نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ششم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸
صفحات ۱۷۷- ۱۹۴

بررسی و پهنه بندی تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی انسان در ایران

مسعود جلالی، استادیار آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
غلامرضا مقامی مقیم، استادیار ژئومرفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان،دامغان، ایران.
عبدالله فرجی، استادیار آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
سید محمود حسینی صدیق[۱]، دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
علی محمد منصورزاده، دانشجو دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، تهران، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۷/۰۳/۱۱ پذیرش نهایی:۱۳۹۸/۱۰/۱۸

چکیده

امروزه در برنامه‌ریزی‌های راحتی و سلامت انسان، بررسی وضعیت تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی، نقش مهمی را ایفا می‌کند. در این خصوص می‌توان در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت از آب و هوا و در برنامه‌ریزی کوتاه مدت از شرایط جوّی کمک گرفت. در تحقیق حاضر با استفاده از شاخص دمای معادل تنش فیزیولوژیک حرارتی(PET) اقدام به تهیه تنش های فیزیولوژیک حرارتی انسان در ایران در مقیاس ماهانه گردید. مقادیر محاسبه شده برای ۴۰ ایستگاه کشور با طول دوره آماری مشترک ۵۲ سال (۱۳۳۸-۱۳۹۰) نقشه‌های تنش فیزیولوژیک حرارتی تهیه شد. بر اساس نقشه‌های ترسیم شده نقش ارتفاعات در شکل‌دهی شرایط تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی بسیار پررنگتر از طول و عرض جغرافیایی است. از لحاظ شرایط بدون تنش حرارتی فروردین ماه با ۴۷/۷ درصد از مساحت ایران در رتبه اول قرار دارد و مطلوبترین شرایط آب و هوایی بدون تنش را داراست. در همین ارتباط تنش سرمایی در دی ماه با ۷۵/۳ درصد از کشور برخوردار است و نیز در مرداد ماه با تنش گرمایی ۹۹/۹ درصد، بدترین شرایط تنش فیزیولوژیک حرارتی آب و هوایی را دارا است. بیشترین و کمترین ضرایب تغییرات مکانی تنش فیزیولوژیک حرارتی ایران به ترتیب مربوط به دی و تیر ماه است. در ادامه با توجّه به نمرات شاخص، گروه بندی ایستگاهها با اعمال روش خوشه‌ای سلسله مراتبی با روش ادغام وارد (Ward) انجام گرفت. نتایج نشان داد هفت ناحیه اصلی تنش فیزیولوژیک حرارتی برای اطلس ایران قابل تشخیص است که در هر یک از این ناحیه، شرایط تنش حرارتی از ویژگی‌های همسان برخوردار است.

واژه های کلیدی: تنش های حرارتی، PET، پهنه بندی، ایران.

[۱]. نویسنده مسئول: Email: hosseiniseddigh@znu.ac.ir

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

مقدمه

سلامت انسان در هر شرایطی متأثر از متغیرهای آب و هوایی از جمله فشار، رطوبت و دمایی پیرامون خویش است (Kunst et al, ۱۹۹٤)؛ که بر اساس دگرگونیها و مخاطرات آب و هوایی بر روی بخش‌های مختلف زندگی انسان و استراتژیهای اقتصادی، اجتماعی از قبیل سلامت (Poumadere et al, ۲۰۰۵)، منابع هیدرولوژیکی و کشاورزی (Ferris et al, ۱۹۹۸) تأثیر ژرفی گذاشته است که در این میان بحث تأثیرات تنش‌های حرارتی بر سلامت انسان در طی چند دهه اخیر، به یکی از مباحث مهم در محافل علمی جهان تبدیل و از جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده است (Jendritzky et al, ۲۰۱۲؛ Kjellstrom, ۲۰۰۹). به همین دلیل مک میچائیل و همکاران (McMichael et al, ۱۹۹٦) در دهه گذشته گزارش جامعی در زمینه مخاطرات آب و هوا و سلامت منتشر نمودند. و از مدّت‌ها پیش تأثیر آب و هوا را در بروز و گسترش بیماری‌های همه گیر به رسمیت شناخته‌اند (Amelung et al, ۲۰۰۷)؛ بر این اساس، بسیاری از محقّقان در تحقیقات خود عوارض جانبی ناشی از مخاطرات آب و هوایی ناشی از تنش‌های سرمایی و گرمایی بر سلامت، بیماریهای قلبی و عروقی (محمدی، ۱۳۹۶) و مرگ و میر انسان را مطالعه نموده‌اند (Nastos and Matzarakis, ۲۰۱۲). از جمله تحقیقات بقراط در قرن پنجم پیش از میلاد در رابطه با بیماری‌های فصلی، پایه بررسی اپیدمی‌ها در رساله ایشان شد (Parsons, ۲۰۱٤). تنش‌های گرمایی (Heat Stress) و سرمایی (Cool Stress)، قرار گرفتن انسان در معرض گرما و سرمای شدید است و جزء رویدادهای فرین (Extremes) محسوب می‌شوند، که غالباً افراد طی فعالیت‌های روزانه یا فعالیت در محیط کار با آن مواجه می‌شوند، و بر روی فعالیت‌های فیزیکی انسان تأثیر بسزایی دارد، به گونه‌ای که اگر بدن از طریق تعرّق یا ساز و کارهای سرد کننده خنک نشود، تلفات شدیدی به سلامت انسان وارد می‌شود؛ و به همین منظور فرد ناگزیر است به منظور کاهش اثرات نامطلوب تنش گرمایی، فعالیت خود را کاهش دهد (Pilcher et al, ۲۰۰۲؛ Parsons, ۲۰۱٤). بر اساس واسنجی شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژیک حرارتی (PET) (کاشکی، ۱۳۹۸؛ فلاح قالهری، ۱۳۹۵: ۲۴۳)، شاخص عدم آسایش (DI) (خسروی، ۱۳۹۸: ۸۴)، فصل تابستان را بیشترین مقادیر تنش گرمایی می‌دانند که باعث کرامپ عضلانی ناشی از گرما، سینکوب (غش گرمایی)، هیپوترمیای بدن و بیماریهای قلبی و عروقی در این فصل وجود دارد (محمدی، ۱۳۹۶). البتّه، در فصول زمستان و پاییز پایین‌ترین مقادیر شاخص تنش معادل فیزیولوژیک حرارتی برای مناطق مرتفع با تنش سرمایی ثبت شده است (فلاح قالهری، ۱۳۹۴)؛ که با افزایش ارتفاع، خشکی هوا بیشتر می‌شود و به دنبال آن کم آبی بیشتر و متابولیسم بدن کندتر می‌شود، خون رسانی به اندام‌ها کاهش می‌یابد و همراه با این عوامل در صورت مساعد بودن شرایط برای بیماری ارتفاع، این بیماری نیز بروز می‌کند. لذا کسالت، کم تحرّکی، رخوت و سستی نیز پدیدار می‌گردند که همه این عوامل بر وخامت اوضاع می‌افزایند، با توجّه به مطالعه برگا و همکاران(Braga,et al., ۲۰۰۲) و همپل و همکاران (Hampel et al, ۲۰۱۰) مبنی بر وجود ارتباط قوی و معنی‌داری بین تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی و ارتفاع و عرض‌های بالای جغرافیایی جهت استخراج آستانه‌های تنش سرمایی و اثرات آن بر بروز بیماری‌های مرگ و میر و تنفسی (آنفولانزا، پنومونی، آسم‌های تنفسی) وجود دارد. علاوه بر این، محقّقان معتقدند که سطح فیبروژن با درجه حرارات هوا ارتباط معکوس دارد و با افزایش سطح فیبرینوژن (پروتئین محلول در خون می باشد که در انعقاد نقش مهمی دارد) میزان بروز عفونت‌های تنفسی فصلی افزایش می‌یابد (Halonen, et al., ۲۰۱۰). به عنوان مثال، می‌توان به رویدادهای حدی شدیدی که در ژانویه ۲۰۰۹ در استرالیا، تابستان ۲۰۱۰ در روسیه، تابستان ۲۰۱۱ در اکلاماها، تابستان ۲۰۰۳ در اروپا و تابستان ۲۰۰۳ در فرانسه به وقوع پیوسته است، اشاره نمود که

