



## کاربرد شاخص دمای معادل فیزیولوژیک جهت تعیین مناطق مناسب گردشگری کشاورزی در استان

### کرمان

#### آرشین بختیاری<sup>۱\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۶

#### چکیده

گردشگری کشاورزی (آگروتوریسم) از مهم‌ترین اشکال گردشگری در محیط باز محسوب می‌گردد. از این رو بررسی اقلیم آسایش در محیط باز جهت برنامه‌ریزی این نوع از گردشگری اجتناب‌ناپذیر است. در این مطالعه، استان کرمان به لحاظ کشاورزی، پتانسیل توسعه آگروتوریسم و برگزاری جشنواره‌های خاص برداشت محصول به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. به‌منظور ارزیابی اقلیم آسایش گردشگری از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) و بسته نرم‌افزاری RayMan استفاده شد. جهت محاسبه این شاخص از داده‌های اقلیمی ماهانه ده ایستگاه همدیدی استان از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۵ بهره گرفته شد. برای بررسی وجود همبستگی بین مقادیر ماهانه شاخص و ارتفاع ایستگاه‌های مطالعاتی از معادلات گرادیان بین این دو متغیر استفاده گردید و با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی استان، پهنه‌های مختلف تغییرات شاخص در ارتفاعات مختلف استان در محیط نرم‌افزاری GIS تعیین گردید. نتایج نشان داد که با افزایش ارتفاع، این شاخص در تمامی ماه‌های سال کاهش می‌یابد. تحلیل پهنه‌های مختلف ترسیم شده نشان داد که در ماه ژانویه فقط شهر جیرفت، در ماه فوریه شهرهای جیرفت، کهنوج و شهداد و در ماه مارس مناطق بم و کهنوج مناسب برنامه‌ریزی‌های آگروتوریسم می‌باشند. همچنین در ماه آوریل شهرهای انار و سیرجان و در ماه مه شهرهای کرمان، انار، بافت و شهربابک از دیدگاه آسایش اقلیمی قابل پیشنهاد هستند. ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت تنها منطقه لاله‌زار و در ماه سپتامبر علاوه بر لاله‌زار، شهرهای کرمان و بافت نیز مناسب فعالیت‌های آگروتوریسم هستند. ماه اکتبر شهرهای انار، بم و سیرجان و ماه نوامبر کهنوج، جیرفت و شهداد و در ماه سپتامبر تنها شهر جیرفت در محدوده آسایش اقلیمی قرار گرفته‌اند. بنابراین می‌توان گفت که در ماه‌های ژانویه، ژوئن، ژوئیه، اوت و دسامبر، کم‌ترین انعطاف در تعیین مسیرهای گردشگری کشاورزی استان کرمان وجود داشته و ماه‌های فوریه، مارس و نوامبر بهترین زمان جهت برنامه‌ریزی‌های گردشگری کشاورزی به‌خصوص در مسیرهای کرمان، جیرفت، کهنوج، شهداد و بم می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** اقلیم آسایشی، شاخص دمای فیزیولوژیک، گردشگری کشاورزی، کرمان

#### مقدمه

بسیاری داشته باشد. در این نوع گردشگری، گردشگران از مناطق روستایی و فعالیت‌های کشاورزی سنتی دیدن کرده و یا اینکه شخصاً در این‌گونه فعالیت‌ها شرکت می‌کنند، بدون این‌که به اکوسیستم منطقه و یا حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی میزبان لطمه‌ای وارد شود. از طرف دیگر روستاها دارای ویژگی‌های خاص طبیعی و کشاورزی هستند و محیط‌های مناسبی برای این نوع گردشگری محسوب می‌شوند (شاه‌چراغی و واحدی، ۱۳۸۹). اقلیم از دیدگاه برنامه‌ریزی گردشگری دارای اهمیت ویژه بوده و گردشگران معمولاً در جستجوی اقلیم مطلوب یا اقلیم آسایش هستند که در آن فرد هیچ‌گونه احساس نارضایتی و عدم آسایش گرمایی و اقلیمی ندارد (ماتزاراکیس<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱). اقلیم و آسایش، اثر عوامل مختلف اقلیمی را به صورت کمی بیان

گردشگری کشاورزی و در حالت خاص آن گردشگری مزرعه‌ای، شاخه‌ای از گردشگری روستایی است که ارتباط مستقیم با کشاورزی در مناطق روستایی دارد. بر این اساس کشاورزان با شیوه‌های مختلف می‌توانند علاوه بر درآمد ناشی از تولید کشاورزی یک درآمد مکمل از گردشگری نیز به‌دست آورند. آگروتوریسم یا گردشگری کشاورزی بر گرفته از دو کلمه Agriculture و Tourism می‌باشد که با زمین‌گردی و طبیعت‌گردی رابطه نزدیکی دارد و علاوه بر آن می‌تواند در عرضه مستقیم محصولات کشاورزی نقش

<sup>۱</sup> مربی گروه جهانگردی و هتلداری، مجتمع آموزش عالی بم، کرمان، ایران

(\*نویسنده مسئول: Bakhtiari@bam.ac.ir)

<sup>۲</sup> Physiological Equivalent Temperature

<sup>۳</sup> Matzarakis

مختلف به بررسی تغییر اقلیم و میزان گردشگری آن‌ها پرداخته و نشان دادند اگرچه تغییر اقلیم بر روی میزان درآمد جوامع تأثیر چشمگیری دارد اما در بلند مدت گردشگری در مناطق مختلف روند افزایشی را نشان می‌دهد. گندم‌کار و محسنی (۲۰۱۱) توریع فضایی- زمانی آسایش اقلیم گردشگری را در استان اصفهان مطالعه کرده و نشان دادند که بهترین زمان برای گردشگری در این استان، ماه اکتبر و به دنبال آن ماه‌های مه و آوریل است. همچنین ماه‌های ژانویه، دسامبر، فوریه و ژوئیه از بدترین شرایط آسایش اقلیمی برخوردارند. از نظر فضایی نیز شهر اصفهان از بخش‌های دیگر استان مناسب‌تر است. نتایج تحقیق احمدی (۲۰۱۲) نشان می‌دهد که میزان آسایش اقلیم گردشگری در سنج از اواخر ماه مه تا اواخر ماه اکتبر بوده و شش ماه از سال شرایط آسایش اقلیمی در این شهر حاکم است. لشکری و سلکی (۱۳۸۸) با بهینه‌سازی جهت‌گیری فضاهای آزاد در شهر سقز بر اساس شاخص PET مشخص کرده‌اند که ۵۴/۹ درصد از مواقع سال هوا کاملاً سرد می‌باشد و تنها ۱۵/۶ درصد از سال در سایه آسایش نسبی قرار دارد و حدود ۲۹/۸ درصد از مواقع با بهره‌گیری از تابش آفتاب می‌توان شرایط مناسبی در سقز ایجاد کرد. اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۹، a) با استفاده از شاخص PET به پهنه‌بندی اقلیمی استان خراسان رضوی پرداختند و نشان دادند که عمده‌ترین محدودیت‌های زیست‌اقلیمی استان مربوط به تنش‌های سرمایی است که با گستره زمانی و مکانی زیادی به وقوع می‌پیوندد. عطایی و هاشمی نسب (۱۳۸۹) با بررسی پتانسیل‌های اقلیم توریستی استان سمنان با استفاده از شاخص PET نشان دادند که در ماه‌های اکتبر، سپتامبر و آوریل از بهترین شرایط اقلیم آسایشی در ایران برخوردار است. این مطالعه با هدف بررسی اقلیم آسایش از دیدگاه گردشگری کشاورزی استان کرمان به ارزیابی شاخص PET در این استان و تعیین پهنه‌های مختلف این شاخص در ماه‌های مختلف سال با توجه به تغییرات ارتفاعی منطقه انجام گردیده است.

