مجلهٔمخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، شماره هفتم، بهار ۱۳۹۵
تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۲/۰۵
صفحات: ۱۳۷-۱۱۷

کاربرد شاخص اقلیم حرارتی جهانی در ایران از منظر گردشگری

حسن فرج زاده[۱]، دکترمحمد سلیقه[۲]، دکتربهلول علیجانی[۳]

چکیده

امروزه در برنامه‌ریزهای صنعت گردشگری، بررسی وضعیت زیست اقلیم انسانی، نقش مهمی را ایفا می‌کند. در این صنعت می‌توان در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت از اقلیم و در برنامه‌ریزی‌های کوتاه، از شرایط جوّی کمک گرفت. جهت ارزیابی تحلیل این شرایط از داده‌های میانگین روزانه دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و پوشش ابر ۴۷ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک از ابتدای تأسیس تا ۲۰۱۰ استفاده شد. بر اساس آستانه‌های دمایی شاخص (UTCI) اقدام به تهیه اطلس زیست‌اقلیمی ایران به‌صورت سالیانه و فصلی گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که توزیع سالانه UTCI در ایران با افزایش ارتفاع، کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که در نواحی مرتفع زاگرس و البرز به کمترین حد می‌رسد. روزهای بدون استرس حرارتی به‌طورکلی از مناطق پست به نواحی مرتفع افزایش می‌یابد که نشانگر تأثیر عمده توپوگرافی بر آسایش اقلیمی در ایران است. در فصل تابستان مناطق کوهستانی و مرتفع از حداکثر روزهای آسایش (۷۹ روز) برخوردار بوده است؛ درحالی‌که سواحل پست شمالی و جنوبی و دشت لوت در طول فصل زمستان و پاییز حداکثر روزهای آسایش (۳۸روز) را تجربه کرده‌اند. فصل بهار در اکثریت مناطق ایران شرایط مطلوب آسایش حاکم بوده است. طی این فصل در مناطق کوهستانی، بیشترین روزهای آسایش(۸۳ روز) رخ‌داده است. بنابراین آسایش حرارتی در فصل بهار بیشترین مساحت مکانی ایران را دربر گرفته است و با توجه به توزیع فضایی مناسب حداقل (۲۰روز) و حداکثر(۸۳ روز) روزهای آسایش در این فصل، گردشگران و تورهای گردشگری می‌توانند مقاصد سفرهای خود را به نواحی مختلف ایران برنامه‌ریزی نمایند.

کلید واژه‌ها: گردشگری ایران، زیست اقلیم انسانی، شاخص UTCI، آسایش حرارتی.

۱- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران۱
۲- *دانشیاراقلیم شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران saligheh@khu.ac.ir
۳- استاداقلیم شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

مقدمه

گردشگری به‌عنوان یک فعالیت اقتصادی–اجتماعی نیازمند یک بستر مکانی است که تأمین‌کنندهٔ فعالیت‌های آن باشد. در این ارتباط عوامل گوناگونی موجب شده‌اند که این فعالیت‌ها به‌طور ناهمگن در این بستر توزیع شوند. یکی از عواملی که نقش مهمی در استقرار و عدم استقرار سکونت‌گاه‌های انسانی دارد، اقلیم است. امروزه اقلیم به‌عنوان یک جاذبهٔ طبیعی در انتخاب مقصد گردشگری مطرح است و تأثیرات کلیدی بر اقتصاد یک منطقه در ارتباط با کاهش و یا افزایش میزان تقاضای گردشگری دارد (*دی فریتاس*[1]، ۲۰۰۳). آب و هوا به‌عنوان یکی از جنبه‌های مهم رونق دهنده یا بالعکس تضعیف‌کنندهٔ گردشگری یک منطقه است که این خود می‌تواند تقاضای گردشگری را تحت تأثیر قرار دهد. بسیاری از کشورهای جهان باوجود دارا بودن جمعیت زیاد و شهرسازی‌های مدرن، به دلیل فقدان وضعیت جوّیِ مناسب فاقد درآمدهای گردشگری قابل‌توجه می‌باشند.

مطالعات اخیر روشن کرده است که تعداد گردشگران در یک مکان بر اساس دو متغیر وضعیت شرایط جوّی و اقلیم از یک طرف و اطلاعات ارائه شده از این دو متغیر از طرف دیگر قابل تفسیر است. اقلیم در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و شرایط جوّی در برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدتِ توریستی یک مکان نقش کلیدی ایفا می‌کنند. بنابراین نهادها و سازمان‌های توریستی ملزم هستند مطابق شرایط جوّی و اقلیم یک مکان جهت بهبود فعالیت‌های صنعت گردشگری، برنامه‌ریزی نمایند. (*هامیلتون و لو*[2]، ۲۰۰۵ *و لین و همکاران*[3]، ۲۰۰۶).

در اقلیم‌شناسی گردشگری، بین شرایط جوّی و اقلیم و گردشگری ارتباط تنگاتنگی وجود دارد که این ارتباط شامل جنبه‌های زیبایی شاختی (ابرناکی، طول روز و...) فیزیکی (باد، باران، برف و...) و حرارتی است (*دی فریتاس ۱۹۹۰، ۲۰۰۳*). جنبه حرارتی محیط عامل اصلی در تعیین شرایط مطلوبیت رفتار هواشناختی انسان است. قرار گرفتن در معرض استرس حرارتی قوی و یا شدید، سلامتی گردشگر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برعکس، هنگامی‌که گردشگران شرایط حرارتی نزدیک به محدوده آسایش حرارتی را تجربه نمایند، تعداد گردشگران ممکن است افزایش یابد. (*ماتزاراکیس*[4]، ۲۰۰۶)

یک راه ساده برای توصیف شرایط حرارتی، استفاده از شاخص‌های حرارتی است. در طول ۱۵۰ سال گذشته، بیش از ۱۰۰ شاخص حرارتی ساده ابداع شده‌اند که اکثر آن‌ها در شرایط گرم، شامل دو پارامتر اقلیمی دما و رطوبت نسبی و در شرایط سرد، دما و سرعت باد هستند (*جیندرتزکی*[5] *و همکاران*، ۲۰۱۲). شاخص‌های ساده از یک‌طرف به علت نادیده گرفتن روابط دما-فیزیولوژیک دارای محدودیت زیادی است و هرگز نمی‌تواند نیاز اساسی تحقیقات محققین را برآورد سازد و از طرف دیگر نتایج کسب‌شده اغلب قابلِ مقایسه نیستند و آستانه‌های دمایی مورد استفاده به‌دلخواهِ محقق تعریف‌شده‌اند و اثرات محیط حرارتی بیرون را بر انسان به‌طور کامل نشان نمی‌دهند. به‌عنوان‌مثال شاخص ET[6] به‌طور عمده برای

1-DeFreitas
2-Hamilton and Lau
3-Lin et al
4-Matzarakis
5-Jendritzky
6- Effective temperature

فضاهای داخلی طراحی‌شده است. در طول ۴۰ سال گذشته، در طراحی مدل‌های آسایش حرارتی به‌خصوص از سال ۱۹۷۹، که مدل میشل کلیما[1](KMM) ابداع شد به بیلان انرژی بدن انسان توجه ویژه‌ای شد. مدل کلیما از مدل فانگر اقتباس‌شده است که یک مدل تابش موج‌کوتاه هست که میانگین دمای تابشی را محاسبه می‌کند (*جیندرتزکی وهمکاران، ۱۹۷۹*).

در سال ۱۹۹۶ و ۲۰۰۲ مدل تبادل حرارتی انسان- محیطِ زیست (MENEX[2])، بر اساس تعادل گرمایی پیشنهاد شد. سه معیار بار حرارتی، شدت تابش محرک و استرس‌های فیزیولوژیک در این مدل به کار گرفته شد (*بلازیجچک[3]، ۲۰۰۲*). هوپ[4]در سال ۱۹۹۹ مدل بیلان انرژی مونیخ برای افراد (MEMI[5])، را بر اساس برخی پارامترهای گیج[6] ۱۹۶۷ و مدل دو گرهی پیشنهاد داد. مدل MEMI متفاوت‌تر از مدل گیج است و در آن عرق و شارهای گرمای تنظیمی، دمای ساطع‌شده از بدن با لباس و بدون لباس محاسبه می‌شود. یکی از خروجی‌های مهم این مدل، که از بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده است، شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET[7]) است (*هوپ، ۱۹۹۹ و ۱۹۸۴*).

شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI)[8] برای هر اقلیم و در هر مقیاس زمانی در سال ۱۹۹۴ معرفی شد (*بلازیجچک،۱۹۹۴*). در سال ۱۹۹۹ انجمن بین‌المللی زیست هواشناسی یک گروه تحقیقاتی ویژه‌ای را برای ابداع شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) تشکیل داد. هدف این گروه استخراج یک روش ارزیابی حرارتی بر اساس پیشرفته‌ترین مدل دما- فیزیولوژیک بود. از سال ۲۰۰۵ این تلاش‌ها به‌وسیلهٔ گروه COST4 Action 730 (همکاری در علم و توسعهٔ فنی) تقویت شد. گروه تحقیقاتی COST مرکب از کارشناسان برجستهٔ اقلیم‌شناسی، هواشناسی و مدل دما- فیزیولوژیک انسانی بود که برای ابداع شاخص UTCI همکاری می‌کردند که با اتمام فعالیت گروه در فوریه ۲۰۰۹، شاخص UTCI ابداع شد (*بلازیجچک و همکاران،۲۰۱۰*).

تحقیقات بسیاری برای ارزیابی شرایط حرارتی، برای گردشگری با استفاده از شاخص‌های مختلف حرارتی صورت گرفته است. در تحقیقی با مقایسهٔ شاخص‌های آسایش حرارتی مختلف مشخص شد که بهترین ارتباط با شاخص UTCI برای شاخص‌های دمای مؤثر (ET) و دمای درک شده (PT[9]) پیدا شد. دمای معادل فیزیولوژیک (PET) و PT بیشتر به دمای هوا حساس هستند. درحالی‌که ET و PET به اثرات خنک‌کنندگی باد حساس می‌باشند؛ اما UTCI به تغییرات محرک‌های محیطی دمای هوا، تابش خورشید، رطوبت نسبی و به‌خصوص سرعت باد بسیار حساس است (*بلازیجچک،۲۰۱۲*). شاخص UTCI در طول دورهٔ گرمِ سال، به‌ویژه در طول روزهای آفتابی بسیار مناسب برای توصیف شرایط هواشناسی

1- Klima Michel Model
2- Man ENvironment Heat Exchange
3-Blazejczyk
4-Hoppe
5- Man-Environmental Heat Exchange Model
6-Gagge
7- Physiologically Equivalent Temperature
8- Universal Thermal Climate Index
9- Perceived Temperature

زیستی است و این شاخص برای روزهای سرد نیز سودمند است؛ اما به علت حساسیت بیشتر UTCI نسبت به‌سرعت باد، با افزایش سرعت باد مقدار آن بسیار سریع کاهش می‌یابد (*نواک*[1]*،۲۰۱۳*). ارزیابی آسایش حرارتی در شمال چین بر مبنای سه شاخص (UTCIPMV, و PET) این نتیجه حاصل شد که آستانه یافت شده برای آسایش حرارتی بر مبنای شاخص PET در این مطالعه ۲۴-۱۱ درجه سانتی‌گراد به دست آمد که پایین‌تر از محدوده اروپا بود (*لی*[2] *و همکاران،۲۰۱۴*). مطالعات مشابه نیز در مناطق مختلف ازجمله اتریش (*ماتزاراکیس و همکاران،۲۰۱۲*)، ترکیه (*کالیسکان*[3]*وهمکاران،۲۰۱۲*)، کرواسی (*بروسی*[4]*وهمکاران،۲۰۱۴*)، استرالیا (*شیو*[5]*وماتزاراکیس،۲۰۱۱*) روسیه (*گریگوریوا*[6] *و ماتزاراکیس،۲۰۱۱*) و تایوان (*لین و ماتزاراکیس،۲۰۰۸*) انجام‌شده است.

مطالعات متعددی شرایط حرارتی و اثرات آن برای گردشگری در ایران را ارزیابی کرده‌اند که در ادامه به برخی از آنها اشاره خواهد شد. بررسی شاخصه‌های آسایش حرارتی در فضای باز در شهر تهران نشان داد که در مقایسه با دیگر شاخصه‌های آسایش حرارتی، «دمای معادل فیزیولوژیکی» دارای دقت بالاتری برای پیش‌بینی میانگین آسایش حرارتی در فضاهای باز است. در این تحقیق محدودهٔ آسایش در تهران بین ۲۴/۸ تا ۲۸/۴ تعیین‌شده است (*منعام و حیدری ۱۳۹۲*). طبق مطالعه محدوده‌هایزیست‌اقلیمی شهر مشهد بر مبنای داده‌های ساعتی مشخص شد که دوره آسایش اقلیمی ساعات ۹:۳۰ و ۱۵:۳۰ شهر مشهد در دو بازهٔ زمانی واقع شده است: دوره اول در ابتدای فصل بهار و دوره دوم آن در اوایل فصل پائیز که دوره اول آن طولانی‌تر است (*اسماعیلی و منتظری ۱۳۹۲*). شرایط اقلیم برای گردشگری در شمال غرب ایران بر اساس شاخصPET و TCI[7] مورد ارزیابی قرارگرفته و نتایج حاصل شده نشان می‌دهد که این منطقه از منظر آسایش حرارتی در فصل تابستان بهترین شرایط اقلیمی را دارا است (*فرج زاده و ماتزاراکیس،۲۰۰۹*). در بررسی شرایط آسایش حرارتی در سواحل دریاچهٔ ارومیه بر اساس شاخص PET، قدرت خنک‌کنندگی (Cp[8]) و مدل طرح اطلاعات اقلیم برای گردشگری (CTIS[9]) این نتایج به دست آمد که این منطقه از منظر آسایش حرارتی مبتنی بر قدرت خنک‌کنندگی مطلوب‌ترین دوره برای گردشگری - ورزشی و فعالیت‌های تفریحی در بین ماه‌های ژوئن و اکتبر بوده و بر اساس PET بین ژوئن تا سپتامبر هست (*فرج زاده و ماتزاراکیس،۲۰۱۲*). بررسی آسایش حرارتی در فضای باز شهری در میدان نقش‌جهان اصفهان با شیوه میدانی و بر اساس شاخص PET نشان داد که در آب‌وهوای معتدل و خشک این شهر محدودهٔ آسایش حرارتی بین ۳۰/۹ تا ۱۲/۳ درجه سانتی‌گراد تعیین شد که فاصله زیادی با استانداردهای اروپایی دارد

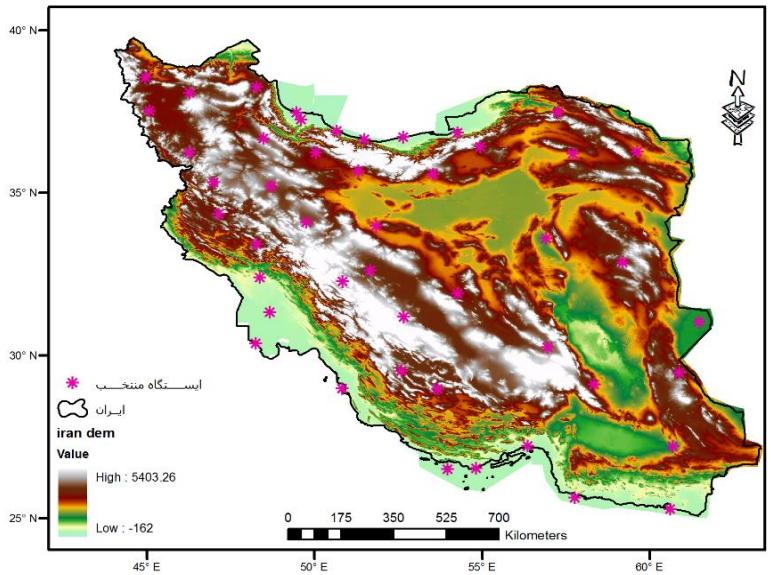
1- Novak
2-li
3-Caliskan
4-Brosy
5- Shiue
6-Grigorieva
7-Tourism Climatic Index
8 - Cooling power
9 - Climate Tourism/Transfer Information Scheme

(*سبارینه*[1] *و همکاران ۲۰۱۱*). نتایج حاصل از مقایسه شاخص‌های حرارتی در شمال غرب ایران نشان داد که شاخص‌های UTCI و PET مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت ارزیابی آسایش حرارتی هستند (*فرج زاده و همکاران،۱۳۹۴*). مطالعات دیگری توسط احمدی۱۳۹۰، صفایی‌پور و همکاران ۱۳۹۲، محمودی ۱۳۸۷، فرجزاده و احمد آبادی ۱۳۸۹، ساری صراف ۱۳۸۹و ذوالفقاری ۱۳۸۶ صورت گرفته است.

بیشتر مطالعاتی که در ارتباط با موضوع این تحقیق صورت گرفته، در مقیاس محلی مانند یک استان، شهرستان و یا بخشی از کشور انجام شده است. مطالعه حاضر با استفاده از شاخص UTCI با هدف ارائهٔ یک ارزیابی کلی از شرایط آسایش حرارتی در سراسر ایران در مقیاس سالانه و فصلی انجام‌شده است.

