نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال پنجم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷.
صفحات ۷۳ تا ۹۰

تحلیل الگوهای فضایی طبقات شاخص عدم آسایش (DI) در ایران

هاجر پاکباز، دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
محمود خسروی[1]، دانشیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی ، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
تقی طاوسی، استاد آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی ، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
پیمان محمودی، استادیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی ، دانشگاه سیستان و بلوچستان،زاهدان، ایران.

دریافت مقاله :۱۳۹۶/۰۷/۲۳ پذیرش نهایی:۱۳۹۷/۰۳/۰۴

چکیده

در این مطالعه هدف آن است که در یک مطالعه جامع الگوهای فضایی تنش‌های گرمایی ایران در یک مقیاس منطقه‌ای با استفاده از شاخص عدم آسایش (DI) مورد بررسی قرار گیرد. لذا در راستای رسیدن به این هدف، داده‌های روزانه میانگین دما و رطوبت نسبی برای یک دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۱۶-۱۹۸۷) برای ۷۴ ایستگاه همدید از سازمان هواشناسی ایران اخذ شد. سپس داده‌های روزانه دما و رطوبت نسبی با استفاده از معادله شاخص عدم آسایش (DI) به مقادیر روزانه شاخص عدم آسایش (DI) تبدیل شدند. در نهایت در یک مقیاس سالانه، فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی برای هر ایستگاه به طور جداگانه شمارش و نقشه‌های توزیع فضایی آنها تهیه شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که توزیع فضایی مجموع تمامی طبقات مختلف شاخص عدم آسایش (DI) از الگوهای اقلیمی شناخته شده در ایران پیروی می‌کنند به طوریکه نواحی مرتفع و کوهستانی غرب و شمال غرب ایران به دلیل پایین بودن ظرفیت رطوبتی هوا و همچنین پایین بودن میانگین دمای روزانه دارای کمترین روزهای همراه با تنش گرمایی بوده‌اند. با توجه به عرض جغرافیایی پایین و نزدیکی به منابع رطوبتی، ایستگاه‌های جنوبی ایران به خصوص ایستگاه‌هایی که در نوار ساحلی خلیج فارس و دریای عمان قرار گرفته‌اند دارای بیشترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی بوده‌اند. علاوه بر این، مشخص شد که به ازای هر ۱۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا ۹ روز از مجموع فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی در ایران کم می‌شود. این روند کاهشی به گونه‌ای است که از ارتفاع ۲۳۰۰ متری به بالاتر تنش گرمایی مشخصی در ایران مشاهده نمی‌شود.

واژه های کلیدی: تنش گرمایی، رطوبت نسبی، آسایش انسانی.

۱ . نویسنده مسئول: Email:khosravi@gep.usb.ac.ir

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

مقدمه

ثبات و یا تغییر پذیری مؤلفه‌های اقلیمی در یک بستر جغرافیایی، تاثیرات متفاوتی را در مکانیسم‌ها و عملکردهای موجودات زنده در بردارند. در این میان انسان به عنوان موجودی خونگرم بیشترین واکنش را نسبت به نوسانات اقلیمی به ویژه تغییرات دمایی نشان می‌دهد. چرا که کاهش و یا افزایش یک یا دو درجه سلسیوسِ دما ممکن است منجر به مختل شدن فعالیت‌های انسانی گردد (کسمایی، ۱۳۶۳). از بین عناصر مختلف اقلیمی چهار عنصر عمده شامل دمای هوا، جریان هوا (باد)، امواج مستقیم و غیر مستقیم ناشی از تابش خورشید و در نهایت رطوبت نسبی هوا بیشترین تأثیر را بر بدن انسان دارند. قرار گرفتن در معرض شرایطی که دمای طبیعی بدن را بیش از چند درجه بالا ببرد به آسیب دائمی بافت های بدن و مرگ منجر می شود. مطالعات نشان داده‌اند که مواجهه با گرمای بیش از حد، عوارض زیادی از جمله خستگی ناشی از گرما، گرفتگی عضلانی، گرمازدگی، جوش‌های گرمایی، علائم عصبی و روانی و ... ایجاد می‌نماید. در اختلالات خفیف و متوسط از جمله گرفتگی‌های عضلانی و خستگی گرمایی، مکانیسم تنظیم دمای بدن آسیب نمی‌بیند اما در شوک‌های گرمایی، مکانیسم تنظیم دمای بدن مختل شده و زندگی فرد به خطر می‌افتد (گلبابائی و امیدواری، ۱۳۸۱). یک راه ساده برای توصیف شرایط آسایش دمایی، استفاده از شاخص‌های حرارتی است. در طول ۱۲۰ سال گذشته، بیش از۱۰۰ شاخص حرارتی ابداع شده‌اند که اکثر آن‌ها شامل دو پارامتر اقلیمی دما و رطوبت نسبی هستند (Jendritzky et al., 2012). مدل‌های آسایش دمایی ابزار مفیدی برای خلاصه سازی اثرات متقابل عوامل تنش‌زای محیطی و واکنش‌های انسان محسوب می شوند که به صورت طبقه بندی‌های تجربی یا منطقی بر اساس محاسبات مربوط به تعادل انسان بیان می‌شوند (Blazejczyk et al., 2012 Steadman,1979 ;). اپستین و موران، (Epstein and Moran, 2006) در مطالعه‌ای به بررسی آسایش دمایی و شاخص‌های تنش دمایی پرداختند، در این مطالعه شاخص‌های تنش دمایی را به ۳ دسته شاخص‌های منطقی، شاخص‌های تجربی و شاخص‌های مستقیم تقسیم بندی کرده‌اند، که دو گروه اول به دلیل ادغام متغیرهای محیطی و فیزیولوژیکی محاسبه آن ها دشوار است و برای استفاده روزانه امکان پذیر نیست و گروه آخر شاخص‌های ساده هستند که بر اساس محاسبه متغیرهای محیط زیستی هستند و در این گروه دو شاخص است که بیش از چهار دهه مورد استفاده بوده‌اند که عبارتند از شاخص دمای تر WBGT[1] و شاخص عدم آسایش DI[2]. در این مطالعه که شاخص‌های دمایی و ارتباط آن ها با احساس گرما و آسایش خلاصه شده است، شاخص DI به عنوان شاخص تنش گرمایی جهانی پیشنهاد شده است که برای محاسبه آسایش دمایی در فضای باز استفاده می‌شود. این شاخص اولین بار توسط تام، (Thom, 1959) پیشنهاد شده است، که تعیین می‌کند چگونه متغیرهای هواشناسی مانند دمای هوا و رطوبت نسبی بر آسایش دمایی انسان اثر دارند.

نگوریداکی و ماکروگیانی، (Angouridakis and Makrogiannis, 1982) به بررسی شاخص عدم آسایش DI در تسالونیکی[3] در یونان پرداختند و تغییرات روزانه میانگین DI بر اساس میانگین ساعتی برای فصل گرم (می تا سپتامبر) مورد بررسی قرار دادند، مقدار فراوانی ساعتی و روزانه DI نیز مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که DI> 24 تنها برای ماه های ژوئیه و اوت مشاهده شده است. پالیاتسوس و ناستوس، (Thessaloniki and Nastos, 1999) به بررسی ارتباط بین آلودگی هوا و شاخص عدم آسایش (DI) در آتن یونان پرداختند، تجزیه و تحلیل داده‌های آلاینده‌های هوا برای روزهای با

1.Wet Bulb Globe Temperature
2. Discomfort Index
3. Thessaloniki

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

سطح آلودگی بالا یا بسیار بالا در طول دوره گرم سال نشان داد که بیش از ۵۰ درصد جمعیت احساس عدم آسایش دارند. و در طول دوره گرم سال ۱۹۹۵، ارزش DI به مدت ۱۶ روز بیش از حد بوده که بسیار خطرناک و قوی بوده است. پانتاوا و همکاران، (Pantavou et al., 2011) با بررسی چهار عامل بیولوژیکی شامل ASV[1] (وضعیت حساسیت واقعی) TS[2] (شاخص حساسیت گیونی[3]) DI (شاخص عدم آسایش) و HL[4] (شاخص بار گرمایی) به بررسی مرگ و میر در تابستان ۲۰۰۷ در شهر آتن پرداختند، نتایج، میزان بسیار بالای شاخص DI و HL را نشان میداد که بیانگر تنش گرمایی شدید در طول ده روز آخر ژوئن و جولای بوده است. یوسف و تاهیر، (Yousif and Tahir, 2013) از شاخص عدم آسایش (DI) در منطقه خارطوم[5] سودان استفاده کردند، هدف از این مطالعه بررسی آسایش دمایی یا عدم آسایش مردم از شرایط حاکم بر محیط به خصوص دما و رطوبت نسبی در دولت خارطوم بود. محدوده DI برای تعیین درصدی از جمعیت خارطوم که در معرض عدم آسایش هستند مورد استفاده قرار گرفت و نتایج نشان داد که کمتر از ۵۰ درصد از جمعیت در طول نوامبر تا آوریل زمانی که شاخص DI در محدوده ۲۲ تا ۲۴ بود از نظر دمایی دچار تنش بودند، و بیش از ۵۰ درصد جمعیت در طول آوریل تا اکتبر زمانی که شاخص DI در محدوده ۲۴ تا ۲۹ بود از عدم آسایش رنج می‌بردند. شاخص DI بزرگتر از ۳۰ یا ۳۲ نشان می دهد که ۱۰۰ درصد جمعیت احساس عدم آسایش یا وضعیت اورژانسی دارند. پلیدرس و کاتالیس، (Polydoros and Cartalis، 2014) به ارزیابی مخاطره گرمایی در مناطق شهری آتن[6] پرداختند، این ارزیابی با برآورد دمای سطح زمین (LST[7])، ارزیابی شدت جزیره گرمایی شهری (SUHI[8]) و شاخص عدم آسایش (DI) انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقدار DI در طول روز در مناطق حومه آتن کوچکتر از مناطق شهری و روستایی است و در سیستم طبقه بندی DI مشخص شد که در مناطق حومه بیش از پنجاه درصد جمعیت احساس عدم آسایش دارند، در حالی که در مناطق شهری و روستایی بسیاری از مردم از عدم آسایش رنج می برند. در طول شب نیز مقدار DI در مناطق شهری بزرگتر از مناطق حومه و روستایی است و در مناطق شهری و برون شهری بیش از پنجاه درصد و در مناطق روستایی کمتر از پنجاه درصد جمعیت احساس عدم آسایش دارند.