می‌کنند (اسماعیلی و همکاران (b)، ۱۳۸۹). به بیان دیگر، آسایش اقلیمی در برگیرنده روابط عمومی بین محیط جوی و آسایش انسان است که با استفاده از شاخص‌های زیست هواشناسی مورد تحلیل قرار می‌گیرد. این شاخص‌ها اثر عوامل و عناصر مختلف اقلیمی و تفسیر تأثیرات پیچیده بر همدیگر و بر بدن انسان را به‌طوری ساده و در قالب طبقه‌بندی عددی بیان می‌کنند (دی‌فریتاس و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). محققان زیادی همچون اسکات و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) و مورگان و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۰) مطالعاتی را در زمینه اقلیم آسایش صورت داده‌اند. جکویلاین و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۴) جهت بررسی اثر شرایط اقلیمی در انتخاب مقاصد گردشگری در آلمان، برخی از متغیرهای اقلیمی نظیر دمای هوا، بارندگی، تعداد روزهای مرطوب و تعداد روزهای یخبندان را مورد استفاده قرار دادند. آملونگ و وینر<sup>۵</sup> (۲۰۰۶) با اشاره به وضعیت متغیر آب و هوای جهانی به بررسی وضعیت آسایش توریست در مدیریتانه پرداخته‌اند و فصل بهار و پاییز را زمان اوج جذابیت این منطقه بیان کردند. ماتزاراکیس و آلکوفورادو<sup>۶</sup> (۲۰۰۷)، در مناطق جنوب شرق آلمان اطلاعات زیست‌اقلیمی را برای گردشگری مورد بررسی قرار داده است که نتیجه این تجزیه و تحلیل‌ها به‌صورت نقشه‌های زیست اقلیمی ارائه شده است. ماتزاراکیس و فرج‌زاده (۲۰۰۹) اقلیم آسایش مناطق شمال غرب ایران را با استفاده از شاخص PET و شاخص اقلیم گردشگری مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از بررسی شاخص PET نشان داد ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت مطلوب‌ترین زمان‌ها برای گردشگری در سواحل دریاچه ارومیه می‌باشند. ماتزاراکیس (۲۰۱۰) به ارزیابی دمای آسایش با استفاده از شاخص PET در محیط‌های مختلف شهری پرداخته و نشان دادند بالاترین فراوانی روزهای داغ در مناطق کم سایه در ظهر تابستان رخ می‌دهد. همیلتون و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۰۵) با استفاده از داده‌های جوی ۲۰۷ کشور

<sup>1</sup> De Freitas et al.

<sup>2</sup> Scott et al.

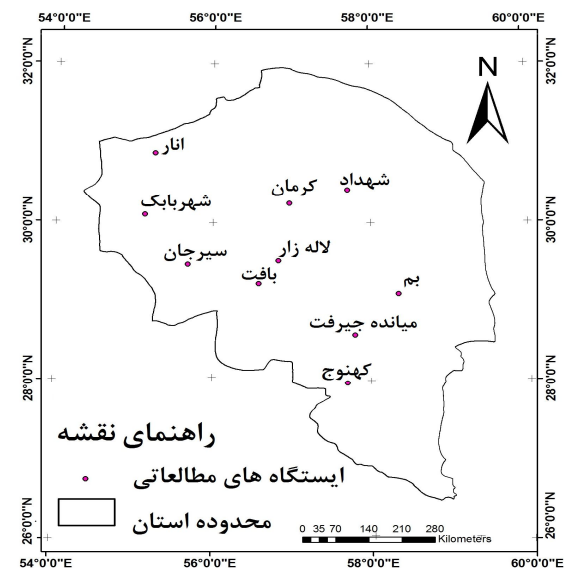
<sup>3</sup> Morgan et al.

<sup>4</sup> Jacqueline et al.

<sup>5</sup> Amelung and Viner

<sup>6</sup> Matzarakis and Alcoforado

<sup>7</sup> Hamilton et al.



شکل ۱- توزیع مکانی ایستگاه‌های مطالعاتی بر گستره استان کرمان

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه مطالعاتی

به منظور ارزیابی اقلیم گردشگری کشاورزی استان کرمان با به‌کارگیری روش شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) از فراسنج‌های اقلیمی متوسط دمای خشک (C)، متوسط رطوبت نسبی (%)، متوسط سرعت باد ( $m s^{-1}$ )، متوسط فشار بخار (Hpa) و میزان ابرناکی (اکتاو) در ۱۰ ایستگاه همدیدی واقع در این استان استفاده گردید. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی و اقلیم آن‌ها بر اساس طبقه‌بندی دومارتن گسترش یافته در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین شکل ۱ پراکنش ایستگاه‌های مطالعاتی را بر گستره استان کرمان نشان می‌دهد.

جدول ۱- موقعیت و مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه و نوع اقلیم در سیستم طبقه‌بندی دومارتن گسترش یافته

ایستگاه	دوره آماری (سال)	طول جغرافیایی (E)	عرض جغرافیایی (N)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	اقلیم
کرمان	۱۹۶۶-۲۰۱۵	۵۶° ۵۸'	۳۰° ۱۵'	۱۷۵۳	خشک سردسیر
انار	۱۹۸۶-۲۰۱۵	۵۵° ۱۵'	۳۰° ۵۳'	۱۴۰۸/۸	فراخشک گرمسیر
بم	۱۹۵۶-۲۰۱۵	۵۸° ۲۱'	۲۹° ۰۶'	۱۰۶۶	فراخشک گرمسیر
بافت	۱۹۸۹-۲۰۱۵	۵۶° ۳۵'	۲۹° ۱۴'	۲۲۸۰	نیمه خشک سردسیر
کهنوج	۱۹۸۹-۲۰۱۵	۵۷° ۴۲'	۲۷° ۵۸'	۴۶۹/۷	خشک گرمسیر
لاله‌زار	۲۰۰۳-۲۰۱۵	۵۶° ۵۰'	۲۹° ۳۱'	۲۷۷۵	نیمه خشک سردسیر
میانده چیرفت	۱۹۸۹-۲۰۱۵	۵۷° ۴۸'	۲۸° ۳۵'	۶۰۱	خشک گرمسیر
شهداد	۲۰۰۳-۲۰۱۵	۵۷° ۴۲'	۳۰° ۲۵'	۴۰۰	فراخشک گرمسیر
شهر بابک	۱۹۸۷-۲۰۱۵	۵۵° ۰۸'	۳۰° ۰۶'	۱۸۳۴/۱	خشک گرمسیر
سیرجان	۱۹۸۵-۲۰۱۵	۵۵° ۴۱'	۲۹° ۲۸'	۱۷۳۹/۴	خشک سردسیر

