

ارزیابی شرایط زیست اقلیم شهر سنندج

هادی رهیده^۱، زاهد ابراهیمی^۲

۱- کارشناسی ارشد رشته اب و هوا شناسی دانشگاه تربیت مدرس تهران

۲. کارشناسی ارشد رشته اب و هوا شناسی دانشگاه کردستان،

چکیده

در این پژوهش به کمک داده‌های درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و میزان ابرناکی آسمان در بازه زمانی ۴۴ ساله از ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ اقلیم آسایشی شهر سنندج مورد بررسی قرار گرفت. مدل مورد استفاده در این تحقیق ریمن می باشد. پارامترهای یاد شده بعنوان داده های مورد نیاز نرم افزار وارد آن و بعنوان خروجی شاخص های PMV، PET و SET را محاسبه می نماید. شاخص های یاد شده شاخص های دما- فیزیولوژی محسوب می شوند و در مطالعات مربوط به تعیین آسایش اقلیمی جهت توسعه گردشگری، کاربرد وسیعی دارند. نتایج حاصل از تحلیل داد های خروجی نشان داد که براساس هر سه شاخص روزهای آسایشی شهر سنندج در طول سال در دو دوره جدا از هم قرار دارد. دوره اول در ماه های فروردین، اردیبهشت، و خرداد قرار دارد که اوج تکرار این روزها در این دوره در ماه اردیبهشت می باشد. بازه دوم از اواسط شهریور ماه آغاز و در تمام ماه مهر و چند روز آغازین آبانماه مشاهده می شوند که در ماه مهر بیشتر تکرار این روزها در تمام طول سال مشاهده می شود. مطابق هر سه شاخص حدوداً ۱۰ درصد از روزهای سال یعنی ۳۶ روز از ۳۶۵ روز دارای شرایط آسایش اقلیمی می باشند. در شاخص PMV, PET روزهای خیلی سرد و در شاخص SET روزهای خیلی خنک از بیشترین تکرار برخوردار هستند.

واژگان کلیدی: اقلیم آسایشی، مدل ریمن، SET, PET, PMV

مقدمه

بشر در هر حالت اقلیمی، بر آن است تا آسایش خود را بیش تر تأمین کند. یکی از عوامل مهم طبیعی که آسایش انسان را تحت تأثیر قرار می دهد و با تغییر آن شرایط آسایش نیز تغییر خواهد کرد تغییر در اقلیم هاست. گاه انسان بامسافرت از یک مکان به مکان دیگر با قصد سفر خود باعث تغییر در محیط زندگی و به طبع آن تغییر اقلیم مکان زندگی خود می شود.

از نظر ماتزاراکیس^۱ (2006) آب و هوا و گردشگری در بسیاری از موارد به هم وابسته اند. هر دوی آنها از اهمیت جهانی برخوردار می باشند. اطلاع از شرایط آب و هوا برای گردشگران قبل و در حین گذراندن تعطیلات بسیار مهم می باشد. این اطلاعات را می توان از طریق رسانه ها، کتاب راهنمای توریستی، اینترنت و... کسب کرد. نمونه ای از این اطلاعات که در دسترس قرار می گیرند دمای هوا، رطوبت نسبی، بارش، و... می باشد. این اطلاعات آب و هوایی برای برنامه ریزی در زمینه توریسم بسیار با اهمیت هستند. مطالعه تاثیر اقلیم بر آسایش انسان نوآوری جدیدی نمی باشد و از لحاظ تاریخی به سده چهارم قبل از میلاد و احتمالاً خیلی قبل تر از آن برمی گردد (اوکتاوی^۲، ۲۰۰۲، به نقل از پروانه و همکاران، ۱۳۹۰).

وقتی به آمار درآمد (۱۰۷۵ میلیارد دلاری) گردشگری از طرف سازمان جهانی گردشگری در سال ۲۰۱۲ توجه کنیم متوجه اهمیت صنعت گردشگری برای کشورهای جهان به خصوص کشوره های در حال توسعه می شویم و متوجه رقابت شدید کشورهای جهان در سهم بودن هر چه بیشتر در این صنعت پر سود می شویم (حسینی، ۱۳۹۳).

صنعت توریسم در سالهای اخیر رشد فزاینده ای یافته است. صنعت یاد شده بیشتر از ۷۵۰ میلیون گردشگر و حدود ۶۲۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۴ (حسین زاده و حیدری، ۲۳، ۱۳۸۲) و بیش از ۷۰۰ میلیارد دلار درآمد در سال ۲۰۰۶ حدود ۱۰ درصد تولید ناخالص جهان را به خود اختصاص داده است. سازمان جهانی توریسم هم چنین پیش بینی کرده است که تا سال ۲۰۲۰ میلادی، جمعیت توریست های جهان به یک میلیارد نفر و درآمد حاصله به ۱/۶ میلیارد دلار بالغ شود (سازمان جهانی گردشگری، ۲۰۰۶). آب و هوا بر توریسم به طرق مختلف تأثیر گذاشته و در تعامل با یکدیگر بحث جدیدی را به عنوان اقلیم شناسی توریسم مطرح می کند. اکثر مردم وقتی کلمه آب و هوا را می شنوند توجه شان به حرارت (گرم) و بارش (رطوبت) جلب می شود، اینها شاید مولفه های اصلی اقلیم در یک مکان به حساب بیایند، ولی اقلیم یک مکان فراتر از این هاست و مولفه های بیشتری را شامل می شود مانند: سرعت باد، رطوبت، ابرناکی و ...

گردشگر از یک فضای جغرافیایی استفاده می کند که این فضا، دارای یک ساختار فیزیکی و طبیعی شامل عوامل زیست شناسی و طبیعی و همچنین برخی از عواملی که به وسیله فعالیت انسان ها به وجود آمده می باشد (بلین و گومز^۳، 2005). آنچه که باعث جذب گردشگران در یک مکان میشود یا ساخته دست بشرند مانند برج ایفل در پاریس و یا ویژگی ذاتی و طبیعی منطقه می باشند و بشر در ایجاد آنها نقشی نداشته مانند اقلیم مناسب در یک مکان و یا کوه های هیمالیا در نپال.