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

منجر به مرگ تقریباً ۴۰۰۰۰ نفر گردید (Barriopedro et al, ۲۰۱۱). از این رو بسیاری از محقّقان در ارزیابی سلامت انسان، مؤلفه تنش حرارتی را مهمتر از بقیه مؤلفه‌ها دانسته‌اند (De Freitas, ۱۹۸۵)، که در حالت طبیعی دمای درونی بدن انسان ۳۷ و دمای پوست ۳۲ درجه سانتی‌گراد است و این دمای بدن انسان متناسب با غذایی که مصرف می‌کند و فعالیتی که انجام می‌دهد تولید می‌شود. حال اگر بدن انسان در محیطی گرم‌تر از پوست خود قرار گیرد شروع به جذب گرما می‌کند و به عکس اگر در محیطی که سردتر از پوست خود است قرار گیرد، گرمای خود را به تدریج از دست خواهد داد. البته، اگر دمای هوا ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد و میزان رطوبت نسبی بین ۳۰ تا ۷۰ درصد باشد تأثیری بر تنش حرارتی انسان نخواهد داشت (Hoppe, ۱۹۹۰)، حال اگر سرعت باد از ۱۲۰ متر در دقیقه افزایش یابد و تابش آفتاب شدت یابد باعث سوختگی و اثرات زیانبار پوستی می‌گردد و زمینه ساز تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی انسان می‌گردد (محمدی، ۱۳۶:۱۳۸۶). این در مورد دمای بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد و با میزان رطوبت نسبی بیشتر از ۷۰٪ باعث تعرّق می‌گردد، به طوری که هوای گرم و مرطوب به دلیل جلوگیری از ایجاد تعرّق و تبخیر در روی پوست بدن باعث چسبناکی و احساس شرجی شدن می شود که دلیلی بر تندخویی و تنش عصبی بودن انسان می گردد (رازجویان، ۱۱:۱۳۷۶؛ Hoppe, ۱۹۸٤) و هرگاه میزان رطوبت نسبی کمتر از ۳۰٪ باشد به دلیل خشکی بیش از اندازه هوا باعث خشکی و خارش پوست، ترک لب ها، گلو درد، سوزش چشم می‌شود. البتّه دمای مطلوب هوا در یک منطقه برای افراد با سنین و جنس‌های مختلف متفاوت است و به نوع و میزان فعالیت و نوع و مقدار لباس فرد بستگی دارد؛ به طوری که می توان گفت، دمای مطلوب هوا برای یک فرد در زمستان و تابستان نیز متفاوت است (McGregor, ۲۰۱۲). اصولاً دمای مطلوب برای افراد بالای چهل سال یک درجه بیشتر از دمای مطلوب برای افراد سنین پائین‌تر است و برای زنان نیز یک درجه بیشتر از مردان است (افتخاری، ۱۶۶:۱۳۷۹). پس این نکته قابل توجّه است که منطقه بدون تنش بر سلامت انسان یک منطقه کاملاً نسبی و تقریبی است. به علّت اهمیت شرایط آب و هوایی و تأثیر آن در رابطه با تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی انسان توجّه محققان زیادی را در نقاط مختلف جهان و ایران به خود معطوف داشته است. چانگ و همکاران (Cheng et al, ۲۰۱۲) تنش‌های حرارتی هنگ کنگ را با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژیک و میانگین نظرات حاصل از پرسشنامه مطالعه کردند آنها در این پژوهش اثر تغییر شرایط باد و تابش خورشیدی را روی احساس دمایی افراد در منطقه بررسی کردند. نستوس و ماتزاراکیس(Nastos and Matzarakis, ۲۰۱۲) نقش آب و هوا در مرگ و میر شهر آتن را با استفاده از شاخص‌های آسایش آب و هوایی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که یک رابطه خطی معنی‌داری بین مرگ و میر با تنش‌های حرارتی آب و هوایی وجود دارد. یاهیا و جانسون (Yahia and Johansson, ۲۰۱۳) به مقایسه نتایج تنش‌های حرارتی مختلف شهری و در هوای آزاد شهر گرم و خشک سوریه پرداختند که با توجه به آستانه بالا و پایین هر کدام از شاخص‌ها، میزان تنش‌های حرارتی را برآورد کردند. هارتز و همکاران (Hartz et al, ۲۰۱۳) به تجزیه و تحلیل شرایط جوی مرتبط با گرما در بخش‌هایی از ایالات متحده آمریکا از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ پرداختند. در این پژوهش از دو شاخص دمای معادل فیزیولوژیک حرارتی و شاخص جهانی اقلیم حرارتی استفاده شد. در پژوهشی کنست و همکاران (Kunst et al, ۱۹۹٤) در هلند با عنوان ارتباط بین سوز باد و تغییرات مرگ و میر روزانه نشان داد که مرگ و میر ناشی از بیماریهای قلبی ارتباط قوی و مثبتی با شاخص سوزباد استدمن نسبت به شاخص پاسیل و درجه حرارت دارد. اومونیجو و همکاران (Omonijo et al, ۲۰۱۳) شرایط آب و هوایی محیط نیجریه را در ارتباط با تنش های فیزیولوژیک حرارتی انسان با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

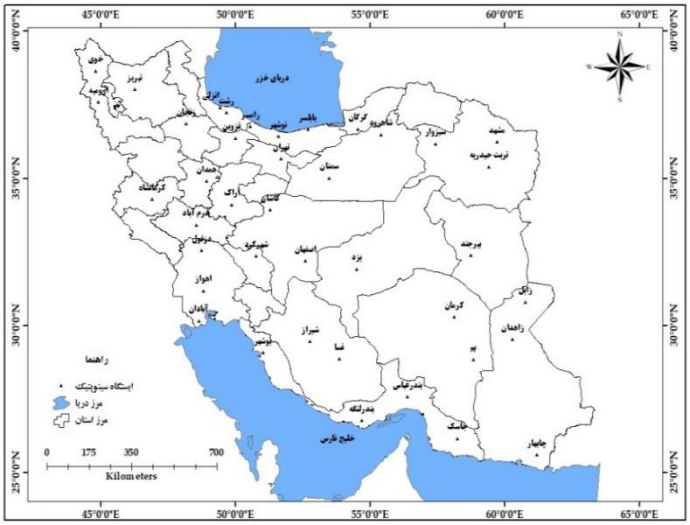
نشان داد که ایالت اوندو مکان مستعدی برای برخی از بیماری های مرتبط با مرگ و میرهای ناشی از آن است. و همچنین همپل و همکاران (Hampel et al, ۲۰۱۰) در پژوهشی با عنوان " اطلاعات آب و هوایی بر اساس ادراک حرارتی انسان در تایوان و شرق چین با استفاده از شاخص دمای فیزیولوژیک (PET) و TPCS (طبقه بندی آسایش حرارتی) به بررسی منطقه اقدام نمودند. نتایج نشان داد که تایوان و شرق چین برای مردمی که در منطقه معتدل سکونت دارند، در فصول بهار و تابستان دارای شرایط مطلوب می باشد. منعام و حیدری (۱۳۹۲) در تحقیقی به بررسی شاخص تنش‌های حرارتی در فضای باز در شهر تهران اشاره نمودند. فلاح قالهری و همکاران (۱۳۹۵) به ارزیابی روند تغییرات فصلی تنش‌های گرمایی در چند نمونه اقلیمی ایران پرداختند و نتایج آنها نشان داد که دهه ۱۹۹۰-۱۹۸۰، بیشترین روزهای وقوع تنش‌های گرمایی را به خود اختصاص داده است. در پژوهشی دیگر فلاح قالهری و همکاران (۱۳۹۴) شرایط آب و هوایی استان کردستان را در ارتباط با سلامت انسان با استفاده از شاخص‌های جهانی اقلیم حرارتی ارزیابی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که استان کردستان از نظر شرایط تنش‌های حرارتی انسانی دارای تنش‌های سرمایی متوسط تا شدید است که دوره سرد سال این موضوع شدت بیشتری می‌یابد و نقاط مرتفع استان شرایط تنش سرمایی بیشتری را تجربه می‌نماید. اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۰)، سلیقه و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعه شاخص‌های بیو کلیمایی موثر بر آب و هوای شهر های ایران پرداخته‌اند. در پژوهشی دیگر، محمدی (۱۳۹۶) به بررسی ارتباط بین احساس حرارتی و پذیرش بیمارستانی بیماران قلبی_عروقی درکرمانشاه بر اساس شاخص PET، PMV، Tek، TE پرداختند و به این نتایج دست یافتند که شرایط حاد اقلیمی (سرد یا گرم و شرجی) ارتباط مستقیمی با افزایش بیماریهای قلبی و عروقی دارد. و همچنین در پژوهشی دیگر، کاشکی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی آسایش اقلیم و ارتباط با شاخص های فیزیولوژیک انسان در استان سیستان و بلوچستان پرداختند و گزارشات آنها نشان داد که در شاخص‌های PMV، PET به صورت مشترک، ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، اکتبر، نوامبر، و دسامبر در طول روز دارای پهنه‌های آسایشی مناسبی بودند و برای این شاخص در طی شب، تنها ماه‌های می، ژوئن، جولای و آگوست عوامل آسایش و راحتی انسان مهیا می باشد. همه موارد در تحقیقات بالا نشان می‌دهد که نقش آب و هوا در تنش‌های حرارتی بر سلامت و بیماریهای انسانی از اهمیّت بالایی برخوردار است و تحقیقات متعدّدی انجام شده است. بدین جهت این تحقیق سعی دارد این موضوع مهم را در مدل Rayman با توجّه به شرایط تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی انسان در ایران را در طول ماههای سال مورد بررسی نماید. به خاطر اینکه در صورت دانستن مشکلات و نارسایی‌های منطقه است که می‌توان برنامه مناسب و درست توسعه در رابطه با بخش سلامت، محیط، توریسم و نظامی تنظیم و اجرا کرد.

داده‌ها و روش کار

در این تحقیق با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک تنش حرارتی PET کار ارزیابی و پهنه‌بندی تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی انسان در ایران، با طول دوره آماری مشترک (۱۳۳۸تا ۱۳۹۰) از چهل ایستگاه سینوپتیک (مشهد، تربت حیدریه، سبزوار، بیرجند، زابل، زاهدان، چابهار، کرمان، جاسک، بندرعباس، بندرلنگه، فسا، شیراز، یزد، اصفهان، شیرکوه، بوشهر، آبادان، اهواز، دزفول، خرم آباد، کرمانشاه، اراک، کاشان، سمنان، تهران، همدان، قزوین، زنجان، شاهرود، گرگان، بابلسر، نوشهر، رامسر، رشت، انزلی، تبریز، ارومیه و خوی) ایران زمین مورد استفاده قرار گرفته شده است (شکل۱)؛ و همچنین از داده‌های مربوط به عناصر آب و هوایی شامل؛ (میانگین روزانه دمای خشک در هرماه بر حسب درجه سلسیوس، میانگین روزانه رطوبت نسبی هوا در هر ماه بر حسب درصد، میانگین روزانه حداکثر دمای خشک در هر ماه بر حسب درجه سلسیوس، میانگین

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

روزانه حداقل رطوبت نسبی در هر ماه بر حسب درصد، میانگین مقدار کل بارندگی در هر ماه برحسب میلیمتر، میانگین روزانه تعداد ساعات آفتابی در هر ماه، میانگین روزانه سرعت باد در هر ماه بر حسب کیلومتر بر ساعت و فشار بخار)، از سازمان هواشناسی کشور تهیه شده است؛