بادی، (Bady, 2014) به تجزیه و تحلیل آسایش دمایی انسان در فضای باز در سه شهر بزرگ مصر پرداخت، در این مطالعه دو شاخص تنش دمایی به منظور بررسی تنش دمایی انسان در سه شهر با آب و هوای مختلف در مصر به کار برده شده است که عبارت است از شاخص عدم آسایش (DI) و شاخص (RI[9]). محاسبه شاخص‌ها نشان داد که اگرچه به طور کلی شرایط آب و هوایی شدید به مصر نمی‌رسید، آب و هوا در شمال خفیف تر از جنوب است. (Din et al., 2014)، به بررسی آسایش دمایی از طرح‌های مختلف ساختمان با استفاده از پرسشنامه و شاخص عدم آسایش DI برای محدوده آب و هوای گرمسیری پرداختند و ارتباطی قوی بین احساس گرما و نتایج اندازه گیری شاخص DI شناسایی شد، نتایج نشان داد که طرح‌های

1. Actual Sensation Vote
2. Thermal Sensation Givoni method
3 .Ginovi
4. Heat Load Index
5 .Khartoum
6 .Athens
7 .Land Surface Temperature
8. Surface Urban Heat Island
9. Robaa Index

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

ساختمانی که سایه کمی دارند، شاخص عدم آسایش بالاتری را نشان می‌دهند. در نهایت این مطالعه نشان داد که شاخص DI به شدت به دما و رطوبت نسبی وابسته بوده و اثرات کمتری از شدت تابش خورشید داشت.

در ارتباط با آسایش دمایی و تنش گرمایی در ایران نیز مطالعات بی‌شماری با روش‌های مختلفی انجام گرفته است. کسمایی در سال ۱۳۷۱ با استفاده از روش های اولگی[1] و گیونی[2] سطح ایران را پهنه بندی کرد. کاویانی (۱۳۷۱) با روش بیکر اقدام به تهیه دو نقشه زیست اقلیم تابستانه و زمستانه برای نواحی شمالی و جنوبی ایران نمود. کاویانی (۱۳۷۲) با استفاده از شاخص ترجونگ[3] نقشه بیوکلیماتیک ایران را تهیه کرد. کاویانی و همکاران (۱۳۸۵) به ارزیابی شاخص دمای موثر در ایران پرداختند. طاوسی و سبزی (۱۳۹۲)، به تعیین گستره منطقه آسایش زیست اقلیمی استان ایلام با استفاده از شاخص اوانز ، و طاوسی و یاری (۱۳۹۲)، نیز به تعیین گستره‌ی آسایش دمایی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از روش اوانز به منظور برنامه‌ریزی اقلیم گردشگری پرداختند. اسماعیلی (۱۳۹۳) با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET[4]) به پهنه بندی زیست اقلیم انسانی ایران در مقیاس ماهانه پرداخت. انصاری لاری و زارعی کلوئی (۱۳۹۳)، به ارزیابی آسایش انسانی در شهرستان میناب دهستان تیاب با توجه به شاخص های زیست اقلیمی پرداختند. فلاح قالهری و همکاران (۱۳۹۵)، به ارزیابی روند تغییرات فصلی تنش گرمایی با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) در نیم قرن اخیر در ایران پرداختند. فرج زاده و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی کاربرد شاخص اقلیم حرارتی جهانی در ایران از دیدگاه گردشگری پرداختند، در این پژوهش از شاخص UTCI[5] استفاده شد. ماتزاراکیس (Matzarakis, 2001) پهنه بندی زیست اقلیم انسانی یونان را با استفاده از شاخص PET در مقیاس ماهانه انجام داد. گریگور و همکاران، (McGregor et al., 2002) تنش گرمایی انسان را در شهر آتن برای سال های ۱۹۹۵-۱۹۶۶ بررسی کردند. تورسن و همکاران (Thorsson et al., 2004)، با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) اثر محیط حرارتی بر میزان استفاده مردم از فضای پارک شهری گوتنبرگ[6] سوئد را مورد مطالعه قرار داده‌اند. یان (Yan, 2005)، با استفاده از شاخص آسایش CLO[7] و داده‌های اقلیمی روزانه دمای هوا، سرعت باد و ابرناکی، میزان آسایش انسان را در قسمت‌های مختلف چین طی سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۶۰ بررسی کرد. زانینویک و ماتزاراکیس (Zaninović and Matzarakis, 2007)، براساس موازنه انرژی بدن انسان بر پایه دو شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) و متوسط نظرسنجی پیش بینی شده (PMV[8]) شرایط بیوکلیمایی ساحل آدریاتیک[9] را بررسی کرده‌اند، در پژوهشی دیگر گلیاسا و ماتزاراکیس (Gulyás and Matzarakis, 2009) با استفاده از شاخص PET پهنه بندی کشور مجارستان را انجام دادند. جیندرتزکی و تینز، (Jendritzky and Tinz, 2009) نقشه زیست اقلیم انسانی را در مقیاس جهانی و با استفاده از شاخص‌های PMV و PT تهیه کردند. بارتزوکاس و همکاران، (Bartzokas et al., 2013) به بررسی ویژگی‌های آب و هوایی تابستان و عدم آسایش گرمایی انسان در آتن و ارتباط آن با گردش‌های جوی برای سال های ۲۰۱۲-

1 .Olgyay
2 .Givoni
3. Terjang
4 .Physiological Equivalent Temperature
5 .Universal Thermal Climate Index
6 .Göteborg
7. clothing (amount of clothing required to maintain comfort)
8 .Predicted Mean Vote
9 .Adriatic

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

۱۹۵۴ با شاخص PMV پرداختند، لوندگرن و همکاران (Lundgren et al., 2013)، تأثیر تنش گرمایی را بر کارگران در مواجهه با تغییر آب و هوا مورد بررسی قرار دادند، ویلادیج و ولای دابات، (Villadiego and Velay-Dabat, 2014) به بررسی آسایش دمایی در فضای باز در آب و هوای گرم و مرطوب کلمبیا پرداختند، چونگ و همکاران، (Cheung et al., 2016) تنش گرمایی، عملکرد انسان و استانداردهای اشتغال از نظر فیزیکی را بررسی کرده‌اند و کونزپلاپ و همکاران، (Kunz-Plapp et al., 2016) به بررسی عوامل تنش گرمایی ذهنی شهروندان در زمینه زندگی روزمره پرداخته‌اند. سحابی عابد و ماتزاراکیس، (Sahabi Abed and Matzarakis , 2017) به بررسی تنوع فصلی از شرایط آسایش گرمایی انسان در مناطق مختلف الجزایر با استفاده از شاخص PET پرداختند.