در دنیای امروز صنعت توریسم به یکی از بزرگترین و سودآورترین بخش های اقتصاد جهان تبدیل شده است. به طوری که این صنعت نقش بسیار مهمی در روند رشد و توسعه کشورها دارد. یکی از ویژگی مناطق و کشورها برای جذب توریست و رونق صنعت توریسم داشتن اقلیم مناسب و یا به اصطلاح خوش آب و هواست که مثال بارز در این زمینه کشورهای واقع در سواحل دریای مدیترانه می باشد. به بیان دیگر اقلیم هم بصورت مثبت و هم بصورت منفی تأثیر خود را در این صنعت آشکار می سازد که در جهت منفی آن عامل محدود کننده می باشد و می توان به مناطق با اقلیم های گرم یا بسیار سرد اشاره نمود. البته باید یادآوری نمود که در بعضی مکانها اقلیم عامل محدود کننده به حساب می آید اما برای دیگر ساکنان کره زمین دارای جذابیت میباشد. بطور

¹ -Matzarakis

² -Octay

³ - World Organization Tourism(WOT)

⁴ -Belen&Gomez

مثال مناطق بیابانی با آفتاب دایمیش شاید برای ساکنان بومی آن زیاد جذابیت نداشته باشد و یا حتی عاملی مزاحم به حساب آید اما برای افراد ساکن در کشورهای ساکن در شمال اروپا که از ساعات آفتابی بسیار کمی برخوردار هستند می تواند یک جاذبه توریستی به حساب آید.

گردشگری یکی از پتانسیل های مهم برای توسعه اقتصادی برای مناطق مختلف خصوصا جهان سوم محسوب می شود زیرا این صنعت به مثابه کارخانه ای می باشد که نیاز به صادر کردن محصولاتش ندارد و باعث حذف هزینه حمل و نقل کالاها می شود. مصرف کننده با سفر به آنجا خود محصول را خریداری می کنند. در کشورهای توسعه نیافته به علت نبود سرمایه امکان فعالیت های صنعتی و تجاری کمتر میباشد در حالی که یک بنای باستانی، یا طبیعی بکر و دست نخورده می تواند یک سرمایه بزرگ به حساب آید. در این زمینه میتوان به کشور مصر با اهرام ثلاثه و کشور کنیا با ساوان ها بکر و حیوانات موجود در آن که بخاطر کوچ درگله های بزرگ مناظر جالبی را به وجود می آورند، اشاره نمود. توریسم علاوه بر منافع اقتصادی، از نظر فرهنگی هم می تواند باعث آشنایی توریست ها با فرهنگ و تمدن مکان مقصد و در نتیجه توسعه و صادر شدن آن به دیگر نقاط کره زمین بشود. از بعد دیگر با ورود گردشگران از کشورهای دیگر به مقاصد گردشگری احتمال آمیختگی فرهنگی و به تدریج جایگزین شدن فرهنگ مکان مقصد با فرهنگ توریست ها نیز وجود دارد که این یک جنبه دیگر آن می باشد.

میچکوفسکی (۱۹۵۸) با در نظر گرفتن ۷ پارامتر اقلیمی، شاخص اقلیم آسایش گردشگری را طراحی کرد و به ارزیابی مطلوبیت اقلیمی برای گردشگران پرداخت. پری (۲۰۰۱) در پژوهشی وضعیت اقلیم گردشگری در مناطق گرم و خشک به ویژه نواحی مدیترانه را مورد مطالعه قرار داد و نشان داد که بدترین شرایط برای گردشگری زمانی است که موجهای گرما این مناطق را تحت تأثیر قرار می دهند.

اهیر^۷ و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی بنیان های هواشناسی حیاتی برای توریسم را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. در این پژوهش وضعیت هواشناسی حیاتی به وسیله حس گرمایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و درجه حرارت های معادل یا هم ارز فیزیولوژی انسان را در ده روز مشخص از سال بررسی کرده و سپس با ترکیب این پارامتر با دیگر پارامترهای هواشناسی از قبیل حرارت، تابش نور خورشید، مقدار و تعداد روزهای همراه با بارندگی و طوفان، مناطق آسایش را برای توریسم مشخص کردند (به نقل از عطایی و هوشمند، ۱۳۸۹)

حسن ذوالفقاری (۱۳۸۳) با استفاده از شاخص های دمای معادل فیزیولوژی (PET) و متوسط نظرسنجی پیش بینی شده (PMV) به بررسی زمان مناسب گردشگری در شهر تبریز پرداخت. نتیجه مطالعه که از طریق مدل RAYMAN انجام گرفت نشان داد که دوره آسایش در این شهر بسیار محدود و فقط به مدت ۴۵ روز از اوایل خرداد تا اواسط تیر ماه طول می کشد. دوره تنش گرما ۸۰ روز از حوالی ۱۰ تیر تا ۲۰ شهریور و دوره تنش سرما با درجات مختلف به مدت ۲۴۰ روز از حوالی ۱۵ مهر ماه تا پایان اردیبهشت ماه طول می کشد.

رنجبر و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی به منظور بررسی ارتباط بین شرایط آب و هوایی با روند گردشگری در شهرستان مرودشت انجام گرفت. در انجام این تحقیق از داده های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک سد درودزن در یک دوره آماری ۱۸ ساله (۱۹۸۷-۲۰۰۶)، و همچنین از آمار تعداد بازدید کنندگان مجموعه تاریخی هخامنشی در یک دوره آماری ۱۰ ساله (۱۳۷۶-۱۳۸۶)، استفاده کرد. روش استفاده شده در این تحقیق (TCI) بود. نتایج نشان داد که: ماه های سرد سال (ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر)، به دلیل بارش باران و افت محیطی دما شرایط نامطلوبی را برای گردشگری در این شهرستان دارد. و ماه های فصل بهار و پاییز (آوریل، مه، اکتبر و سپتامبر) به دلیل تعدیل شرایط دمایی و عدم بارش بارن بهترین شرایط را برای گردشگری دارد. همچنین ماه های ژوئن،

⁵ -Mieczkowski

⁶ - Perry

⁷ - Oehier

⁸ - Physiological Equivalent Temperature

ژوئیه و آگوست به دلیل گرما دارای شرایط نامطلوب برای گذراندن اوقات فراغت در این شهرستان میباشد طبق نتایج حاصله بهترین شرایط اقلیم آسایشی قوچان در خرداد و مهر ماه و جهت مقصد گزینی سفرهای تابستانی، شهر مشهد و به خصوص قوچان (نواحی شمالی) از شرایط بهتری برخوردار است.

