

جغرافیا و توسعه شماره ۳۶ پاییز ۱۳۹۳

وصول مقاله : ۱۳۹۰/۱۱/۲۵

تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۹/۲۶

صفحات : ۱۴۴-۱۳۵

بررسی و مقایسه‌ی عملکرد پارامترهای مدل ریمن در تعیین تقویم مناسب گردشگری مطالعه موردی: شهر اصفهان

دکتر محمد باعقیده^۱، الهه عسگری^۲، فائزه شجاع^۳، جواد جمال‌آبادی^۴

چکیده

آب و هوا از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تعیین زمان مناسب گردشگری است. جمعیت قابل توجه، موقعیت مناسب شهر اصفهان در ایران مرکزی و برخورداری از جاذبه‌های فراوان آن را به عنوان قطب گردشگری ایران مطرح کرده است. در این پژوهش برای تعیین زمان مناسب گردشگری در شهر اصفهان از شاخص‌های زیست‌اقلیمی به کار رفته در مدل ریمن و همچنین داده‌های اقلیمی دمای هوا، رطوبت نسبی، میزان ابرناکی آسمان و سرعت باد استفاده شده است. پارامترهای مورد نیاز از سازمان هواشناسی کشور در بازه‌ی زمانی (۲۰۰۸ تا ۱۹۹۵) استخراج و مورد بررسی قرار گرفتند. با در نظر گرفتن میانگین درازمدت داده‌های فوق مقادیر شاخص‌های SET, PET, و PMV با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار ریمن محاسبه و مقایسه گردید. بررسی‌ها که در قالب تقویم زمانی ارائه شده نشان می‌دهد که با توجه به نتایج دو شاخص VPM و PET روزهای ۱ تا ۱۷ فروردین و ۲۰ مهر تا ۶ آبان بهترین بازه‌ی زمانی برای حضور گردشگران در اصفهان است. اما براساس خروجی‌های شاخص SET هر چند که دوره‌ی آسایش اقلیمی منطبق بر همین ماه‌هاست، ولی تنش‌های گرمایی طولانی‌مدت بر منطقه حاکم است که نمی‌تواند با واقعیت اقلیمی سازگار باشد. در نهایت مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از هر سه شاخص نشان داد که شاخص‌های PMV و PET شناخت بهتری از زیست‌اقلیم منطقه‌ی مورد مطالعه ارائه می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: گردشگری، شاخص زیست‌اقلیمی، آسایش اقلیمی، اصفهان.

m.baaghideh2005@hsu.ac.ir
Elaheh.asgari2011@gmail.com
faezeshoja@pgs.usb.ac.ir
jamalabadi@hsu.ac.ir

۱- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری (نویسنده مسؤل)
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری
۳- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان
۴- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری

مقدمه

به نظر می‌رسد این مقصد مهم گردشگری نیز به‌مانند دیگر مقاصد پراهمیت گردشگری کشور، در طی دهه‌های اخیر به صورت نامدون و بدون برنامه‌ی رشد یافته که می‌تواند با برنامه‌ریزی توسعه‌ی جهانگردی و یک سیاست‌گذاری در امر گردشگری به توسعه‌ی پایدار دست پیدا کند و دستیابی به این مهم مستلزم آن است که با مدیریت صحیح در جذب گردشگرهای داخلی و خارجی از بعد درآمدزایی و اشتغال‌زایی با زمینه‌سازی فرهنگی کوشید. بدین‌منظور برای توسعه‌ی گردشگری در این منطقه لازم است زمان‌ها و مکان‌های مناسب جهت حضور گردشگران مشخص شود و یکی از مهمترین نیازهای گردشگران آگاهی از وضعیت اقلیمی و زمان‌های مساعد برای گردشگری است که در این پژوهش سعی شده است با استفاده قابلیت‌های مدل ریمن این مقوله مورد بررسی قرار گیرد.

پیشینه‌ی تحقیق

تاکنون تلاش‌های زیادی در زمینه‌ی ارزیابی آسایش اقلیمی محل سکونت انسان صورت گرفته است که از جمله فعالیت‌های انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعات میچکوفسکی اشاره کرد که با در نظر گرفتن ۷ پارامتر اقلیمی، شاخص اقلیم آسایش گردشگری را طراحی کرد و به‌ارزیابی مطلوبیت اقلیمی برای گردشگران پرداخت (Mieczkowski, 1985: 220). در مطالعه‌ی دیگر ماتزاراکیس و مایر مقدار استرس گرمایی را در ارتباط با اهمیت بیومتورولوژیک^۱ با استفاده از شاخص PMV در ۱۲ ایستگاه هواشناسی یونان طی سال‌های ۱۹۸۹-۱۹۸۰ مورد بررسی قرار دادند و سپس به‌کمک یک مدل آماری مقدار PMV در هر ایستگاه را به یک نقشه اقلیم‌شناسی با دقت بالا تبدیل کردند این نقشه متوسط تعداد روزهای سال را که استرس گرمایی زیادی داشتند نشان می‌داد (Matzarakis & mayer, 1997:34).