### روش‌ها

امروزه در مطالعات زیست اقلیم‌شناسی شاخص‌های مرتبط با فیزیولوژی انسان که از معادله بیلان بدن انسان مشتق شده‌اند دارای اهمیت بسزایی می‌باشند. شاخص‌های متعددی در این زمینه پیشنهاد شده که از این بین، شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) دارای اهمیت بیشتری است. مزیت اصلی این شاخص ارائه واحد آن حسب درجه سانتی‌گراد می‌باشد که نتایج حاصل را برای استفاده‌کنندگان و برنامه‌ریزان بخش‌های مختلف که ممکن است آشنایی با اصطلاحات زیست محیطی نداشته باشند قابل درک می‌کند. شاخص PET جزء خروجی‌های مدل بیلان انرژی بدن انسان

(MEMI)<sup>۱</sup> بوده و یکی از جامع‌ترین و پر کاربردترین شاخص‌ها جهت شرایط زیست هواشناختی و شناسایی منابع اقلیم گردشگری در محیط‌های باز از جمله گردشگری کشاورزی می‌باشد (ماتزاراکیس، ۲۰۱۰). در تعریف شاخص PET برای محیط‌های باز می‌توان گفت دمایی است که طی آن در یک اتاق نمونه بیلان گرمایی بدن انسان (نرخ سوخت و ساز با کار سبک ۸۰ وات بر نرخ سوخت و ساز پایه اضافه می‌شود، ارزش نارسانایی لباس در حد ۰/۹) با دمای پوست و دمای مرکزی بدن در شرایط محیط باز، در تعادل می‌باشد (ماتزاراکیس، ۲۰۱۰). ارزش‌های نارسانایی پوشاک مختلف

<sup>1</sup> Munich Energy Balance Model for Individuals

در جدول ۲ ذکر شده است. در مطالعه حاضر جهت ارزیابی شاخص PET از مدل MEMI (مدل بیلان انرژی برای افراد) استفاده شده است و اتلاف گرمای محسوس از پوست را که برابر با گرما تولید شده توسط خون و گرمای منتقل شده از مرکز به سطح پوست می‌باشد را حل می‌نماید. مقادیر آستانه این شاخص در جدول ۳ ذکر شده است. این مدل از مجموعه معادلاتی که در جدول ۴ آورده شده تبعیت می‌کند.

جدول ۲- ارزش نارسانایی پوشاک مختلف (ماتزاراکیس و همکاران، ۱۹۹۹)

ردیف	پوشاک مختلف	ارزش نارسانایی (CLO)
۱	برهنه	۰
۲	شلوار کوتاه	۰/۱
۳	لباس زیر نازک پنبه‌ای و آستین کوتاه شلوار بلند نازک و جوراب پنبه‌ای	۰/۳۵
۴	مثل ردیف ۳+ پیراهن آستین کوتاه یقه باز	۰/۵
۵	شلوار سبک، جلیقه، پیراهن آستین بلند و کت	۱
۶	مثل ردیف ۵+ پالتوی پنبه‌ای	۱/۵
۷	لباس مخصوص مناطق قطبی	۳/۵

جدول ۳- مقادیر آستانه شاخص PET در درجات مختلف حساسیت انسان (ماتزاراکیس و همکاران، ۱۹۹۹)

درجه تنش فیزیولوژیک	حساسیت گرمایی	PET	رنگ مشخصه
تنش سرمای بسیار شدید	خیلی سرد	۴ >	
تنش سرمای شدید	سرد	۴	
تنش سرمای متوسط	خنک	۸	
تنش سرمای اندک	کمی خنک	۱۳	
بدون تنش سرما	راحت	۱۸	
تنش گرمای اندک	کمی گرم	۲۳	
تنش گرمای متوسط	گرم	۲۹	
تنش گرمای شدید	خیلی گرم	۳۵	
تنش گرمای بسیار شدید	داغ	۴۱ <	

جدول ۴- مدل بیلان انرژی برای افراد بر اساس روش PET (هوپ<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹)

$S = H + C + R + E_p + E_{sr} + E_{lr} + E_{sw} + E_f$	(۱) نرخ جریان خون
$Q_b = (6.3 + 75(t_c - 36.6)) / (1 + 0.5(34 - T_{sk}))$	(۲) نرخ تعرق
$S_w = 8.47 \times 10^{-5}((1t_{sk} + 0.9t_c) - 35.6)$	(۳) تولید گرما
$H = M(1 - \eta)$	(۴) جریان گرمایی همرفتی
$C = A_{sk} f_{cl} (T_a - T_{sk})$	(۵) جریان گرمایی تابشی
$R = A_{sk} f_{cl} f_{cff} \epsilon \delta (t_r^4 - T_{sk}^4)$	(۶) انتشار بخار آب
$E_D = mr(P_a - P_{vsk})$	(۷) اتلاف گرما به وسیله تعرق
$E_{sr} = r_{tm} C_p (T_a - T_r)$	(۸) اتلاف گرمای پنهانی به وسیله تعرق
$E_{lr} = r_{tm} r (P_a - P_{vr}) / P_a$	(۹) اتلاف گرما به وسیله تبخیر
$E_{sr} = S_w r$	(۱۰) برای زن
$E_{sw} = 0.622 h_c R A_{sk} / (P_a - P_{vsk})$	(۱۱) گرمای افزوده یا تلف شده از طریق غذا یا آشامیدنی‌ها
$E_f = m_f c_f (T_f - T_c)$	(۱۲) گرمای منتقل شده از مرکز به پوست
$Q_b = \rho_b C_b (T_{sk} - T_c) = (T_{sk} - T_{cl}) / I_{cl}$	(۱۳) گرمای منتقل شده از پوست به محیط

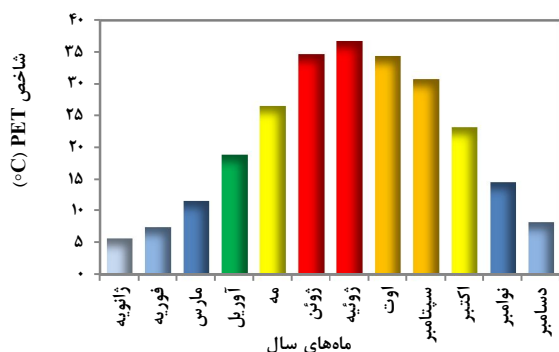
<sup>1</sup> Hoppe

مقادیر ماهانه شاخص PET و ارتفاع ایستگاه‌های مطالعاتی از رگرسیون خطی استفاده شد. معادلات خطی حاکم بر شاخص PET و ارتفاع ایستگاه‌ها (H) در ماه‌های سال در جدول (۵) آورده شده است.

