	August
معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	September
معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار کاهش	October
معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	November
معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار نیست	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	معنی‌دار کاهش	December

جدول (۸): معنی‌داری روند پارامترها و شاخص‌ها مورد بررسی در مقیاس فصلی با استفاده از آماره من - کندال

معنی‌داری روند پارامترها و شاخص‌ها								فصل
PMV	PET	SET	میزان ابرناکی	رطوبت	سرعت باد	فشار بخار	دمای خشک	
معنی‌دار نیست	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار نیست	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	بهار
معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار نیست	معنی‌دار افزایشی	تابستان
معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	پاییز
معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار افزایشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار کاهشی	زمستان

جدول (۹): معنی‌داری روند پارامترها و شاخص‌ها مورد بررسی در مقیاس سالانه با استفاده از آماره من - کندال

معنی‌داری روند پارامترها و شاخص‌ها								فصل
PMV	PET	SET	میزان ابرناکی	رطوبت	سرعت باد	فشار بخار	دمای خشک	
معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار کاهشی	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	معنی‌دار نیست	۱۹۸۸-۲۰۱۸

با توجه به جدول ۹، همه پارامترها در مقیاس زمانی سالانه بدون روند هستند.

نتیجه‌گیری

اقلیم به عنوان پدیده‌ای جغرافیایی، رابطه‌ای تنگاتنگ و انکارناپذیر با گردشگری و توسعه مقاصد گردشگری دارد (بیاتی خطیبی و همکاران، ۱۳۹۵). یک اقلیم مناسب می‌تواند پاسخ‌های مثبت گردشگران را در پی داشته باشد و گردشگران نیز برنامه سفر خود را با توجه به شرایط اقلیمی و جوی مقصد مورد نظر برنامه‌ریزی کنند. به جرأت می‌توان گفت که کمتر فعالیت اقتصادی وجود دارد که به اندازه گردشگری به آب و هوا وابسته باشد. برای بررسی شرایط زیست اقلیمی گردشگری مدل‌های مختلفی ارائه شده است. مدل ریمن به لحاظ استفاده از پارامترهای مختلف اقلیمی، فرم محاسباتی مناسب و پشتیبانی توسط نرم‌افزار مربوطه، بیشتر از سایر روش‌ها مورد توجه محققان داخلی و خارجی قرار گرفته است که در این تحقیق تقویم گردشگری شهر یاسوج نیز با استفاده از سه شاخص خروجی مدل ریمن یعنی PET، SET و PMV در یک دوره زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸) و سپس روند زمانی این شاخص‌ها و پارامترهای هواشناسی مؤثر بر آنها مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج محاسبه شاخص PET، در شهر یاسوج گردشگران در ماه فرودین شرایط راحت و بدون تنش سرما، در ماه‌های اردیبهشت و خرداد شرایط حرارتی کمی گرم تا گرم با تنش گرمایی اندک تا متوسط، در فصل تابستان شرایط حرارتی خیلی گرم تا داغ با تنش گرمایی شدید تا بسیار شدید، در ماه مهر شرایط حرارتی خنکی با تنش سرمای متوسط و از اوایل ماه آبان تا اواخر فصل زمستان نیز شرایط حرارتی سرد تا خیلی سرد با تنش سرمای شدید تا بسیار شدید را تجربه می‌کنند. در زمینه استفاده از شاخص PET، باعقیده و همکاران (۱۳۹۱)، آروین و شجاعی‌زاده (۱۳۹۳) و بوراتیتی و ریکسیاردی (۲۰۰۹) شرایط آسایش اقلیمی در مناطق مورد بررسی‌شان را عمدتاً در دو دوره مجزا یعنی از اوایل تا اواسط فصل بهار و اوایل فصل پاییز نشان دادند. درصد اختصاص یافته به طبقات حساسیت حرارتی خیلی گرم تا داغ، کمی گرم تا گرم، راحت، کمی خنک تا خنک و سرد تا خیلی سرد در شهر

یاسوج در یک سال به ترتیب حدود ۲۲، ۲۳، ۶، ۹ و ۴۲ درصد است، لذا بر اساس شاخص PET، شرایط اقلیم گردشگری شهر یاسوج در یک سال عمدتاً سرد تا خیلی سرد است.