در دنیای امروز صنعت گردشگری به یکی از بزرگترین و سودآورترین بخش‌های اقتصادجهان تبدیل شده است. در واقع این صنعت نقش بسیار قدرتمندی در روند توسعه‌ی کشورها به عهده دارد و به‌عنوان منبع اصلی درآمد، اشتغال، رشد بخش خصوصی و توسعه‌ی ساختار زیربنایی محسوب می‌شود. توسعه این صنعت بویژه در کشورهای کمتر توسعه‌یافته، عامل مؤثری برای مقابله با فقر است و موجب افزایش درآمد، رونق اقتصادی، بهبود کیفیت زندگی مردم و در نتیجه افزایش رفاه اجتماعی می‌شود. در پیشرفت این صنعت عوامل زیادی تأثیرگذار هستند که یکی از مهمترین پارامترها، شرایط اقلیمی مقصد مسافر می‌باشد که بیشتر گردشگران برای انتخاب مقصد گردشگری ملاحظات اقلیمی را مورد توجه قرار می‌دهند و همیشه در جستجوی اقلیم مطلوب هستند که در آن هیچ‌گونه احساس نارضایتی وجود نداشته باشد. در واقع آب و هوا و گردشگری به شکل‌های گوناگون به هم وابسته هستند به عبارتی آب و هوا هم فاکتور محدودکننده و هم تعیین‌کننده برای صنعت گردشگری می‌باشد (Lecha & Shackelford, 1997: 46; Shackelford & Olsson, 1995: 239). بنابراین می‌توان گفت که اقلیم می‌تواند به عنوان یک ثروت اقتصادی برای گردشگران مطرح باشد. اصفهان در مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی در مرکز ایران قرار گرفته است، این شهر به علت داشتن آب و هوای مناسب، اقلیم خوشایند و همچنین وجود آثار هنری و تاریخی همچون میدان نقش جهان (شاه)، سی و سه پل، پل خواجه، منار جنبان، مسجدشاه، گذر چهارباغ عباسی، سبزه میدان، چهلستون، کوه آتشفشان، پل شهرستان و عالی‌قاپو مورد توجه گردشگران بسیاری در سطوح مختلف محلی، ملی و بین‌المللی قرار گرفته است (شفقی، ۱۳۸۱: ۶). اما

حساسیت گینوی) DI^5 (شاخص ناراحتی) و HL^6 (شاخص حساسیت گرمایی) به بررسی مرگ و میر در تابستان ۲۰۰۷ در شهر آتن پرداختند، نتایج، میزان بسیار بالای شاخص DI و HI را نشان می‌داد که بیانگر استرس گرمایی شدید در طول ده روز آخر ژوئن و جولای بوده است (Pantava et al, 2010:243).

مطالعاتی که در زمینه‌ی ارزیابی اقلیم آسایش در کشور انجام شده است بسیار متنوع می‌باشد. از جمله این تحقیقات می‌توان به تقسیم‌بندی زیست اقلیمی ایران بر اساس شاخص ترجونگ توسط کاویانی اشاره کرد، همچنین پهنه‌بندی زیست اقلیم انسانی در استان اصفهان با استفاده از گروه‌بندی خوشه‌ای و روش‌های ماهونی، ترجونگ، اولگی و گیونی انجام شده است که برای این‌کار از روش تحلیل خوشه‌ای جهت طبقه‌بندی زمانی- مکانی و از روش تحلیل واریانس یک طرفه برای پایایی گروه‌بندی بهینه استفاده گردید (کاویانی، ۱۳۷۲:۵۴)، نتایج به دست آمده نشان داد بهترین روش طبقه‌بندی زیست‌اقلیمی برای استان اصفهان روش گیونی است و بر اساس روش مذکور این استان به پنج منطقه زیست اقلیم انسانی مجزا طبقه‌بندی شد (خوشحال و همکاران، ۱۳۸۵:۱۷۱).

همچنین رضانی در مقاله‌ای پتانسیل‌های اکوتوریستی آسایش زیست‌اقلیمی تالاب کیا کلاهی لنگرود را مورد بررسی قرار داد. روش به کار رفته در این تحقیق، استفاده از الگوی سایکرومتریک به سبک آوانز می‌باشد نتیجه‌ی این پژوهش نشان داد که ماه‌های خرداد و تیر در روز گرم، ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت، مرداد، شهریور، مهر، آبان معتدل و بقیه‌ی ماه‌ها سرد بوده است (رضانی، ۱۳۸۵: ۷۴). در همین زمینه ذوالفقاری با استفاده از شاخص‌های PET و PMV زمان مناسب گردشگری در شهر تبریز را مشخص نمود و دوره‌ی آسایش اقلیمی در این شهر را حدود ۴۵ روز

همچنین پری در پژوهشی وضعیت اقلیم گردشگری در مناطق گرم و خشک به ویژه نواحی مدیترانه‌ای را مورد مطالعه قرار داد و نشان داد که بدترین شرایط در این نواحی برای گردشگر زمانی است که موج هوای گرم این مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Perry, 2001: 125).