### نتایج و بحث

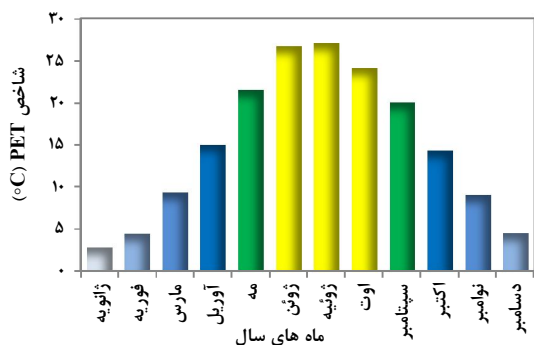
در سال‌های اخیر، مسأله تعیین میزان و محدوده زمانی آسایش اقلیمی مناطق مختلف با توجه به کاربرد آن در فعالیت‌های گردشگری کشاورزی و روستایی قرار گرفته است؛ به طوری که این گروه از گردشگران به دنبال شناخت مطلوب‌ترین زمان یا زمان‌ها هستند. اطلاع از وضعیت جوی در طول سال به مدیران، برنامه‌ریزان و دست‌اندرکاران در امر تحقق برنامه‌هایشان کمک قابل توجهی می‌کند. این پژوهش با تحقیقات مشابهی که بر روی مناطق مختلف انجام شده، در نوع تجزیه و تحلیل داده‌ها تفاوت دارد. اغلب یا حتی می‌توان گفت تمام تحقیقاتی که به دنبال شناخت میزان آسایش اقلیمی مناطق مختلف بوده‌اند، با استفاده از میانگین بلندمدت داده‌های اقلیمی انجام شده است (ذوالفقاری و هاشمی، ۱۳۸۸؛ اسماعیلی و همکاران (b)، ۱۳۸۹). در چنین شرایطی نتیجه حاصل از میانگین نمی‌تواند واقعیت وضعیت آسایش اقلیمی را در ایستگاه مورد نظر نشان دهد؛ زیرا مقادیر حداقل و حداکثرها قابل توجه هستند و می‌توانند اطلاعات مفیدی را از هوای منطقه در اختیار پژوهشگر قرار دهند. بنابراین، در این پژوهش فراوانی شاخص‌های آسایش مد نظر بوده و نتایج با توجه به فراوانی‌ها بیان شده است. شاخص PET که در جدول (۳) ارائه شده است، ارزش عددی ۱۸ تا ۲۳ محدوده آسایش یا از دیدگاه فیزیولوژیک شرایط بدون تنش را نشان می‌دهد که بهترین و مطلوب‌ترین شرایط اقلیم آسایش در محیط‌های باز جهت فعالیت‌هایی نظیر گردشگری روستایی و کشاورزی می‌باشد. در این طبقه‌بندی مقادیر عددی ۲۳ تا ۲۹ تنش‌های گرمایی اندک و مقادیر بین ۱۳ تا ۱۸ بیانگر تنش‌های گرمایی کم است که با در نظر گرفتن مختصر تمهیداتی (مثل پوشیدن لباس مناسب) می‌توان شرایط را به محدوده آسایش رساند و همچنین در جدول (۴) برخی از مشخصات آماری و نوع حساسیت‌های دمایی آورده شده

که در آن‌ها  $M$  نرخ سوخت و ساز بدن ( $W m^{-2}$ )،  $\eta$  کارایی مکانیکی،  $f_{cl}$  نسبت مساحت شخص پوشیده به مساحت بدون پوشش ( $m^2$ )،  $T_a$  دمای هوا ( $^{\circ}C$ )،  $T_{cl}$  دمای سطح لباس ( $^{\circ}C$ )،  $P_{v_{sk}}$  فشار بخار اشباع در دمای پوست ( $pa$ )،  $C_p$  و  $C_f$ ،  $C_b$  به ترتیب گرمای ویژه هوا، غذا و خون ( $W sK^{-1} Kg^{-1}$ )،  $m_f$  انرژی معادل غذا ( $W$ )،  $\varepsilon$  ضریب انتشار پوست،  $\rho_b$  چگالی خون ( $kg lit^{-1}$ )،  $I_{cl}$  مقاومت لباس در برابر انتقال حرارت (CLO)،  $S$  حرارت خالص ذخیره شده در هسته،  $A_{sk}$  سطح پوست ( $m^2$ )،  $T_{sk}$  و  $T_c$  دمای پوست و دمای هسته‌ای بدن ( $^{\circ}C$ )،  $T_r$  دمای تابش متوسط ( $^{\circ}C$ )،  $P_a$  فشار بخار جزئی ( $pa$ )،  $r$  گرمای نهان تبخیر ( $W$ )،  $h_c$  ضریب انتقال گرمای همرفتی ( $W m^{-2} K^{-1}$ )،  $\delta$  ضریب ثابت استفان بولتزمن و  $\tau_{tm}$  جرم هوای تعریقی ( $kg s^{-1}$ ) می‌باشد. روش کار به این گونه می‌باشد که پس از دریافت اطلاعات از سازمان هواشناسی و حصول اطمینان از صحت آماری، داده‌ها جهت یکسان‌سازی و انجام تحلیل‌های مورد نیاز وارد محیط اکسل شده و سپس داده‌های مورد نیاز به طور جداگانه وارد نرم‌افزار RayMan نموده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج محاسبات و خروجی مدل منجر به تشکیل ماتریس ارزش عددی شاخص PET گردید. برای محاسبه شاخص PET تهیه داده‌های هواشناسی نظیر دما، رطوبت نسبی و سرعت باد امکان‌پذیر بوده و برای محاسبه و به دست آوردن برخی پارامترها مانند متوسط دمای تابشی محیط (IMRT) به سادگی امکان پذیر نمی‌باشد و از آنجا که پارامتر مزبور بیش‌ترین تأثیر را در محاسبه شاخص فوق دارد، لذا برای محاسبه این پارامتر از نرم‌افزار RayMan کمک گرفته شد تا ضریب دقیق محاسبات افزایش یابد. مدل RayMan توسط ماتزاکیس برای محاسبه متوسط دمای تابشی محیط و در نهایت برای محاسبه PET ارائه گردیده است (ماتزاکیس، ۲۰۱۰). با توجه به اینکه داده‌های فیزیولوژیک، پوشش و نوع فعالیت بسیار متغیر هستند بنابراین طبق توصیه مدل می‌توان مواردی به صورت میانگین یا حالت استاندارد در نظر گرفت. همچنین در این پژوهش، به منظور بررسی توزیع مکانی شاخص PET در منطقه مطالعاتی اقدام به بررسی همبستگی شاخص مورد نظر و ارتفاع ایستگاه‌ها گردید. جهت بررسی همبستگی بین



شکل ۳- وضعیت ماهانه آسایش اقلیمی شهرستان اناز

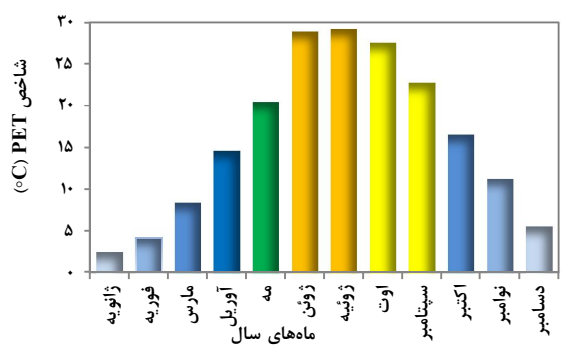
ایستگاه بافت شرایط اقلیمی بسیار مطلوبی داشته و بدون تنش گرمایی زیاد می‌باشد. در ماه‌های سپتامبر و مه با مقادیر عددی ۲۱/۵ و ۲۰ دارای تنش بسیار مطلوب است و در ماه‌های اوت، ژوئیه و ژوئن دارای تنش گرمای اندک و گرما کمی گرم است و در ماه‌های دسامبر، نوامبر، اکتبر، آوریل، مارس، فوریه و ژانویه با مقادیر عددی ۲/۸، ۴/۴، ۹/۳، ۱۵، ۱۴/۳، ۹ و ۴/۵ دارای تنش سرما می‌باشند و حساسیت دمایی سرد دارند (شکل ۴).