مواد و روش ها

جهت ارزیابی و تحلیل شرایط آسایش اقلیمی ایران برای گردشگری، از داده‌های میانگین روزانهٔ دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و پوشش ابرِ ۴۷ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک از ابتدای تأسیس تا ۲۰۱۰ استفاده شد (شکل ۱). بر اساس آستانه‌های دمایی شاخص (UTCI)، در این تحقیق اقدام به تهیه اطلس زیست‌اقلیمی ایران به‌صورت سالیانه و فصلی گردید (جدول ۱). برای محاسبه و استخراج نتایج روزانه مقادیر شاخص UTCI نرم‌افزار ریمن (Rayman) به کار گرفته شد. به‌منظور ارزیابی اثر ارتفاع بر آسایش اقلیمی، رابطه رگرسیونی بین مقادیر شاخص UTCI و ارتفاع ایستگاه‌ها برقرار گردید. در محیط نرم‌افزار ARCGIS با قرار دادن لایهٔ DEM ایران به‌جای فاکتور X در معادله رگرسیونی به‌دست‌آمده، نقشه‌های مربوطه به دست آمد.



شکل ۱: نقشهٔ توپوگرافی ایران و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

1-Sabarinah

شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI)

این شاخص برای هر اقلیم و در هر مقیاس زمانی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال ۱۹۹۹ انجمن بین‌المللی زیست هواشناسی یک گروه تحقیقاتی ویژه‌ای را برای ابداع شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) تشکیل داد. هدف این گروه استخراج یک روش ارزیابی حرارتی بر اساس پیشرفته‌ترین مدل دما- فیزیولوژیک بود. از سال ۲۰۰۵ این تلاش‌ها به‌وسیله گروه COST Action 730[1] (همکاری در علم و توسعه فنی) تقویت شد. گروه تحقیقاتی COST مرکب از کارشناسان برجسته اقلیم‌شناسی، هواشناسی و مدل دما- فیزیولوژیک انسانی بود که برای ابداع شاخص UTCI باهم همکاری می‌کردند که با اتمام فعالیت گروه در فوریه ۲۰۰۹، شاخص UTCI ابداع شد (*بلازیجچک و همکاران،۲۰۱۰*). شاخص UTCI به‌عنوان دمای معادل محیط از یک محیط مرجع با پاسخ فیزیولوژیکی شخص مرجع به محیط واقعی تعریف شده است. پاسخ فیزیولوژیکی با استفاده از داده‌های هواشناسی و بر اساس مدل چندگرهی تنظیم حرارت انسان که با مدل لباس کامل شده است، محاسبه می‌شود. سیستم غیرفعال مدل چند گرهی متشکل از ۱۲ عنصر بدن و ۱۸۷ گره بافتی است. سیستم فعال مدل، واکنش‌های تنظیم حرارتی سیستم عصب مرکزی را پیش‌بینی می‌کند. این سیستم بر اساس رگرسیون آماری (*فیالا*[2] *و همکاران،۲۰۱۰*) و با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از انواع آزمایش‌های فیزیولوژیکی مربوط به حالت ثابت و موقت شرایط استرس سرد، معتدل، گرم و استرس داغ و فعالیت ورزش سنگین ابداع‌شده است. ورودی شاخص UTCI داده‌های هواشناسی و غیر هواشناسی (نرخ متابولیک و مقاومت حرارتی لباس) تحت شرایط مرجع شامل موارد زیر است:

- ✓ سرعت باد ۰/۵ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متر (حدود ۰/۳ متر بر ثانیه در ۱/۱ متر). با توجه به این‌که اثر باد بر آسایش حرارتی در ارتفاع ۱/۱ متری نمایان می‌شود در این تحقیق با فرمول $V_{1.1m} = v_{10}*0.667$ از ۱۰ متری به ۱/۱ متری تبدیل شد.
- ✓ میانگین دمای تابشی معادل دمای هوا.
- ✓ در فشار بخارآب بالای ۲۰ هکتوپاسکال و دمای هوا کمتر یا مساوی ۲۹ درجه، رطوبت مرجع ۵۰٪ درصد تعیین‌شده است.
- ✓ برای فعالیت یک شخص در حال قدم زدن با سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت (۱/۱ متر بر ثانیه) میزان متابولیکی حدود ۲/۳ متابولیک لازم است. مقدار شاخص با توجه به متغیرهای ذکرشده به‌صورت رابطه ۱ نوشته می‌شود:

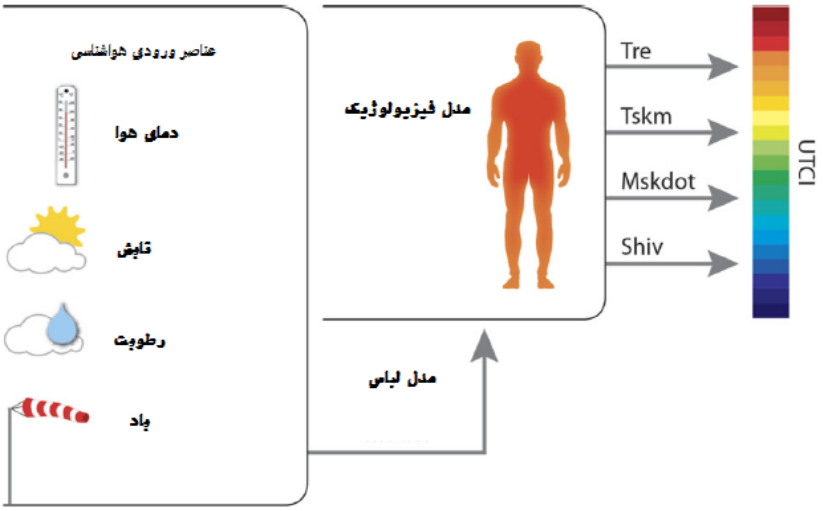
رابطه ۱: $UTCI = f(Ta; Tmrt; va; vp) = Ta + Offset(Ta; Tmrt; va; vp)$

1 -Cooperation in Science and Technical Development
2-Fiala

پارامترهای ورودی شاخص: (TA) دمای هوا، (Tmrt) میانگین دمای تابشی، (Va) سرعت باد، (VP) فشار بخار آب و یا (RH) رطوبت نسبی است (شکل ۲). شاخص UTCI با نرم‌افزارهای RayMan و BioKlima محاسبه می‌شود. این شاخص بر اساس رابطه ۲ نیز قابل‌محاسبه است:

رابطه۲: $$UTCI = 3.21 + 0.872 *t + 0.2459 *Mrt – 2.5078 *v – 0.0176 *RH$$

در معادله فوق: (T) دمای هوا به درجه سانتی‌گراد، (Mrt) میانگین دمای تابشی به درجه سانتی‌گراد، (V) سرعت باد به متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری و (RH) رطوبت نسبی به درصد است.



شکل ۲ مفهوم UTCI از پاسخ ترمو- فیزیکی چند متغیره مدل UTCI - Fiala (*فیالا و همکاران،۲۰۱۲*). اقتباس‌شده و با مدل لباس ادغام گردید (*برود[1] و همکاران،۲۰۱۲*) Tre[2] دمای رکتال، Tskm[3] میانگین دمای پوست، Mskdot[4] عرق تولیدی، Shiv[5] حرارت تولیدشده توسط لرز.

یکی از ورودی‌های مهم جهت محاسبه UTCI میانگین دمای تابشی است. میانگین دمای تابشی یکی از مهم‌ترین متغیرهای ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز است. به این دلیل که تأثیر دمای تابشـــی بر انسان چندجانبه است، از

1-Bröde
2 - Rectal temperature
3 -Tskmmean skin temperature
4 -Mskdotsweat production
5 -Shivheat generated by shivering

این جهت میانگین دمای تابشی، مجموع تابش‌های جذب‌شده توسط بدن انسان از سطوح تابشی مختلف است. دمای تابشی متوسط را نمی‌توان به‌طور مستقیم اندازه‌گیری کرد؛ امّا به‌طور تقریبی می‌توان به‌وسیلهٔ دماسنجِ کروی اندازه‌گیری نمود. دماسنج کروی استاندارد در مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه با گرمای محیط به تعادل می‌رسند.

نحوه محاسبه میانگین دمای تابشی طبق رابطه زیر :

رابطه ۳: $Tmrt=[(R' + 0.5.Lg + 0.5.La)/(S_k.S)]^{0.25} + (-273)$

در رابطه فوقR': تابش خورشید جذب‌شده توسط انسان برهنه، Lg: تابش زمین، La: تابش برگشتی، Sh: ضریب قابلیت انتشار برای بدن انسان که برابر ۰/۹۵ است و S: ثابت استفان بولتزمان ($5.667* 10^{-8}$ $W.m^{-2}$ … k^{-4}) (*بلازیجچک،۲۰۱۱*).