شکل ۱. موقعیت ایستگاه های سینوپتک روی فلات ایران

شاخص‌های مرتبط با فیزیولوژی انسان که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق گردیده‌اند، امروزه در مطالعات زیست اقلیم انسانی جایگاه ویژه‌ای دارند. معروفترین شاخص در این زمینه شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (Physiological Equivalent Temperature) که به شاخص (PET) معروف است و اهمیّت بیشتری دارد. در اوایل سال ۱۹۸۳ میلادی، باتنر (Buttner) در ارزیابی تأثیر حرارتی محیط روی بدن انسان، اثرات مرکّب تمام پارامترهای حرارتی را مورد توجّه قرار داد. او اعتقاد داشت اگر کسی بخواهد تأثیر آب و هوا را بر روی ارگانیسم انسان مطالعه نماید باید تمام اجزاء حرارتی محیط را مورد ارزیابی قرار دهد. این دیدگاه منجر به مدل‌سازی بیلان حرارتی انسان گردید که در قالب معادله زیر ارائه گردید:

$$M + W + R + C + E_D + E_{RE} + E_{SW} + S = ۰$$

در معادله فوق واحد همه عبارتها وات بر متر مربع ($W/m^۲$) می باشد؛ M= نرخ سوخت و ساز بدن، W=خروجی کار فیزیکی، R= تابش خالص بدن، C= جریان حرارتی همرفتی، E_D= جریان حرارت نهان تبخیری آب در پوست، E_{RE}= مجموع جریان‌های حرارتی مؤثر در گرمایش و تبخیر و تعرّق، E_{SW}= جریان حرارت ذخیره شده جهت گرمایش و سرمایش توده بدن؛ بدیهی است اگر بدن در حال کسب انرژی باشد عبارتهای معادله تماماً مثبت و اگر در حال از دست داده انرژی باشد عبارتهای معادله منفی خواهد بود. M معمولاً مثبت بوده ولی W، E_D و E_{SW} در اغلب موارد منفی هستند. شاخص دمای معادل تنش فیزیولوژیک حرارتی یا PET یکی از شاخص‌های معروف دما-فیزیولوژیک است که از تعادل بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده است. در تعریف این شاخص برای محیط‌های باز می‌توان گفت دمایی است که طی آن در یک اتاق نمونه بیلان گرمایی بدن انسان (نرخ سوخت و ساز با کار سبک ۸۰ وات بر نرخ سوخت و ساز پایه اضافه می شود، ارزش نارسایی لباس در حد ۰/۹) با دمای پوست و دمای مرکز بدن در شرایط محیط باز، در تعادل می‌باشد (ماتزاراکیس، ۲۰۱۰). واحد نارسایی لباس را کلو (CLO) می‌گویند. مقاومت گرمایی یک کلو معادل ۰/۱۵۵ وات بر درجه سانتی‌گراد در متر مربع است. برای یک شخص در حالت ایستاده و لباس معمولی منزل، آسایش حرارتی مطلوب در یک دمای معادل فیزیولوژیک

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد حاصل می‌شود. در مقادیر بالای این شاخص، تنش گرما و در مقادیر پایین آن تنش سرما وجود خواهد داشت. برای فعالیتهای مختلف و پوششهای لباس متفاوت، مقادیر دمای معادل فیزیولوژی نیز تغییر خواهد کرد. در شرایط کار سبک‌تر و پوشش لباس نازک‌تر، مقادیر PET افزایش یافته و در شرایط کار سنگین‌تر و پوشش ضخیم‌تر، مقادیر این شاخص کاهش می‌یابد. در تبادل حرارت بدن انسان با محیط اطراف، لباس عامل مؤثری بشمار می‌رود چرا که لباس مثل لفافی نارسانا قسمتی از بدن را می‌پوشاند و از تماس سطح بدن با محیط اطراف می‌کاهد. ارزش‌های نارسانایی پوشاک مختلف در جدول ۱ ذکر شده است. در مطالعه حاضر جهت ارزیابی شاخص PET از مدل MEMI (مدل بیلان انرژی برای افراد) استفاده شده است و اتلاف گرمای محسوس از پوست را که برابر با گرما تولید شده توسط خون و گرمای منتقل شده از مرکز به سطح پوست می‌باشد را حل می‌نماید. مقادیر آستانه این شاخص در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۱. ارزش نارسایی پوشاک مختلف

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

مأخذ: Matzarakis & et al (۱۹۹۹)

جدول ۲ . مقادیر آستانه شاخص PET (C°)

درجه تنش فیزیولوژیک	حساسیت حرارتی	PET(C°)	رنگ مشخصه
تنش سرمای بسیار شدید	خیلی سرد	<۴	
تنش سرمای شدید	سرد	۴	
تنش سرمای متوسط	خنک	۸	
تنش سرمای اندک	کمی خنک	۱۳	
بدون تنس سرما	راحت	۱۸	
تنش گرمای اندک	کمی گرم	۲۳	
تنش گرمای متوسط	گرم	۲۹	
تنش گرمای شدید	خیلی گرم	۳۵	
تنش گرمای بسیار شدید	داغ	۴۱	

مأخذ: Matzarakis & et al (۱۹۹۹)

برای محاسبه دمای معادل فیزیولوژیک حرارتی، تمام عناصر هواشناسی مؤثر در بیلان انرژی انسان در یک ارتفاع مناسب زیست اقلیم‌شناسی مثل ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین اندازه‌گیری می‌شود. که در صورت فقدان داده‌ها برای برخی دوره‌ها از روش رگرسیون خطی جهت بازسازی این داده های مفقود استفاده شد. بعد از محاسبه شاخص‌ها، فراوانیها نیز مورد پایش قرار داده

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

شد و در نهایت با استفاده از تکنیک GIS با روش Kriging ناحیه مطالعاتی بر مبنای فراوانیهای رخداد شاخص‌ها پهنه بندی قرار گرفته شد. لذا جهت دستیابی به نتایج و اهداف تحقیق حاضر از نرم افزارهایی نظیر SPSS برای نرمال کردن داده‌ها و همچنین داده‌های مفقود شده مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته شد و از مدل Ray Man بر اساس عناصرهای هواشناسی به محاسبات دمای معادل فیزیولوژیک حرارتی انسان پرداخته شد و همچنین با استفاده از نرم افزار GIS و به روش کریگینگ معمولی (Ordinary Kriging) یافتن بهترین روش درون‌یابی به پهنه‌بندی تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی انسان استفاده شد. لازم به ذکر است که برای محاسبه شاخص PET تهیه داده‌های هواشناسی مثل دما و رطوبت هوا و سرعت باد به سادگی امکان‌پذیر است، ولی محاسبه و به دست آوردن برخی پارامترهای مثل "متوسط دمای تابشی" یا همان T_{mrt} به سادگی امکان‌پذیر نمی‌باشد و از آنجا که پارامتر مزبور بیشترین تأثیر را در محاسبه شاخص فوق دارد از این رو برای محاسبه این پارامتر از نرم افزار Ran Man کمک گرفته شد تا ضریب دقت محاسبات افزایش یابد.

شرح و تفسیر نتایج

طبق شکل (۲) در فروردین ماه شرایط بسیار متفاوتی از لحاظ تنش های حرارتی شاهد هستیم. در حالیکه در نواحی مرتفع در شهرهای همدان، زنجان، ارومیه، خوی و همچنین تبریز واقع در عرض های بالاتر از ۳۶ درجه تنش های سرمایی اندک وجود دارد که ۱۱/۴ درصد (۱۸۶۶۲۱/۷km^2) و تقریباً یک سوم از سطح کشور را برخوردار است؛ در سواحل خلیج فارس و بخصوص جنوب شرق در شهرهای جاسک، بندرعباس، بندر لنگه و چابهار و جنوب غرب در شهر اهواز و آبادان تنش گرمایی متوسط تا شدید که ۱۱/۶ درصد (۱۸۹۶۷۰/۳km^2) می باشد را در کشور حاکم است. به طور مشخص قلمروههای تنش حرارتی در طی این ماه از آرایش ناهمواریها تبعیت می کند، به گونه ای که شرایط آسایش، منطبق بر ارتفاعات زاگرس، البرز و ارتفاعات پراکنده خراسان و تا حدودی کرمان با ۴۷/۷ درصد (۷۷۸۴۲۴/۲km^2) که بیشترین درصد مساحت کشور را شامل می باشد در این شرایط قرار دارد. ۲۹ درصد (۴۷۴۱۴۲/۲km^2) از مساحت کشور در شرایط تنش گرمایی اندک قرار دارد که عمدتاً در نواحی کم ارتفاع کشور بخصوص در شهرهای زابل، زاهدان، بم، فسا، شیراز، بوشهر و همچنین دزفول واقع شده است.

در ماه اردیبهشت با افزایش نسبی دما که از نظر زمانی مصادف با شکل گیری پرفشار آزور که از ششم اردیبهشت ماه آغاز می شود (سلیقه،۱۳۹۵: ۱۰۴) و همچنین با افزایش ساعات آفتابی و کاهش بارش در شهرهای ایران شرایط اقلیم آسایش دستخوش تحوّل شده، که تنش گرمایی زیاد (PET>۴۱) با ۳۳ درصد مساحت (۵۳۸۴۸۳/۱km^2) در نوار ساحلی دریای عمان شهرهای چابهار، جاسک، بندرعباس، بندر لنگه و در جنوب غرب کشور، شامل شهرهای اهواز و آبادان که دارای عرض جغرافیایی پایین تری است، ظهور پیدا می کند. محدوده نفوذ تنش های گرمایی متوسط (۲۹<PET<۳۵) که احساس حرارتی گرم تر را به همراه دارد وسیع تر شده و ۱۱/۷ درصد مساحت (۱۸۷۶۵۲/۶km^2) کشور و تقریباً از عرض ۳۰ درجه به پایین را در بر می گیرد و شامل شهرهای زابل، بم، کاشان و بوشهر می باشد. مناطق دارای شرایط آسایش (۱۸<PET<۲۳) در شمال غرب ایران با ۷/۶ درصد مساحت (۱۲۴۳۷۹/۱km^2) که کمترین مقدار مساحت را شامل می شود در شهرهای زنجان، تبریز، ارومیه و خوی قرار دارند (شکل۲)؛ همچنین شرایط تنش گرمایی اندک با ۴۷/۷ درصد مساحت (۷۷۸۲۶۴/۲km^2) که بیشترین درصد مساحت را در این ماه شامل می شود و در نواحی پایکوهی زاگرس و البرز به خصوص شمال شرق ایران در این محدوده اقلیمی قرار دارند.