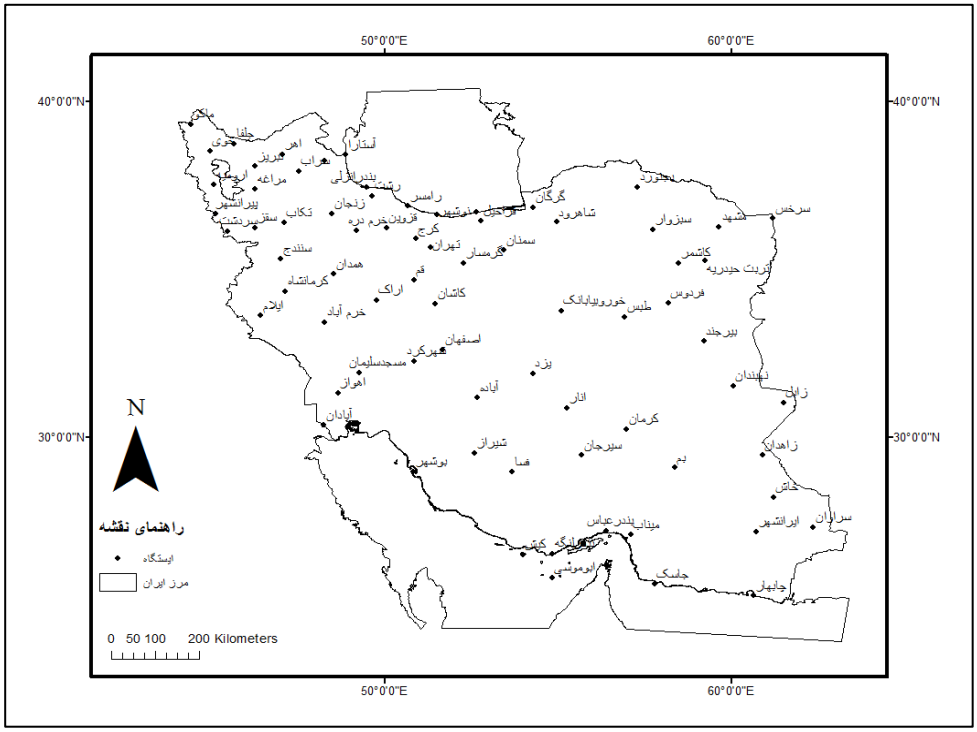
موقعیت جغرافیایی ایران در عرض های میانه به گونه‌ای است که دو پیامد مهم اقلیمی را برای کشور به دنبال داشته است. نخست آنکه به سبب حاکمیت پرفشار جنب حاره بارش دریافتی ایران اندک است و دوم آنکه گسترش ایران بین مدار ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی اقلیم نسبتاً گرمی را بر ایران چیره ساخته است. از این گذشته نقش هم‌زمان عرض جغرافیایی و ارتفاع بر روی دما و پیچیدگی ناهمواری ایران تباین دما بین بخش‌های مختلف کشور را پدید آورده است. بویژه در فصل سرد اختلاف دمای میانگین سردترین و گرمترین نقاط کشور آنچنان زیاد است که عملاً بخش‌های مختلف کشور هم‌زمان فصول متفاوتی را تجربه می‌کنند. هدف این مطالعه ناحیه‌بندی ایران از لحاظ تنش گرمایی است. بنابراین برای دستیابی به این هدف، ابتدا تنش گرمایی با استفاده از شاخص عدم آسایش (DI) محاسبه شده و سپس فراوانی و توزیع فضایی آن در طول دوره آماری مورد مطالعه در ایران بررسی می‌شود.

داده ها و روش کار

برای تحلیل الگوهای فضایی طبقات مختلف تنش گرمایی در ایران که هدف اصلی این پژوهش نیز می‌باشد، داده‌های مربوط به دما و رطوبت نسبی ۷۴ ایستگاه همدید در یک مقیاس روزانه برای یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۶-۱۹۸۷) از قسمت خدمات ماشینی سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. تقریباً تمامی ایستگاه‌های منتخب دارای داده‌هایی کامل و با کیفیت آماری مناسب بودند. حداقل نواقص آماری موجود در داده‌ها نیز با استفاده از روش همبستگی و رگرسیون دومتغیره، با توجه به همبستگی معنادار با ایستگاه‌های مجاور برای بعضی از ایستگاه‌ها مانند (ایستگاه‌های فسا، سردشت، اراک، آبادان) بازسازی شد. توزیع و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ آورده شده است.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]



شکل ۱- موقعیت و پراکنش ایستگاه های مورد مطالعه در گستره ایران

بعد از فراهم نمودن داده‌ها و اصلاح و بازسازی نواقص آماری آن‌ها، داده‌های روزانه دما و رطوبت نسبی تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس معادله ۱ به مقادیر روزانه شاخص عدم آسایش (DI) تبدیل شدند (Polydoros and Cartalis ، 2014).

$$DI = T_a - 0.55\,(1 - 0.01\,Rh)(T_a - 15.5) \qquad (۱)$$

که T_a میانگین دمای روزانه هوا بر حسب درجه سلسیوس و Rh رطوبت نسبی بر حسب درصد است. این شاخص شرایط آسایشی انسان را به شش طبقه مختلف دسته بندی می‌کند که این شش طبقه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- طبقه بندی‌های شش‌گانه شاخص عدم آسایش (DI) (Bady, 2014).

شماره طبقه	شاخص عدم آسایش (DI)	شرایط عدم اسایش
۰	DI<۲۱	آسایش
۱	۲۱≤DI<۲۴	کمتر از ۵۰ درصد احساس عدم آسایش
۲	۲۴≤DI<۲۷	بیشتر از ۵۰ درصد احساس عدم آسایش
۳	۲۷≤DI<۲۹	بیشتر جمعیت احساس عدم آسایش
۴	۲۹≤DI<۳۲	همه جمعیت احساس عدم آسایش دارند.
۵	DI≥۳۲	شرایط اورژانسی پزشکی

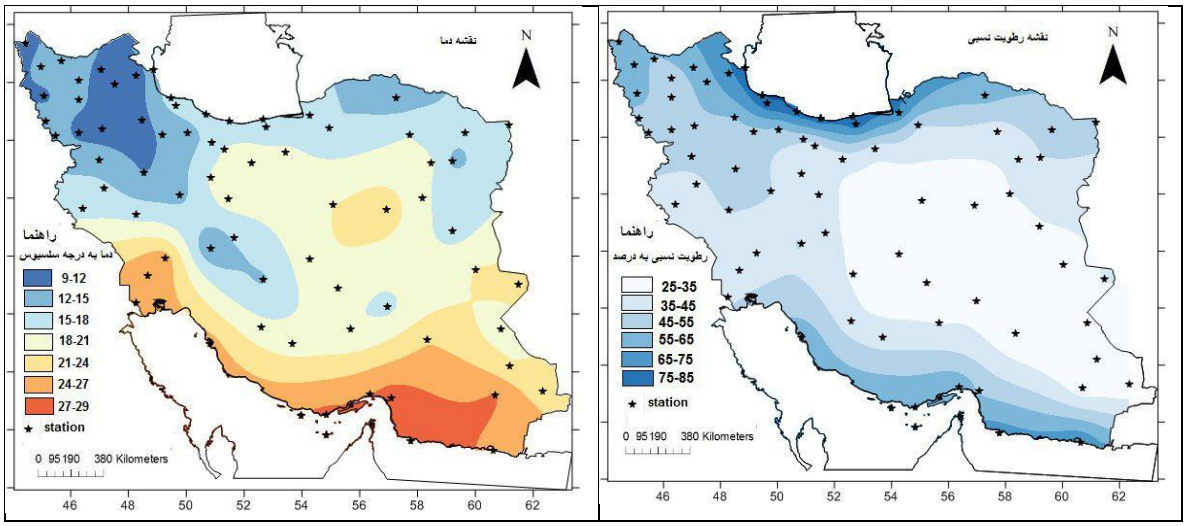
[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

بعد از تبدیل مقادیر روزانه دما و رطوبت نسبی به مقادیر روزانه شاخص عدم آسایش (DI)، به هر یک از روزها در طول دوره ۳۰ ساله مورد مطالعه، یکی از طبقات شش‌گانه شاخص عدم آسایش (DI) نسبت داده شد. سپس فراوانی هر کدام از طبقات مورد نظر شمارش و میانگین ۳۰ ساله آن‌ها به دست آمد. در نهایت با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ نقشه‌های همچند هر کدام از طبقات شاخص عدم آسایش (DI) برای کل ایران تهیه شدند.

در نهایت نیز برای مدلسازی رابطه بین ارتفاع و فراوانی مجموع روزهای همراه با تنش گرمایی نیز از مدل رگرسیونی خطی کلاسیک استفاده شد.

شرح و تفسیر نتایج

در ایران بالاترین دما در نواحی جنوبی کشور به خصوص باریکه ساحلی خلیج فارس و دریای عمان مشاهده می‌شود که به دلیل عرض جغرافیایی پایین و ارتفاع پست این مناطق می‌باشد و کمترین دما مربوط به شمال غرب ایران می‌باشد که عرض جغرافیایی بالا و ارتفاع زیاد این مناطق در آن تأثیر دارند. الگوهای دما در گستره بزرگی از نواحی مرکزی ایران به علت شرایط توپوگرافی کمی پیچیده‌تر است. بیشترین رطوبت در ایران مربوط به شمال کشور در نواحی ساحلی دریای خزر و در جنوب مربوط به نواحلی ساحلی خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد و از شمال و جنوب به سمت مرکز ایران به دلیل دور شدن از منابع رطوبتی خزر و خلیج فارس و دریای عمان کاهش پیدا می‌کند و کمترین رطوبت در نواحی جنوب شرق کشور تا نواحی مرکزی کشور کشیده می‌شود(شکل ۲).