زانینویک وضعیت‌های بیومتورولوژیکی را با استفاده از شاخص TWH^1 طی سال‌های ۱۹۷۹-۱۹۹۸ در ۸ ایستگاه هواشناسی در شرق Adriatic Croatin مورد مطالعه قرار داد و به این نتیجه رسید که ماه‌های آوریل، می، سپتامبر و اکتبر بهترین شرایط را از نظر اقلیم آسایشی دارند (Zaninovic, 2001: 234). گریگور و همکاران ناراحتی‌های گرمایی انسان را در شهر آتن برای سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۶۶ با استفاده از روش PMV بررسی کردند، نتایج حاکی از این بود که زمان شروع و پایان فصل عدم آسایش سال به سال بسیار متفاوت است و آزمایش من‌کندال که برای پیش‌بینی روند فصلی عدم آسایش به کار رفته بود نشان داد که در طول مطالعات و بررسی‌ها، مدت فصل عدم آسایش افزایش یافته و در مقیاس روزانه ناراحتی گرمایی برای انسان، در اواخر ماه جولای به ماکزیمومی بیش از ۴ تا ۶ ساعت رسیده است (Gregor et al, 2002:83).

یی‌یان با استفاده از شاخص آسایش CLO^2 و داده‌های اقلیمی روزانه‌ی دمای هوا، سرعت باد و ابرناکی، میزان آسایش انسان را در قسمت‌های مختلف چین طی سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۶۰ بررسی کرد و به این نتیجه رسید که بالاترین درصد استرس گرمایی در تابستان در نواحی شرق حوضه Sichuan و جنوب رودخانه Huaihe می‌باشد (Yee yan, 2005: 163).

پانتاوا و همکاران با بررسی چهار عامل بیولوژیکی شامل ASV^3 (وضعیت حساسیت واقعی) TS^4 (شاخص

1-Temperature- Wind speed- Humidity
2-Clothing required to maintain comfort
3-Actual Sensation Vote
4-Sensation-Ginovi method Thermal

5-Discomfort Index
6-Heat Load Index

که دوره‌ی آسایش اقلیمی در شهرهای مورد مطالعه کوتاه بوده و به صورت دو دوره‌ی مجزا در ابتدای فصل پاییز و بهار واقع شده است. طول این دوره که بهترین زمان برای امور گردشگری توصیه می‌شود در مشهد و اصفهان ۳۵، رشت ۳۷ و کیش ۸۵ روز از سال است (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۷).

حال در این پژوهش سعی بر آن است تا با استفاده از شاخص‌های زیست‌اقلیمی به کار رفته در مدل ریمن^۲ شرایط آسایشی اصفهان در طول سال مورد بررسی قرار گیرد و زمان‌های مناسب از نظر وضعیت آب و هوایی مشخص گردد. مدل ریمن که برای مطالعه آب و هوای شهری توسعه پیدا کرده می‌تواند ابزاری مفید برای ارزیابی شرایط گردشگری و پرسش‌های وابسته به آب و هوا باشد (Matzarakis, 2001: 171).

مواد و روش‌ها

مدل‌های مختلفی در راستای بررسی شرایط زیست اقلیمی ارائه شده است در این بین مدل ریمن به لحاظ استفاده از پارامترهای مختلف اقلیمی، فرم محاسباتی مناسب و پشتیبانی توسط نرم‌افزار مربوطه بیش از سایر روش‌ها مورد توجه محققان داخلی و خارجی بوده است برخی از مطالعات با رویکرد مقایسه‌ای و تطبیقی نیز عملکرد موفق این مدل را تأیید نمودند (برغمندی، ۱۳۸۹: ۷۳؛ دولتخواه، ۱۳۹۰: ۱۰). در این تحقیق به منظور تعیین زمان مناسب گردشگری در شهر اصفهان با استفاده از مدل ریمن، ابتدا پارامترهای اقلیمی مورد نیاز به صورت روزانه از سازمان هواشناسی کشور در بازه‌ی زمانی ۱۴ ساله (۲۰۰۸ تا ۱۹۹۵) استخراج و مورد ارزیابی قرار گرفتند. این پارامترها شامل دمای هوا به سلسیوس، رطوبت نسبی به درصد، باد بر حسب متر بر ثانیه و میزان ابرناکی آسمان بر حسب اکتای می‌باشد. اگرچه

از اوایل خرداد تا اواسط تیرماه، دوره‌ی تنش سرما ۲۴۰ روز از ۱۵ مهرماه تا اواخر اردیبهشت و دوره‌ی تنش گرما را حدود ۸۰ روز از ۱۰ تیر تا ۲۰ شهریور تعیین کرد (دولفقاری، ۱۳۸۶: ۲۹).