شکل ۴- وضعیت ماهانه آسایش اقلیمی شهرستان بافت

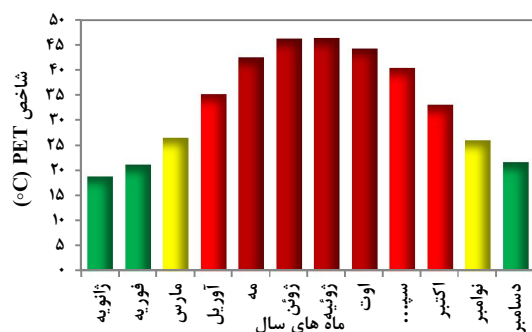
ایستگاه بم دارای شرایط اقلیمی گرم است و در ماه‌های ژوئیه و ژوئن (۱۱ خرداد تا ۹ مرداد) با مقدار عددی ۴۰/۵ و ۴۰/۴ دارای تنش گرمایی بسیار شدید و داغ است و در ماه‌های سپتامبر، اوت و مه تنش گرمایی شدید و حساسیت دمایی خیلی گرم دارد در ماه مه با مقدار عددی ۲۰/۸ شرایط اقلیمی بسیار مطلوبی داشته و بدون تنش سرما است و از لحاظ اقلیم گردشگری کشاورزی مناسب می‌باشد (شکل ۵).

است. بر این اساس وضعیت اقلیم گردشگری استان کرمان در مقیاس ماهانه با استفاده از شاخص PET مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که ماه مه با مقدار عددی ۲۰/۵ بدون تنش بوده و از وضعیت آسایش اقلیمی مطلوبی برخوردار است. در ماه‌های ژوئیه و ژوئن با مقادیر عددی ۲۹/۲ و ۲۸/۹ تنش گرمایی اندک بوده و حساسیت دمایی گرمی دارد و در ماه‌های سپتامبر و اوت با مقدار عددی ۲۲/۸ و ۲۷/۶ تنش گرمای اندک و حساسیت دمایی کمی گرم دارد، ماه‌های دسامبر و ژانویه با مقادیر عددی ۲/۵ و ۵/۶ تنش سرمای بسیار زیاد و حساسیت دمایی خیلی سرد دارد، ماه فوریه با مقدار ۴/۲ تنش سرمای شدید و حساسیت دمایی سرد دارد (شکل ۲).



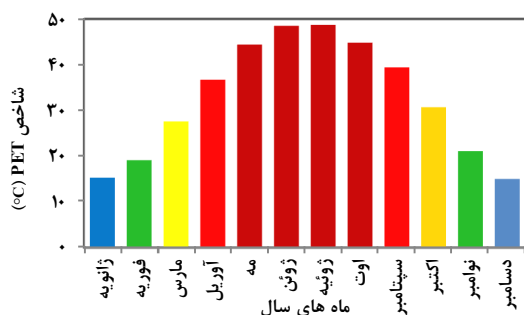
شکل ۲- وضعیت ماهانه آسایش اقلیمی شهرستان کرمان

در ایستگاه اناز در ماه‌های ژوئیه و ژوئن با بالاترین مقدار PET به ترتیب ۳۶/۸ و ۳۴/۷ تنش گرمایی بسیار شدید و حساسیت دمایی داغ دارد و ماه آوریل با مقدار ۱۸/۹ بدون تنش سرما و از نظر حساسیت دمایی راحت و شرایط اقلیمی مطلوب‌تری دارد در ماه‌های اکتبر و مه با مقدار عددی ۲۶/۶ و ۲۳/۲ دارای تنش گرمای اندک و از لحاظ گرمایی کمی گرم است. ماه‌های سپتامبر و اوت با مقادیر عددی ۳۴/۴ و ۳۰/۸ با وجود تنش گرمای متوسط و از لحاظ گرمایی گرم است. ماه‌های دسامبر، نوامبر، مارس، فوریه و ژانویه از ماه‌های سرد و خنک شهر اناز بوده که از لحاظ تنش گرمایی دارای سرمای متوسط و شدید هستند (شکل ۳).



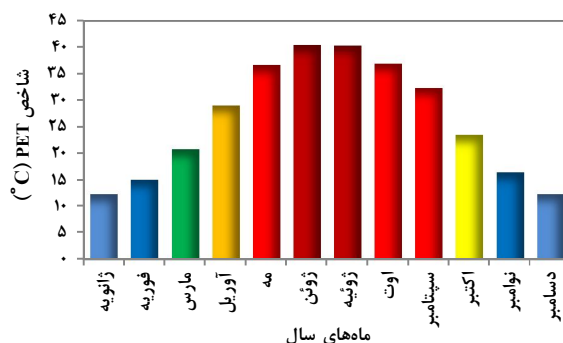
شکل ۷- وضعیت ماهانه آسایش اقلیمی شهرستان جیرفت

ایستگاه شهداد در ماه‌های اوت، ژوئیه، ژوئن و مه با مقادیر عددی ۴۴/۴، ۴۸/۸، ۴۸/۷ و ۴۸/۷ دارای تنش گرمایی بسیار شدید و حساسیت دمایی داغ است و از نظر گردشگری روستایی و کشاورزی شرایط نامطلوبی را دارد. در ماه‌های دسامبر و ژانویه با مقادیر عددی ۱۵/۳ و ۱۵ دارای تنش سرمای اندک و حساسیت دمایی کمی خنک است. این ایستگاه در ماه‌های نوامبر و فوریه با عدم تنش سرمایی از حساسیت دمایی راحت برخوردار می‌باشد و دارای شرایط مطلوب اقلیم گردشگری و فعالیت‌های آگریوتوریسم است (شکل ۸).