در این تحقیق مقدار UTCI بین *۲۶ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد مطابق با تعریف منطقه آسایش حرارتی کمیسیون فیزیولوژی حرارتی اتحادیه بین‌المللی علوم فیزیولوژیک (IUPS 2003) برای تعیین محدوده آسایش حرارتی ایران استفاده شده است (جدول ۱). زیرا آستانه بدون استرس حرارتی (۲۶-۹) تعریف‌شده UTCI نمی‌تواند با درک مردم از محیط حرارتی و یا فرایندهای فیزیولوژیکی ساکنان ایران‌زمین انطباق داشته باشد. برخی محققین هم در تصدیق این مطلب برای منطقهٔ موردِ مطالعه آستانهٔ جدید تعریف کرده‌اند. به‌عنوانِ مثال (*لای،دایی*[1] *و همکاران،۲۰۱۴*) بر اساس شاخص UTCI آستانه بدون استرس حرارتی ۲۵-۱۲ درجه سانتی‌گراد را برای شمال چین و آستانه جدید ۲۴/۵- ۱۷/۴ درجه سانتی‌گراد را برای منطقه مدیترانه استخراج کرده‌اند (*پانتاوو*[2] *و همکاران،۲۰۱۳*). بنابراین، آستانه UTCI لازم است در مطالعات آینده مطابق شرایط اقلیمی ایران اصلاح شود.

نتایج و بحث

تحلیل سالیانه

شکل ۳ توزیع سالانه UTCI در ایران را نشان می‌دهد. مقدار UTCI با افزایش ارتفاع در سراسر کشور کاهش می‌یابد به‌طوری‌که در نواحی مرتفع زاگرس و البرز به کمترین حد خود می‌رسد. در نواحی کوهستانی کشور استرس سرد از مناطق پای‌کوهی به مناطق مرتفع افزایش می‌یابد. قلل مرتفع استرس سرد متوسط و مناطق پای‌کوهی استرس سرد جزئی را تجربه کرده‌اند. بنابراین به‌استثنای مناطق کوهستانی در سایر مناطق کشور آسایش حرارتی مشاهده شده است.

1-Lai, Dayi
2-Pantavou

جدول ۱: احساس حرارتی و طبقات شاخص UTCI

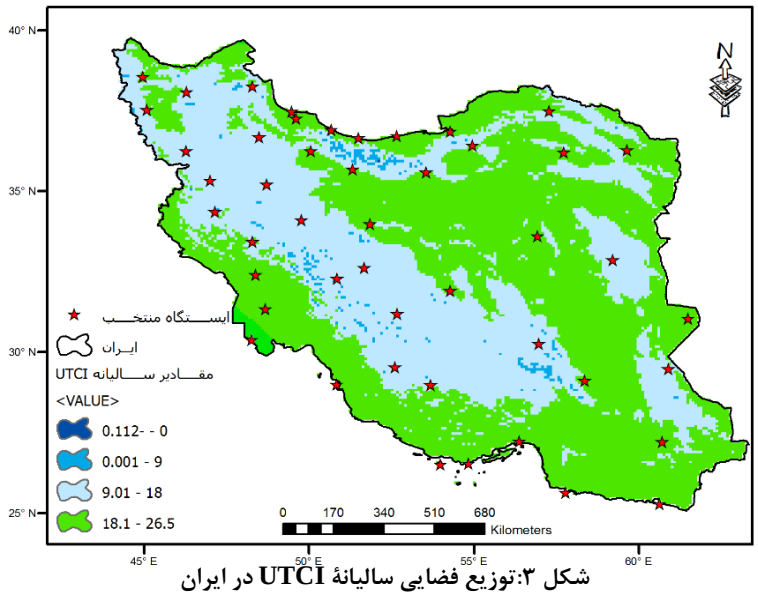
طبقات شاخص UTCI	احساس حرارتی
> ۴۶	گرم بسیار شدید
۳۸-۴۶	گرم خیلی قوی
۳۲-۳۸	گرم قوی
۲۶-۳۲	گرم متوسط
*۹-۲۶	بدون استرس حرارتی
۰-۹	سرد جزئی
۰ - -۱۳	سرد متوسط
-۱۳- -۲۷	سرد قوی
-۲۷ – -۴۰	سرد خیلی قوی
<-۴۰	سرد بسیار شدید

منبع: (برود و همکاران،۲۰۱۲)

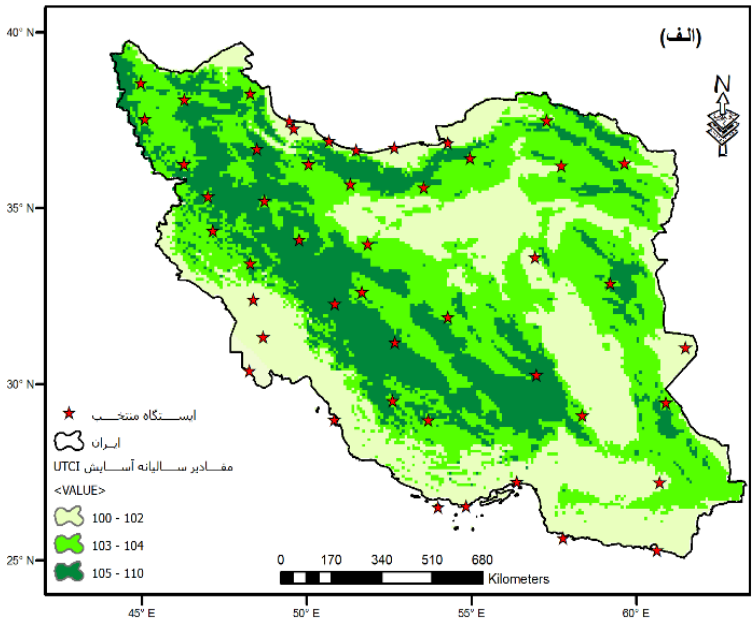
مقادیر UTCI به‌طرف عرض جغرافیایی پایین افزایش و به‌طرف عرض جغرافیایی بالا کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که حداکثر مقادیر این شاخص در ایستگاه بندرعباس (۳۲ درجه سانتیگراد) و حداقل آن در ایستگاه اردبیل (۹ درجه سانتیگراد) رخ داده است. بنابراین این تحلیل نشان می‌دهد که شرایط توپوگرافی ایران و عرض جغرافیایی در توزیع مقادیر شاخص UTCI نقش مهمی ایفا می‌کند.