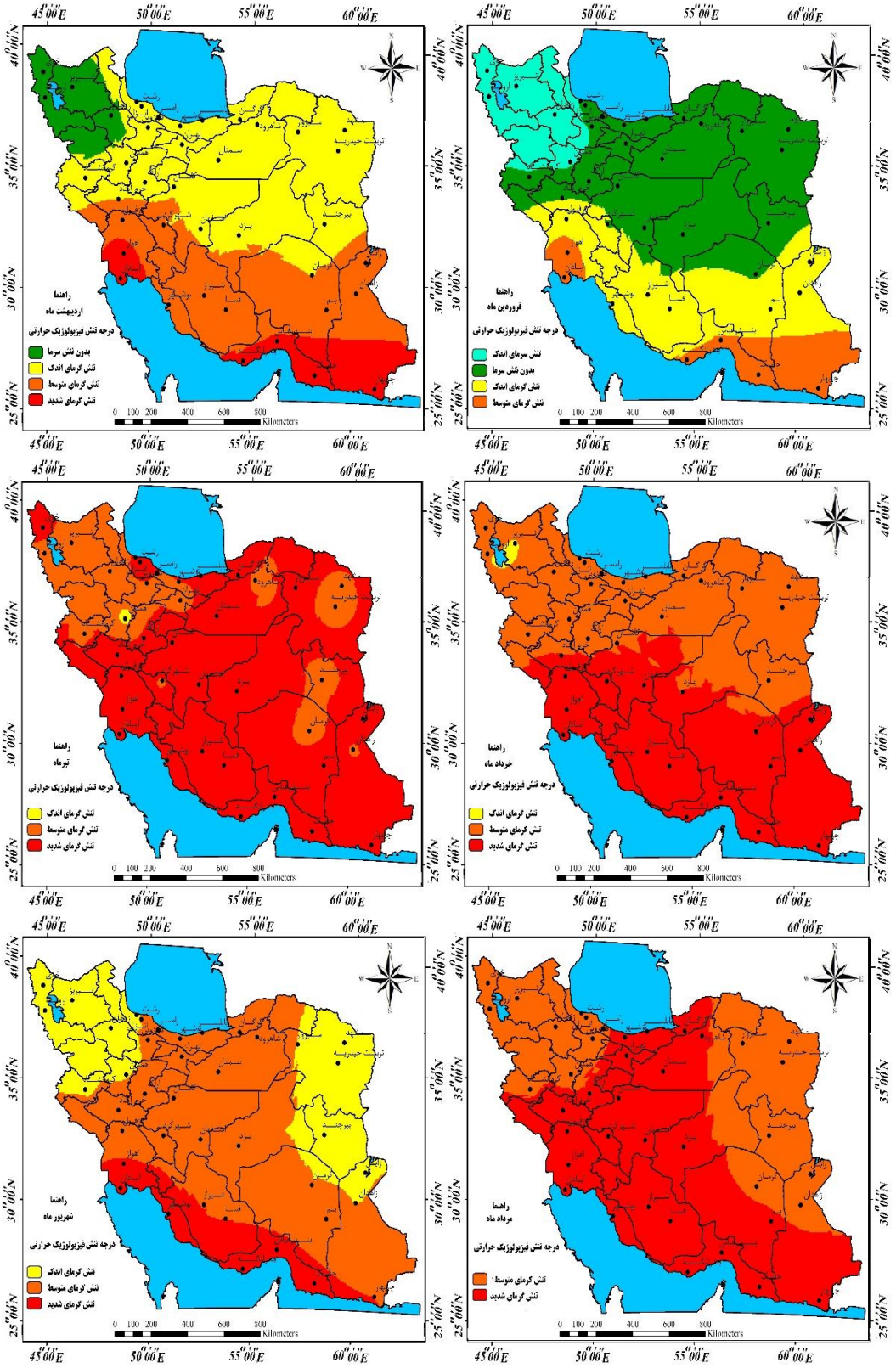
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

خرداد ماه را باید دوره اتمام تنش های سرمایی در کشور دانست؛ که مصادف با پایان فصل بهار است و نشانه هایی از گرمایش تابستانی را به همراه دارد، وسعت منطه بدون تنش (آسایش) نسبت به اردیبهشت ماه کاسته می شود. تنش های گرمایی زیاد که احساس حرارتی داغ را تداعی می کند، نسبت به اردیبهشت ماه گسترش یافته و تمامی نوار ساحلی جنوبی همراه با چاله جازموریان و مناطق پست دشت لوت را در بر می گیرد که ۴۸/۱ درصد مساحت (۷۸۴۴۹۱/۳km^2) کشور را شامل می شود (شکل۳). شرایط تنش گرمایی متوسط با ۵۱/۴ درصد مساحت (۸۳۷۳۵۳/۲km^2) بیشترین درصد مساحت را در کشور شامل می شود که بیشتر در نواحی شمال شرق و شمال غرب کشور و همچنین سواحل شمالی کشور که مقصد اغلب گردشگران است دارای تنش گرمایی متوسط است که رطوبت و درجه حرارت زیاد (حالت شرجی) همراه با ارتفاع کم دلیل وجود شرایط نامطلوب زیست اقلیمی این منطقه می باشد. همچنین تنش گرمایی اندک که ۰/۴۳ درصد مساحت (۷۰۸۰/۱km^2) کشور را شامل می شود که فقط شهر تبریز در این شرایط قرار دارد. تیرماه و با شروع فصل تابستان و استیلای کم فشار در سطح زمین و پرفشار جنب حاره ای در ترازهای میانی، فوقانی وردسپهر (سلیقه، ۱۳۹۵: ۱۱۲) و پرفشار آزور فقط در تراز زیرین وردسپهر بر ایران گسترش می یابد (ذرین و مفیدی، ۱۳۹۰) و شرایط گرمایی بر کشور غالب می گردد؛ در تیرماه در هیچ نقطه ای از سطح کشور تنش های سرمایی وجود ندارد (شکل ۲). به جز محدوده بسیار کوچکی از ارتفاعات البرز با ۰/۱۷ درصد از مساحت (۲۹۰۲/۵km^2) کشور که شامل شهر همدان است در منطقه تنش گرمایی اندک قرار دارد، بقیه کشور را تنش های گرمایی متوسط تا بسیار شدید فرا گرفته است. به دلیل تنش های گرمایی که با شدت و گستره بسیار زیاد در کشور وجود دارد، تیرماه را باید بدترین شرایط زیست اقلیمی کشور دانست. مناطقی از دشت خوزستان، نوار باریکی از سواحل جنوبی همراه با دشت لوت، چاله جازموریان و دشت زابل دارای تنش های گرمایی بسیار زیاد است (احساس حرارتی بسیار داغ) و با ۷۸/۶ درصد مساحت (۱۲۸۱۴۴۶/۷km^2) که بیشتر مقدار درصد مساحت کشور در این شرایط قرار دارد. شاید بتوان، وجود تنش های گرمایی زیاد را در مناطقی مرکزی به شدت تابش خورشیدی و در نوار ساحلی به حالت شرجی نسبت داد. در مرداد ماه، تنش های گرمایی بسیار شدید (داغ) همانند تیر ماه در مناطق وسیعی از مناطق پایکوهی جنوب زاگرس، شرق و جنوب شرق کشور همراه با دشت کویر و سواحل شمالی کشور وجود دارد و ۵۹/۶ درصد مساحت (۹۷۲۱۸۳/۴km^2) که بیشترین گسترش سطح کشور در این شرایط اقلیمی قرار دارد. تنش های گرمایی متوسط که احساس حرارتی گرم را تداعی می کند با ۴۰/۳ درصد مساحت (۶۵۶۸۱۲/۹km^2) در نواحی شرقی، شمال شرقی و هم چنین در شمال غرب کشور قرار دارند. با کاسته شدن از شدت تابش خورشیدی در اواخر فصل گرم سال، از شدت تنش های گرمایی نیز کاسته می شود به طوریکه در نقشه تنش های حرارتی شهریور ماه، در عرض های بالای ۳۰ درجه تنش های گرمایی زیاد و بسیار زیاد (PET>۳۵) دیده نمی شود. تنش های گرمایی بسیار شدید (PET>۴۱) با ۱۳/۵ درصد مساحت (۲۲۰۴۵۰/۹km^2) تنها در دشت خوزستان و نوار باریکی از سواحل جنوبی کشور شامل استانهای بوشهر، آبادان، بندرلنگه، بندر جاسک و چابهار وجود دارد (شکل ۲). بیشترین مساحت کشور در شهریور ماه را شرایط اقلیم تنش گرمایی متوسط تا شدید با ۵۷/۹ درصد مساحت (۹۴۴۳۳۵/۴km^2) فرا گرفته است

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]



شکل۲. پهنه بندی تنش های فیزیولوژیک حرارتی در ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

تفاوت های زیاد ارتفاعی بین مناطق مختلف کشور به همراه ۱۵ درجه اختلاف عرض جغرافیایی باعث شکل گیری شرایط متنّوع و بعضاً متضاد تنش های فیزیولوژیک حرارتی در کشور شده است، به طوریکه در یک زمان واحد مثل اردیبهشت و مهرماه در نواحی مرتفع رشته کوههای البرز و شمال غرب کشور شرایط بدون تنش فیزیولوژیک حرارتی، و همزمان ساکنین سواحل جنوب شرقی کشور تنش های گرمایی بسیار زیاد را تجربه می کنند. یک چنین شرایط متفاوتی با شدت و ضعف مختلف در تمامی ماه های سال در کشور دیده می شود که می تواند به عنوان یک پتانسیل در برخی از زمینه های کاربردی از جمله جهت مشخص کردن ایام و مکان های دارای آسایش حرارتی برای افراد آسیب پذیر در برابر تنش های حرارتی، گردشگری، توریسم مورد استفاده قرار گیرد.

وسعت منطقه تنش های حرارتی در مهر ماه به گسترده ترین حالت خود در طول سال می رسد که ۴۳/۵ درصد از مساحت (۷۰۹۲۷۵/۲km^{۲}) کشور را شامل می شود. در این ماه به علت عقب نشینی کامل پرفشار جنب حاره و تعدیل در دمای هوا و ایجاد آسایش اقلیمی، کیفیت آب و هوا برای گذراندن اوقات فراغت و سلامت مناسب می باشد؛ به طوری که نواحی شمال شرق و شرقی کشور شامل شهرهای مشهد، تربت حیدریه، سبزوار، شاهرود، بیرجند، زابل، زاهدان و کرمان و همچنین نواحی شمال غربی و تا حدودی غرب و شمال کشور که شامل شهرهای تبریز، خوی، ارومیه، زنجان، همدان، قزوین، بندرانزلی، رامسر، رشت، تهران و کرمانشاه در این شرایط اقلیمی قرار داردند و به همین دلیل می توان این ماه را به عنوان مطلوبترین شرایط زیست اقلیمی ایران معرفی کرد. بعد از قلمرو بدون تنش، منطقه تنش های گرمایی اندک با ۴۱/۱ درصد مساحت (۶۶۹۶۲۳/۱km^{۲}) کشور که شهرهای گرگان، بابلسر، نوشهر، سمنان، کاشان، اراک، خرم آباد، اصفهان، شهرکرد، یزد، خرم آباد، دزفول، اهواز، بم، فسا، شیراز و اهواز در این شرایط اقلیمی قرار دارند؛ و همچنین شرایط اقلیمی با تنش گرمایی متوسط با ۱۵/۳ درصد مساحت (۲۴۹۹۰۴/۱km^{۲}) کشور در سواحل دریای عمان، تنگه هرمز و خلیج فارس قرار دارند (شکل ۴).