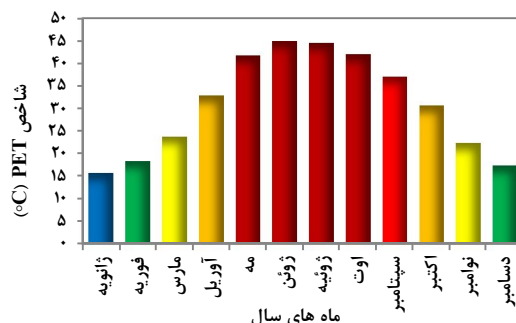
شکل ۸- وضعیت ماهانه آسایش اقلیمی شهرستان شهداد

ایستگاه شهربابک در ماه ژانویه با مقدار عددی ۳/۳ دارای تنش سرمای بسیار شدید و از لحاظ حساسیت دمایی خیلی سرد است و ماه فوریه با مقدار عددی ۵/۲ و ۴/۱ دارای تنش سرمای شدید و حساسیت دمایی سرد می‌باشد. ماه‌های نوامبر و مارس با مقدار عددی ۱۰/۱ و ۹ با تنش سرمای متوسط و حساسیت دمایی خنکی دارد در ماه‌های اکتبر و آوریل با مقدار عددی ۱۶ و ۱۴/۵ دارای تنش سرمای اندک و حساسیت دمایی کمی خنک است ماه‌های اوت و مه با مقدار عددی ۲۳، ۲۵/۸ دارای تنش گرمای اندک و حساسیت



شکل ۵- وضعیت ماهانه آسایش اقلیمی شهرستان کهنوج

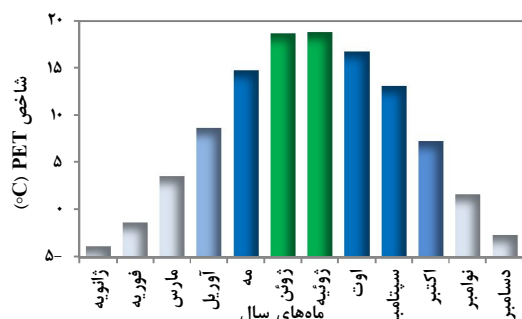
ایستگاه کهنوج از نظر شرایط اقلیمی بسیار گرم است و یکی از گرم‌ترین شهرستان‌های استان کرمان است که ماه‌های دسامبر و فوریه از شرایط مطلوبی برخوردار است و ماه‌های اوت، ژوئیه، ژوئن و مه با مقادیر عددی ۴۴/۸، ۴۴/۹، ۴۴/۵ و ۴۲ تنش گرمایی بسیار شدید و دارای حساسیت دمایی داغ بوده که برای فعالیت‌های محیط باز و گردشگری کشاورزی بسیار گرم و نامساعد است. ماه ژانویه در فصل زمستان از تنش سرمایی اندک و از نظر گرمایی کمی خنک است و بقیه ماه‌ها دارای تنش گرمای اندک و متوسط می‌باشند (شکل ۶).



شکل ۶- وضعیت ماهانه آسایش اقلیمی شهرستان کهنوج

ایستگاه جیرفت در ماه‌های دسامبر، فوریه و ژانویه بدون تنش سرما بوده و دارای شرایط مطلوب و بهترین ماه‌ها برای فعالیت‌های آگریوتوریسم در این شهر می‌باشد و ماه‌های اوت، ژوئیه، ژوئن و مه از نظر تنش گرمایی دارای تنش گرمایی بسیار شدید و از لحاظ حساسیت دمایی داغ است و ماه‌های نوامبر، اکتبر، سپتامبر، آوریل و مه با مقدار عددی ۲۶/۶، ۳۵/۳، ۴۰/۵ و ۳۳/۱ و ۲۶/۱ از تنش گرمایی اندک و متوسط و از نظر حساسیت دمایی کمی گرم و گرم دارد (شکل ۷).

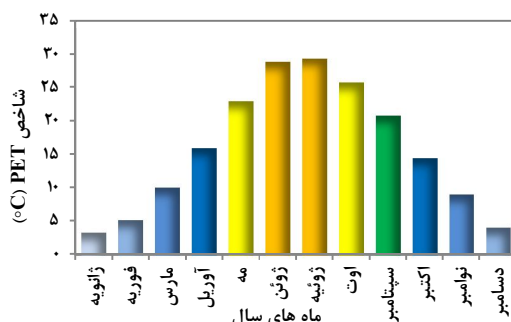
ایستگاه لاله‌زار در ماه‌های دسامبر، نوامبر، مارس، فوریه و ژانویه با مقادیر عددی  $۳/۸$ ،  $۱/۳$ ،  $۳/۶$ ،  $۱/۷$  و  $۲/۶$  از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمایی بسیار شدید و از لحاظ گرمایی خیلی سرد است. ماه‌های اکتبر و آوریل با مقادیر عددی  $۸/۷$  و  $۷/۳$  از تنش سرمایی متوسط و حساسیت دمایی خنک برخوردار است. و ماه‌های سپتامبر، اوت و مه با مقدار عددی  $۱۴/۸$ ،  $۱۶/۸$  و  $۱۳/۱$  با وجود تنش سرمایی اندک از حساسیت دمایی کمی خنک برخوردار می‌باشد. ماه‌های ژوئیه و ژوئن با عدم تنش سرما از لحاظ تنش فیزیولوژیک دارای حساسیت دمایی راحت است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- وضعیت ماهانه آسایش اقلیمی شهرستان لاله‌زار

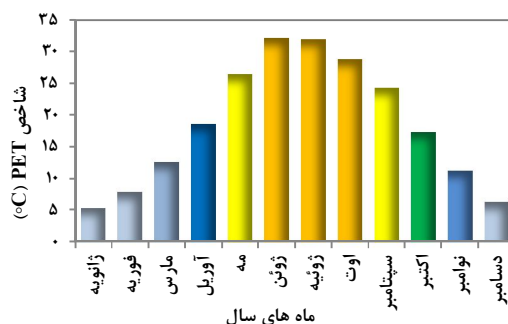
بررسی ضریب همبستگی بین شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و ارتفاع ایستگاه‌ها (جدول ۵) نشان می‌دهد که این ضریب برای همه ماه‌ها منفی و در سطح آماری ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. بر این اساس با افزایش ارتفاع مقادیر شاخص PET کاهش می‌یابد. نرخ کاهش شاخص PET به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع در همه ماه‌های سال ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین شکل (۱۲) پهنه‌های هم‌مقدار شاخص PET را برای ماه‌های مختلف سال که بر اساس تغییرات ارتفاعی ترسیم گردیده‌اند را بر گستره استان کرمان نشان می‌دهد.

دمایی کمی گرم است و ماه‌های ژوئیه و ژوئن با مقدار عددی  $۲۸/۹$  و  $۲۹/۴$  دارای تنش گرمایی متوسط و حساسیت دمایی گرم است. در ماه سپتامبر با مقدار عددی  $۲۰/۸$  از دسته ماه‌هایی است که با عدم تنش سرمایی از حساسیت دمایی راحت برخوردار می‌باشد و دارای شرایط مطلوب اقلیم گردشگری است (شکل ۹).



شکل ۹- وضعیت ماهانه آسایش اقلیمی شهرستان سیرجان

ایستگاه سیرجان در ماه‌های دسامبر، فوریه و ژانویه با مقادیر عددی  $۵/۴۸$ ،  $۷/۹$  و  $۶/۳$  از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمایی شدید می‌باشد و از لحاظ حساسیت دمایی سرد است. ماه‌های مارس و نوامبر از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک دارای تنش سرمایی متوسط و از لحاظ حساسیت دمایی خنک است. این ایستگاه در ماه‌های آوریل و اکتبر با مقادیر عددی  $۱۸/۶$  و  $۱۷/۴$  با عدم تنش سرمایی از لحاظ درجه تنش فیزیولوژیک از حساسیت دمایی راحت برخوردار است که از لحاظ اقلیم گردشگری شرایط مطلوبی دارد. ماه‌های مه و سپتامبر با تنش گرمایی اندک دارای حساسیت دمایی کمی گرم است. ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت دارای تنش فیزیولوژیک گرم و حساسیت دمایی متوسط است (شکل ۱۰).