شکل ۲- نقشه توزیع فضایی میانگین دمای سالانه (سمت چپ) و میانگین رطوبت نسبی سالانه (سمت راست) ایران (۲۰۱۶-۱۹۸۷)

بعد از اینکه داده‌های روزانه دما و رطوبت نسبی ۷۴ ایستگاه همدید برای یک دوره آماری ۳۰ ساله به مقادیر روزانه شاخص عدم آسایش (DI) تبدیل شدند، فراوانی هر کدام از طبقات پنج‌گانه آن‌ها در یک مقیاس سالانه در قالب نقشه‌های همچند برای کل کشور تهیه شدند. تهیه نقشه‌های همچند امکان یک مقایسه سلسله مراتبی از تنش گرمایی تجمعی در بین تمامی

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

ایستگاه‌های مورد مطالعه را به راحتی فراهم می‌کند. لذا بر اساس این اصل، ابتدا به تفکیک، الگوی‌های فضایی هر طبقه در ادامه بحث و سپس الگوی فضایی مجموع فراوانی پنج طبقه مورد بحث قرار خواهد گرفت.

بیشترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی در بین بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه مربوط به طبقه اول یعنی شرایطی که کمتر از ۵۰ درصد مردم احساس آسایش نمی‌کنند بود. به عبارت دیگر می‌توان گفت که در ایران ایستگاهی وجود نداشته است که به نوعی این شرایط را حداقل برای چند روز آن هم در بعد از ظهرهای فصل تابستان تجربه نکرده باشد. ایستگاه‌هایی که بیشترین روزهای طبقه یک را در یک سال تجربه می‌کنند در ایران مرکزی و جنوب غرب ایران به صورت چهار خوشه در نقشه ۳ به روشنی قابل مشاهده هستند. به طور کلی ایستگاه‌های خاش، زاهدان، انار، نهبندان، یزد و شیراز با داشتن میانگین بیش از ۹۰ روز در طول یک سال بالاترین تعداد روزهای همراه با تنش گرمایی طبقه ۱ را دارا بوده‌اند. علت این تعداد روزهای همراه با تنش گرمایی طبقه ۱ در این ایستگاه ها و به طور کلی ایران مرکزی عمدتاً مربوط به دور بودن از منابع رطوبتی، تابش طولانی مدت خورشید و همچنین هوای گرم و خشک قاره‌ای نشأت گرفته از داخل خود ایران و سرزمین‌های خشک واقع شده در غرب آن می‌باشد نه میزان رطوبتی که در جو آن می‌باشد. از آن طرف ایستگاه‌هایی که دارای کمترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی طبقه یک بوده‌اند ایستگاه‌هایی هستند که در غرب و شمال غرب ایران واقع شده‌اند. در این ایستگاه‌ها میانگین دمای سالانه پایین‌تر (کمتر از ۱۱ درجه سلسیوس) (شکل ۲) و اما رطوبت نسبی بالاتر (۵۰ درصد و بیشتر) (شکل۲) باعث شده است که شرایط برای ایجاد روزهای همراه با تنش گرمایی زیاد فراهم نباشد. نبایستی فراموش کرد که این کاهش دما در این قسمت از ایران قاعدتاً به خاطر ارتفاع بیشتر و عرض جغرافیایی بالاتر نسبت به دیگر مناطق ایران است. ایستگاه‌هایی که دارای کمترین تعداد روزهای همراه با تنش گرمایی طبقه اول بوده اند عبارتند از: اردبیل، سراب، شهرکرد، اهر، تکاب، زنجان و سقز. این ایستگاه ها در طول یک سال کمتر از ۳۰ روز تنش گرمایی طبقه یک را تجربه می‌کنند (شکل ۳).

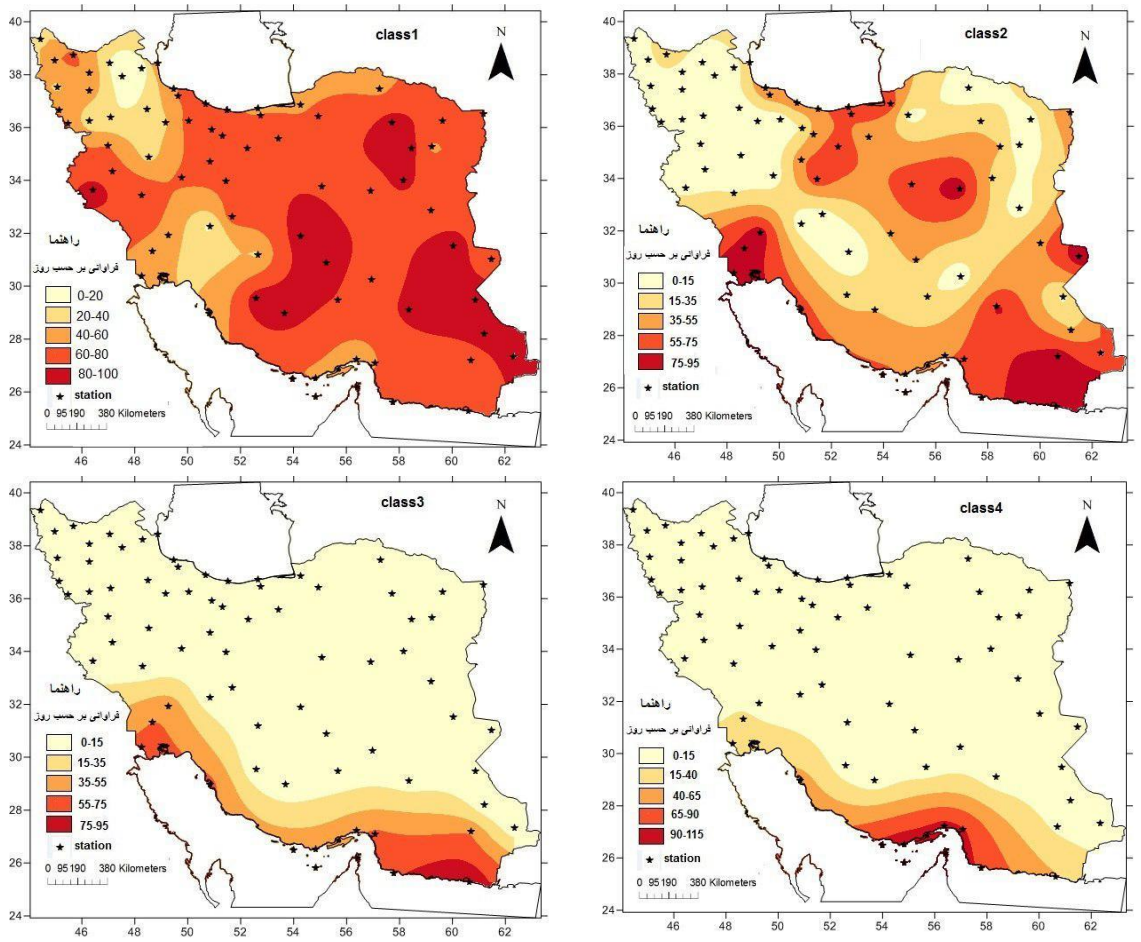
تمرکز بیشترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی طبقه ۲ محدود به نوار ساحلی شمالی دریای عمان و خلیج فارس و سپس نیمه شرقی سواحل جنوبی دریای خزر است. در این طبقه ایستگاه‌های دارای بالاترین فراوانی را می‌توان به دو دسته تقسیم بندی کرد: ابتدا ایستگاه‌هایی که در فاصله بسیار نزدیکی از سواحل شمالی دریای عمان و خلیج فارس قرار گرفته‌اند مانند چابهار، ایرانشهر، آبادان و اهواز و ایستگاه‌های که در فاصله نسبتاً دورتری از توده‌های آبی دریای عمان و خلیج فارس قرار گرفته‌اند مانند ایستگاه‌های زابل، طبس و بم. در نقطه مقابل این ایستگاه‌ها، سه ایستگاه اهر، اردبیل و سراب هستند که حتی یک روز همراه با تنش گرمایی این طبقه را تجربه نکرده‌اند.

طبقات ۳، ۴ و ۵ که به ترتیب بیانگر شدت‌های بیشتر در تنش گرمایی هستند به نوار ساحلی جنوبی ایران محدود می‌شوند. کانون فضایی بیشترین فراوانی طبقه ۳ که بیانگر شرایطی است که در آن بیشتر مردم احساس عدم آسایش می‌کنند ایستگاه چابهار با داشتن ۹۲ روز است. و بعد از آن ایستگاه جاسک با ۶۷ روز قرار دارد. ۵۵ درصد از ۷۴ ایستگاه مورد مطالعه در طول یک سال حتی یک روز را با چنین شرایط آب و هوایی تجربه نمی‌کنند. طبقه ۴ نشان دهنده شرایطی است که در آن همه مردم احساس عدم آسایش می‌کنند. در این طبقه کانون فضایی بیشترین فراوانی مربوط به جزیره ابوموسی با ۱۱۲ روز در سال می‌باشد. بعد از این ایستگاه، ایستگاه‌های بندرلنگه، بندرعباس، کیش و میناب است که به ترتیب ۱۰۵، ۹۹، ۹۸ و ۹۳