در محاسبه شاخص PMV نتایج نشان داد که برای گردشگران در شهر یاسوج در نیمه دوم فروردین تا دهه اول اردیبهشت شرایط حرارتی کمی خنک تا خنک با تنش سرمای اندک تا متوسط وجود دارد. شرایط آسایش بدون تنش سرما از دهه پایانی ماه اردیبهشت تا دهه اول ماه خرداد برقرار است. از دهه دوم ماه خرداد تا دهه اول ماه مهر شرایط حرارتی کمی گرم تا گرم با تنش گرمایی اندک تا متوسط، از دهه دوم ماه مهر تا دهه اول آبان مجدداً شرایط حرارتی کمی خنک تا خنک با تنش سرمای اندک تا متوسط و از دهه دوم آبان تا دهه اول فروردین نیز شرایط حرارتی سرد تا خیلی سرد با تنش سرمای شدید تا بسیار شدیدی وجود دارد. در زمینه استفاده از شاخص PMV، باعقیده و همکاران (۱۳۹۱) و آروین و شجاعی‌زاده (۱۳۹۳) شرایط آسایش اقلیمی در مناطق مورد بررسی‌شان را عمدتاً در دو دوره مجزا یعنی از اوایل فصل بهار و اوایل فصل پاییز نشان دادند. درصد اختصاص یافته به طبقات حساسیت حرارتی خیلی گرم تا داغ، کمی گرم تا گرم، راحت، کمی خنک تا خنک، سرد تا خیلی سرد در شهر یاسوج در یک سال به ترتیب حدود صفر، ۳۰، ۶، ۱۷ و ۴۰ درصد است، لذا بر اساس شاخص PMV نیز شرایط اقلیم گردشگری شهر یاسوج در یک سال عمدتاً سرد تا خیلی سرد است.

بر اساس نتایج محاسبه شاخص SET، شرایط فوق‌العاده گرم در هیچ کدام از روزهای سال در شهر یاسوج وجود ندارد. ابتدای فصل تابستان تا دهم شهریور شرایط آسایش اقلیمی برای گردشگران در شهر یاسوج حالت شرجی دارد. دو دهه پایانی ماه خرداد و شهریور شرایط آسایشی برای گردشگران در شهر یاسوج گرم تا خیلی گرم است. شرایط آسایشی برای گردشگران در شهر یاسوج اواخر اردیبهشت و اوایل خرداد است. شرایط اقلیمی در حدود ۱۸۰ روز در طول سال در شهر یاسوج خنک تا خیلی خنک است که این وضعیت از اوایل ماه اکتبر تا اواخر ماه فوریه (دهم مهر ماه تا دهم دی ماه) و ماه آوریل (دهم فروردین تا دهم اردیبهشت) به وقوع می‌پیوندد. دهم اسفند تا دهم فروردین در شهر یاسوج شرایط خیلی سردی حاکم است. درصد اختصاص یافته به طبقات حساسیت حرارتی شرجی تا گرم، آسایش، خنک تا خیلی خنک و سرد در شهر یاسوج در یک سال به ترتیب حدود ۳۰، ۸، ۴۸ و ۱۱ درصد است، لذا بر اساس شاخص PMV، شرایط اقلیم گردشگری شهر یاسوج در یک سال عمدتاً خنک تا خیلی خنک است. به طور کلی بر اساس هر سه شاخص مورد بررسی شرایط آسایش و راحت بدون تنش گرمایی یا سرمای برای گردشگران در شهر یاسوج ۶ تا ۷ درصد از کل روزهای سال یعنی حدوداً معادل یک ماه است که این شرایط بر اساس شاخص PET، در ماه فروردین و بر اساس شاخص‌های PMV و SET در اواخر اردیبهشت و اوایل خرداد است و به طور کلی تر بر اساس هر سه شاخص مورد بررسی شرایط آسایش و راحتی برای گردشگران در شهر یاسوج در فصل بهار است. بر اساس شاخص‌های PET و PMV شرایط اقلیم گردشگری در شهر یاسوج در یک سال عمدتاً سرد تا خیلی سرد با تنش سرمای شدید تا بسیار شدید برای گردشگران است در صورتی که شرایط عمده اقلیم گردشگری بر اساس شاخص SET، خنک تا خیلی خنک است. در مقایسه با واقعیت‌های اقلیمی به نظر می‌آید که شاخص PMV نسبت به دو شاخص دیگر بهتر گویای تقویم گردشگری شهر یاسوج هم به لحاظ تعیین مناسب‌ترین زمان گردشگری هم به لحاظ شرایط عمده اقلیم گردشگری در طول سال است. در موضوع بررسی روند شاخص‌های اقلیم گردشگری و پارامترهای مؤثر بر آنها، نتایج به طور کلی نشان دهنده این است که در مقیاس ماهانه پارامترهای دمای خشک و فشار بخار دارای روند به طوری که از بهمن تا تیر دارای روند افزایشی و از مرداد تا دی دارای روند کاهشی هستند. پارامترهای رطوبت، سرعت باد و میزان ابرناکی از ماه بهمن تا تیر بدون روند و از ماه مرداد تا دی دارای روند کاهشی هستند. شاخص‌های PET، SET و PMV در همه ماه‌های سال به جزء ماه جولای (معادل مرداد ماه) دارای روند هستند، به طوری که هر سه شاخص از ماه بهمن تا تیر دارای روند افزایشی و از ماه مرداد تا ماه دی دارای روند