در آبان ماه با کاهش تدریجی درجه حرارت، تنش های سرمایی متوسط با ۱۳/۱ درصد مساحت (۲۱۴۳۹۶/۸km^{۲})، مناطق وسیعی از شمال غرب و شمال شرق کشور را که دارای عرض و ارتفاع بالاتری است، در بر گرفته و منطبق بر ارتفاعات زاگرس و کوههای آلاداغ و کپه داغ گسترش می یابد. به طور کلی، تنش های سرمایی از آبان ماه وجه غالب زیست اقلیم کشور است؛ که ۵۵/۳ درصد مساحت (۹۰۰۷۷۷/۱km^{۲}) کشور در شرایط اقلیم تنش سرمایی اندک قرار دارند و به طور کلی در این ماه از وسعت منطقه آسایش نسبت به مهرماه کاسته شده است که شرایط اقلیم آسایش به طرف عرض های پایین کشور کشیده شده است و حدود ۲۰ درصد مساحت (۳۲۶۵۷۶/۱km^{۲}) و به صورت نوار باریکی از جنوب غرب تا جنوب شرق کشور ادامه دارد و شامل شهرهای دزفول، اهواز، آبادان، بوشهر، فسا، شیراز، بم و کاشان می باشند. تنش های گرمایی اندک با ۱۱/۴ درصد مساحت (۱۸۷۱۱۴km^{۲}) کشور که تنها در سواحل جنوبی و جنوب شرقی کشور که در شهرهای چابهار، بندرجاسک، بندرعباس، بندرلنگه دیده می شود.

در آذر ماه در سطح کشور ۵ طبقه تنش فیزیولوژیک حرارتی مشاهده می شود که از تنوّع کمتری نسبت به ماه های گرم برخوردار است و حاکی از فراگیر بودن تنش های سرمایی شدید تا متوسط در کشور می باشد. نکته قابل توجّه دیگر وجود شرایط کاملاً متفاوت تنش حرارتی بین سواحل جنوبی با بقیه کشور است، به طوریکه تنش های سرمایی بسیار شدید تا متوسط اکثر کشور را فرا گرفته است، البته شرایط بدون تنش حرارتی در سواحل جنوبی کشور وجود دارد. این ماه که همزمان با پایان یافتن فصل پاییز و شروع فصل زمستان می باشد، به طور گسترده ای از شرایط اقلیم آسایش

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

نسبت به ماه آبان کاسته شده است؛ که علّت آن را می توان سرد شدن هوا، افزایش ریزش های جوی، ابرناکی و ناپایداری هوای به دلیل نفوذ پرفشار سیبری، پرفشارسیبری-اروپا و یا کم فشار ایسلند و سیستم های غربی و همچنین تأثیر عوامل محلی دانست که این شرایط را تقویت می کند.

بر اساس نقشه تنش های حرارتی در آذر ماه (شکل ۴) در هیچ نقطه ای از سطح کشور تنش های گرمایی (PET>۲۳) وجود ندارد. تنها ۱۲ درصد از مساحت (۱۹۶۷۳۳/۱km۲) کشور که در سواحل جنوب شرقی و جنوبی شامل شهرهای چابهار، بندرعباس، بندرجاسک و بندرعباس دارای آسایش اقلیمی است. شرایط آب و هوایی تنش های سرمایی بسیار شدید (PET<۴) در ۴ درصد مساحت (۷۸۴۹۳/۵km۲) از سطح کشور در شهرهای تبریز، ارومیه و زنجان قرار دارند؛ و همچنین تنش های سرمایی شدید (۴<PET<۸) ۱۹ درصد مساحت (۳۲۱۴۲۸/۸km۲) کشور را حاکم شده است و شهرهای تهران، همدان، کرمانشاه، قزوین، خوی، مشهد، سبزوار و تربت حیدریه در این شرایط اقلیمی قرار دارند. شرایط اقلیمی تنش های سرمای بسیار شدید تا متوسط در آذر ماه به شکل گسترده ای منطبق بر ارتفاعات البرز و زاگرس و همچنین ارتفاعات آلاداغ و کپه داغ وجه غالب زیست اقلیم کشور است.

در دی ماه به دلیل الگو و گسترش پرفشارسیبری-اروپا که ۳۲ درصد بیشترین فراوانی و الگوی پرفشار سیبری-کم فشار ایسلند که ۲۳ درصد فراوانی و الگوی پرفشار سیبری که ۱۷ درصد فراوانی در ایران حکمفراست (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۰: ۱۶۵-۱۸۵) و حامل هوای خشک و سرد می باشد که تنش های سرمایی به شدیدترین و گسترده ترین حالت خود می رسد به طوریکه ۱۰/۸ درصد از مساحت (۱۷۶۵۷۰/۱km۲) سطح کشور را تنش های سرمایی بسیار زیاد (PET<۴) فرا گرفته است. طبق شکل (۴) از عرض ۳۳ درجه به بالا تمامی سطح کشور دارای تنش های سرمایی زیاد و بسیار زیاد است که ۷۵ درصد از مساحت (۱۲۳۰۰۵۱/۸km۲) کشور را در بر می گیرد. و همچنین تنش سرمایی اندک با ۱۷/۹ درصد مساحت (۲۹۱۵۹۷/۶km۲) کشور و شامل شهرهای بوشهر، آبادان، دزفول و اهواز در این شرایط اقلیمی قرار دارند. نوار باریکی از منتهی الیه جنوب شرق کشور تا بندر لنگه از شرایط آسایش اقلیمی (بدون تنش) برخوردار است و هر چند این شرایط نسبت به آذر ماه محدودتر شده است، به نظر می رسد سواحل جنوب شرق کشور بدلیل عرض جغرافیایی پایین و همچنین مجاورت با آبهای آزاد اقیانوسی از شرایط مطلوب زیست اقلیمی برخوردار است. در مجموع دی ماه را باید از لحاظ تنش های سرمایی بدترین حالت تنش های فیزیولوژیک حرارتی انسان در ایران دانست.

در بهمن ماه هم مثل ماه دی به دلیل قرار گیری الگوهای سرمای فرین که ۶۰ درصد مربوط به فصل زمستان است و باعث شرایط تنش های سرمایی در شهرهای ایران شده است به طوریکه ۴/۱ درصد از مساحت (۶۸۲۷۷/۴km۲) سطح کشور را تنش های سرمایی بسیار زیاد (PET<۴) فرا گرفته است؛ تنش های سرمایی شدید (۴<PET<۸) با ۱۵/۲ درصد مساحت (۲۴۹۰۶۱/۶km۲)، و همچنین بیشترین درصد مساحت سطح کشور را تنش های سرمای اندک با ۴۵/۸ درصد (۷۴۷۳۰۷/۹km۲) کشور حاکم شده است. شرایط اقلیمی بدون تنش سرما (راحت) با ۱۴/۱ درصد مساحت (۲۳۰۴۷۸/۴km۲) سطح کشور را همچون مناطقی اهواز، آبادان، چابهار، بندرجاسک، بندرعباس و بندرلنگه را فرا گرفته است.

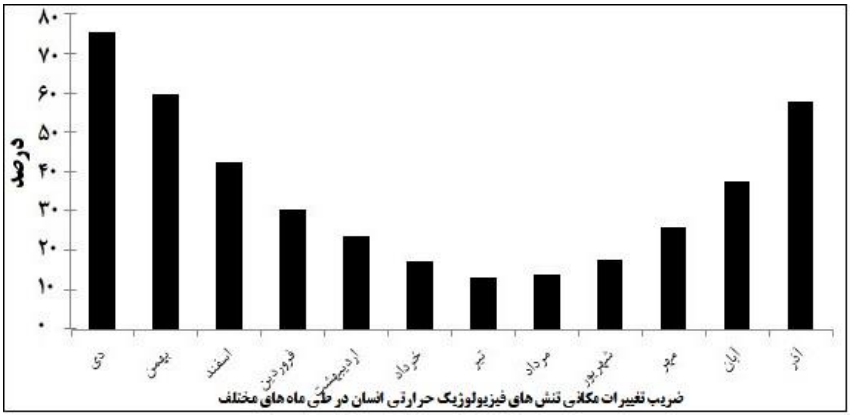
در اسفند ماه شرایط آسایش اقلیمی (بدون تنش) نسبت به ماه های قبل گسترده تر می گردد. با افزایش ارتفاع خورشید و به طبعاً آن افزایش نسبی درجه حرارت در نیمه جنوبی کشور، محدوده آسایش اقلیمی و تنش های سرمایی اندک به سمت عرض های بالا گسترش می یابد. در ماه اسفند ۲۲ درصد از مساحت (۳۵۹۱۲۸/۹km۲) کشور را شرایط تنش

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

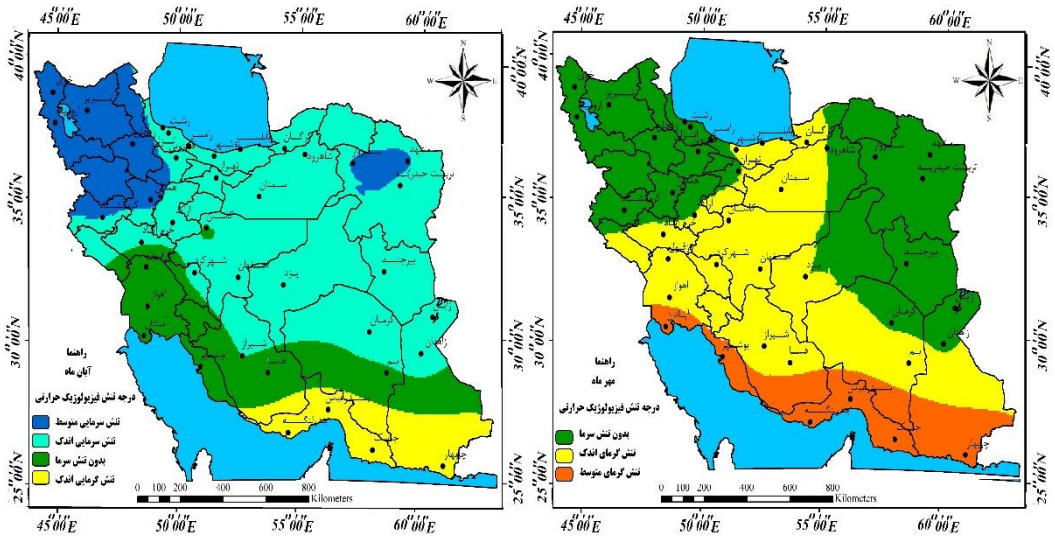
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

بدون سرما (راحت) در شهرهای دزفول، بوشهر، فسا، بم، زاهدان، زابل قرار گرفته اند. تنش های سرمایی متوسط (۸<PET<۱۳) با ۴۸/۵ (۷۹۱۳۵۳/۹km^2) درصد از مساحت کشور وجه غالب تنش های فیزیولوژیک حرارتی در اسفند ماه است. تنش های سرمایی متوسط (۴<PET<۸) با ۱۷/۷ درصد مساحت (۲۸۹۵۰۲/۶km^2) در سطح کشور، از این حیث در رتبه دوم قرار دارد.