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

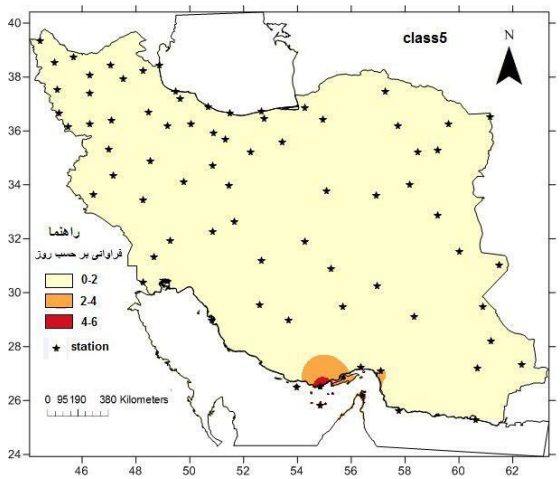
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

روز را در کل یک سال به خود اختصاص می دهند. ۸۳ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول دوره آماری سی ساله حتی یک روز با شرایط طبقه ۴ را تجربه نکرده‌اند. اما طبقه ۵ که گویای بدترین شرایط آسایشی در بین پنج طبقه مورد نظر می‌باشد تنها محدود به چند ایستگاه در نوار ساحلی خلیج فارس است. حدود ۹۰ درصد ایستگاه‌ها هیچ‌وقت این شرایط را در ایران تجربه نکرده‌اند و ایستگاه‌هایی که در طول سال وضعیت اقلیمی آن‌ها به گونه‌ای است که شرایط تنشی این طبقه را به مدت چند روز در سال دارند به ۷ ایستگاه بیشتر نمی‌رسند. بندرلنگه و ابوموسی دو ایستگاهی بودند که بیشترین فراوانی را به ترتیب با ۶ و ۴ روز داشتند، میناب ۲ روز و ۴ ایستگاه بعدی یعنی جاسک، کیش، بندرعباس و بوشهر تنها ۱ روز را به طور میانگین در یک سال داشته‌اند.



[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]



شکل ۳- نقشه الگوهای فضایی طبقات پنج گانه شاخص عدم آسایش (DI) در ایران

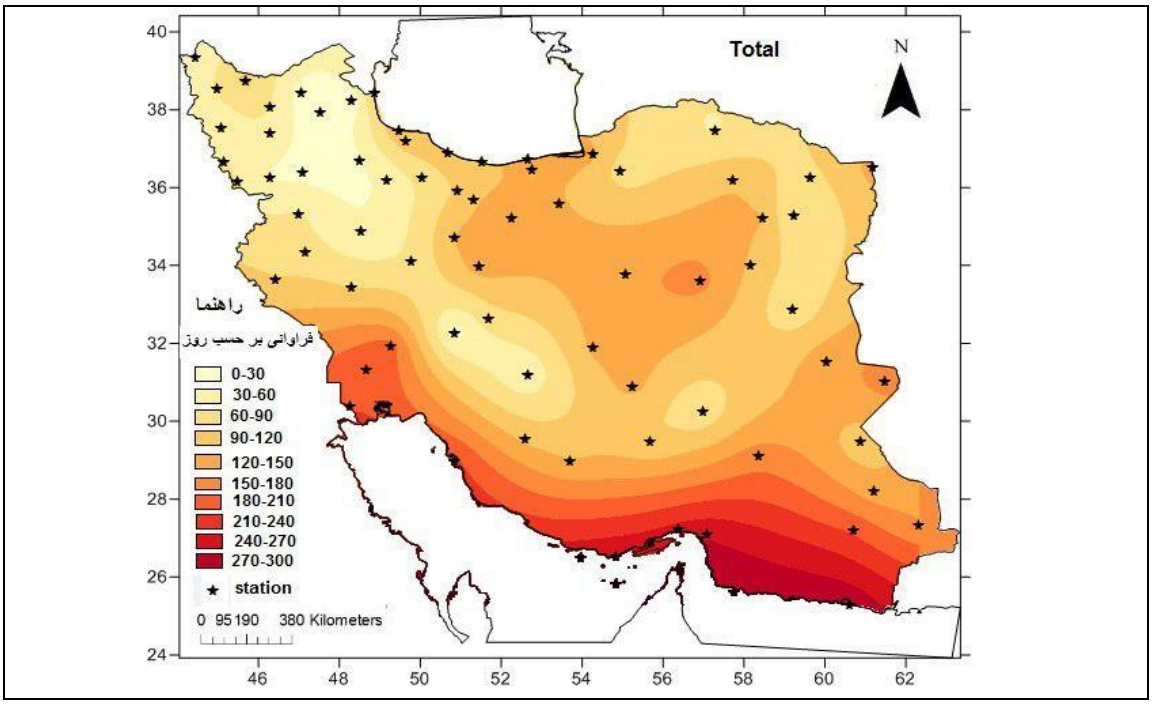
بعد از تحلیل الگوهای فضایی هر طبقه به تفکیک، در ادامه مجموع روزهای همراه با تنش گرمایی (مجموع پنج طبقه)، بر حسب فراوانی بر حسب روز (فراوانی مجموع کلاس های تنش گرمایی به صورت سالانه "میانگین ۳۰ سال")بحث خواهد شد.

اولین اصل بنیادین در توزیع فضایی این شاخص در ایران پیروی آن‌ها از الگوهای اقلیمی شناخته شده در این سرزمین می‌باشد. در ایران عمدتاً مقادیر بالاتر دما در نواحی جنوبی‌تر و مقادیر پایین تر دما در نواحی شمالی‌تر کشور مشاهده می‌شود (شکل ۲). بنابراین کاهش فراوانی این شاخص در مناطق شمالی‌تر بر اساس توزیع فضایی دما در ایران قابل انتظار بود. علاوه بر این، در مناطق خشک‌تر و همچنین مناطق مرتفع‌تر نیز انتظار کاهش فراوانی مجموع روزهای همراه با تنش گرمایی مسئله‌ای روشن و مبرهن در اقلیم ایران می‌باشد. نواحی مرتفع و کوهستانی ایران به خصوص در نیمه شمالی‌تر آن تنش‌های گرمایی کمتری را تجربه می‌کنند چون متغیرهای اقلیمی لازم برای ایجاد این نوع تنش‌ها در این مناطق فراهم نیست. در این مناطق ظرفیت رطوبتی هوا کم و دما با افزایش ارتفاع کاهش پیدا می‌کند. نواحی کوهستانی غرب و شمال غرب ایران در این مطالعه کمترین روزهای همراه با تنش گرمایی را نشان داده‌اند. به طوریکه ۷ ایستگاه اردبیل، سراب، شهرکرد، اهر، تکاب، زنجان و سقز در هر سال به طور میانگین کمتر از ۳۰ روز همراه با تنش گرمایی را تجربه کرده اند. از بین این ۷ ایستگاه نیز دو ایستگاه اردبیل و سراب به ترتیب ۳ و ۷ روز همراه با تنش گرمایی را به طور میانگین در یک سال دارا هستند. این دو ایستگاه علاه بر دارا بودن بالاترین عرض جغرافیایی، ارتفاع زیادی نیز از سطح دریا دارند به طوریکه ایستگاه اردبیل ۱۳۳۲ و ایستگاه سراب ۱۶۸۲ متر از سطح دریا ارتفاع دارند. تمامی روزهای همراه با تنش گرمایی که برای این ایستگاه‌ها به دست آمده است روزهای همراه با تنش گرمایی طبقه ۱ بوده‌اند و همگی آن‌ها نیز به طور تصادفی در طول دوره گرم سال پراکنده شده‌اند (شکل ۴).

اما در نقطه مقابل ایستگاه‌هایی که کمترین روزهای همراه با تنش گرمایی را داشته‌اند، ایستگاه‌های جنوبی ایران به خصوص ایستگاه‌هایی که در نوار ساحلی خلیج فارس و دریای عمان قرار گرفته‌اند، دارای بیشترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی بوده‌اند. دو ایستگاه جاسک و چابهار با میانگین سالانه ۳۰۴ و ۳۰۱ روز همراه با تنش گرمایی دارای بیشترین فراوانی

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

در این شاخص بوده‌اند. عرض جغرافیایی پایین‌تر، ارتفاع کمتر، دما و رطوبت نسبی بالاتر عواملی هستند که شرایط را برای داشتن بیشترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی در این قسمت از ایران فراهم نموده است (شکل ۴).



شکل ۴- نقشه الگوی فضایی مجموع طبقات مختلف شاخص تنش گرمایی (DI) در ایران (۲۰۱۶-۱۹۸۷)

شهرهایی که به طور میانگین بیشتر از ۲۰۰ روز در سال تنش گرمایی (میانگین ۳۰ سال)داشته‌اند در جدول ۲ به ترتیب از بیشتر به کمتر آمده اند.