عطایی و هاشمی نسب (۱۳۸۹) جهت بررسی پتانسیل های اقلیم توریستی استان سمنان با به کار گیری شاخص (PET) و استفاده از پارامترهای متوسط دمای خشک، متوسط رطوبت نسبی، متوسط سرعت باد، متوسط فشار بخار آب و میزان ابرناکی ایستگاههای سینوپتیک سمنان، گرمسار، شاهرود، و بیارجمند طی دوره آماری (۱۹۹۲-۲۰۰۴) استفاده و نتیجه نشان داد که: ماه می همه ایستگاه ها و ماه اکتبر، ایستگاه های سمنان، شاهرود و گرمسار، ماه سپتامبر، شاهرود و بیارجمند، ماه آوریل در گرمسار و ماه ژوئن در بیارجمند از ماه هایی هستند که دارای بهترین شرایط از نقطه نظر اقلیم آسایش هستند و از اقلیم بسیار مناسبی برای توریسم برخوردارند. در همه ایستگاه ها در ماه های جولای و آگوست درجه متفاوتی از تنش گرمایی اندک تا متوسط حاکم و همچنین همه ایستگاه ها طی ماه های ژانویه، فوریه، مارس و نوامبر از تنش گرمایی بسیار شدید تا متوسط برخوردار هستند.

حسنوند و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی به ارزیابی شرایط اقلیم آسایش از منظر گردشگری با استفاده از شاخص بیوکلیماتیک TCI و داده های اقلیم ی ۹ ایستگاه سینوپتیک لرستان به ارزیابی شرایط آسایش این استان در طول سال پرداختند. دوره آماری آنها ۱۵ ساله بوده و بعد از تجزیه و تحلیل و پردازش آنها در محیط Excel و نیز تهیه یک بانک اطلاعاتی، شاخص را برای ایستگاه های منطقه به تفکیک ماه های سال محاسبه نموده و با استفاده از تکنیک GIS نقشه TCI را بر پایه نقشه DEM ارتفافی برای تمامی ماه های سال تهیه و ترسیم کردند. نتایج نشانگر این بود که: شاخص گردشگری لرستان دارای تنوع زیادی است. بهترین ماه ها از نظر شرایط آسایشی برای گردشگران آوریل با استفاده از سه کلاس ایده ال، عالی و بسیار خوب ماه می با دو طبقه عالی و خیلی خوب و نیز ماه اکتبر با دو طبقه عالی و بسیار خوب می باشند و در مقابل ماه های ژانویه و فوریه (با کلاسه قابل قبول، حد بحرانی و نامطلوب) و ژوئن (با سه طبقه خوب، قابل قبول و حد بحرانی و مرزی) از بدترین شرایط آسایشی و بیو کليمایی برخوردارند.

اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از داده های دوره آماری (۱۳۴۰-۱۳۸۵) شرایط اقلیم آسایشی چهار شهر گردشگری اصفهان، مشهد، رشت و کیش را بوسیله شاخص دمای معادل فیزیولوژی (PET) مورد ارزیابی قرار داده نتایج حاکی از این بود که دوره آسایش اقلیمی در این شهر ها کوتاه بوده و به صورت دو دوره مجزا در ابتدای فصل بهار و پاییز واقع شده است.

احمدی (۱۳۹۰) با هدف شناخت مناطق آسایش اقلیمی در استان تهران به تحلیل آب و هوا پرداخت. از آمار ۸ ایستگاه سینوپتیک به صورت روزانه استفاده در یک دوره ۲۳ ساله استفاده کرد. در مرحله اول از یک نرم افزار کامپیوتری و در مرحله بعد از مدل (A.H.P) برای وزن دهی براساس درجه اهمیت طی یک جدول ماتریسی استفاده کرد و در نهایت نتایج حاکی از این بود که: آسایش انسان بر مبنای فصول سال متفاوت و در فصل زمستان شهر تهران به دلیل جزیره گرمایی در حد اکثر و سایر مناطق در حداقل است و در فصل تابستان مناطق شمالی استان در حد اکثر و مناطق جنوبی در حداقل به سر می برد. مطلوبیت مناسب در طول سال ۵۰ درصد برای استان در نیمه شمالی و هر چه به طرف نیمه جنوبی پیش می رویم این روند به حداقل می رسد.

هجرتی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از شاخص دما-فیزیولوژی PET به ارزیابی و شناسایی محدوده های آسایش اقلیمی در سطح خراسان رضوی پرداختند. از یک دوره آماری ۲۲ ساله، مشهد، قوچان، سبزوار و گناباد در مقیاس روزانه استفاده کردند. نتایج نشان داد دوره بدون تنش فیزیولوژیکی یا آسایش اقلیمی، کوتاه بوده و برای مشهد ۳۷، سبزوار ۴۲، گناباد ۳۶، و قوچان ۵۱ روز از سال می باشد. همچنین به تحلیل ماهانه که بر اساس کیفیت اقلیم آسایش صورت گرفت نشان داد که مناسب ترین زنان سفر به مشهد اردیبهشت و مهر ماه است.

عمرانی و یزدان پناه (۱۳۹۰) به تعیین شاخص آسایش اقلیم گردشگری TCI در سطح استان اصفهان پرداخته و از آمار نرمال اقلیمی محاسبه شده ایستگاه های سینوپتیک استان اصفهان (۱۹۷۶-۲۰۰۵) استفاده کردند. شاخص TCI شامل هفت مولفه می باشد. مقادیر پارامتر های ذکر شده بر اساس نمودار و جدول رتبه بندی شده و سپس مولفه های شاخص TCI به صورت ماهانه بر

اساس فرمول وضابطه TCI و نقشه ارتفاعی استنات تهیه و کلاس بندی کردند. نتایج نشان داد که: ماه می واکتبر از نظر شاخص مذکور در سطح استان برای گردشگران بهترین و مناسب ترین ماه می باشند. به طوری که ماه می استان شامل سه کلاس خیلی خوب، عالی و ایده ال است. در ماه مارس، آوریل و نوامبر چهار کلاس خوب، خیلی خوب عالی و ایده ال در اصفهان تشکیل میشود. این شاخص در ماه های ژوئن، ژوئیه و آگوست شرایط خوبی برای گردشگران ندارد. ماه های ژوئیه و فوریه از لحاظ آب و هوایی تقریباً یکسانند در شمال اصفهان در این دو ماه وضعیت خیلی خوب و عالی می باشد.

