DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2371 Published by Vesnu Publications

کاربرد پرتو مادون قرمز به جای پرتو خورشیدی در معادله شاخص استرس محیطی در محیط خارج از ساختمان

حبیب‌اله دهقان[1]، جعفر اکبری[2]، معصومه چاوشی[2]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: در بسیاری از محیط‌های کار، به خصوص در فصل تابستان، ارزیابی استرس حرارتی ضروری است. پژوهش حاضر با هدف امکان‌سنجی کاربرد پرتوهای مادون قرمز به جای شدت پرتو خورشیدی در معادله شاخص استرس محیطی انجام شد.

روش‌ها: این مطالعه مقطعی در ماه‌های خرداد تا آبان سال ۱۳۹۲ از ساعت ۸ تا ۱۸ در شرایط آب و هوایی شهر اصفهان انجام شد. شدت پرتو مادون قرمز در ۴ جهت اصلی و بالا و پایین کره مسی ترمومتر گویسان اندازه‌گیری شد. همچنین، دمای تر، دمای خشک و دمای گویسان اندازه‌گیری گردید. سپس، شاخص دمای تر گویسان (WBGT یا Wet bulb globe temperature) و شاخص استرس محیطی بر اساس شدت پرتو مادون قرمز (ESI_{IR} یا Environmental stress index) به جای پرتو خورشیدی محاسبه شد. از آزمون‌های آماری همبستگی Pearson و رگرسیون برای تحلیل داده‌ها استفاده گردید.

یافته‌ها: بین شاخص ESI_{IR} و شاخص WBGT در هر ۶ جهت همبستگی بالایی وجود داشت ($P < ۰/۰۱$). مقدار ضریب همبستگی بین دو شاخص برای هر ۶ جهت برابر ۰/۹۶۳ به دست آمد. برآورد شاخص WBGT از متغیر پیش‌بینی کننده شاخص ESI_{IR} از طریق معادله WBGT = ۰/۹۵۹ ESIx + ۱/۴۲۷ امکان‌پذیر بود (R^2 = ۰/۹۴).

نتیجه‌گیری: برای ارزیابی استرس گرمایی در محیط‌های کاری خارج از ساختمان، شاخص ESI_{IR} که بر اساس دمای خشک، رطوبت نسبی و شدت پرتو مادون قرمز محاسبه شد، برآورد کننده خوبی برای شاخص WBGT است.

واژه‌های کلیدی: استرس حرارتی، انرژی خورشیدی، پرتو مادون قرمز، آب و هوا

ارجاع: دهقان حبیب‌اله، اکبری جعفر، چاوشی معصومه. **کاربرد پرتو مادون قرمز به جای پرتو خورشیدی در معادله شاخص استرس محیطی در محیط خارج از ساختمان.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۶؛ ۱۳ (۲): ۱۷۹-۱۷۵

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۲۸ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۳

مقدمه

شاخص‌های استرین گرمایی به طور گسترده در قرن‌های اخیر در پیش‌بینی تحمل گرمایی برای فعالیت‌های گوناگون در محیط‌های گرم استفاده می‌شود. اگرچه، شرایط آب و هوایی، شدت انجام کار و نوع پوشش در بروز استرس گرمایی مؤثر است، اما استرین گرمایی برآیند فیزیولوژیکی از استرس گرمایی است یا به عبارت دیگر، پاسخ فیزیولوژیکی به استرس گرمایی تعریف شده است.

گرما سبب پیامدهایی خاص می‌شود که می‌توان به افزایش بروز حوادث و کاهش سطح ایمنی اشاره نمود. گرمای بیش از حد در صنایع سبب افزایش خطاپذیری افراد، کاهش کارایی و بهره‌وری فرد و همچنین، سبب بیماری‌هایی مانند کرامپ گرمایی، سنکوپ گرمایی، خستگی گرمایی و شوک گرمایی می‌گردد (۱).

با توجه به اهمیت بهره‌وری، نیروی انسانی، ارتقای سطح تولید و کیفیت آن و همچنین، این که گرما به عنوان یکی از عوامل زیان‌آور در صنایع ایران شناخته شده است، نیاز به ارزیابی آن به شدت احساس می‌گردد. شاخص دمای تر گویسان (WBGT **یا** Wet bulb globe temperature) امروزه به طور گسترده‌ای برای ارزیابی استرس گرمایی کاربرد دارد (۴-۲).