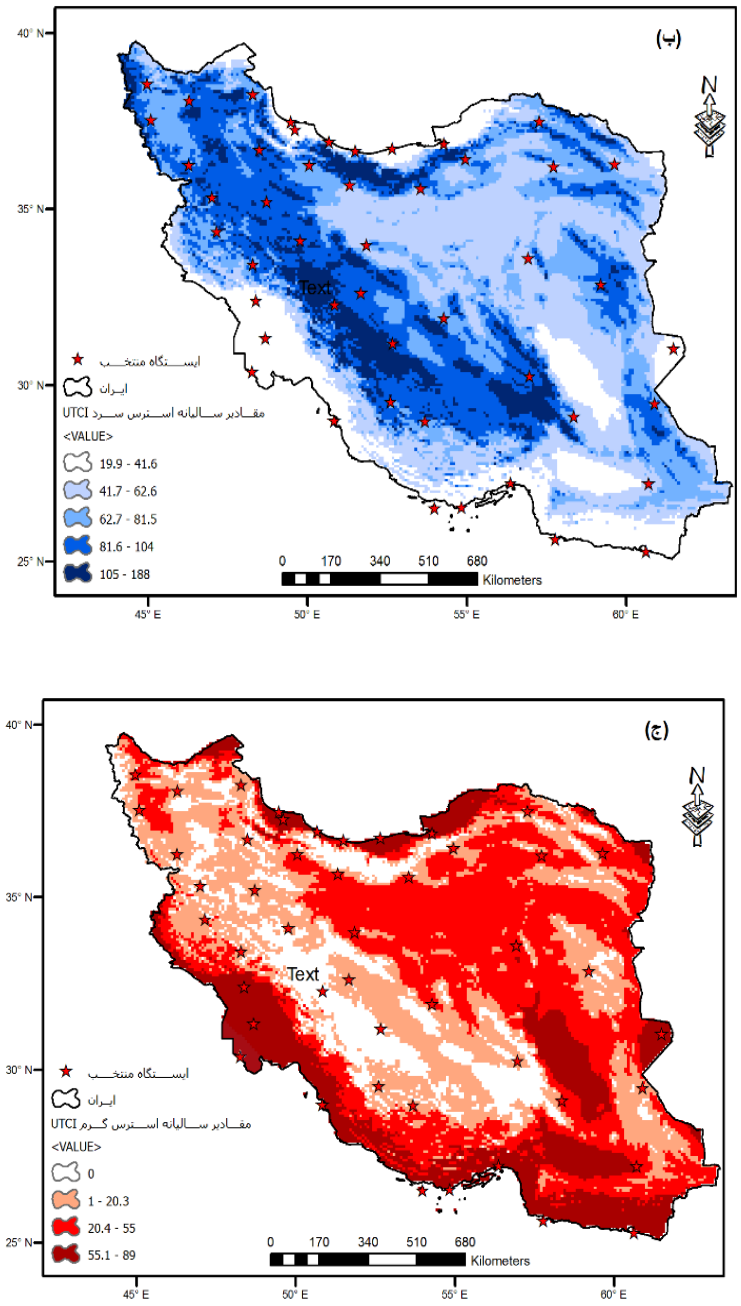
همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، توزیع فضایی سالیانه روزهای استرس سرد به‌طورکلی از مناطق مرتفع به نواحی پست کاهش می‌یابد. مطابق شکل، بیشینهٔ استرس سرد در نواحی کوهستانی و قلل مرتفع رخ داده است که حداکثر آن به (۱۸۸ روز) می‌رسد. این در حالی است که در نواحی سواحل شمالی و جنوبی و ناحیه پست لوت کمترین استرس سرد (کمتر از ۲۰ روز) مشاهده می‌شود. بیشترین روزهای استرس سرد سال را ایستگاه همدان با ۱۵۱روز و کمترین آن را ایستگاه چابهار با کمتر از ۱روز تجربه کرده است. بیشینهٔ استرس گرم در سواحل شمالی و جنوبی و ناحیه پست لوت رخ داده است که حداکثر آن به (۸۹ روز) می‌رسد. این در حالی است که در نواحی کوهستانی و قلل مرتفع کشور استرس گرم مشاهده نمی‌شود. بیشترین روزهای استرس گرم سال را ایستگاه آبادان با ۱۵۴روز و روزهای بدون

استرس گرم در ایستگاه‌های واقع در مناطق کوهستانی مثل شهرکرد و سنندج رخ داده است. توزیع فضایی سالیانه روزهای بدون استرس حرارتی به‌طور کلی از مناطق پست به نواحی مرتفع افزایش می‌یابد که نشانگر تأثیر عمدهٔ توپوگرافی بر آسایش اقلیمی در کشور هست. بیشترین روزهای آسایشی سالیانه را ایستگاه شهرکرد با ۱۲۲روز و کمترین آن را ایستگاه تهران با ۷۸ روز تجربه کرده است.



شکل ۳:توزیع فضایی سالیانهٔ UTCI در ایران

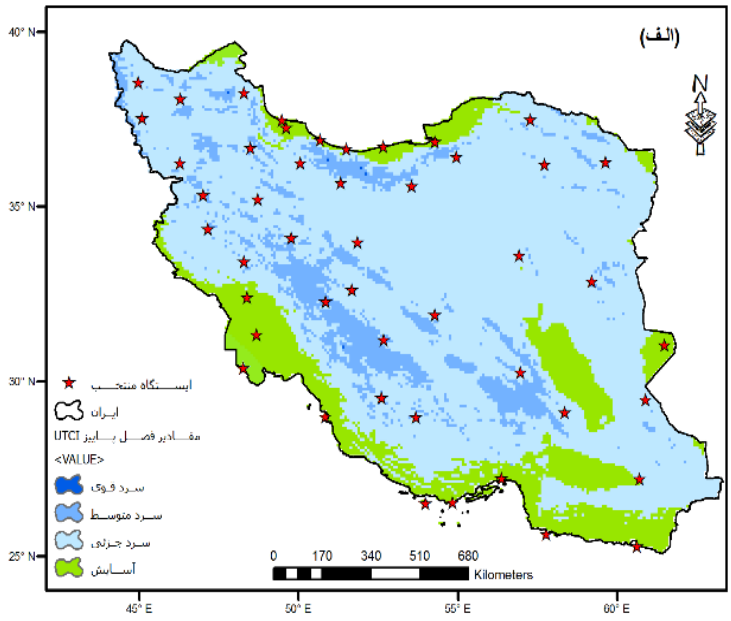


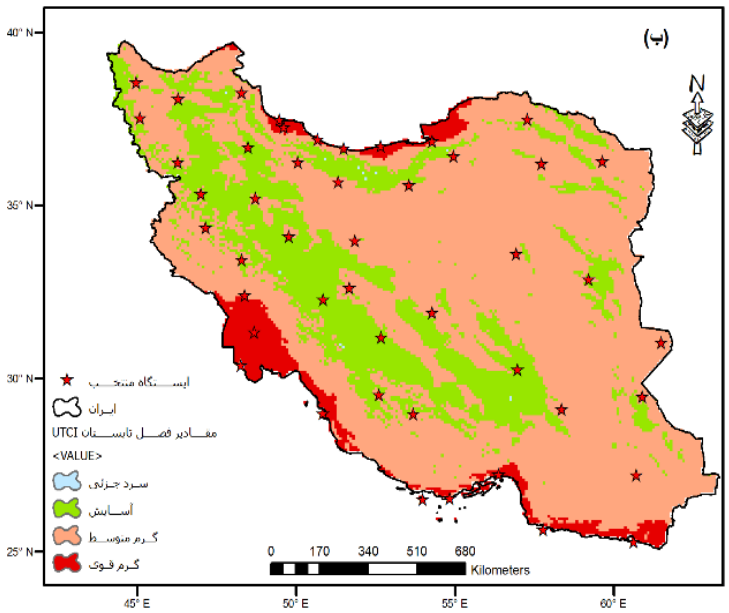


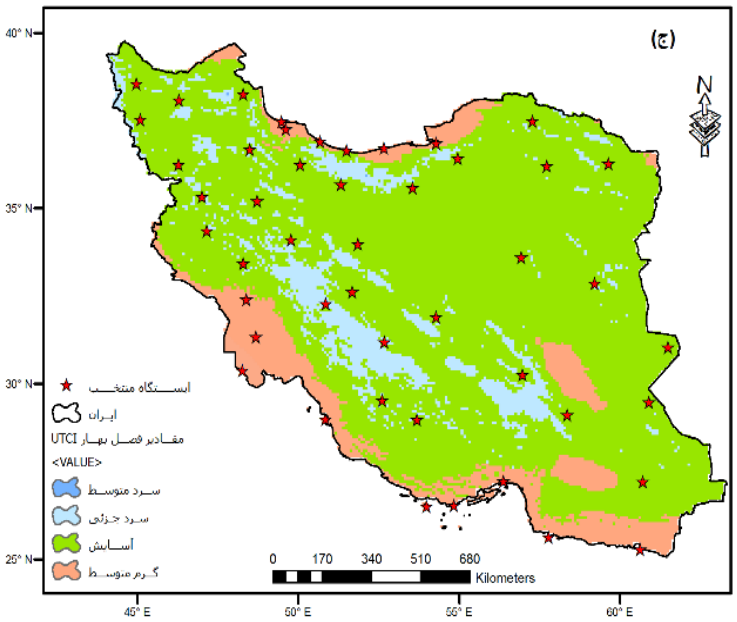
شکل ۴:توزیع فضایی سالیانه روزهای بدون استرس حرارتی(الف)، روزهای استرس سرد(ب) و استرس گرم(ج) UTCI در ایران