فرج‌زاده و احمدآبادی با استفاده از شاخص^۱ TCI شرایط اقلیمی را برای فعالیت‌های گردشگری در ۱۴۴ ایستگاه کشور که دارای آمار مشترک ۱۵ ساله (۲۰۰۴-۱۹۹۰) بودند محاسبه کرده و در نهایت پهنه‌بندی اقلیم گردشگری ایران را در ماه‌های مختلف انجام دادند (فرج‌زاده و احمدآبادی، ۱۳۸۸: ۳۱).

اسماعیلی و همکاران به ارزیابی شرایط اقلیم آسایش بندر چابهار در یک مقیاس روزانه و با استفاده از شاخص‌های متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV) و استرس گرمایی (HIS) پرداختند، نتایج به دست آمده نشان داد که دوره‌ی مطلوب اقلیم آسایشی در طی ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند می‌باشد (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱).

جلالی و همکاران نیز با استفاده از شاخص‌های PET و PMV زمان مناسب گردشگری در شهرستان پیرانشهر را به دو ماه خرداد و شهریور محدود کردند (جلالی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۱). مطالعات دیگر توسط ساری‌صراف و همکاران با استفاده از شاخص‌های میانگین نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV)، دمای معادل فیزیولوژیک (ET) و شاخص دمای مؤثر استاندارد (SET) در شمال استان آذربایجان غربی انجام شده و در نهایت شاخص PET بهترین شاخص برای تعیین تقویم زمانی گردشگری در این منطقه تشخیص داده شده است (ساری‌صراف و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۱).

اسماعیلی و همکاران شرایط اقلیم آسایشی چهار شهر اصلی گردشگری مشهد، اصفهان، رشت و کیش را به وسیله شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد

$$M = \text{نرخ سوخت و ساز بدن (w/m}^2\text{)}$$

$$T_{cl} = \text{دمای سطح لباس (درجه سانتیگراد)}$$

$$T_{sk} = \text{دمای متوسط پوست (درجه سانتیگراد)}$$

$$W = \text{نیروی مکانیکی مؤثر (w/m}^2\text{)}$$

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

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

$$P_a = \text{رطوبت، فشار بخار جزئی هوا (پاسکال)}$$

$$T_a = \text{دمای هوا به درجه سانتیگراد}$$

شاخص PET:

شاخص دمای معادل فیزیولوژیک یا PET یکی دیگر از شاخص‌های معروف دما- فیزیولوژیک است که از معادله‌ی بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده است. برای محاسبه‌ی دمای معادل فیزیولوژیک و متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده از مدل بیلان انرژی برای افراد یا MEMI استفاده می‌شود که از طریق روابط ریاضی محاسبه می‌گردد.

معادله (۳):

$$H+C+R+Ep+Esr+Elr+Esw+Ef=S$$

نرخ جریان خون

$$Q_b = (6/3+75 (tc-36/6))/(1+0/5 (34-tsk))$$

نرخ تعرق

$$S_w = 8/4710 - 5 ((1tsk+0/9tc)-35/6)kg/sm^2$$

تولید حرارت

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

$$C = Ask fcl (Ta-Tsk) \quad \text{شار حرارتی تابشی}$$

$$R = Ask fcl f_{cfe}\delta (tr_4-Tsk_4) \quad \text{انتشار بخار آب}$$

$$ED = m r (Pa-Pvsk) \quad \text{اتلاف حرارت به وسیله‌ی تعرق}$$

$$Esr = rtm Cp (Ta-Tr) \quad \text{اتلاف حرارت پنهانی به وسیله تعرق}$$

$$Elr = rtm r (Pa-Pvr)/Pa$$

اتلاف حرارت به وسیله‌ی تبخیر

مدل‌های مختلفی در راستای بررسی شرایط زیست اقلیمی ارائه شده است. مدل ریمن که از طریق نرم‌افزار ریمن قابل اجراست شامل سه شاخص PMV^1 (متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده)، PET^2 (دمای معادل فیزیولوژی) و SET^3 (دمای مؤثر استاندارد) می‌باشد که از مهمترین شاخص‌های دما-فیزیولوژی محسوب می‌شوند و در مطالعات مربوط به تعیین زمان مناسب برای توسعه‌ی گردشگری کاربرد وسیعی دارند. هرکدام از سه شاخص PMV , PET , SET از طریق روابط زیر قابل محاسبه است (ذولفقاری، ۱۳۸۶: ۱۳۵):

شاخص PMV :

معادله (۱):

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

در معادله فوق:

$$\begin{cases} E = 3.05 \times 10^{-3} (256 tsk - 3373 - Pa) + Esw \\ c = 3.05 \times 10^{-3} [5733 - 6.99 \times (M-W) - Pa] + 0.42 \\ (M-W - 58.15) \\ Crec = 0.0014 M (34 - Ta) \\ Erec = 1.72 \times 10^{-5} M (5867 - Pa) \end{cases}$$

H : مستقیماً قابل اندازه‌گیری بوده و از طریق معادله شماره ۲ قابل محاسبه است:

معادله (۲):

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

در روابط بالا:

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

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

$$E_{sw} = \text{تلفات حرارت تبخیری تعرق (w/m}^2\text{)}$$

$$I_{cl} = \text{تابش لباس بطور متوسط برای تمام بدن (w/m}^2\text{)}$$

1-Predicted Mean Vote

2-Physiologia Equivalent Temperature

3-T andard Effective Temperature

محاسبه‌ی شاخص‌های PET و PMV از آنها استفاده شده است ولی مقادیر آستانه شاخص از طریق جدول شماره ۲ که جدول مشترک بین شاخص SET و ET است محاسبه می‌گردد و محاسبه‌ی دقیق‌تر آن از طریق مدل ریمن امکان‌پذیر می‌باشد.

$$\text{ET} = T - 0.6(T - 10)(1 - \text{RH}/100) \quad \text{معادله (۴)}$$

در رابطه فوق T دما برحسب درجه سلیسیوس و RH رطوبت نسبی به درصد می‌باشد.

از آنجا که محاسبه‌ی این معادلات پیچیده و وقت‌گیر است، برای به دست آوردن شاخص‌های مورد نظر، بعد از این‌که بازسازی‌ها و آزمون‌های لازم بر روی پارامترهای اقلیمی انجام شد این داده‌ها به عنوان ورودی‌های مدل ریمن وارد نرم‌افزار ریمن^۱ شده و در ادامه خروجی‌های مربوط به سه شاخص SET, PET و PMV جداگانه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند.

یافته‌های تحقیق

تغییرات شاخص PMV برای تمام روزهای سال در شکل (۱) نشان داده شده است. طبق آستانه‌های تعریف شده در جدول ۱ اگر مقدار این شاخص بین ۰/۵- تا ۰/۵+ باشد، شرایط آسایش دمایی بر منطقه حاکم است و اگر مقادیر شاخص بین ۳/۵+ تا ۳/۵- باشد تنش سرمای شدید برای حالت منفی و تنش گرمای شدید برای حالت مثبت وجود دارد، صفر هم در این شاخص نشانگر احساس حرارتی خنثی می‌باشد. بر همین اساس وضعیت کاملاً متنوعی در طول سال در شهر اصفهان وجود دارد. بطوری‌که در تمام ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس تنش‌های سرمایی با درجات متفاوت بر منطقه حاکم می‌باشد که البته از اواسط فوریه از شدت سرما کاسته می‌شود و در روزهای آخر ماه مارس به حداقل خود می‌رسد. شرایط آسایش

برای زن $E_{sr} = S_w r$

$E_{sw} = A_{sk} r_{hc} 0/622/Pa(Pa - P_{vsk})$
حرارت افزوده یا تلف شده از طریق غذا یا آشامیدنی‌ها

$E_f = m f c_f (T_f - T_c)$
حرارت منتقل شده از مرکز به پوست

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

در معادلات فوق:

M = نرخ سوخت و ساز (وات بر متر مربع)

S = حرارت خالص ذخیره شده در هسته

η = کارایی مکانیکی

A_{sk} = سطح پوست برحسب متر مربع

$f_{cl} f_{cl}$ = نسبت مساحت شخص پوشیده به مساحت بدون پوشش

T_a = دمای هوا به درجه سانتیگراد

T_r = دمای تابش متوسط به درجه سانتیگراد

T_{cl} = دمای سطح لباس به درجه سانتیگراد

P_a = فشار بخار جزئی به پاسکال

P_{vr} = فشار بخار اشباع در دمای پوست

hc = ضریب انتقال حرارت همرفتی w/k

C_p, C_f, C_b = گرمای ویژه هوا، غذا، خون به ترتیب

r_{tm} = جرم هوای تعریفی در هر ثانیه

m_f = معادل غذا در واحد وات

δ = ضریب ثابت استفان بولتزمن

ϵ = قابلیت انتشار پوست

r = حرارت نهانی تبخیر

P_b = چگالی خون

C_b = حرارت ویژه خون

I_{cl} = مقاومت لباس در برابر انتقال حرارت

T_{sk} = دمای پوست

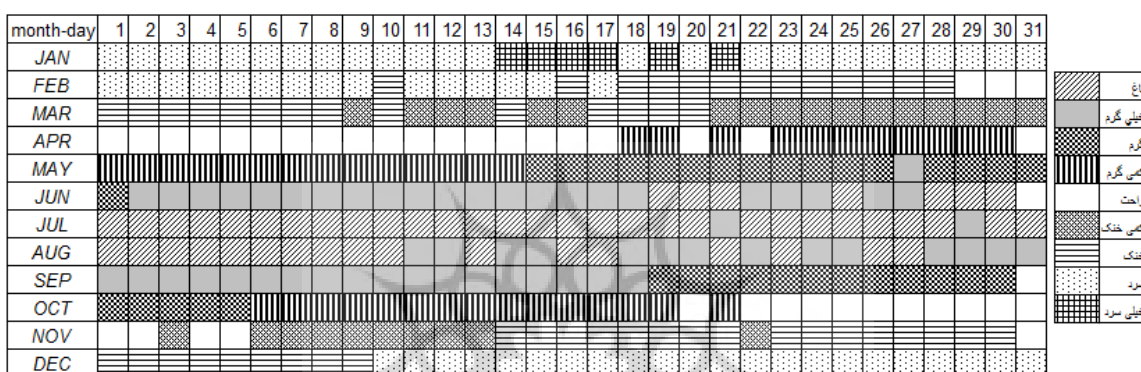
شاخص SET

نوع پیشرفته شاخص دمای مؤثر یا ET است و در محاسبه‌ی آن از پارامترهایی استفاده می‌شود که برای