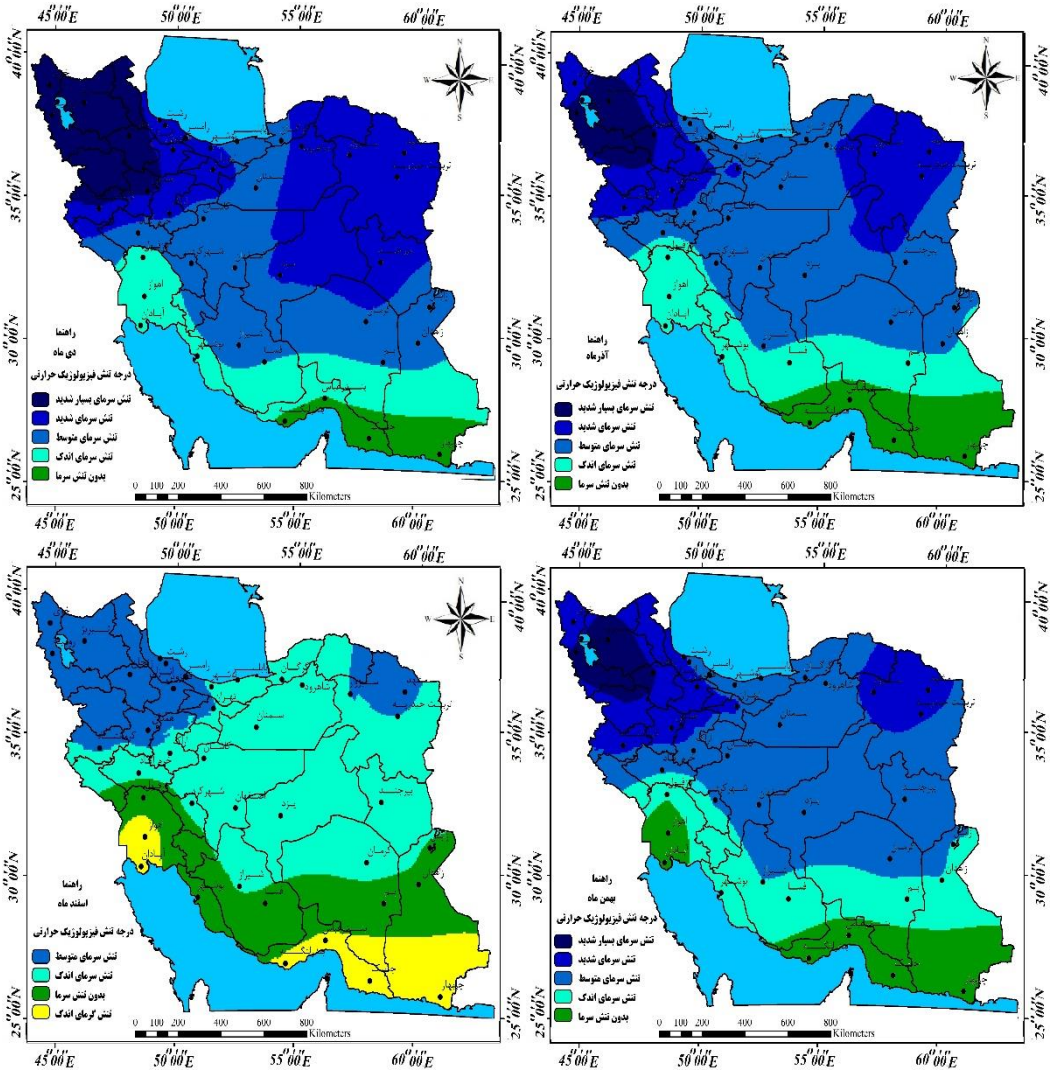
شکل ۳ ضریب تغییرات مکانی تنش های فیزیولوژیک حرارتی را طی ماه های مختلف نشان می دهد. بر طبق این شکل به ترتیب تیر و مرداد ماه با ۱۳/۱۲ و ۱۳/۸۰ درصد دارای کمترین تغییرات مکانی تنش های فیزیولوژیک حرارتی در سطح کشور می باشد که بیانگر حاکمیت پایداری آب و هوایی و تنش های گرمایی در سراسر کشور است؛ اما با نزدیک شدن به فصل سرد سال تفاوت های مکانی تنش های فیزیولوژیک روندی افزایش پیدا می کند، به طوریکه در دی ماه مقدار این تغییرات حتی به ۷۵/۵۵ درصد می رسد. به نظر می رسد تناوب توده های هوای وروی به کشور و همچنین پررنگتر بودن زاویه تابش در فصل سرد سال دلیل ضریب بالای تغییرات می باشد. مسعودیان (۱۳۹۰) مقادیر کمینه و بیشینه ضریب تغییرات مکانی دمای ایران را به ترتیب در مرداد و دی ماه گزارش داده است.



شکل ۳. درصد ضریب تغییرات مکانی تنش های فیزیولوژیک حرارتی در طی ماههای مختلف



[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]



شکل ۴. پهنه بندی تنش های فیزیولوژیک حرارتی در ماههای مهر، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند

تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی، پدیده‌ای اقلیمی است که مقدار آن در زمان و مکان پیوسته تغییر می کند. زیرا تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی هر ناحیه را الگوهای همدید نسبتاً ثابت و همچنین عوامل محلی نظیر ارتفاع و عرض جغرافیایی که تأمین کننده‌ی تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی را در کشور نشان میدهد. در ایران بیست و سه ناحیه تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی فرعی متمایز دیده می‌شود. پراکندگی جغرافیایی قلمرو این ناحیه‌های تنشی نشان می‌دهد که تفاوت تنش‌های حرارتی ایران عمدتاً متأثر از عرض جغرافیایی و ارتفاع است. این تفاوت زمانی آشکارتر می‌شود که از تفاوت‌های جزئی این ناحیه‌های تنش حرارتی چشم پوشی کنیم و آنها را در گروه‌های بزرگتری دسته‌بندی کنیم. در این صورت هفت ناحیه تنش های فیزیولوژیک حرارتی اصلی در ایران دیده می شود. ناحیه‌های تنش فیزیولوژیک حرارتی اصلی از لحاظ تنش‌های فصلی با یکدیگر متفاوتند در حالی ناحیه‌های تنش فیزیولوژیک فرعی تفاوت های نسبت تنش دریافتی در مقیاس ماهانه را بازتاب می‌دهند. لازم به توضیح است که در مطالعه حاضر به دلیل عدم توازن در تعداد ایستگاه‌های موجود در هر استان، ناحیه‌بندی فقط بر اساس داده مشترک در مرکز هر استان یعنی در مجموع برای ۴۰ ایستگاه انجام شده است. نتیجه این ناحیه‌بندی این است که ایستگاه‌هایی که ویژگی شاخص PET آنها در طول سال دارای ویژگی

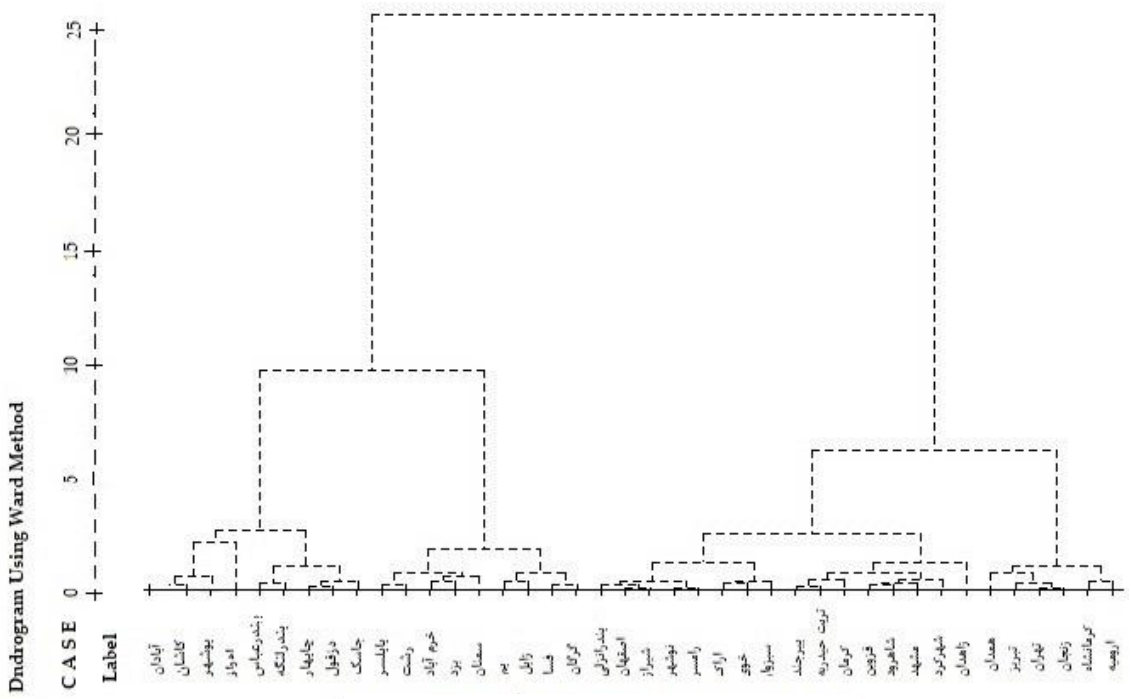
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

یکسانی می‌باشد در یک ناحیه قرار می‌گیرد که نشان دهنده یکسان بودن شرایط تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی آن ایستگاه‌ها می‌باشد. ویژگی شرایط تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی هر یک از تقسیمات هفت‌گانه برای ایستگاه های منتخب به شرح زیر می‌باشد (شکل ۵).