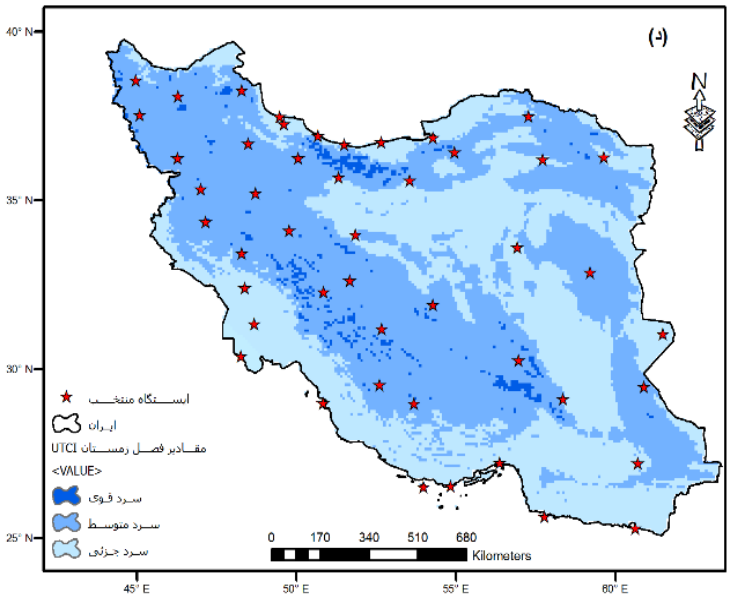
تحلیل فصلی

شکل ۵ توزیع فضایی شاخص UTCI را به‌طور فصلی نشان می‌دهد. توزیع مقادیر شاخص UTCI در کشور در تمام فصول سال متفاوت است. بهترین فصل گردشگری در اکثریت مناطق ایران فصل بهار است به این دلیل که آسایش حرارتی در این فصل بیشترین مساحت مکانی کشور را در برگرفته است. در طول فصل پاییز، مناطق بدون استرس حرارتی در سواحل شمالی و جنوبی، دشت لوت و بخش‌هایی از شرق و شمال غرب کشور واقع است. شرایط سرد جزئی تا سرد قوی از مناطق پای کوهی تا قلل مرتفع مشاهده می‌شود به‌طوری‌که استرس سرد قوی در ارتفاعات بلند تشدید می‌شود. که این امر نشانگر نقش بارز ارتفاع در کاهش مقادیر شاخص UTCI هست. شرایط آسایش حرارتی در فصل تابستان در مناطق مرتفع کوهستانی و پای‌کوهی مشاهده می‌گردد. در این فصل سواحل شمالی و جنوبی وضعیت گرم قوی را تجربه کرده‌اند. در طول فصل زمستان شرایط استرس سرد در مناطق کوهستانی حاکم است که این شرایط در قلل مرتفع تشدید می‌شود.




(ب)
N
40° N
35° N
30° N
25° N
45° E
50° E
55° E
60° E
ایستگاه منتخب
ایران
مقادیر فصل تابستان UTCI
<VALUE>
سرد جزئی
آسایش
گرم متوسط
گرم قوی
0 170 340 510 680
Kilometers

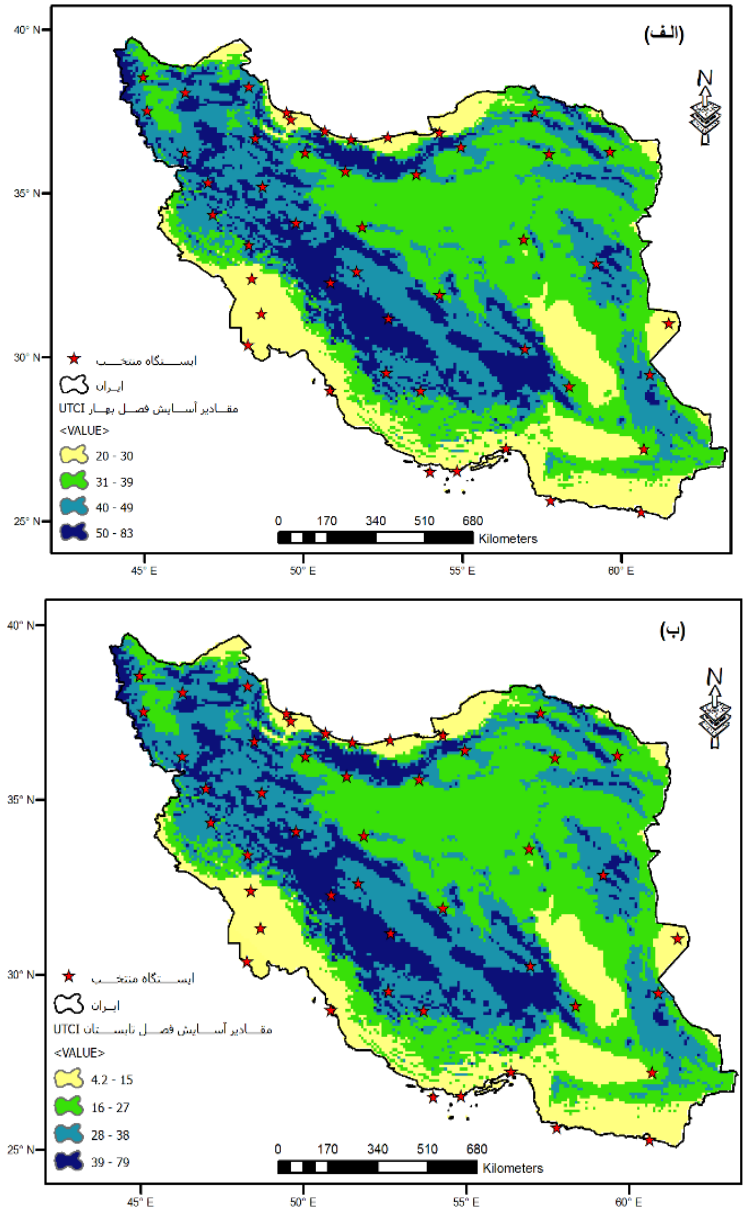

(ج)
N
40° N
35° N
30° N
25° N
45° E
50° E
55° E
60° E
ایستگاه منتخب
ایران
مقادیر فصل بهار UTCI
<VALUE>
سرد متوسط
سرد جزئی
آسایش
گرم متوسط
0 170 340 510 680
Kilometers

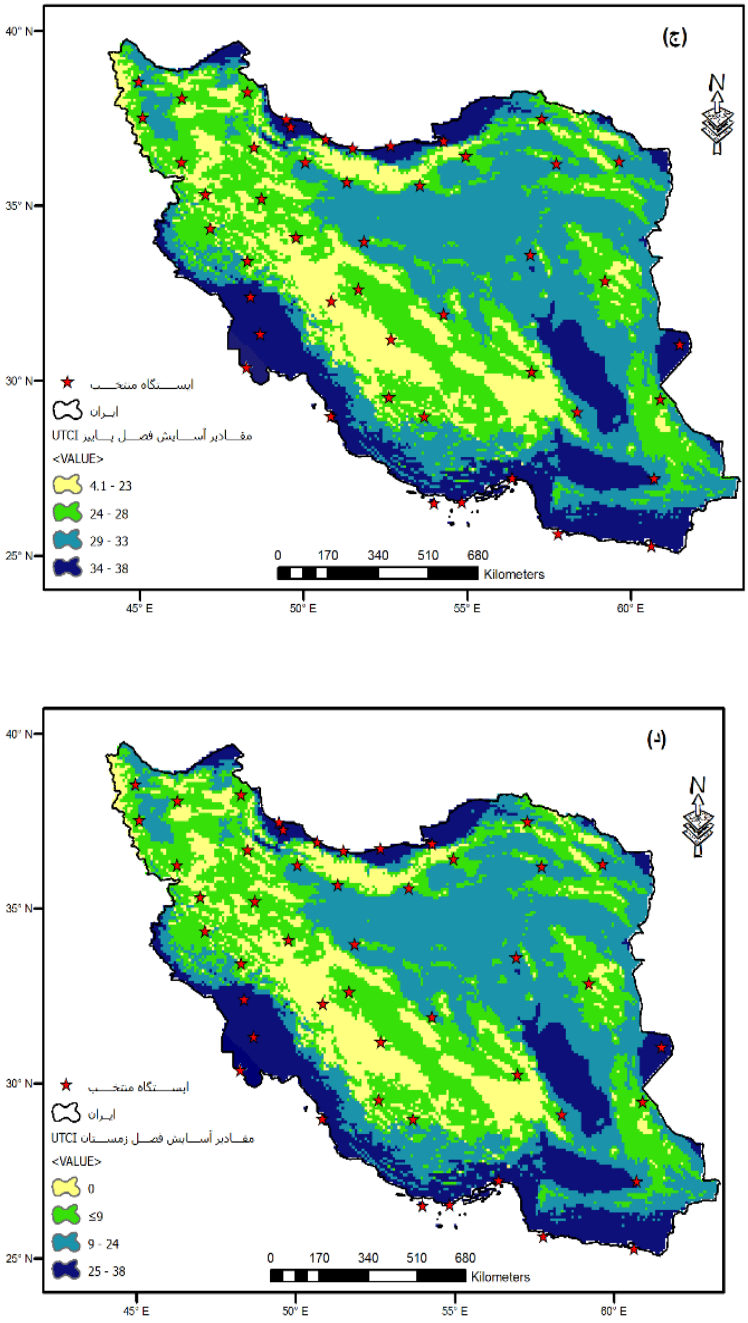


شکل ۵: توزیع فضایی مقدار UTCIدر پاییز(الف)، تابستان (ب)، بهار (ج) و زمستان(د) ایران