۲- داده و روش

شهر سنندج مرکز استان کردستان در فاصله ۵۲۰ کیلومتری از تهران قرار دارد. طول جغرافیایی آن برابر با ۴۶ درجه شرقی و عرض ۳۵ درجه شمالی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا در نقاط مختلف شهر تفاوت داشته و بطور متوسط ۱۳۷۳ متر قرار دارد. میانگین بلند مدت دمای سالانه ۱۲ درجه سانتیگراد، و میانگین بلند مدت بارش سالانه ۵۰۰ میلی متر می باشد. به منظور تعیین زمان مناسب گردشگری در شهر سنندج با استفاده از مدل ریمن، در ابتدا پارامترهای اقلیمی ایستگاه مورد نیاز به صورت روزانه از سایت سازمان هواشناسی کشور در بازه زمانی ۴۴ ساله (۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵) دریافت گردید. که به ترتیب شامل: درجه حرارت هوا به سانتیگراد، رطوبت نسبی هوا به درصد، سرعت باد بر حسب متر و میزان ابرناکی آسمان بر حسب اکتا می باشد. لازم به ذکر است که مدل ریمن که از طریق نرم افزار ریمن قابل اجرا است بعد از دریافت داده های ذکر شده به ترتیبی که گفته شد به عنوان خروجی، پارامترهای مختلف از جمله: PMV^۹ (متوسط نظر سنجی پیش بینی شده)، PET (دمای معادل فیزیولوژی) و SET (دمای موثر استاندارد) است که از مهمترین شاخص های دما- فیزیولوژی محسوب می شوند و در مطالعات مربوط به تعیین زمان مناسب برای توسعه توریسم کاربرد وسیعی دارند (ذولفقاری، ۱۳۸۶، ۱۳۵) را برای ما محاسبه می کند.

۱-۲- شاخص PMV

$$PMV = (0.303 e^{-0.036M} + 0.028)[(M-W) - H - E_c - C_{rec} - E_{rec}]$$

$$E = 3.05 \times 10^{-3} (256 t_{sk} - 3373 - P_a) + E_{sw}$$

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

$$C_{rec} = 0.0014 M (34 - T_a)$$

$$E_{rec} = 1.72 \times 10^{-5} M (5867 - P_a)$$

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

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

در معادلات فوق:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

^۹-Predicted Mean Vote

^۱ -Standard Effective Temperature

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

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

$T_a = \text{دمای هوا (درجه سانتی گراد)}$

مقیاس PMV نوعی تقسیم بندی احساس حرارتی 7 درجه ای است که دامنه آن از 3.5- (سرد) تا 3.5+ (گرم) تغییر می کند. صفر در این مقیاس نشانگر احساس حرارتی خنثی است. (جدول ۱). برای محاسبه راحت تر و سریع تر این شاخص، نرم افزارهایی هم طراحی شده است که نرم افزار Ray Man یکی از آن هاست. در ادامه همین نوشته در باره نرم افزار مذکور توضیح داده خواهد شد.

جدول ۱) مقادیر آستانه شاخص های PMV و PET در درجات مختلف حساسیت انسان. منبع: (ماتزاراکیس و

همکاران، ۱۹۹۹، به نقل از ذوالفقاری، ۱۳۸۶)

PMV	PET (°C)	حساسیت حرارتی	درجه تنش فیزیولوژیک
بیش از ۳/۵	کمتر از 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

۲-۲- شاخص PET

شاخص دمای معادل فیزیولوژیک یا PET نیز یکی دیگر از شاخص های معروف دما_ فیزیولوژیک است. که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده است. در تعریف این شاخص برای موقعیت بیرون از منزل می توان گفت دمایی است که طی آن در یک اتاق نمونه بیلان حرارتی بدن انسان (نرخ سوخت و ساز با کار سبک 80 وات بر نرخ سوخت و ساز پایه اضافه می شود، ارزش نارسانایی لباس در حد 0.9 کلو) با دمای پوست و دمای مرکزی بدن انسان در شرایط بیرون از منزل، در تعادل می باشد. واحد نارسانایی لباس را کلو می گویند. مقاومت گرمایی یک کلو معادل 0.155 وات بر درجه سانتی گراد در مترمربع است. برای یک شخص در حالت ایستاده و لباس معمول منزل، آسایش حرارتی مطلوب در یک دمای معادل فیزیولوژیک حدود 20 درجه سانتی گراد حاصل می شود. در مقادیر بالای این شاخص، تنش گرما و در مقادیر پایین آن تنش سرما وجود خواهد داشت برای فعالیت های مختلف و پوششهای لباس متفاوت، مقادیر دمای معادل فیزیولوژیک نیز تغییر خواهد کرد. در شرایط کار سبک تر و پوشش لباس نازک تر، مقادیر PET افزایش یافته و در شرایط کار سنگین تر و پوشش لباس ضخیم تر، مقادیر این شاخص کاهش می یابد. در تبادل حرارت بدن انسان با محیط اطراف، لباس عامل موثری بشمار می رود چرا که لباس مثل لفافی نارسانا قسمتی از بدن را می پوشاند و از تماس سطح بدن با محیط اطراف می کاهد. در جدول 2 ارزش نارسانایی لباس های مختلف ارائه شده است.