۱- آدرس اینترنتی دریافت نرم‌افزار ریمن

تقریباً از اواسط آگوست تا ۱۸ سپتامبر حاکمیت با تنش‌های گرمایی شدید است و به مرور از شدت گرما کاسته می‌شود و به حداقل خود در ۱۹ اکتبر می‌رسد. اواخر ماه اکتبر و ۵ روز اول ماه نوامبر شرایط کاملاً بدون تنشی را تجربه می‌کنند. از ۶ نوامبر به بعد تنش‌هایی سرمایی در منطقه شروع شده و تا آخر دسامبر ادامه پیدا می‌کند.

دمایی در این شهر از ۱ آوریل شروع می‌شود و تا ۱۷ آوریل ادامه پیدا می‌کند. بعد از آن تا اواسط می تنش گرمای اندکی بر منطقه حاکم می‌گردد. از نیمه‌ی دوم ماه می هوا گرمتر شده و در روزهای بعد به حداکثر خود می‌رسد که تا اواخر ژوئن تنش گرمای شدیدی منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در تمام روزهای ماه جولای و اوایل آگوست شرایط حتی گرمتر هم می‌شود

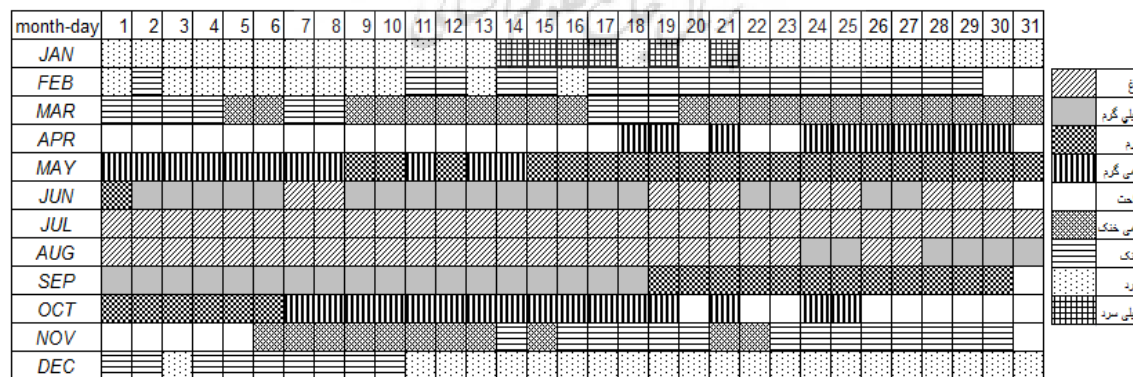


شکل ۱: نتایج نهایی شاخص آسایش PMV در ایستگاه مورد مطالعه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

بیشترین مقدار خود در ماه‌های جولای و آگوست می‌رسد. این تنش‌ها با درجات کمتر تا ۱۹ اکتبر ادامه پیدا می‌کند. از اواخر اکتبر و روزهای اول ماه نوامبر شرایط آسایش اقلیمی دوباره بر منطقه حاکم می‌گردد. روند تغییرات این شاخص در شکل ۲ نشان داده شده است.



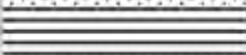




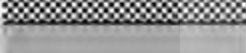

خروجی‌های شاخص PET تقریباً مشابه شاخص PMV است (شکل ۲). طبق این شاخص نیز در طول ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس حاکمیت با درجات مختلف سرما است. در نیمه‌ی اول آوریل شرایط کاملاً نرمال می‌شود و بعد از آن هوا رو به گرمی می‌رود. تنش‌های گرمایی در روزهای بعد بالاتر رفته و به



شکل ۲: برآورد شاخص PET برای کل روزهای سال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