شکل۶ توزیع فضایی روزهای بدون استرس حرارتی شاخص UTCI را به‌طور فصلی نشان می‌دهد. توزیع مقادیر روزهای بدون استرس حرارتی در تمام فصول سال متفاوت است. افزایش روزهای آسایش حرارتی در فصل گرم و کاهش آن در فصل سرد سال نقش پررنگ شرایط توپوگرافیکی را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که در فصل تابستان مناطق پست کشور از کمترین روزهای آسایش (۴ روز) و مناطق کوهستانی و مرتفع از حداکثر روزهای آسایش (۷۹ روز) برخوردار است. در این فصل ایستگاه همدان از حداکثر روزهای آسایش (۵۵ روز) برخوردار است. مناطق کوهستانی و مرتفع در طول فصل زمستان شرایط عدم آسایش (۰ روز) را تجربه کرده است. در این فصل حداکثر روزهای آسایش (۳۸روز) در سواحل پست شمالی و جنوبی و دشت لوت مشاهده می‌شود؛ به‌طوری‌که ایستگاه بندر لنگه بیشترین روزهای آسایش را (۶۵ روز) در بین ایستگاه‌های منتخب تجربه کرده است. آسایش در طول فصل پاییز مناطق کوهستانی مرتفع به‌ویژه البرز و زاگرس از حداقل روزهای آسایش (۴ روز) برخوردار بوده و سواحل پست شمالی و جنوبی و دشت لوت حداکثر روزهای آسایش (۳۸روز) رخ داده است. از منظر مکانی ایستگاه گرگان حداکثر روزهای آسایش (۵۱ روز) را تجربه کرده است. در طول فصل بهار در اکثریت مناطق کشور شرایط مطلوب آسایش حاکم بوده است. در این فصل مناطق کوهستانی بیشترین روزهای آسایش (۸۳ روز) و مناطق پست کمترین روزهای آسایش (۲۰ روز) را نشان می‌دهند. حداکثر آسایش (۵۶ روز) در ایستگاه شهرکرد رخداده است. همان‌طوری که در بالا ذکر شده است آسایش حرارتی در فصل بهار بیشترین مساحت مکانی کشور را در برگرفته است و با توجه به توزیع فضایی مناسب حداقل (۲۰روز) و حداکثر(۸۳روز) روزهای آسایش در کشور گردشگران و تورهای گردشگری می‌توانند به نحوه مطلوب مقاصد سفرهای خود را به نواحی مختلف ایران برنامه‌ریزی کنند.

توزیع و گسترهٔ فضایی دامنه‌های مختلف روزهای بدون استرس فصلی در جدول ۲ خلاصه شده است. بیشینهٔ روزهای بدون استرس حرارتی فصل گرم در نواحی مرتفع و فصل سرد در نواحی پست متمرکز است. بیشترین روزهای بدون استرس حرارتی ایران در فصل بهار در نواحی کوهستانی (۲۱ درصد مساحت کشور) رخ داده است. اطلاعات این جدول می‌تواند برنامه‌ریزان و سازمان‌های مرتبط با گردشگری را در انتخاب مقاصد گردشگری و توسعه این صنعت در مناطق مربوطه یاری نماید.





شکل ۶: توزیع فضایی روزهای بدون استرس حرارتی بهار(الف)، تابستان(ب)، پاییز(ج) و زمستان(د) UTCI در ایران

جدول ۲: توزیع مساحت، روز و درصد روزهای بدون استرس حرارتی فصلی

فصل	روز	منطقه تحت پوشش	مساحت KM^2	درصد
بهار	۲۰-۳۰	سواحل جنوبی، شمالی و دشت لوت	۲۷۲۵۱۲	۱۶/۴۶
	۳۱-۳۹	پست داخلی	۵۶۴۰۳۲	۳۴/۰۸
	۴۰-۴۹	کوهستانی کم ارتفاع	۴۷۳۱۵۲	۲۸/۵۹
	۵۰-۸۳	کوهستانی مرتفع	۳۴۳۵۳۶	۲۰/۸۸
پاییز	۴/۱-۲۳	کوهستانی مرتفع	۲۴۳۱۳۶	۱۴/۶۹
	۲۴-۲۸	کوهستانی کم ارتفاع	۴۷۳۱۵۲	۲۸/۵۹
	۲۹-۳۳	پست داخلی	۵۶۴۰۳۲	۳۴/۰۸
	۳۴-۳۸	سواحل جنوبی، شمالی و دشت لوت	۳۷۴۹۱۲	۲۲/۶۵
تابستان	۴/۲-۱۵	سواحل جنوبی، شمالی و دشت لوت	۳۷۴۹۱۲	۲۲/۶۵
	۱۶-۲۷	پست داخلی	۵۶۴۰۳۲	۳۴/۰۸
	۲۸-۳۸	کوهستانی کم ارتفاع	۴۷۳۱۵۲	۲۸/۵۹
	۳۹-۷۹	کوهستانی مرتفع	۲۴۳۱۳۶	۱۴/۶۹
زمستان	۰	کوهستانی مرتفع	۲۴۳۱۳۶	۱۴/۶۹
	≤۹	کوهستانی کم ارتفاع	۴۷۳۱۵۲	۲۸/۵۹
	۹-۲۴	پست داخلی	۵۶۴۰۳۲	۳۴/۰۸
	۲۵-۳۸	سواحل جنوبی، شمالی و دشت لوت	۳۷۴۹۱۲	۲۲/۶۵

نتیجه‌گیری

شاخصی در ارزیابی آسایش حرارتی، مطلوب و دقیق است که در آن اثرات تمامی جنبه‌های اقلیمی، یعنی: سه منظر زیبایی‌شناختی (مثل تشکیل ابر در آسمان، قدرت دید و طول روز)، فیزیکی (مثل باد، بارش، پوشش برفی، اشعهٔ ماورای بنفش و آلودگی هوا) و حرارتی و زیستی (مثل بیلان انرژی بدن انسان) در بررسی‌های آسایش اقلیمی در نظرگرفته شود. برای اولین بار از شاخص UTCI جهت بررسی الگوی فضایی شرایط زیست اقلیم حرارتی در ایران استفاده شد. نتایج نشان داد که توزیع مقادیر روزهای بدون استرس حرارتی در تمام فصول سال متفاوت است. افزایش روزهای آسایش حرارتی در فصل گرم و کاهش آن در فصل سرد سال اثرات قابل‌توجه ارتفاع و پراکنش توپوگرافی را در توزیع مقادیر UTCI نشان می‌دهد. توزیع فضایی شرایط آسایش حرارتی ایران در فصل بهار به‌غیر از سواحل پست شمالی و جنوبی در

همه مناطق کشور متمرکز است و در فصل تابستان در مناطق کوهستانی و در پاییز در سواحل پست شمالی و جنوبی رخ داده است. روزهای بدون استرس حرارتی یک معیار مهم برای پتانسیل اقلیم گردشگری است. حداکثر روزهای آسایش در فصل تابستان در مناطق کوهستانی و مرتفع در زمستان و پاییز در سواحل پست شمالی و جنوبی و دشت لوت حاکم است. در طول فصل بهار در اکثریت مناطق کشور شرایط مطلوب آسایش تجربه‌شده است.

هر قدر دما از محدوده آسایش انسان بیشتر فاصله گیرد میزان استرس سرمایی و گرمایی نیز افزایش می‌یابد. نواحی کوهستانی و قلل مرتفع به دلیل وقوع و تشدید استرس سرمایی، بیماری‌های تنفسی (ذات‌الریه ویروسی و آنفولانزا) و مرگ و میر ناشی از این نوع بیماری‌ها را تجربه می‌کند. در مقابل با وقوع و تشدید تنش گرمایی در سواحل شمالی و جنوبی و ناحیه پست لوت می تواند حمله گرمایی، غش گرمایی و هیپوترمیای بدن رخ دهد. در این مطالعه نواحی وقوع مرگ و میرهای ناشی از استرس سرمایی و گرمایی در کشور شناسایی شد که می‌تواند هزینه‌های گزاف بیماری‌هایی ناشی از این نوع تنش‌ها را کاهش دهد و همچنین به بهینه‌سازی صنعت گردشگری کمک نموده و گردشگران و تورهای گردشگری مطابق اطلس زیست‌اقلیمی فصلی تهیه‌شده در این تحقیق، می‌توانند مقاصد گردشگری را انتخاب نمایند.