جدول ۲) ارزش نارسانایی پوشاک مختلف، منبع: (رازجویان ۱۳۷۶، به نقل از ذوالفقاری، ۱۳۸۶)

ردیف	مجموعه پوشاک	ارزش نارسانایی به کلو
۱	برهنه	۰
۲	شلوار کوتاه	۰,۱
۳	لباس زیر نازک پنبه ای و آستین کوتاه، شلوار بلند، نازک و جوراب پنبه ای	۰,۳۵
۴	مثل بالا+پیراهن آستین کوتاه یقه باز	۰,۵
۵	شلوار سبک، جلیقه، پیراهن آستین بلند و کت	۱
۶	مثل بالا+پالتوی پنبه ای	۱,۵
۷	لباس مخصوص مناطق قطبی	۳,۵

برای محاسبه PET، تمام عناصر هواشناسی موثر در بیان انرژی انسان در یک ارتفاع مناسب زیست اقلیم شناسی مثل ارتفاع ۱,۵ متری از سطح زمین اندازه گیری می شود. پارامترهای موثر مثل دمای هوا، فشاربخار، سرعت باد، دمای تابش متوسط محیط اطراف، بسته به موضوع مورد مطالعه اندازه گیری و یا از طریق مدل های رقومی محاسبه می شوند. دو مدل کاربردی معروف که برای بررسی دمای معادل فیزیولوژیک و متوسط نظرسنجی پیش بینی شده مورد استفاده قرار می گیرند در زیر توضیح داده شده است.

۲-۳- شاخص SET

نوع پیشرفته شاخص دمای موثر یا ET است و در محاسبه آن از پارامترهایی استفاده می شود که برای محاسبه شاخص های PMV, PET از آنها استفاده شده است ولی مقادیر آستانه شاخص از طریق جدول زیر، که جدول مشترک بین شاخص ET, SET است محاسبه می گردد که محاسبه دقیق تر آن از طریق مدل RayMan امکان پذیر می باشد.

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

در رابطه فوق T دما برحسب درجه سانتیگراد و RH رطوبت نسبی بر حسب درصد می باشد.

جدول ۳) آستانه های شاخص دمای موثر استاندارد در برآورد شرایط اقلیمی

ردیف	ضریب	ضریب آسایش
۱	بیشتر از ۳۰	فوق العاده گرم
۲	۲۷/۵ تا ۳۰	شرجی
۳	۲۵/۶ تا ۲۷/۵	خیلی گرم
۴	۲۲/۲ تا ۲۵/۶	گرم
۵	۱۷/۸ تا ۲۲/۲	آسایش
۶	۱۵/۵ تا ۱۷/۸	خنک
۷	۱/۶۷ تا ۱۵/۵	خیلی خنک
۸	-۱۰ تا ۱/۶۷	سرد
۹	-۲۰ تا -۱۰	خیلی سرد
۱۰	کمتر از -۲۰	فوق العاده سرد

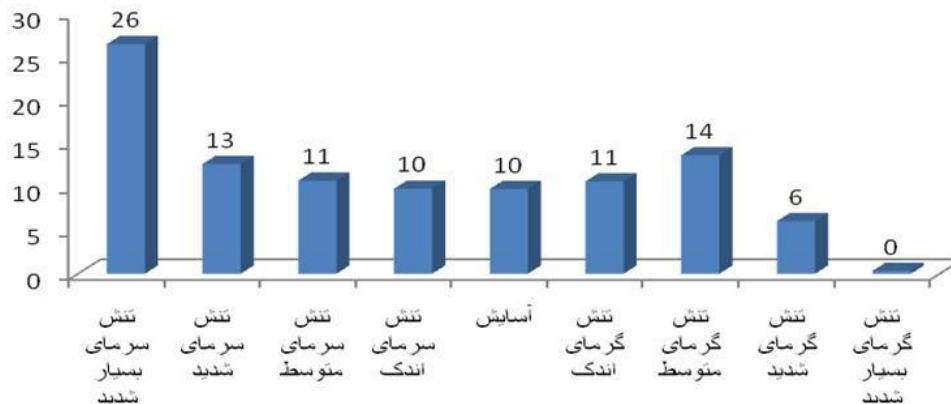
مدل RAYMAN که توسط دکتر آندریاس ماتزاراکیس (۲۰۰۲) برای محاسبه شاره های تابشی به ویژه در بین ساختمانهای شهری طراحی شده است یکی از روشهای مناسب برای محاسبه متوسط دمای تابشی و در نهایت محاسبه SET, PMV, PET می باشد. متغیرهای مورد نیاز برای تعیین شاخص های SET, PET, PMV به چهار دسته تقسیم میشوند:

۱. متغیرهای موقعیتی شامل طول و عرض جغرافیای و ارتفاع از سطح دریا.
۲. متغیرهای هواشناسی که شامل ۵ پارامتر بوده و در بالا به آنها اشاره شد.
۳. متغیرهای فردی به عنوان ویژگی های فیزیولوژیک موثر در مدل می باشند. در این رابطه می بایست ویژگی های فردی مثل قد، وزن، سن و جنسیت وارد مدل شود.
۴. متغیرهای دسته چهارم شامل نوع پوشش و فعالیت می باشند. پوشش بر حسب کلو و فعالیت بر حسب وات مشخص می شود. با توجه به تنوع داده های فیزیولوژیک، پوشش و نوع فعالیت بسیار متفاوت و متغیر هستند بنابراین طبق توصیه مدل و نظر محقق می توان مواردی را به صورت میانگین یا استاندارد در نظر گرفت.

مثلا در مورد قد و سن می توان میانگین متعارف این متغیرها را در جامعه لحاظ کرد. در مورد پوشش رقم ۰/۹ کلو و فعالیت متوسط مثل رانندگی با ۸۰ وات را می توان برای یکی از جنس های مرد یا زن در نظر گرفت. گفتنی است که تفاوت بسیار ناچیزی در این زمینه بین زن و مرد وجود دارد که در بسیاری از موارد قابل چشم پوشی است.