کاهش می‌دهند. در مقیاس فصلی پارامترهای دمای خشک، سرعت باد و فشار بخار در فصل بهار و تابستان دارای روند معنی‌دار افزایشی و در فصل پاییز و زمستان دارای روند معنی‌دار کاهش می‌باشند. در صورتی که پارامترهای رطوبت و میزان ابرناکی در فصل‌های بهار و تابستان دارای روند معنی‌دار کاهش می‌باشند و در فصل‌های پاییز و زمستان دارای روند معنی‌دار افزایشی هستند. هر سه شاخص SET، PET و PMV در فصل بهار دارای روند معنی‌دار افزایشی و در بقیه فصول دارای روند معنی‌دار کاهش می‌باشند.

منابع

- اسماعیلی، رضا؛ گندمکار، امیر؛ حبیبی نوخندان، مجید (۱۳۹۰): ارزیابی اقلیم آسایشی چند شهر اصلی گردشگری ایران با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک PET. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۵، ص ۶۱-۴۷.
- آروین، عباسعلی؛ شجاعی‌زاده، کبری (۱۳۹۳): ارزیابی شرایط اقلیم گردشگری شهر شیراز با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژی (PET) و متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV). فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال هفتم، شماره ۲۶، ص ۹۸-۸۷.
- باغقیده، محمد؛ عسکری، الهه؛ شجاع، فائزه؛ جمال‌آبادی، جواد (۱۳۹۱): بررسی و مقایسه‌ی عملکرد پارامترهای مدل ریمن در تعیین تقویم گردشگری، مطالعه موردی شهر اصفهان. جغرافیا و توسعه، شماره ۳۶، ص ۱۳۵-۱۴۴.
- بن شمس، آمنه؛ گندمکار، امیر؛ عطایی، هوشمند؛ صابری، حمید (۱۳۹۹): بررسی روند تغییرات دمایی و اقلیم آسایش گردشگری جزایر قشم و کیش در عصر گرمایش جهانی. جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، سال ۱۰، شماره ۳، ص ۷۶۵-۷۴۱.
- بیاتی خطیبی، مریم؛ ملکی، شهرام؛ غفاری، درنا؛ هادی، ثریا (۱۳۹۵): پهنه‌بندی مناطق مناسب فتوتوریسم در ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۰، شماره ۵۷، ص ۶۳-۷۹.
- پناهی، علی؛ ستاری، علیرضا (۱۳۹۶): تحلیلی بر پتانسیل‌های اقلیم گردشگری در شهرهای دامنه سیلان. جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۱، شماره ۶۲، ص ۶۱-۷۷.
- تقوایی، مسعود؛ جلالیان، فاطمه (۱۳۹۶): تعیین زمان مناسب برای گردشگری شهری در استان خوزستان. جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۱، شماره ۶۱، ص ۱۱۱-۱۲۵.
- حاجری، زینب؛ ناصر زاده، محمدحسین؛ تقوی گودرزی، سعید (۱۳۹۸): تهیه تقویم اکوتوریسم حوزه خلیج فارس بر اساس شاخص‌های مدل MEMI (مطالعه موردی: بوشهر). فصلنامه علمی مطالعات مدیریت گردشگری، سال چهاردهم، شماره ۴۶، ص ۲۴۵-۲۸۲.
- قنبری، سیروس؛ کریمی، جعفر (۱۳۹۲): بررسی تغییرات شاخص اقلیم گردشگری (T.C.I) در استان اصفهان در دوره زمانی (۱۹۷۶-۲۰۰۵). برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۳، شماره ۱۲، ص ۷۱-۸۲.
- گندمکار، امیر؛ مرادمند، سعیده (۱۳۹۲): بررسی روند تغییرات اقلیم آسایش گردشگری استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخص PMV. فصلنامه فضای گردشگری، دوره ۲، شماره ۸، ص ۱۴-۱.