ناحیه اوّل در نمودار شاخه درختی در برگیرنده ایستگاه‌های ارومیه، کرمانشاه، زنجان، تهران، تبریز و همدان که در نواحی شمال غرب ایران می‌باشند. در روند سالانه تنش فیزیولوژیک حرارتی این ایستگاه‌ها دارای شرایط اوج بدون تنش همزمان در اواسط بهار و اوایل پاییز(اردیبهشت و مهرماه) هستند که در این فصل دارای دو نقطه اوج با فاصله کم از هم می باشند. ناحیه دوم شامل ایستگاه های زاهدان، شهرکرد، شاهرود، قزوین، کرمان، تربت حیدریه و بیرجند را در بر می گیرد. این ایستگاه ها بیشتر در مناطق مرکزی و شرق ایران قرار گرفته اند. در روند سالانه تنش فیزیولوژیک حرارتی این ناحیه دو اوج دارد که اولی همزمان با اواخر زمستان و اوایل بهار و اوج دوم با اوایل پاییز همزمان است. ناحیه سوم شامل ایستگاه های سبزوار، خوی، اراک، رامسر، نوشهر، شیراز، اصفهان و بندرانزلی که این ایستگاه‌ها مانند ناحیه دوم دو اوج دارد که اولی همزمان با اواخر زمستان و اوایل بهار و اوج دوم با اوایل پاییز همزمان است. ناحیه چهارم ایستگاههای سمنان، مشهد، یزد، خرم آباد، رشت و بابلسر، در این ناحیه دو اوج قابل مشاهده است؛ که اولی همزمان با ماه فروردین و اردیبهشت یعنی اوایل بهار است و اوج دومی متعلق به اوایل پاییز است و در این دو موقع این حداکثر پتانسیل اقلیم آسایش (بدون تنش و راحتی) را دارند البته باید گفت که در اوج اول که با اوایل بهار همراه است شرایط خیلی بهتری نسبت به اوج دوم وجود دارد و علت آن را باید در بارش های پاییزه مناطق جنوبی دریای خزر دانست. ناحیه پنجم شامل ایستگاههای جاسک، دزفول، چابهار، بندرلنگه، بندرعباس می باشد که دارای شرایط مطلوب آب و هوایی و بدون تنش زمستانه هستند. در واقع این دسته مناطق جنوب کشور را در بر می‌گیرد و در آنها حداکثر مقدار شاخص PET در دوره سرد سال از آبان تا اسفند ماه وجود دارد که در این مدت مساعدترین شرایط، از نظر آب و هوایی برای این مناطق به چشم می خورد. این وضعیت در شرایط این ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود که در بقیه مناطق کشور شرایط سرد و نامطلوبی حاکمیت دارد. ناحیه ششم ایستگاههای اهواز، بوشهر، کاشان و آبادان قرار دارند که مانند ناحیه چهارم دارای شرایط مطلوب آب و هوایی و بدون تنش زمستانه هستند. در واقع این دسته مناطق جنوب غرب کشور را در بر می‌گیرد و همچنین در آنها حداکثر مقدار شاخص PET در دوره سرد سال از آبان تا اسفند ماه وجود دارد که در این مدت مساعدترین شرایط، از نظر آب و هوایی برای این مناطق به چشم می خورد. ناحیه هفتم فسا، زابل، بم، گرگان (به عنوان نماینده استان گلستان) می‌تواند مورد توجه قرار بگیرد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]



شکل ۵. دارنمای خوشه‌بندی ایستگاه‌های منتخب براساس تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی در دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۳۸

نتیجه گیری

یکی از ویژگی‌های برجسته سرزمین ایران، تنوّع آب و هوایی و برخوردار بودن از موقعیت‌های طبیعی و شرایط آب و هوایی متنوع و بعضاً متضاد است، که در اثر تغییرات عرض جغرافیایی، ارتفاع و الگوهای گردش جوی کشور می‌باشد. لذا آب و هوا روی سلامت انسان تأثیرگذار است و از این نظر مطالعه تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی و اثرات آن در سلامتی و بهداشت ایران ضرورت می‌یابد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد توزیع مکانی شاخص دمای معادل فیزیولوژیک حرارتی در سطح کشور از سطوح ارتفاعی، آرایش ناهمواریها و عرض جغرافیایی تبعیت می‌کند. بر این اساس مقادیر پایین شاخص که تنش‌های سرمایی را تداعی می کند، منطبق بر مناطق مرتفع و کوهستانی و همچنین عرض‌های بالا است، و بالعکس تنش های گرمایی در مناطق پست و کم ارتفاع و همچنین عرض های پایین به وقوع می پیوندد، که البته تنش های گرمایی شدید در فصل تابستان رخ داده است. زیرا در این فصل تمام کشور ایران تحت تسلط پر ارتفاع جنب حاره‌ای در ترازهای بالایی و کم فشار گرمایی در سطح زمین (۱۰۰۰هکتوپاسکال) که با خود هوای گرم و خشک به همراه دارد، قرار دارند و باعث ایجاد گرمایی شدید می‌شود و از جمله تأثیرات امواج گرمایی بر انسان، گرمازدگی، انقباض حرارتی عضلات و خشکی پوست، بیماریهای عفونی یا پوستی، التهاب، آفتاب سوختگی، سرگیجه، خستگی و مرگ و میر ناشی از افزایش آلرژی‌ها را می‌توان نام برد. نتایج حاصل از تحلیل نقشه های تنش فیزولوژیک حرارتی ماهانه نشان داد از حیث مساحتی که در بدون تنش قرار دارد فروردین ماه با ۴۷/۸ درصد مساحت (۷۷۸۴۲۴/۲km^{۲}) در رتبه اول قرار دارد و مطلوبترین شرایط زیست آب و هوایی را داراست، مهرماه با ۴۳/۵ درصد مساحت (۷۰۹۲۷۵/۲km^{۲}) در رتبه دوم و همچنین اسفندماه با ۲۲/۶ (۳۵۹۱۲۸/۹km^{۲}) در سوم و مرداد و دی ماه از این لحاظ در رتبه آخر قرار دارند. بیشترین تنش‌های گرمایی (PET>۲۹) در مرداد ماه حادث می شود. به طوریکه طی این ماه ۹۹/۹ درصد از سطح کشور دارای

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

تنش گرمایی است. ماه‌های تیر با ۹۰/۴ درصد در رتبه دوم و خرداد و شهریورماه به ترتیب با ۹۰ و ۷۰ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند؛ ماه های آذر و بهمن به ترتیب با ۶۹ و ۶۵/۱ درصد در رتبه دوم و سوم قرار دارند. بررسی ضریب تغییرات مکانی شاخص دمای معادل فیزیولوژیک حرارتی طی ماه‌های مختلف نشان داد تیرماه با ضریب تغییرات ۱۳/۱۲ درصد دارای کمترین تغییرات مکانی در سطح کشور می باشد و در دی ماه مقدار این تغییرات حتی به ۷۵/۵۵ درصد می رسد. همچنین بر اساس خوشه‌بندی در ایران بیست و سه ناحیه تنش‌های فیزیولوژیک حرارتی فرعی متمایز دیده می‌شود. پراکندگی جغرافیایی قلمرو این ناحیه‌های تنشی نشان می‌دهد که تفاوت تنش‌های حرارتی ایران عمدتاً متأثر از عرض جغرافیایی و ارتفاع است. این نتایج با تحقیقات اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۰)، هدایتی راد و همکاران (۱۳۹۵)، سلیقه و همکاران (۱۳۹۵)، فلاح قالهری و همکاران (۱۳۹۴)، فلاح قالهری و همکاران(۱۳۹۵)، فرج زاده (۱۳۸۸) همخوانی دارد که گزارش نمودند در برخی از شهرها در فصول تابستان و بهار شرایط تنشی گرمایی و در فصول پاییز و زمستان شرایط تنشی سرمایی در کشور حاکم است.

منابع

اسماعیلی، رضا؛ گندمکار، امیر؛ حبیبی نوخندان، مجید. ۱۳۹۰. ارزیابی اقلیم آسایشی چند شهر اصلی گردشگری ایران با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET). *پژوهش های جغرافیایی طبیعی*، **۷۵**: ۱-۱۸.

حیدری، شاهین؛ منعام، علیرضا .۱۳۹۲. ارزیابی شاخصه های آسایش حرارتی در فضای باز. *جغرافیا و توسعه ناحیه ای*، **۱۱**(۲۰):

خسروی، محمود؛ هاجر، پاکباز؛ طاوسی، تقی؛ محمودی، پیمان. ۱۳۹۷. تحلیل الگوهای فضایی طبقات شاخص عدم آسایش (DI) در ایران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. **۵**. ۷۳-۹۰.

ذوالفقاری، حسن .۱۳۹۲. آب و هواشناسی توریسم، چاپ سوم. *انتشارات سمت*، تهران. ۳۱-۴۶.

رازجویان، محمود .۱۳۷۶. آسایش به وسیله هم ساز با اقلیم. *انتشارات دانشگاه بهشتی*، چاپ اول.۵۵-۶۸.

زرین، آذر؛ مفیدی، عباس .۱۳۹۰. آیا پرفشار جنب حاره ای تابستانه بر روی ایران زبانه ای از پرفشار جنب حاره ای آزور است؟ "بررسی یک نظریه". *یازدهمین کنگره انجمن جغرافیدانان ایران*، دانشگاه بهشتی، ۲۴ و ۲۵ شهریور ماه.۱-۱۵.

سلیقه، محمد .۱۳۹۵. آب و هواشناسی سینوپتیک ایران، *انتشارات سمت*، چاپ اول.۱۱۰-۱۱۲.

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

عسگری، احمد؛ معینی، مصطفی .۱۳۸۱. اقلیم و آسایش، سازمان هواشناسی کشور. ۷۹-۱۱۲.

فرج زاده، منوچهر؛ احمدآبادی، علی .۱۳۸۸. ارزیابی و پهنه بندی اقلیم گردشگری ایران با استفاده از شاخص اقلیم گردشگری (TCI). *پژوهش های جغرافیای طبیعی*، **۷۱**: ۳۱-۴۲.