۳- بحث

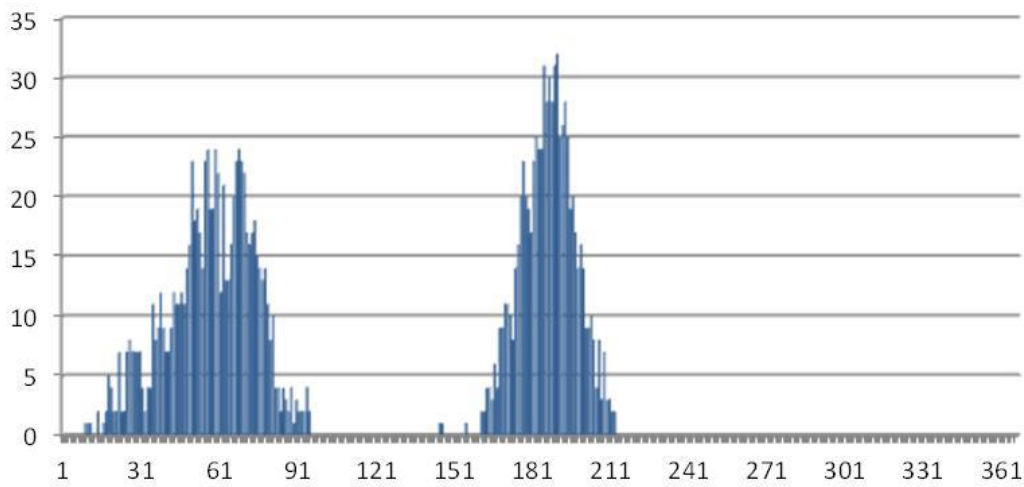
شکل ۱ تغییرات مقادیر PMV را در طول دوره آماری در شهر سنندج نشان می دهد. بر این اساس در این بازه زمانی بیشترین شرایطی که در این شهر حاکم بوده است شرایط خیلی سرد که معادل فیزیولوژیک آن تنش سرمای بسیار شدید می باشد که نشانگر اقلیم سرد در این شهر می باشد. بعد از آن به ترتیب تنش گرمای متوسط (گرم) و تنش سرمای شدید (سرد) از بیشترین دامنه تکرار برخوردار می باشند. با اندکی دقت مشاهده می شود بر طبق این شاخص در سنندج در مدت این ۴۴ سال هیچگاه شرایط داغ حاکم نبوده است. همچنین دیگر شرایط اقلیمی با اندکی اختلاف نسبت به یکدیگر درصد تکرار آنها مساوی می باشد و در یک دامنه قرار دارند.



شکل ۱: تغییرات مقادیر PMV در طول دوره آماری در سنندج

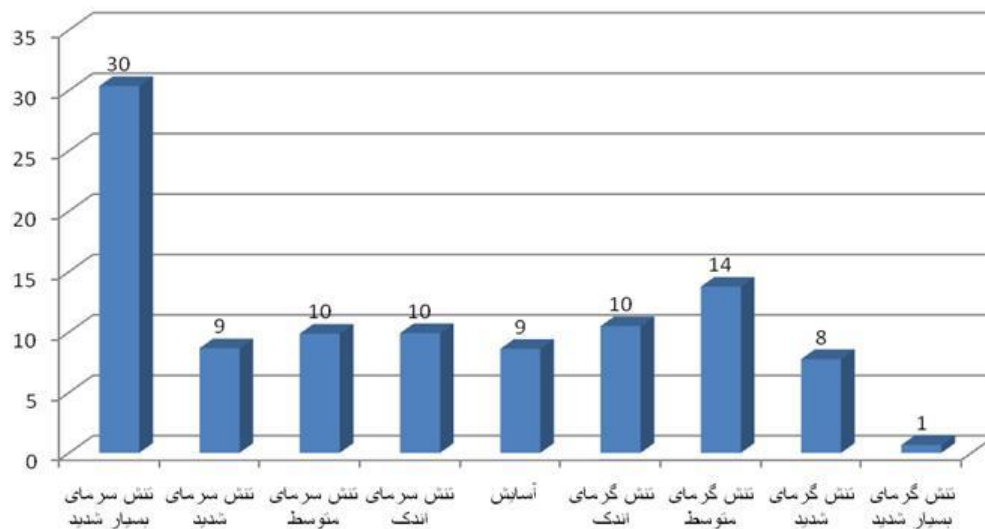
شکل ۲ بیانگر فراوانی روزهای همراه با آسایش در طول دوره ۴۴ ساله آماری در شهر سنندج می باشد که ۱۰ درصد روزها همراه با آسایش در طول این بازه آماری میباشد یعنی ۳۶ روز در یک سال و ۱۰۶۴ روز از مجموع ۱۶۴۳۶ روز. همانطور که از شکل ۲ پیداست دوره آسایش سنندج در ۲ بازه زمانی در طول سال قرار دارد. دوره اول آسایشی از اوایل ماه فروردین آغاز می شود و با گذشت این ماه و اردیبهشت ماه روزهای آسایش نیز سیر صعودی دارند و در نهایت در اردیبهشت ماه در این بازه زمانی به حداکثر خود می رسد. با اتمام اردیبهشت ماه روزهای آسایش نیز کاهش یافته و در نهایت با اتمام ماه خرداد روزهای آسایش نیز تمام می

شود. دوره دوم آسایش از اواسط شهریور آغاز می شود و با نزدیک شدن به مهر ماه تعداد این روزها سیر صعودی با شیب تندی رادارا می باشد و در ماه مهر به حداکثر خود می رسد نهایتاً با اتمام این ماه، روزهای آسایش نیز به پایان می رسند.



شکل ۲: روزهای همراه با آسایش مطابق شاخص PMV

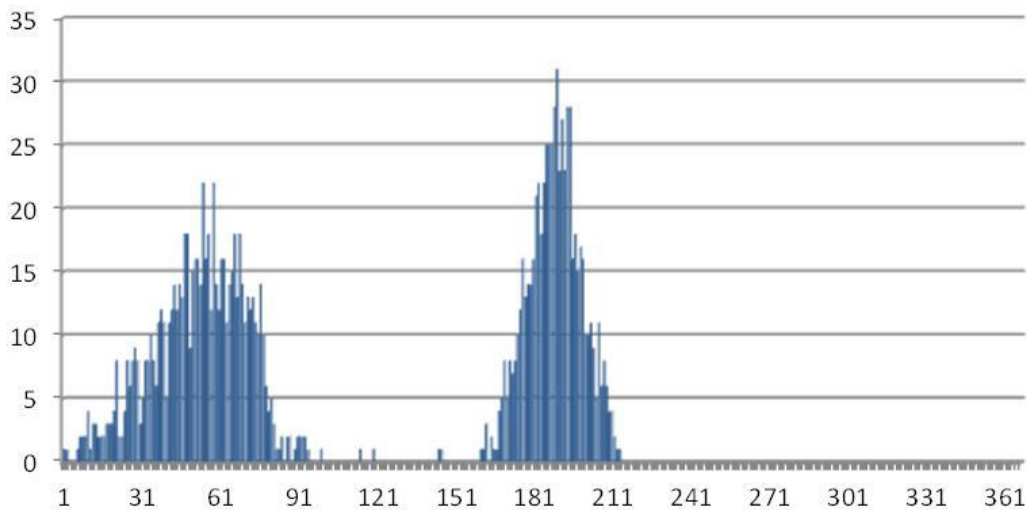
شکل ۳ بیانگر تغییرات مقادیر PET در طول ۴۴ سال دوره آماری در شهر سنندج می باشد. بر طبق این شکل روزهای خیلی سرد با ۳۰ درصد از مجموع کل دوره آماربیشترین تکرار را به خود اختصاص داده است. بعد از روزهای خیلی سرد، روزهای گرم با ۱۴ درصد از بیشترین تکرار برخوردار می باشد. روزهای کمی گرم، خنک، و کمی خنک هر کدام ۱۰ درصد از مجموع کل دوره آماری را به خود اختصاص داده اند. روزهای داغ بر طبق این شاخص ۱ درصد یعنی ۳٫۶ روز در سال و ۱۰۷ روز را از مجموع ۱۶۴۳۶ روز دوره آماری را به خود اختصاص داده است.