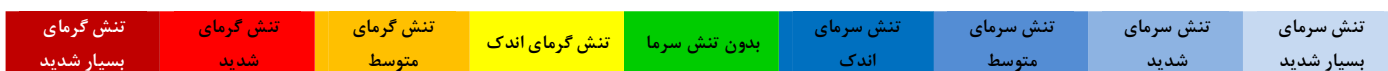
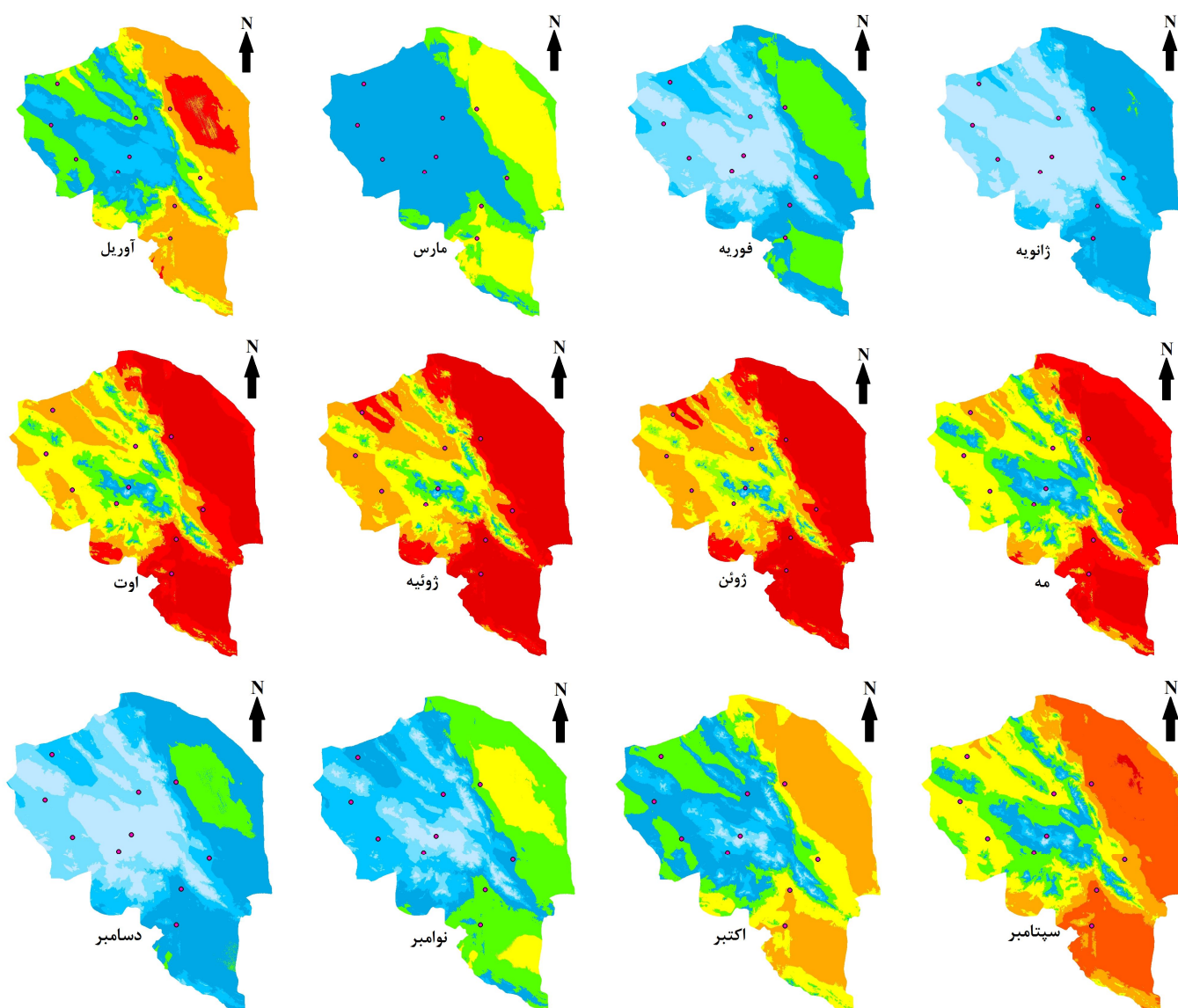


شکل ۱۰- وضعیت ماهانه آسایش اقلیمی شهرستان سیرجان



جدول ۵- معادلات خطی حاکم بر شاخص PET و ارتفاع ایستگاهها (H) حسب متر

ماه	معادله	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	ماه	معادله	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )
ژانویه	PET = -۰/۰۱ H + ۱۹/۷۷	۰/۹۱	ژوئیه	PET = -۰/۰۱ H + ۵۱/۵۴	۰/۹۶
فوریه	PET = -۰/۰۱ H + ۲۲/۷۴	۰/۹۲	اوت	PET = -۰/۰۱ H + ۴۸/۴۸	۰/۹۶
مارس	PET = -۰/۰۱ H + ۲۹/۲۵	۰/۹۰	سپتامبر	PET = -۰/۰۱ H + ۴۳/۵۶	۰/۹۴
آوریل	PET = -۰/۰۱ H + ۳۸/۹۶	۰/۹۲	اکتبر	PET = -۰/۰۱ H + ۳۵/۳۳	۰/۹۵
مه	PET = -۰/۰۱ H + ۴۷/۳۹	۰/۹۳	نوامبر	PET = -۰/۰۱ H + ۲۶/۳۷	۰/۹۲
ژوئن	PET = -۰/۰۱ H + ۵۱/۴۳	۰/۹۶	دسامبر	PET = -۰/۰۱ H + ۲۱/۰۴	۰/۸۹



شکل ۱۲- پهنه‌های هم‌مقدار شاخص دمای معادل فیزیولوژیک برای آستانه‌های مختلف آن در استان کرمان

تخصص در این گروه‌ها می‌تواند نتایج قابل توجهی را در توسعه کشاورزی و گردشگری و کسب درآمدهای اقتصادی و ایجاد فرصت‌های قابل توجه سرمایه‌گذاری گردشگری و کشاورزی در استان کرمان ایجاد نماید.