فلاح قالهری، غلامعباس؛ رضا، اسمعیلی؛ شاکری، فهیمه .۱۳۹۵. ارزیابی روند تغییرات فصلی تنش های گرمایی طی نیم قرن اخیر در چند نمونه اقلیمی ایران. *مجله سلامت و محیط زیست*، فصلنامه علمی پژوهشی، انجمن علمی بهداشت محیط ایران، دوره هشتم، **۳**: ۲۳۳-۲۴۶.

فلاح قالهری، غلامعباس؛ میوانه، فاطمه؛ شاکری، فهیمه .۱۳۹۴. ارزیابی آسایش حرارتی انسان با استفاده از شاخص جهانی اقلیم حرارتی، مطالعه موردی: استان کردستان. *مجله سلامت و محیط زیست*، فصلنامه علمی پژوهشی، انجمن علمی بهداشت محیط ایران، **۳**: ۳۶۷-۳۷۸.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

کاشکی، عبدالرضا؛ حسینی، سید محمد؛ حردانی، امینه. ۱۳۹۸. بررسی آسایش اقلیمی و ارتباط آن با شاخص های فیزیولوژیک انسانی (مورد: استان سیستان و بلوچستان). مطالعات علوم محیط زیست، **۴**: ۹۲۹-۹۴۴.

محمدی، بختیار. ۱۳۹۶. بررسی ارتباط بین احساس حرارتی و پذیرش بیمارستانی بیماران قلبی-عروقی در کرمانشاه. پژوهش های جغرافیای طبیعی، **۴۹**. ۲۷۹-۳۵۵.

محمدی، حسین .۱۳۸۹. آب و هواشناسی کاربردی، *انتشارات دانشگاه تهران*. ۱۳۵-۱۳۷.

مسعودیان، ابوالفضل .۱۳۹۰. آب و هوای ایران، *انتشارات سمت*. ۱۴۵-۲۱۰.

مسعودیان، ابوالفضل؛ دارند، محمد .۱۳۹۰. تحلیل همدید سرماهای فرین ایران. *جغرافیا و توسعه*، **۲۲**: ۱۸۵-۱۶۵.

هدایتی راد، فائزه؛ شبانکاری، مهران؛ ضرغامیان، محمدرضا؛ ابرقویی، صفورا .۱۳۹۵. ارزیابی شاخص های زیست اقلیمی موثر بر آسایش انسان. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، **۳**: ۲۱-۴۱.

Amelung. B; Blazejczyk. K and Matzarakis A. ۲۰۰۷. *Climate Change and Tourism-Assessment and Coping Strategies*. Germany: Maastricht-Warsaw-Frieburg. **ISBN:** ۹۷۸-۰۰-۰۲۳۷۱۶-٤.

Barriopedro. D; Fischer. EM; Luterbacher. J; Trigo. RM and García-Herrera R .۲۰۱۱. The hot summer of ۲۰۱۰: redrawing the temperature record map of Europe. *American Association for the Advancement of Science*, **۳۳۲(٦۰۲٦)**:۲۲۰-۲٤. **DOI:**۱۰,۱۱۲٦/science.۱۲۰۱۲۲٤.

Braga. AL; Zanobetti. A and Schwartz. J .۲۰۰۲. The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in ۲۱ UScities. *Enviromental Healt Perspectives*, **٦۷(٦)**:٤۰۸-۱٦. **DOI:** ۱۰,۱۲۸۹/ehp.۰۲۱۱۰۸۵۹.

Cheng. V. Ng. E; Chan. C and Givoni. B. ۲۰۱۲. Outdoor thermal comfort study in a sub-tropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong. *International Journal of Biometeorology*, **٥٦(۱)**:٤۳-٥٦. ۱۸. **DOI:** ۱۰,۱۰۰۷/s۰۰٤۸٤-۰۱۰-۰۳۹٦-z.

DeFreitas. C. ۱۹۸٥. Assessment of human bioclimate based on thermal response. *International Journal of Biometeorology*, **۲۹(۲)**:۹۷-۱۱۹. **DOI:** ۱۰,۱۰۰۷/BF۰۲۱۸۹۰۲۹.

Ferris. R; Ellis. R; Wheeler. T and Hadley. P. ۱۹۹۸. Effect of high temperature stress at anthesis on grain yield and biomass of field-grown crops of wheat. *Annals of Botany*, **۸۲(٥)**:٦۳۱-۳۹. **DOI:** ۱۰,۱۰۰٦/anbo.۰۷٤۰.

Halonen. JI; Zanobetti. A; Sparrow. D; Vokonas. PS and Schwartz. J .۲۰۱۰. Associations between outdoor temperature and marker of inflammation: a cohort study. *Enviromentall Health*, **۹(۱)**:٤۲. **DOI:** ۱۰,۱۱۸٦/۱٤۷٦-۰٦۹x-۹-٤۲.

Hampel. R; Breitner. S; Ruckerl. R; Frampton. MW; Koeing. W and Phipps RP.۲۰۱۰. Air temperature and inflammatory and coagulation responses in men with coronary or pulmonary disease during the winter season. *Occupational and Environmental Medicine*, **۹(۱)**:٤۲. **DOI:** ۱۰,۱۱۳٦/oem.۰٤۸٦٦۰.

Hartz. DA; Brazel, AJ and Golden. JS. ۲۰۱۳. A comparative climate analysis of heat-related emergency ۹۱۱ dispatches: Chicago ،Illinois and Phoenix ،Arizona USA ۲۰۰۳ to ۲۰۰٦. *International Journal of Biometeorology*, **٥۷(٥)**:٦٦۹-۷۸. ۲۰. **DOI:** ۱۰,۱۰۰۷/s۰۰٤۸٤-۰۱۲-۰٥۹۳-z.

Höppe. P. ۱۹۸٤. Die Energiebilanz des Menschen. *Wiss Mittl Meteorol Inst*. University of München, ٤۹.

Hoppe. P. ۱۹۹۹. The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, **٤۳**:۷۱–۷٥. **DOI:** ۱۰,۱۰۰۷/s۰۰٤۸٤۰۰٥۰۱۱۸.

Ray. A. ۲۰۰۷. Impacts, Adaptation and Vulnerability, Fourth Assessment Rpoet from IPCC working group۲ and imlications for the western U.S. *Interovermental Panel on Climate Change.* Cambridge Univesity Press. ۱-۷.

Jendritzky. G; de Dear. R and Havenith. G. ۲۰۱۲. UTCI—Why another thermal index? *International Journal of Biometeorol*, **٥٦**:٤۲۱ ٤۲۸. **DOI**:۱۰,۱۰۰۷/s۰۰٤۸٤-۰۱۱-۰٥۱۳-۷.

Jendritztky. G; Tinz. B. ۲۰۰۹. *The thermal environment of the human being on the global scale.* Global Health Action, **۲**. **DOI:** ۱۰,۳٤۰۲/gha.v ۲i۰.

Kjellstrom. T. ۲۰۰۹. climate change, direct heat exposure, health and well-being in low and income countries. *Global Health Action*, **۲**. **DOI:** ۱۰,۳٤۰۲/gha. v۲i۰.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]

Kunst. AE; Groenhof. F and Mackenbach. JP. ۱۹۹٤. The association between two windchill indices and daily mortality variation in the Netherlands. *American Journal of Public Health Association*, **۸٤(۱۱)**: ۱۷۳۸-٤۲.

McGregor. GR. ۲۰۱۲. Human biometeorology. *Progresss in Physical Geography: Earth and Environment*, **۳٦(۱)**:۹۳-۱۰۹. **DOI** ۱۰,۱۱۷۷/۰۳۰۹۱۳۳۳۱۱٤۱۷۹٤۲.

McMichael, A.J; Campbell-Lendrum, D.H; Corvalan, C.F; Ebi, K. L; Githeko, A.K; Scheraga, J.D and Woodward, A. ۲۰۰۳. *Climate change and human Health Geneva*. World Health Organization.

Nastos. PT and Matzarakis. A.۲۰۱۲. The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece. *Theoretical and Applied Climatology*, **۱۰۸(۳-٤)**:٥۹۱-۹۹. **DOI** ۱۰,۱۰۰۷/s۰۰۷۰٤-۰۰۷-۰۳٤٤-y.

Omonijo. AG; Adeofun. CO; Oguntoke. O and Matzarakis. A .۲۰۱۲. Relevance of thermal environment to human health: a case study of Ondo State ،Nigeria. *Theoretical and Applied Climatology*. **۱۱۳(۱-۲)**:۲۰٥-۱۲. **DOI** ۱۰,۱۰۰۷/s۰۰۷۰٤-۰۱۲-۰۷۷۷-۹.

Parsons K. C. (Kenneth C). ۲۰۰۳. *Human Thermal Environments: The Effect of Hot, Moderate and Cold Temperathures on Human Health, Comfort and Performance*. New York. Second edition published. CRC Press.

Pilcher. JJ, Nadler E and Busch C. ۲۰۰۲. Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a metanalytic review. *Ergonomics*, **٤٥(۱۰)**:٦۸۲-۹۸. **DOI** ۱۰,۱۰۸۰/۰۰۱٤۰۱۳۰۲۱۰۱٥۸٤۱۹.

Poumadere. M; Mayes. C; Le Mer S and Blong. R. ۲۰۰٥. The ۲۰۰۳ heat wave in France: dangerous climate change here and now. *Risk analysis An International Journal*, **۲٥(٦)**:۱٤۸۳-۹٤. **DOI** ۱۰,۱۱۱۱/j.۱٥۳۹-٦۹۹۲٤,۲۰۰٥,۰۰٦۹٤.x.

Tebaldi. C; Hayhoe. K;, Arblaster. JM and Meehl. GA. ۲۰۰٦. Going to the extremes An Intercomparison of Model Simulated Historical and Future Change in Exteme Events. *Climatic Change*, Spring. **۷۹(۳-٤)**:۱۸٥-۲۱۱. **DOI** ۱۰,۱۰۰۷/s۱۰٥۸٤-۰۰٦-۹۰٥۱-٤.

Tereshchenko. I; Filonov. A; Monzon. C and Rodriguz. R. ۲۰۰۲. El Nino ۱۹۹۷-۱۹۹۸ and the hydrometeorological variability of Chapala, a shallow tropical lake in Mexico. *Journal of Hydrology*. **۲٦٤(۱)**:۱۳۳-۱٤٦. **DOI** ۱۰,٥۷۷۲/٦۳۷۱٥.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.4.177]