شکل ۳: تغییرات مقادیر شاخص PET در طول دوره آماری در سنندج

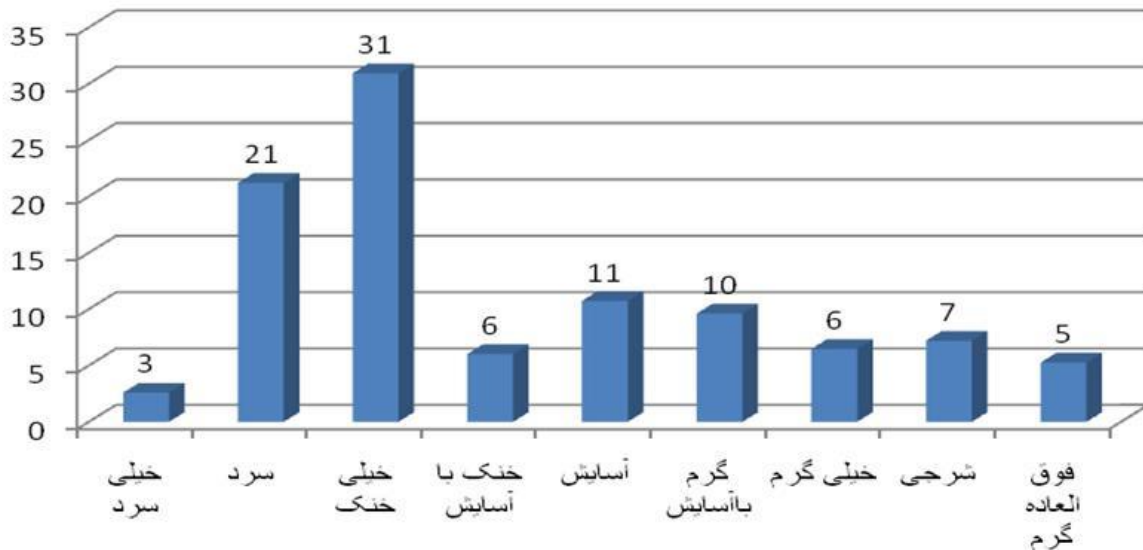
مطابق با این شکل (شکل ۴) روزهای با آسایش در سنندج بلافاصله با آغاز فروردین ماه آغاز میشود. در تمام سراسر ماه های فروردین، اردیبهشت و خرداد روزهای با آسایش وجود دارند. بیشترین تعداد روزهای یاد شده در اردیبهشت ماه میباشد. با اتمام ماه خرداد این روزها نیز تمام می شود. در اواسط شهریور ماه دوباره این روزها آشکار میشوند. مهر ماه به حداکثر و با آغاز آبان ماه به

پایان می رسد. بازه زمانی اول روزهای همراه با آسایش در سه ماه قرار گرفته است. در حالی که بازه زمانی روزهای همراه با آسایش در دو ماه قرار گرفته اند.



شکل ۴: روزهای همراه با آسایش مطابق شاخص PET

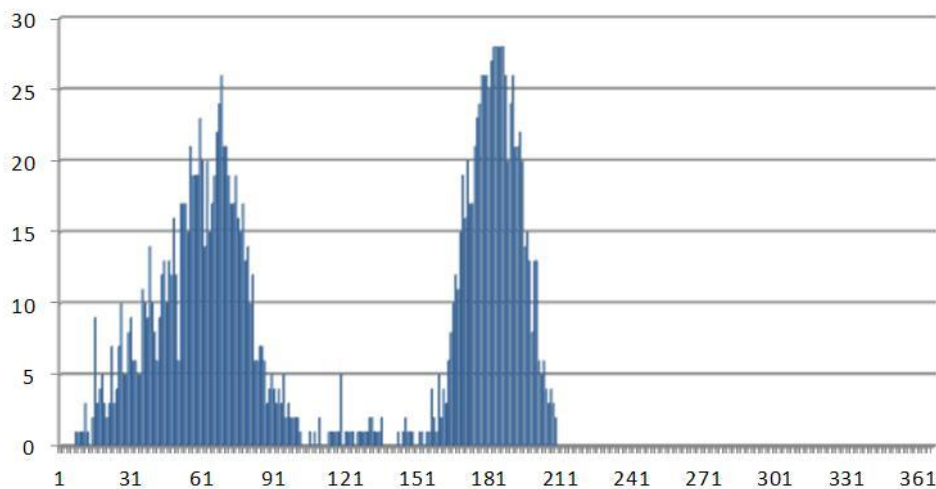
براساس شکل ۵ روزهای خیلی خنک از بیشترین تکرار با تقریباً ۱۲۲ روز در سال و ۵۰۸۲ روز از مجموع ۱۶۴۳۶ روز در دوره آماری برخوردار می باشد. در مرتبه دوم روزهای سرد قرار دارد. اگر روزهای با آسایش را مابین روزهای سرد و خنک با روزهای گرم و خیلی گرم فرض بنمائیم تعداد روزهای سرد و خنک بیشتر تکرار و ۶۱ درصد از مجموع کل را به خود اختصاص داده اند. بر طبق این شاخص اقلیم سنندج روزهای سرد زیادی را در طول مدت زمان مورد مطالعه دارا بوده است. روزهای فوق العاده گرم با ۵ درصد فراوانی نسبت به دو شاخص بررسی شده قبلی بیشتر تکرار شده است و از نکات جالب توجه در این شکل می باشد.