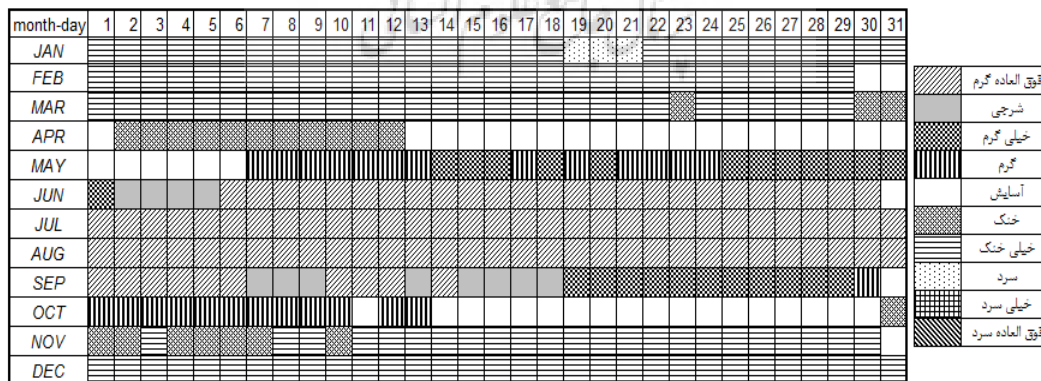
جدول ۱: مقادیر آستانه شاخص های PET و PMV در درجات مختلف حساسیت انسان

رنگ مشخصه	PMV	PET	حساسیت حرارتی	درجه تنش فیزیولوژیک
	$3/5 <$	$4 <$	خیلی سرد	تنش سرمای بسیار شدید
	$-3/5$	۴	سرد	تنش سرمای شدید
	$-2/5$	۸	خنک	تنش سرمای متوسط
	$-1/5$	۱۳	کمی خنک	تنش سرمای اندک
	$-0/5$	۱۸	راحت	بدون تنش سرما
	$0/5$	۲۳	کمی گرم	تنش گرمای اندک
	$1/5$	۲۹	گرم	تنش گرمای متوسط
	$2/5$	۳۵	خیلی داغ	تنش گرمای شدید
	$3/5$	۴۱	داغ	تنش گرمای بسیار شدید

مأخذ: Matzarakis & etal, 1999:80

می‌شود و به مدت ۲۳ روز تا ۶ می ادامه پیدا می‌کند. بعد از آن شدت تنش گرمایی بالا رفته و در ماه‌های ژوئن، ژولای، آگوست و اواسط سپتامبر به حداکثر خود می‌رسد. از آن به بعد تا نیمه‌ی اول اکتبر کمی از درجه حرارت هوا کاسته شده و در نیمه‌ی دوم اکتبر شرایط کاملاً ایده‌آل می‌شود. شکل ۳ تغییرات این شاخص را در طول سال نشان می‌دهد.


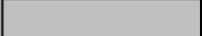








شاخص SET با دو شاخص PMV و PET تفاوت بارزی دارد (شکل ۳). براساس این شاخص سه ماه اول سال شرایط یکنواختی را داشته و از نظر ضریب آسایشی، خیلی خنک می‌باشند که البته این حالت برای ماه‌های نوامبر و دسامبر هم وجود دارد. از اواخر مارس از شدت تنش‌های سرمایی کاسته شده و به مرور در طول ماه آوریل شرایط متعادل‌تر می‌شود. آسایش اقلیمی طبق این شاخص از ۱۳ می شروع



شکل ۳: نتایج نهایی شاخص آسایش SET در ایستگاه مورد مطالعه

مأخذ: محاسبات توسط نگارندگان، ۱۳۸۹

جدول ۲: مقادیر آستانه شاخص‌های SET در درجات مختلف حساسیت انسان

رنگ مشخصه	ضریب	ضریب آسایش
		فوق‌العاده 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
	(-۱۰) - (-۱/۶۷)	سرد
	(-۲۰) - (-۱۰)	خیلی سرد
	کمتر از -۲۰	فوق‌العاده سرد

مأخذ: Gonzalez, 1974:10

نتیجه

در این پژوهش جهت تعیین زمان مناسب گردشگری از شاخص‌های به کار رفته در نرم‌افزار ریمن استفاده شده است. نتایج حاصل از محاسبه و ارزیابی شاخص‌های آسایش در مدل ریمن حاکی از آن است که خروجی شاخص‌های PMV و PET تقریباً شبیه هم هستند و در هر دو شاخص دوره‌ی مطلوبیت اقلیم آسایشی شهر اصفهان ۳۴ روز سال در طول ماه‌های آوریل و اکتبر (فروردین و مهر) می‌باشد. البته ماه‌های می و نوامبر (مهر و آبان) تنش‌های گرمایی اندکی دارند که می‌تواند در پتانسیل اقلیم گردشگری مد نظر نهادهای زیربسط قرار گیرد. ولی شاخص SET با دو شاخص دیگر تفاوت مشخص‌تری دارد، به این ترتیب که در این شاخص روزهای فوق‌العاده گرم تقریباً ۹۰ روز سال را شامل می‌شوند که با توجه به شرایط اقلیمی منطقه نمی‌تواند با واقعیت سازگار باشد هر چند تعداد روزهای آسایش از دو شاخص دیگر بیشتر می‌باشد، بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از نرم‌افزار ریمن می‌توان شاخص‌های PMV و PET را به عنوان شاخص‌های مناسب برای ارزیابی شرایط اقلیم آسایشی شهر اصفهان انتخاب نمود.