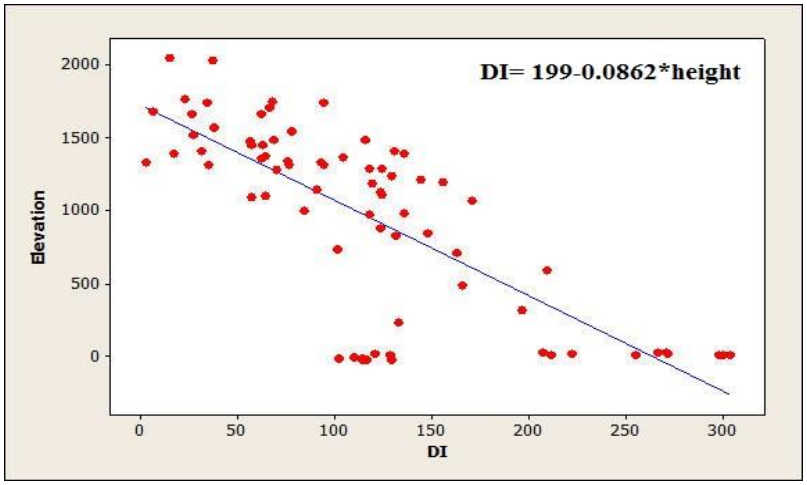
جدول ۲- شهرهای دارای حداکثر تنش گرمایی در سال

نام ایستگاه	تعداد روزهای تنش	نام ایستگاه	تعداد روزهای تنش
۱- جاسک	۳۰۴	۶- کیش	۲۶۶
۲- چابهار	۳۰۱	۷- بندرعباس	۲۵۵
۳- ابوموسی	۲۹۸	۸- بوشهر	۲۲۲
۴- بندر لنگه	۲۷۱	۹- آبادان	۲۱۲
۵- میناب	۲۷۰	۱۰و ۱۱- ایرانشهر و اهواز	۲۰۸

با توجه به نقش مهم ارتفاعات در توزیع فضایی فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی در ایران، اقدام به مدلسازی رابطه بین مجموع فراوانی پنج طبقه روزهای همراه با تنش گرمایی و ارتفاع با استفاده از مدل رگرسیون خطی کلاسیک گردید. نمودار پراکنش و معادله به دست آمده از این مدل برای ایران در شکل ۵ آورده شده است. بر اساس این معادله مشاهده می‌شود که به ازای هر ۱۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا ۹ روز از مجموع فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی ایران کم می‌شود. این روند کاهشی به گونه‌ای است که از ارتفاع ۲۳۰۰ متری به بالاتر هیچ گونه تنش گرمایی در ایران مشاهده نمی‌شود. به عبارت دیگر

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

از ارتفاع ۲۳۰۰ متری به بالا در ایران هیچ روزی که شاهد یکی از طبقات پنج گانه تنش گرمایی باشد مشاهده نمی‌شود. پس مرز ارتفاعی بین وقوع و عدم وقوع روزهای همراه با تنش گرمایی در ایران ارتفاع ۲۳۰۰ متری است.



شکل ۵- معادله رگرسیونی و معادله خط بین ارتفاع ایستگاه‌های مورد مطالعه و مجموع فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی

در ادامه به توزیع فصلی تنش گرمایی ایران در ۳۰ سال اخیر (۲۰۱۶-۱۹۸۷) (شکل۶) پرداخته می‌شود. به طوریکه میانگین فراوانی تنش گرمایی هر فصل در ۳۰ سال برای ۷۴ ایستگاه مورد مطالعه، با استفاده از شاخص DI محاسبه شده و سپس نقشه‌های فصلی آن‌ها تهیه شدند. تهیه این نقشه های فصلی امکان یک مقایسه از تنش گرمایی در تمامی فصول سال فراهم می‌کند.

جدول ۳- ماه های تنش زا به ترتیب از حداکثر به حداقل

ماه	ژوئیه	اوت	ژوئن	سپتامبر	مه	اکتبر	آوریل	نوامبر	مارس	دسامبر	فوریه	ژانویه
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲

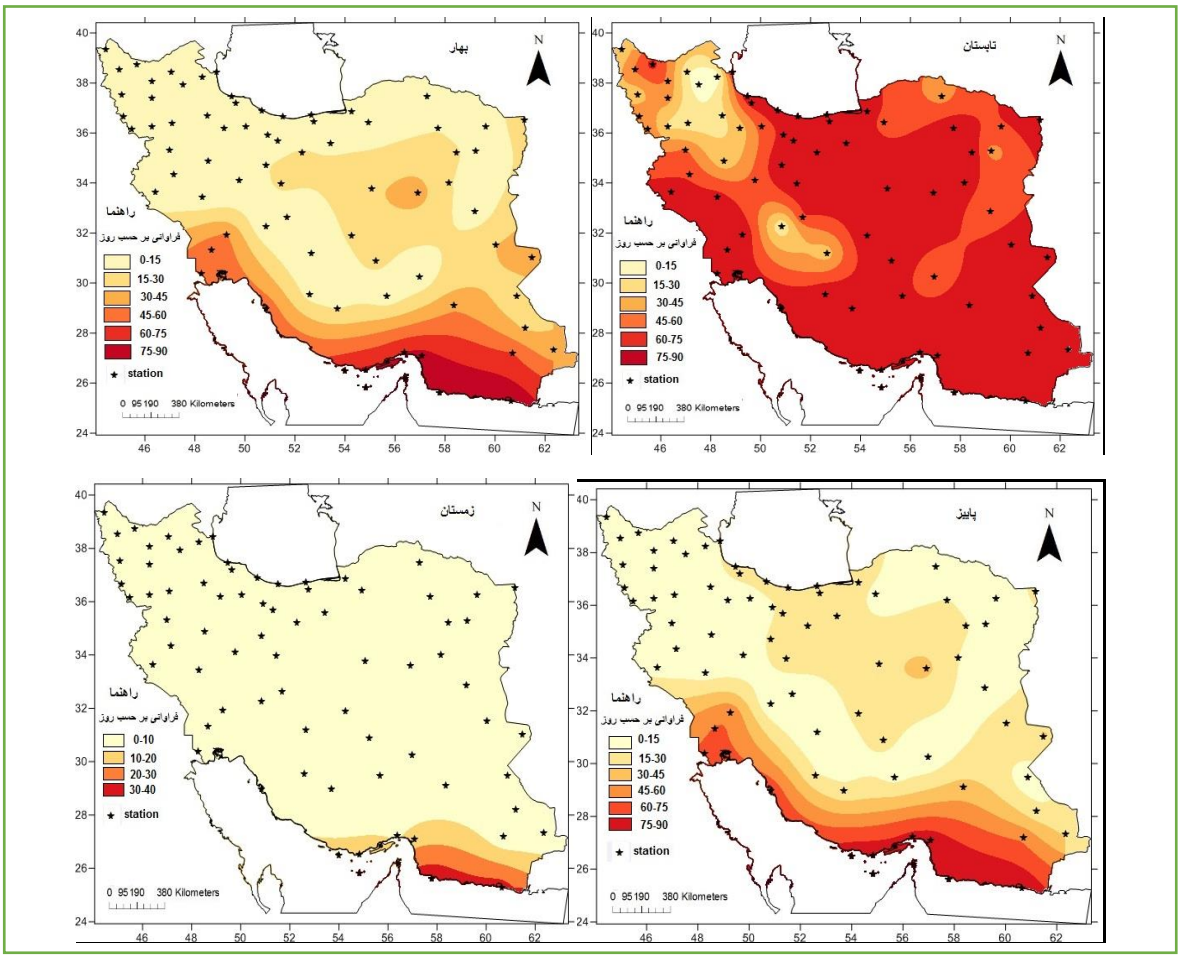
در فصل تابستان با توجه به استقرار پرفشار جنب حاره ای بر ایران، افزایش شدت تابش خورشید و گرمایش سطح زمین بیشترین تنش گرمایی، هم از نظر شدت و هم از نظر گستره فضایی در این فصل مشاهده می شود. و توزیع آن در کل کشور به وضوح دیده می شود. (شکل ۶) شاید بتوان وجود تنش گرمایی زیاد را در مناطق مرکزی به شدت تابش خورشیدی و در نوارهای ساحلی به رطوبت زیاد نسبت داد. و مناطقی که در این فصل کمترین تنش گرمایی را دارا هستند اکثرا مناطق مرتفع و کوهستانی در غرب و شمال غرب ایران هستند که هم به دلیل ارتفاع زیاد و هم عرض جغرافیایی بالاتر دمای آن‌ها کمتر از دیگر مناطق است و فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی کمتری دارند.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

در فصل پاییز هم از شدت و هم گستره فضایی تنش گرمایی در ایران کاسته شده است که به دلیل حرکت پرفشار جنب حاره ای به سمت جنوب کشور و کمتر شدن شدت تابش و گرمایش کمتر سطح زمین در فصل پاییز است.و دامنه تنش گرمایی به سمت جنوب کشور سوق پیدا می‌کند.

در فصل زمستان مناطق دارای تنش گرمایی به جنوب کشورمخصوصا ایستگاه هایی که در نوار ساحلی خلیج فارس و دریای عمان قرار گرفته اند محدود می شود، که جاسک با ۳۶ روز تنش گرمایی، ابوموسی با ۳۴ روز و چابهار با ۳۳ روز تنش گرمایی، بیشترین تنش گرمایی را در فصل زمستان دارا هستند.