شکل ۵: تغییرات مقادیر SET در طول دوره آماری در سنندج

شکل ۶ نشان می دهد که دوره آسایش از پراکندگی و توزیعی همانند دو شاخص قبلی برخوردار است. یعنی در دو بازه زمانی جدا از هم قرار گرفته اند. دوره اول در ماه های فروردین، اردیبهشت، و خرداد قرار گرفته است. دوره دوم از اواسط ماه شهریور شروع و با

نزدیک شدن به ماه مهر بر تعداد این روزها افزوده می شود. و نهایتاً با اتمام این ماه این روزها نیز به پایان می رسند. با این تفاوت که مابین دو دوره تکرار، این روزها به طور کامل قطع نمی شوند و به صورت پراکنده دیده می شوند.



شکل ۶: روزهای همراه با آسایش مطابق شاخص SET

۴- نتیجه گیری

هدف از این تحقیق بررسی روزهای همراه با آسایش در شهر سنندج از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ بود. با استفاده از مدل ریمن و پارامترهای مورد نیاز شاخص های SET, PMV, PET محاسبه گردیدند. نتایج هر سه شاخص در پیش بینی روزهای همراه با آسایش تا حد بسیار زیادی مشابه هم بود. برطبق آنها روزهای آسایشی در سنندج در دو بازه جدا از هم در طول سال قرار دارند. دوره اول این روزها با آغاز ماه فروردین شروع شده، در اردیبهشت ماه از بیشترین دامنه تکرار برخوردار بوده و در ماه خرداد تعداد آنها رو به کاهش می باشد و نهایتاً با پایان ماه خرداد روزهای آسایش نیز در بازه اول تمام می شود. این بازه در سه ماه اول سال هجری شمسی قرار گرفته است. دوره دوم روزهای آسایش در دو ماه اول فصل پاییز قرار گرفته است. از اواسط شهریور ماه آغاز می شود، در مهر ماه تکرار آنها در هر دو بازه به حداکثر خود می رسد با تمام شدن ماه مهر روزهای آسایشی بجز چند روز ابتدای آبان ماه آن هم با دامنه تکرار کم دیگر مشاهده نمی شوند.

مطابق شاخص PET, PMV روزهای خیلی سرد از بیشترین دامنه تکرار برخوردار می باشد ولی براساس شاخص SET روزهای خیلی خنک بیشتر در سنندج در بازه زمانی مورد نظر رخ داده است.

۵- مراجع

احمدی، محمود (۱۳۹۰) تحلیل آسایش انسان از نظر عوامل اقلیمی در استان تهران، فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، دوره جدید، سال نهم، شماره ۲۹

اسماعیلی، رضا، گندمکار، امیر، حبیبی نوخندان، مجید (۱۳۸۹)، ارزیابی اقلیم آسایشی چند شهر اصلی گردشگری ایران با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژی، پژوهشهای جغرافیای طبیعی، شماره ۷۵

حسنوند، عباس، سلیمانی تبار، مریم، یزدان پناه، حجت الله (۱۳۸۹)؛ تبیین فضایی میزان آسایش اقلیمی لرستان بر اساس شاخص TCI، مجله علمی تخصصی برنامه ریزی فضایی، سال اول، شماره اول، صص: ۱۴۴-۱۲۱

حسین زاده دلیر، کریم، حیدری چپانه، رحیم (۱۳۸۲)، توریسم در ایران، چالش ها و امیدها، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه شماره ۱، دانشگاه فردوسی

حسینی، علیرضا، تاثیرات متقابل جغرافیای طبیعی و گردشگری بر یکدیگر (۱۳۹۳)، دومین همایش ملی گردشگری، جغرافیا و محیط زیست پایدار

- ذوالفقاری، حسن (۱۳۸۶) تعیین تقویم مناسب گردشگری برای گردش در تبریز با استفاده از شاخص های دمای معادل فیزیولوژی (PET) و متوسط نظر سنجی پیش بینی شده (PMV)، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۲، صص ۱۲۹-۱۴۱ رنجبر، فیروز، مقبل، معصومه، ارسلانی، محسن (۱۳۸۹) بررسی ارتباط شرایط اقلیمی با روند گردشگری سالانه در شهرستان مرودشت، فصل نامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۷
- عطایی، هوشمند، هاشمی نسب، سادات (۱۳۸۹)، بررسی پتانسیل های اقلیم توریستی سمنان با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژی (pet)
- عمرانی، زینب، یزدانپناه، حجت الله (۱۳۹۰)، تعیین تقویم آسایش اقلیم گردشگری مناطق توریستی استان اصفهان، فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال سیزدهم، شماره ۴۱
- هجرتی، حسن، اسماعیلی، رضا، صابر حقیقت، اکرم (۱۳۹۰)، تانمدی های اقلیم آسایش، راهبردهای مناسب جهت توسعه گردشگری (خراسان رضوی)، فصلنامه علمی-پژوهشی نگرش های نو در جغرافیای انسانی_ سال چهارم، شماره اول
- Belen M. Gomez Martin (2005): Weather, Climate and Tourism a Geography Perspective, Annals of Tourism Research Vol 32,NO3, pp 571-591
- Matzarakis. A. (200۶):Weather and Climate Related Information For Tourism.Tourism and Hospitality Planning development vol. Pp 99-115
- Matzarakis. A. (2004): Assessment Method for climate and Tourism Based on Daily Data. Development in Tourism Climatology. Pp 52-58.
- Mieczkowski (1985), The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism. Canadian Geographer, 29,PP: 220-233.
- Octay, D. 2002 .Design With the climatic hn housing environments: An analysis in northern Cyprus Building and Environment,.37:1003-1012.
- Oehier.K and Matzarakis ,A ,(2007), Developments in tourism climatology - a Matzarakis,c.r. defreitas :d.scott
- Perry A.(2001), More Heat and Drought proceeding of the first international workshop on climate tourism and Recreation