منابع

- اسماعیلی، رضا؛ اکرم صابر حقیقت؛ شراره ملبوسی (۱۳۸۹). ارزیابی شرایط اقلیم آسایشی بندر چابهار در جهت توسعه‌ی گردشگری، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام. ایران- زاهدان.
- اسماعیلی، رضا؛ امیر گندمکار؛ مجید حبیبی‌نوخندان (۱۳۹۰). ارزیابی اقلیم آسایشی چند شهر اصلی گردشگری ایران با استفاده از شاخص دمایی معادل فیزیولوژیک (PET)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۵.
- برغمندی، اکرم (۱۳۸۹). بررسی عملکرد شاخص‌های زیست اقلیمی در شهرستان سبزوار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری.
- جلالی، طاهره؛ بتول زینالی؛ سعید رحیمی‌مقدم؛ صیاد اصغری سراسکانرود (۱۳۸۹). تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردشگری در شهرستان پیرانشهر با استفاده از شاخص PET و PMV. دومین همایش ملی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. رویکرد آمایشی و مدیریت محیط.

- خوشحال، جواد؛ ایران غازی؛ عباسعلی آروین (۱۳۸۵). استفاده از گروه‌بندی خوشه‌ای در پهنه‌بندی زیست اقلیم انسانی (مطالعه موردی: استان اصفهان)، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی). جلد بیستم. شماره ۱.
- دولتخواه، مهدی (۱۳۹۰). بررسی و ارزیابی شاخص‌های زیست‌اقلیمی در شهرستان کاشمر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده جغرافیا. دانشگاه حکیم سبزواری.
- ذوالفقاری، حسن (۱۳۸۶). تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردش در تبریز با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژی (PET) و متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV)، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۲.
- رضانی، بهمن (۱۳۸۵). شناخت پتانسیل‌های اکوتوریستی آسایش زیست‌اقلیمی (بیوکلیماتیک) تالاب کیا کلاهی لنگرود با روش اوانز، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. شماره هفتم.
- ساری‌صراف، بهروز؛ غلامحسن محمدی؛ عاطفه حسینی‌صدر (۱۳۸۹). تعیین مناسب‌ترین شاخص RAYMAN برای مطالعه اقلیم در شمال استان آذربایجان غربی، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران. تهران. مؤسسه ژئوفیزیک. مقالات شفاهی. فیزیک فضا.
- سازمان هواشناسی کشور، آمار داده‌های هواشناسی از ۲۰۰۸ - ۱۹۹۵.
- شفقی، سیروس (۱۳۸۱). جغرافیای اصفهان، چاپ اول. انتشارات دانشگاه اصفهان.
- فرج‌زاده،
- منوچهر؛ علی احمدآبادی (۱۳۸۸). ارزیابی و پهنه‌بندی اقلیم گردشگری ایران با استفاده از شاخص اقلیم گردشگری TCI، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۴۲.
- کاویانی، محمدرضا (۱۳۷۲). بررسی و تهیه نقشه زیست‌اقلیم انسانی ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۴۸.
- A. Perry (2001). More Heat and Drought proceeding of the first international workshop on climate tourism and Recreation.
- A. Matzarakis (2001). Climata and bioclimate information for tourism in Greece, International society of Biometeorology.
- A. Matzarakis, H. Mayer (1997). Heat stress in Greece, Original Article.
- A. Matzarakis, H. Mayer and M.G. Iziomon (1999). Applications of a Universal Thermal Index: Physiological Equivalent Temperature. Int. J. Biometeorology. 43:78-84.
- G. McGregor, M. Markou, A. Bartzokas, B. Katsoulis (2002). An evaluation of the nature and timing of summer human thermal discomfort in Athens, Greece, climate Research, Vol.21.
- K. Pantava, G. Theoharatos, A. Mavrakis, M. Sacntamouris (2010). Evaluating Thermal Comfort Condition And Heat Responses During an extremely hot summer in Athens, Building & Environment, 46.
- K. Zaninovic (2001). Biometeorological potial of Croatian Adriatic coast, Meteorological and hydrological service of Croatia, International society of Biometeorology.
- K. Zaninovic, A. Matzarakis, T. Cegnar (2006). Thermal comfort trends and variability in the creation and Slovenian mountains, meteorologist chezeitschrift, Vol.15.
- L. Lecha, shackleford, p (1997). Climate services for tourism and recreation. WMO Bulletin.
- P. Shackford, Le. Olsson (1995). Tourism, climate and wether, WMO Bulletin 44.
- R. Gonzalez, Y. Nishi and A.P. Gagge (1974). Experimental Evaluation of Standard Effective Temperature by a New Bio meteorological Index of Man's Thermal Discomfort, Int. J. Biometeor. Vol.18, number 1.
- Z. Mieczkowski (1985). The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism. Canadian Geographer, 29.
- Y. Yee yan (2005). Human Thermal climates in china, physical Geography, Vol 26.