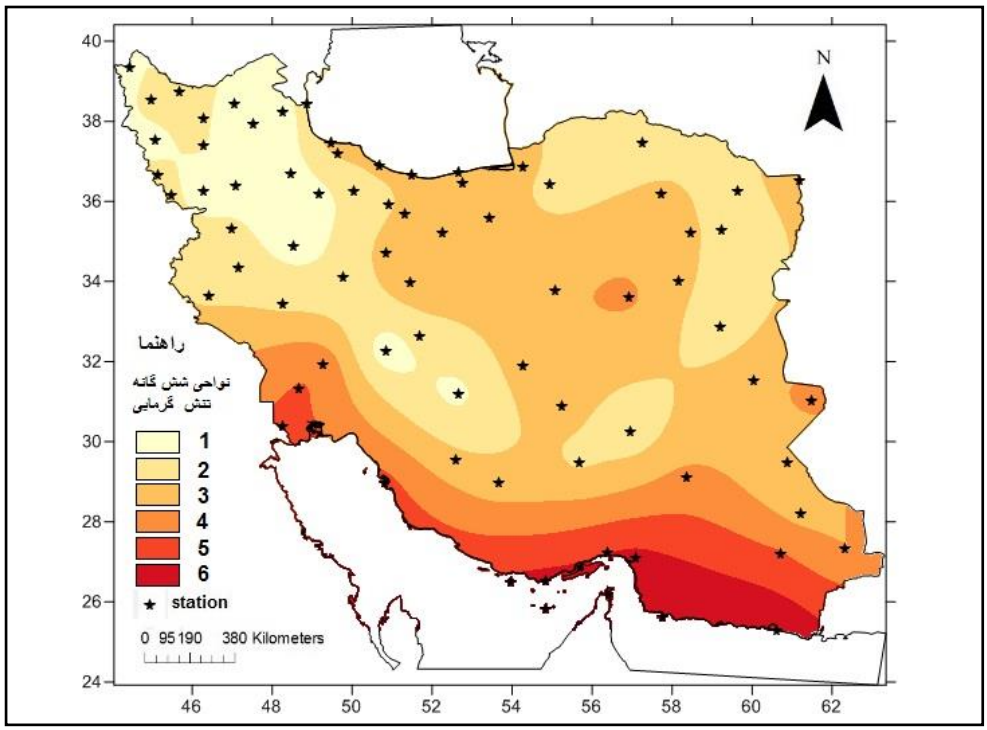
در فصل بهار دامنه‌ی وسعت مناطق همراه با تنش گرمایی در ایران به دلیل شدت گرفتن تابش خورشیدی به عرض‌های جغرافیایی بالاتر گسترش پیدا می‌کند و کمترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی در قسمت شمال و شمال غرب کشور مشاهده می شود که به دلیل عرض جغرافیایی بالا و ارتفاع زیاد از سطح دریا تنش گرمایی در این مناطق تقریبا صفر می باشد.



[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

در نهایت یک ناحیه بندی از تنش گرمایی در ایران ارائه شده است (شکل ۷) که ایران از نظر تنش گرمایی با استفاده از شاخص DI به ۶ ناحیه تقسیم شده است. که این نواحی تا حدود زیادی منطبق با نقشه های دما و رطوبت در ایران (شکل ۲) هستند. ناحیه ای که در ایران بیشترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی را داراست در این نقشه با عنوان ناحیه ۶ تعریف شده است که محدود به نوار ساحلی خلیج فارس و دریای عمان است که این مسئله به دلیل رطوبت نسبی بسیار بالا، دمای زیاد و ارتفاع کم این مناطق می‌باشد. و ناحیه ۱ کمترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی را دارد که به دلیل عرض جغرافیایی بالا و ارتفاع زیاد این مناطق می‌باشد.



شکل ۷-نقشه ناحیه بندی تنش گرمایی در ایران

نتیجه گیری

در این مطالعه هدف اصلی، بررسی الگوهای فضایی طبقات مختلف شاخص عدم آسایش (DI) در ایران بود. لذا در راستای رسیدن به این هدف داده‌های روزانه میانگین دما و رطوبت نسبی ۷۴ ایستگاه همدید با استفاده از معادله شاخص عدم آسایش (DI) به مقادیر روزانه شاخص عدم آسایش (DI) تبدیل شدند. در نهایت در یک مقیاس سالانه، فراوانی طبقات مختلف شاخص عدم آسایش (DI) ایستگاه ها به طور جداگانه شمارش و نقشه‌های توزیع فضایی و توزیع فصلی آن‌ها تهیه شدند.

تفاوت اصلی در توزیع فضایی طبقات مختلف شاخص عدم آسایش (DI) در ایران از لحاظ اقلیم‌شناسی، در قابلیت دسترسی آنها به رطوبت می‌باشد. این تفاوت به خوبی در آمار رطوبتی ایستگاه‌های نقاط مختلف ایران قابل مشاهده است. نواحی مرتفع و کوهستانی غرب و شمال غرب ایران به دلیل پایین بودن ظرفیت رطوبتی هوا و همچنین پایین بودن میانگین دمای روزانه دارای کمترین روزهای همراه با تنش گرمایی بوده‌اند. به طوریکه تمامی روزهای همراه با تنش گرمایی که برای این مناطق

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

به دست آمده است روزهای همراه با تنش گرمایی طبقه ۱ بوده‌اند و همگی آن‌ها نیز به طور تصادفی در طول دوره گرم سال پراکنده شده‌اند. اما در نقطه مقابل ایستگاه‌هایی که کمترین روزهای همراه با تنش گرمایی را داشته‌اند، ایستگاه‌های جنوبی ایران به خصوص ایستگاه‌هایی که در نوار ساحلی خلیج فارس و دریای عمان قرار گرفته‌اند دارای بیشترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی بوده‌اند. عرض جغرافیایی پایین‌تر، ارتفاع کمتر، دما و رطوبت نسبی بالاتر عواملی هستند که شرایط را برای داشتن بیشترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی در این قسمت از ایران فراهم نموده است.

الگوی فضایی طبقات پنج‌گانه این شاخص نیز الگوهای متفاوت‌تری در مقایسه با یکدیگر نشان دادند به طوریکه تمام ایستگاه‌های ایران در طول یک سال حداقل ۳ روز همراه با تنش گرمایی مربوط به طبقه ۱ را تجربه می‌کنند. اما با افزایش شدت طبقات، تعداد ایستگاه‌هایی که شرایط این طبقات پنج‌گانه را در طول یک سال تجربه کرده باشند کمتر می‌شوند. به طوریکه برای طبقه دوم، ۱۶/۲ درصد ایستگاه‌ها، برای طبقه سوم، ۵۵/۴ درصد ایستگاه‌ها، برای طبقه چهارم، ۸۳/۷ درصد ایستگاه‌ها و در نهایت برای طبقه پنجم، ۹۰/۵ درصد ایستگاه‌ها شرایط آسایشی این طبقات را به هیچ عنوان در طول یک سال تجربه نمی‌کنند.

توزیع فصلی تنش گرمایی ایران در ۳۰ سال اخیر (۲۰۱۶-۱۹۸۷) نیز نشان می‌دهد که در فصل تابستان با توجه به استقرار پرفشار جنب حاره‌ای بر ایران و گرمایش سطح زمین بیشترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی، هم از نظر شدت و هم از نظر گستره فضایی در این فصل مشاهده می‌شود. و توزیع آن در کل کشور به وضوح دیده می‌شود. و مناطقی که در این فصل کمترین تنش گرمایی را دارا هستند اکثرا مناطق مرتفع و کوهستانی در غرب و شمال غرب ایران هستند و در فصل پاییز هم از شدت و هم گستره فضایی تنش گرمایی در ایران کاسته شده است که به دلیل حرکت پرفشار جنب حاره ای به سمت جنوب کشور و کمتر شدن شدت تابش و گرمایش کمتر سطح زمین در فصل پاییز است.و دامنه تنش گرمایی به سمت جنوب کشور سوق پیدا کرده است.

در فصل زمستان مناطق دارای تنش گرمایی به جنوب کشور محدود می شود، که جاسک با ۳۶ روز تنش گرمایی، ابوموسی با ۳۴ روز و چابهار با ۳۳ روز تنش گرمایی، بیشترین تنش گرمایی را در فصل زمستان دارا هستند.

در فصل بهار دامنه ی تنش گرمایی در ایران به عرض های جغرافیایی بالاتر گسترش پیدا می‌کند و کمترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی در قسمت شمال و شمال غرب کشور مشاهده می شود که تقریبا صفر می باشد. فلاح قالهری و همکاران (۱۳۹۵) نیز در پژوهش خود که بر روی تنش گرمایی ایران در پنجاه سال اخیر در چند نمونه اقلیمی انجام داده بودند به این نتیجه رسیدند که روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی در ایستگاه‌های مشهد، اصفهان و تبریز طی فصول بهار و تابستان افزایشی بوده است، و بیشترین فراوانی روزهای گرم مربوط به ایستگاه های بندرعباس و رشت بوده است که دلایل آن را نزدیکی این ایستگاه ها به دریا تبخیر بالا عنوان کرده اند که نتایج را تأیید می‌کند.