### منابع

- اسماعیلی، ر.، گندمکار، ا.، منتظری، م. ۱۳۸۹ (a).  
پهنه‌بندی اقلیم آسایش استان خراسان رضوی با استفاده از شاخص دمای فیزیولوژیک. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱(۲): ۱۰۱-۱۱۴.
- اسماعیلی، ر.، صابر حقیقت، ا.، ملبوسی، ش. ۱۳۸۹ (b).  
ارزیابی شرایط اقلیم آسایشی بندر چابهار در جهت توسعه گردشگری. مجموعه مقالات چهارمین کنگره جغرافی‌دانان جهان اسلام: ۱۵۴-۱۶۴.
- ذوالفقاری، ح.، هاشمی، ر. ۱۳۸۸. تحلیلی بر نیازهای سرمایشی و گرمایشی در شمال غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۸۸(۸): ۳۴-۲۱.
- شاهچراغی، آ.، واحدی، ع. ۱۳۸۹. منظر روستایی و توسعه آگروتوریسم. فصلنامه شهرسازی و معماری، ۲۰(۶۹): ۱۳۳-۱۲۴.
- عطایی، ه.، هاشمی نسب، س. ۱۳۸۹. بررسی پتانسیل‌های اقلیم توریستی استان سمنان با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۱(۲): ۲۳-۳۲.
- لشکری، ح.، سلکی، ه. ۱۳۸۸. بهینه‌سازی جهت‌گیری فضاهای آزاد در شهر سقز بر اساس شرایط اقلیمی. فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۱(۳): ۲۷-۴۳.
- Ahmadi, M. A. 2012. Evaluation of tourism climate comfort in order to attract more tourism – case study: Sanandaj city in Iran. *life sci. j.*, 9(3): 623-629 (ISSN: 1097-8135).
- Amelung, B., Viner, D. 2006. Mediterranean Tourism: Exploring the Future with the Tourism Climate Index. *J. sustainable tourism*, 14(4): 349-366.
- De Freitas, C. R., Scott, D. McBoyle, G. 2008. A Second Generation Climate Index for tourism(TCI) Specification and Verification. *Int. J. Biometeorol.*, 15(2): 399-407.
- Gandomkar, A., Mohsseni, N. 2011. Analysis and Estimate Tourism climate Index of Mazandaran

به طور کلی نقشه‌ها نشان‌دهنده تنش سرمایی شدید و بسیار شدید در نواحی غرب و شمال غربی استان در فصول سرد سال می‌باشند و این در حالی است که در همین فصول نواحی شرق و جنوبی استان تنش سرمایی کم‌تری را تحمل می‌کنند. به عنوان نمونه در ماه ژانویه معادل دی‌ماه نواحی شرقی و جنوبی استان شامل شهرستان‌های شهداد، بم، جیرفت و کهنوج تنش سرمایی اندک را تحمل کرده و شهرستان‌های مرکزی، شمال و غربی استان شامل کرمان، لاله‌زار، شهرابک، سیرجان و بردسیر تنش سرمایی شدید و بسیار شدید را نشان می‌دهند. در ماه‌های گرم سال نظیر مه، ژوئیه و اوت نواحی شرقی و جنوبی استان تنش گرمایی بسیار شدید را تحمل می‌کنند. بیش‌ترین گستره‌های فاقد تنش سرمایی در ماه‌های فوریه و نوامبر در نواحی شرق و جنوبی استان واقع شده‌اند.

### نتیجه‌گیری

در یک جمع‌بندی کلی نتایج حاصله نشان می‌دهد که در ماه‌های ژانویه، ژوئن، ژوئیه، اوت و دسامبر تعداد کمی از مناطق استان کرمان اقلیم آسایش مطلوبی را جهت اجرای پروژه‌های آگروتوریسم داشته است. در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت تنها منطقه لاله‌زار و در ماه دسامبر نیز جیرفت به‌عنوان مقصد مناسب گردشگری کشاورزی پیشنهاد می‌گردد. جهت تنوع مسیریابی و انعطاف بیش‌تر برنامه‌ریزان گردشگری کشاورزی، ماه‌های فوریه، مارس و نوامبر مسیرهای کرمان، جیرفت، کهنوج و شهداد اقلیم آسایش بهینه‌ای را نشان می‌دهند. نکته قابل توجه و حائز اهمیت است که می‌توان استخراج نمود پتانسیل اقلیمی اجرای برنامه‌های آگروتوریسم در این استان بوده است. چرا که با توجه به نتایج حاصله، این استان از جمله مناطقی از کشور محسوب می‌گردد که در تمام ماه‌های سال حداقل یک مقصد اقلیم آسایشی را جهت اجرای برنامه‌های مرتبط با آگروتوریسم داشته و این مسئله اولویت سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های گردشگری کشاورزی را در این استان نسبت به سایر شاخه‌های گردشگری بالا می‌برد. تشکیل کارگروه‌ها و کمیته‌های تخصصی آگروتوریسم که از متخصصین گردشگری و کشاورزی تشکیل شده‌اند و ترکیب این دو

- Matzarakis, A. 2010. Assessing climate for tourism purposes: existing methods and tools for the thermal complex. Proceeding of the International workshop on climate and tourism and recreation. Int. soc. Biometeorol., 171-184.
- Matzarakis, A., Farajzadeh, H. 2009. Quantification of climate for tourism in the northwest of Iran, university of Freiburg, Meteorological institute, Werdering, 10, D-79085 Freiburg, Germany.
- Matzarakis, A., Mayer, H., Iziomon, M. G. 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. Int. J. Biometeorol., 43:76-84.
- Morgan, R., Gatell, E., Junyent, R., Micallef, A., Özhan, E., Williams, A. T. 2000. An improved user-based beach climate index. J. Coast. Conserv., 6: 41-50.
- Scott, D., McBoyl, G., Schwartzentruber, M. 2004. Climate change and the Distribution of climate Resources for Tourism in north America. Clim. Res., 27: 105- 117.
- province, using TCI Model, and International Conference on Business, Economics and tourism Management, IPEDR vol 24, IACSIT press, Singapore.
- Hamilton, J. M., Maddison, D. J., Tola, R. S. J. 2005 climate change and international tourism; A simulation study, Global Environmental change, 15:235-266.
- Hoppe, P. 1999. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int. J. Biometeorol.,43: 71-75.
- Jacqueline, M., Hamilton, D., Madidson, J., Richards, J. 2004. Climate and the Destination Choice of German Tourists. A Segmentation Approach, 2: 207-214.
- Matzarakis, A. 2001. Heat stress in Greece. Int. J. Biometeorol., 41: 34-39.
- Matzarakis, A., Alcoforado, M. J. 2007. Importance of thermal comfort and bio climate for tourism climate change and tourism.



## Application of physiological equivalent temperature index for determination of suitable regions for agritourism in Kerman province

A. Bakhtiari<sup>1\*</sup>

Received: 25/04/2015

Accepted: 15/02/2016

### Abstract

Agritourism is one of the most important kinds of tourism in outdoors, which is mainly affected by climatic comfort indices. In this study, the climatic and geographical features of Kerman province from Agritourism point of view have been assessed. Existing record of monthly climatic data of 10 synoptic stations across the province were obtained by which, the climate comfort index of Physiological Equivalent Temperature (PET) was calculated using RayMan package. To investigate the correlation between monthly values of the index and station's elevation, a simple gradient equation was applied. Then, the maps of index changes at different elevations were worked using Arc GIS ver.10. The results indicated that the index decreases with height for entire year. Generated zoning maps showed that in January condition is favorable only in Jiroft. In month of February Jiroft and Shahdad stations, and in March Kahnooj and Bam regions are suitable for Agritourism purposes. Also in April, in Sirjan and Anar, in May, Baft, Anar, Kerman and Shahr-e Babak have found to be proper choices. During June, July and August only Lalehzar area, and in September Lalehzar, Kerman and Baft can be recommended for related activities. In general, months of January, June, July and August have got the least flexibility for any Agritoursim planning due to unfavorable weather conditions.

**Keywords:** Climate comfort, Physiological equivalent temperature index, Agritourism, Kerman

<sup>1</sup> Instructor, Department of Tourism and Hospitality Management, Faculty of Tourism, Higher Education Complex of Bam, Bam, Iran

(\*Corresponding author email address: Bakhtiari@bam.ac.ir)