منابع

- احمدی، محمود (۱۳۹۰). تحلیل آسایش انسان از نظر عوامل اقلیمی در استان تهران، جغرافیا، شماره ۲۹، صص ۸۱-۶۱ .
- اسماعیلی، رضا و منتظری، مجید (۱۳۹۲). تعیین محدوده‌های زیست-اقلیمی شهر مشهد بر مبنای داده‌های ساعتی، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی شماره ۴۹، ۲۱۵-۲۲۹.
- حیدری، شاهین و منعام، علیرضا (۱۳۹۲). ارزیابی شاخصه‌های آسایش حرارتی در فضای باز، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۱۱(۲۰).
- 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، شماره۶۲، صص۱۲۹- ۱۴۱.
- ساری صراف، بهروز؛ محمدی، غلامحسن و حسینی صدر، عاطفه (۱۳۸۹). تعیین مناسب‌ترین شاخص Ray man برای مطالعه اقلیم آسایش در شمال استان آذربایجان غربی، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، تهران، صص۱۰۰- ۱۰۵.
- صفایی پور، مسعود؛ شبانکاری، مهران و تقوی، سیده طیبه (۱۳۹۲). شاخص‌های زیست اقلیمی مؤثر بر ارزیابی آسایش انسان (مطالعه موردی: شهر شیراز)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۲، صص ۲۱۰-۱۹۳.
- فرجزاده، منوچهر و احمدآبادی، علی (۱۳۸۹). ارزیابی و پهنه‌بندی اقلیم گردشگری ایران با استفاده از شاخص اقلیم گردشگری (TCI)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۱، صص ۴۲-۳۱.
- محمودی، پیمان (۱۳۸۷). گردشگری و تعیین محدودهٔ آسایش اقلیمی آن در شهرستان مریوان با استفاده ازشاخص‌های دمای مؤثر و تنش جمعی، فصلنامه آموزش جغرافیا، دوره بیست و دوم، شماره ۳، بهار، صص ۴۹-۴۴.

- Blazejczyk K (2001) Assessment of recreational potential of bioclimate based on the human heat balance. In: Matzarakis A, de Freitas CR (eds) Proceedings of the 1st international workshop on climate, tourism and recreation, International Society of Biometeorology. Commission on Climate Tourism and Recreation, Halkidiki, Greece, pp 133–152
- BlazejczykK(1994) New climatological- and -physiological model of the human heat balance outdoor (MENEX) and its applications in bioclimatological studies in different scales. ZeszytyIgiPZ PAN 28:27–58
- Blazejczyk K, Epstein Y, Jendritzky G, Staiger H, Tinz B (2012) Comparison of UTCI to selected thermal indices. International journal of biometeorology 56(3):515-535
- Blazejczyk K ،Broede P ،Fiala D ،Holmer I ،Jendritzky G ،KampmannB(2010). UTCI – new index for assessment of heat stress in man. Journal of Polish Geographical Review. 2010;82(1):49-71.
- Błażejczyk, K. (2011). Mapping of UTCI in local scale (the case of Warsaw).PraceiStudiaGeograficzne WGSR UW, 47, 275-283.
- Błażejczyk, Krzysztof, Peter Broede, DusanFiala, George Havenith, Ingvar Holmér, GerdJendritzky, Bernhardt Kampmann, and Anna Kunert (2010) Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale. Miscellanea Geographica 14, no. 2010: 91-102.
- Brode P, Fiala D, Blazejczyk K, Holmer I, Jendritzky G, Kampmann B, Tinz B, Havenith G (2012) Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). Int J Biometeorol 56: 481–494. doi:10.1007/s00484-011-0454-1
- Brosy C, Zaninovic K, Matzarakis A (2014) Quantification of climate tourism potential of Croatia based on measured data and regional modeling. Int J Biometeorol 58:1369–1381. doi:10.1007/s00484-013-0738-8
- Caliskan O, Cicek I, Matzarakis A (2012) The climate and bioclimate of Bursa (Turkey) from the perspective of tourism. TheorApplClimatol 107:417–425. doi:10.1007/s00704-011-0489-6
- de Freitas CR (1990) Recreation climate assessment. Int J Climatol 10: 89–103. doi:10.1002/joc.3370100110
- de Freitas CR (2003) Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. Int J Biometeorol 48:45–54. doi:10.1007/ s00484-003-0177-z
- Farajzadeh, H., Saligheh, M., Alijani, B., &Matzarakis, A. (2015). Comparison of selected thermal indices in the northwest of Iran. Natural Environment Change, 1(1), 1-20.
- Farajzadeh, Hassan, and Andreas Matzarakis (2009) Quantification of climate for tourism in the northwest of Iran. Meteorological Applications 16, no. 4: 545-555.
- Farajzadeh, Hassan, and Andreas Matzarakis (2012) Evaluation of thermal comfort conditions in Ourmieh Lake, Iran. Theoretical and Applied Climatology 107, no. 3-4: 451-459.

- Fiala D, Havenith G, Brode P, Kampmann B, Jendritzky G (2012) UTCI Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. Int J Biometeorol 56:429–441. doi:10.1007/s00484-011-0424-7
- Fiala D, Lomas KJ, Stohrer M (2001) Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions. Int J Biometeorol 45:143–159. doi:10.1007/s004840100099
- Gagge, A.P., Stolwijk J.A.J. and Hardy, J.D. (1967) Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. Environ. Res., 1, pp. 1-20.
- Grigorieva E, Matzarakis A (2011) Physiologically equivalent temperature as a factor for tourism in extreme climate regions in the Russian far east: preliminary results. Eur J Tour HospRecreat 3:127–142
- Hamilton JM, Lau MA (2005) The role of climate information in tourist destination choice decision-making. In: Gössling S, Hall CM (eds)Tourism and global environmental change: ecological, social, economic and political interrelationships. Routledge, London, pp 229–250
- Höppe P (1984) Die Energiebilanz des Menschen. WissMittlMeteorol Inst UniMünchen 49
- Hoppe, P (1999) The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int J Biometeorol 43:71–75
- IUPS (2003) Glossary of terms for thermal physiology. Third Edition, revised by The Commission for Thermal Physiology of the International Union of Physiological Sciences. Journal of Thermal Biology. 28(1):75-106
- Jendritzky G, de Dear R, Havenith G (2012) UTCI—Why another thermal index? Int J Biometeorol 56:421–428. doi:10.1007/s00484-011-0513-7
- Jendritzky, G. et al. (1979) KlimatologischeProbleme – eineinfaches Verfahrenzur VorhersagederWärmebelastung,in ZeitschriftfürangewandteBäder und Klimaheilkunde. Freiburg.
- Jendritzky, G., Sönning, W., &Swantes, J. (1979). KlimatologischeProbleme – eineinfachesVerfahrenzurVorhersage der Wärmebelastung. ZeitschriftfürangewandteBäder und Klimaheilkunde. Freiburg.
- Kariminia, S., Ahmad, S. S., Omar, M., & Ibrahim, N. (2011, September). Urban outdoor thermal comfort prediction for public square in moderate and dry climate. In Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA), 2011 IEEE Symposium on (pp. 308-313). IEEE.
- Lai DY, Guo DH, Hou YF, Lin CY, Chen QY (2014) Studies of outdoor thermal comfort in northern China. Build Environ 77:110–118. doi:10.1016/j.buildenv.2014.03.026
- Li R, Chi X (2014) Thermal comfort and tourism climate changes in the Qinghai–Tibet Plateau in the last 50 years. TheorApplClimatol 117:613–624. doi:10.1007/s00704-013-1027-5
- Lin T, Hwang C, Cheng H (2006) The influence of climate information on travel arrangements. In: Proceedings of the 8th Leisure, Recreation and Tourism Research Symposium, Taipei, 7 October 2006. Outdoor Recreation Association, Taipei, pp 120–126
- Lin TP, Matzarakis A (2008) Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. Int J Biometeorol 52:281–290. doi:10.1007/ s00484-007-0122-7

- Matzarakis A (2006) Weather- and climate-related information for tourism. Tour HospPlann Dev 3:99–115. doi:10.1080/ 14790530600938279
- Matzarakis A, Hammerle M, Koch E, Rudel E (2012) The climate tourism potential of Alpine destinations using the example of Sonnblick, Rauris and Salzburg. TheorApplClimatol 110:645–658. doi:10. 1007/s00704-012-0686-y
- Novak M (2013) Use of the UTCI in the Czech Republic. Geogr Pol 86:21–28. doi:10.7163/GPol.2013.3
- Pantavou, K., Theoharatos, G., Santamouris, M., &Asimakopoulos, D. (2013). Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI. Building and environment, 66, 82-95.
- Pantavou, Katerina, et al.(2013) Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI. Building and environment 66: 82-95.
- Shiue I, Matzarakis A (2011) Estimation of the tourism climate in the Hunter Region, Australia, in the early twenty-first century. Int J Biometeorol 55:565–574. doi:10.1007/s00484-010-0369-2