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

De Freitas, C.R (2003): Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector, *International journal Biometeorology*, 48: 45-54.

Deb, C., Ramachandriah, A (2010): The significance of physiological equivalent temperature (PET) in outdoor thermal comfort studies, *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(7): 2825- 2828.

Fang Sang, Y., Wang, Z., Liu, CH (2014): Comparison of the MK test and EMD method for trend and EMD method for trend identification in hydrological time Series, *Journal of Hydrology*, 510: 293-298.

Fanger, P.O. (1972): *Thermal Comfort*, McGraw-Hill, New York.

- Hamed, Kh., Rao, R (1998): A modified MannKendall trend test for autocorrelated data", *Journal of Hydrology*, 204:182-196.
- Honjo, T (2009): Thermal comfort in outdoor environment, *Global Environmental Research*, 13: 43-47.
- Hoppe, P (1999): The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment, *International Journal of Biometeorolgy*, 43:71- 75.
- Jendritzky, G., Menz, G., Schmidt-Kessen, W., Schirmer, H (1990): Methodik Zur Räumlichen Bewertung der Thermischen Komponente im Bioklima des Menschen, Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover.
- Kendall, M.G (1975): Rank Correlation Measures, Charles Griffin, London.
- Lecha, L., Shackelford, P (1997): Climate services for tourism and recreation, *WMO Bulletin*, 46-49.
- Mann, H.B (1945): Nonparametric Tests Against Trend, *Econometrica*, 13: 245–259.
- Mason, P (2003): *Tourism Impacts: Planning and Management*, Butterworth- Heinemann An imprint of Elsevier Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, 200 Wheeler Road, Burlington, MA 01803, First published.
- Matzarakis, A (2001): Climate and Bioclimatic Information for the Tourism in Greece. Proceeding of the 1st International workshop climate, tourism and recreation. International society of biometeorology, commission on climate, tourism and recreation.
- Shackford, P., Olsson, Le (1995): Tourism, climate and wether , *WMO Bulletin*, 44: 239-242.
- Pantava, K., Theharatos, G., Mavrakis, A., Sacntamuris, M (2010): Evaluating thermal comfort condition and heat responses during an extremely hot summer in Athens, *Building and Environment*, 46:339-344.
- Thorsson, S., Lindquist, M., Lindquist, S (2006): Thermal Bioclimatic Conditions and Patterns of Behaviour in an Urban Uark in Goteborg Sweden, *International Journal of Biometorol*, 48:149-156.
- Yue, Sh., Pilon, P., Phinney, B., Cavadias (2002): The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series, *Hydrological Processes*, 16:1807–1829.
- Zaninovic, K., Matzarakis, A (2004): Variation and Trends of Thermal Comfort at The Adriatic coast., Ber. Motorola. Inst. Univ. Freiburg Nr. 12: 74-81.