با توجه به نقش مهم ارتفاعات در توزیع فضایی فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی در ایران مشخص شد که به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع از سطح دریا ۹ روز از مجموع فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی ایران کم می‌شود. این روند کاهشی به گونه‌ای است که از ارتفاع ۲۳۰۰ متری به بالاتر هیچ گونه تنش گرمایی در ایران مشاهده نمی‌شود. به عبارت دیگر ارتفاع ۲۳۰۰ متری مرز ارتفاعی بین وقوع و عدم وقوع روزهای همراه با تنش گرمایی در ایران است. اسماعیلی (۱۳۹۳)، نیز

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

در پژوهش خود به این نتیجه رسید که توزیع مکانی شاخص زیست اقلیمی (دمای معادل فیزیولوژیک) در سطح کشور از سطوح ارتفاعی و آرایش ناهمواری‌ها تبعیت می‌کند به طوریکه کمترین مقادیر مربوط به شاخص، که تنش سرمایی را نشان می‌دهد منطبق بر مناطق مرتفع و کوهستانی و تنش‌های گرمایی در مناطق پست و کم ارتفاع به وقوع می‌پیوندد.

در نهایت با ناحیه بندی که از تنش گرمایی در ایران با استفاده از شاخص DI انجام شد. ایران از نظر تنش گرمایی به ۶ ناحیه تقسیم شده است و این نواحی تا حدود زیادی منطبق با نقشه های دما و رطوبت در ایران هستند. که ناحیه ۶ با بیشترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی محدود به نوار ساحلی خلیج فارس و دریای عمان است که این مسئله به دلیل رطوبت نسبی بسیار بالا، دمای زیاد و ارتفاع کم این مناطق می‌باشد. و ناحیه ۱ کمترین فراوانی روزهای همراه با تنش گرمایی را دارد که از عرض جغرافیایی بالا و ارتفاع زیاد این مناطق تأثیر پذیرفته است.

منابع

اسماعیلی، رضا. ۱۳۹۳. پهنه بندی زیست اقلیم انسانی ایران. *نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی*، سال پنجم، **۱۷**: ۳۲-۱۹.

انصاری لاری، احمد و هاجر زارعی کلوئی. ۱۳۹۳. نگرشی بر ارزیابی آسایش انسانی در شهرستان میناب دهستان تیاب با توجه به شاخص‌های زیست اقلیمی. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، سال هفتم، **۲۵**: ۶۶-۵۵.

ذوالفقاری، حسن. ۱۳۸۹. *آب و هواشناسی توریسم*، انتشارات سمت، تهران.

طاوسی، تقی و برزو سبزی. ۱۳۹۲. تعیین گستره منطقه آسایش زیست اقلیمی استان ایلام با استفاده از شاخص اوانز. *فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری- منطقه ای*، **۷**: ۳۴-۲۱.

طاوسی، تقی و منیر یاری. ۱۳۹۲. تعیین گستره‌ی آسایش دمایی در برنامه‌ریزی اقلیم گردشگری مورد: استان سیستان و بلوچستان. *فصلنامه جغرافیا و توسعه*،**۳۱**، ۲۹-۴۶.

فرج زاده، حسن؛ محمد سلیقه و بهلول علیجانی. ۱۳۹۵. کاربرد شاخص اقلیم حرارتی جهانی در ایران از منظر گردشگری. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، سال پنجم، **۷**: ۱۳۷-۱۱۷.

فلاح قالهری، غلامعباس؛ رضا اسماعیلی و فهیمه شاکری. ۱۳۹۵. ارزیابی روند تغییرات فصلی تنش‌های گرمایی طی نیم قرن اخیر در چند نمونه اقلیمی ایران. *فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران*، دوره نهم، **۲**: ۲۳۳-۲۴۶.

کاویانی، محمدرضا. ۱۳۷۱. ارزیابی اقلیم حیاتی و آستانه‌های تحریک آن در سواحل جنوبی خزر و دامنه‌های شمالی البرز میانی. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی*، **۲۹**، ۸۲-۴۹.

کاویانی، محمدرضا. ۱۳۷۲. بررسی و تهیه نقشه زیست اقلیم انسانی ایران. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، **۲۸** :۷۷ -۱۰۷.

کاویانی، محمدرضا؛ حسنعلی غیور و نصراله پاینده. ۱۳۸۵. ارزیابی شاخص دمای مؤثر در سطح کشور. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، **۱**: ۲۹-۱۱.

کسمایی ، مرتضی. ۱۳۷۱. پهنه بندی اقلیمی ایران مسکن، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

کسمایی، مرتضی. ۱۳۶۳. اقلیم و معماری، جلد اول، چاپ اول. انتشارات شرکت خانه سازی ایران، تهران.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

گلبابائی، فریده و منوچهر امیدواری. ۱۳۸۱. انسان و تنش‌های حرارتی محیط کار، چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران.

Angouridakis, V.E. and T.J. Makrogiannis. 1982. The discomfort-index in Thessaloniki, Greece. *International Journal of biometeorology*, **26**: 53-59.

Bady, M. 2014. Analysis of outdoor human thermal comfort within three major cities in Egypt. *Open Access Library Journal*, **1**:1-11.

Bartzokas, A.; C.J. Lolis, P.A. Kassomenos, and G.R. McGregor. 2013. Climatic characteristics of summer human thermal discomfort in Athens and its connection to atmospheric circulation. *Natural hazards and earth system sciences*,**13**:3271-3279.

Blazejczyk, K.; Y. Epstein, G. Jendritzky, H. Staiger, and B. Tinz. 2012. Comparison of UTCI to selected thermal indices**.** *International journal of biometeorology*, **56**:515-535.

Cheung, S.S.; J.K. Lee, and J. Oksa. 2016. **T**hermal stress, human performance, and physical employment standards. Applied Physiology, *Nutrition, and Metabolism*, **41**:S148-S164.

Din, M.F.M.; Y.Y. Lee, M. Ponraj, D.R. Ossen, K. Iwao, and S. Chelliapan. 2014. Thermal comfort of various building layouts with a proposed discomfort index range for tropical climate. *Journal of thermal biology*, **41**: 6-15.

Epstein, Y. and D.S. Moran. 2006. Thermal comfort and the heat stress indices. *Industrial health*, **44**: 388-398.

Gulyás, Á. and A. Matzarakis. 2009. Seasonal and spatial distribution of physiologically equivalent temperature (PET) index in Hungary. *Időjárás*, **113**: 221-231.

Jendritzky, G.; R. de Dear, and G. Havenith. 2012. UTCI—Why another thermal index? *International journal of biometeorology*, **56**:421-428.

Jendritzky, G. and B. Tinz. 2009. The thermal environment of the human being on the global scale. *Global Health Action*, **2**:10-21.

Kunz-Plapp, T.; J. Hackenbruch, and J.W. Schipper. 2016. Factors of subjective heat stress of urban citizens in contexts of everyday life. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **16**: 977-994.

Lundgren, K.; K. Kuklane, C. Gao, and I. Holmer. 2013. Effects of heat stress on working populations when facing climate change. *Industrial health*, **51**: 3-15.

Matzarakis, A. 2001. December. Climate and bioclimate information for tourism in Greece. In Proceedings of the first international workshop on climate, *tourism and recreation, ed. by A. Matzarakis and C. R. de Freitas. International Society of Biometeorology, Commission on Climate Tourism and Recreation*: 171-183.

McGregor, G.R. 2012. Human biometeorology. *Progress in Physical Geography***, 36**: 93-109.

McGregor, G.R.; M.T. Markou, A. Bartzokas, and B.D. Katsoulis. 2002. An evaluation of the nature and timing of summer human thermal discomfort in Athens, Greece. *Climate Research*, **20**: 83-94.

Paliatsos, A.G. and P.T. Nastos. 1999. Relation between air pollution episodes and discomfort index in the greater Athens area, Greece. *Global Nest J*, **1**: 91-97.

Pantavou, K.; G. Theoharatos, A. Mavrakis, and M. Santamouris. 2011. Evaluating thermal comfort conditions and health responses during an extremely hot summer in Athens. *Building and Environment*, **46**: 339-344.

Polydoros, A. and C. Cartalis. 2014. Assessing thermal risk in urban areas–an application for the urban agglomeration of Athens. *Advances in Building Energy Research*, **8**: 74-83.

Sahabi Abed, s and A. Matzarakis. 2017. Seasonal Regional Differentiation of Human Thermal Comfort Conditions in Algeria. *Advances in Meteorology*, 1-14.

Steadman, R.G. 1979**.** The assessment of sultriness. Part II: effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature**.** *Journal of Applied Meteorology*, **18**: 874-885.

Thom, E.C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*, **12**: 57–61.

Thorsson, S.; M. Lindqvist, and S. Lindqvist. 2004. Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg**,** Sweden. *International Journal of Biometeorology*, **48** :149-156.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]

Villadiego, K. and M.A. Velay-Dabat. 2014. Outdoor thermal comfort in a hot and humid climate of Colombia: a field study in Barranquilla. *Building and Environment*, **75**: 142-152.
Yan, Y.Y. 2005. Human thermal climates in China**.** *Physical Geography*, **26**: 163-176.
Yousif, T.A. and H.M. Tahir. 2013. Application of Thom's Thermal Discomfort Index in Khartoum State, Sudan. *Journal of Forest Products and Industries*, **2**: 36-38.
Zaninović, K. and A. Matzarakis. 2007. Climatic changes in thermal comfort at the Adriatic coast. *Climate Change and Tourism Assessment and Coping Strategies*. 155-164.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.73]