شاخص WBGT یک میانگین وزنی از دمای تر طبیعی (T_{nw}) و دمای تابشی (T_g) می‌باشد و به طور مکمل هنگامی که تابش خورشید وجود داشته باشد، از پارامتر T_a دمای محیط نیز استفاده می‌شود و از معادله ۱ و ۲ در هنگام ارزیابی استفاده می‌کند:

معادله ۱ (در محیط کار روباز) $WBGT = ۰/۷\ T_{nw} + ۰/۲\ T_g + ۰/۱$

معادله ۲ (در محیط کار سر پوشیده) $WBGT = ۰/۷\ T_{nw} + ۰/۳\ T_g$

از محدودیت عمده این شاخص می‌توان پاسخ نامطلوب به رطوبت و جریان هوا، دقت ناکافی در ارزیابی فعالیت و لباس ذکر کرد. هزینه بالای دستگاه و عدم تقبل هزینه از سوی کارفرما و طولانی بودن مدت زمان اندازه‌گیری دمای گویسان (برای رسیدن به تعادل دمایی با محیط ۲۰ تا ۳۰ دقیقه زمان لازم دارد)، از معایب این شاخص است (۸-۵).

Ramanathan و Belding در بررسی کنترل شده آزمایشگاهی ثابت کردند که شاخص WBGT برای افراد در حال تمرین ۳۷/۷ درجه سانتیگراد است. اگر رطوبت بالا و سرعت جریان هوا کم باشد (شرایط تبخیر محدود)، ضربان قلب، دمای پوست و مقعد، نرخ عرق و پریشانی ذهنی افراد بسیار بیشتر

۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی و گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: حبیب‌اله دهقان Email: ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2371]

از زمانی است که رطوبت کم و سرعت جریان هوا زیاد (شرایط تبخیر آزاد) باشد. آن‌ها توصیه کردند که دو مجموعه حد یکی برای شرایط مرطوب و دیگری برای شرایط خشک به WBGT برای جبران این نقص اضافه شود. تجارب صنعتی منجر به دخالت دادن سرعت جریان هوا در شاخص WBGT شد؛ به طوری که در دستورالعمل ایزو ۷۲۴۳ که طریقه ارزیابی تنش گرمایی با شاخص WBGT را نشان می‌دهد، سرعت جریان هوای کمتر و بیشتر از ۱/۶ متر بر ثانیه، مقدار این شاخص را به اندازه ۳ درجه سانتیگراد تغییر می‌دهد. متأسفانه، دقت اندازه‌گیری شاخص WBGT در ارتباط با حذف دمای تابشی، استفاده از ابزارهای غیر استاندارد و یا استفاده از روش‌های کالیبراسیون نامطلوب کم شده است (۴).

Moran و همکاران شاخص استرس محیطی (ESI یا Environmental stress index) را بر اساس اندازه‌گیری شدت تابش پرتوی خورشیدی (SR)، رطوبت نسبی (RH) و دمای خشک (T_a) و با کاربرد معادله ۳ معرفی کردند (۹).

$$ESI = 0.62Ta - 0.007RH + 0.002SR + 0.043(Ta \cdot RH) - 0.078(0.1 + RH) - 1 \quad \text{(معادله ۳)}$$

Moran و همکاران در مطالعه‌ای با بررسی امکان جایگزینی شاخص استرس محیطی (ESI) با شاخص WBGT در شرایط آب و هوایی گرم و خشک، گرم و مرطوب و بسیار گرم و خشک، نشان دادند که همبستگی بین دو شاخص WBGT و ESI به خصوص در نواحی بسیار گرم و خشک بالا بود (R^2 = ۰/۹۸۵). مزیت استفاده از این شاخص پاسخ سریع سنسور دستگاه سنجش پرتو مادون قرمز و عدم نیاز به دستگاه‌های دست و پاگیر است (۹). در مطالعه دیگری که Moran و همکاران بر روی ارزشیابی شاخص ESI در بالاتر و پایین‌تر از سطح دریا انجام دادند، برای اندازه‌گیری تابش خورشیدی از ۲ وسیله، یک سنسور کوچک ۵ میلی‌متری مادون قرمز و یک پیرونومتر استفاده شد و همبستگی دو شاخص WBGT و ESI زمانی که تابش خورشیدی با دستگاه سنجش پرتو مادون قرمز اندازه‌گیری شده بود، برابر R^2 = ۰/۹۷۳ و زمانی که این پارامتر با پیرونومتر اندازه‌گیری گردید، R^2 = ۰/۹۳۳ بود (۱۰).

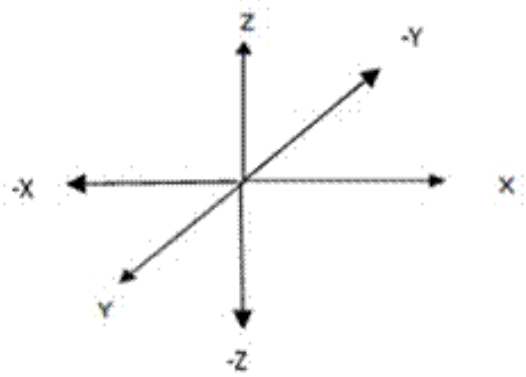
از این‌رو، با توجه به محدودیت‌های ذکر شده در خصوص کاربرد شاخص WBGT، سبب شد تا امکان کاربرد سنجش پرتوهای مادون قرمز به جای پرتوهای گرمایی خورشیدی در معادله محاسباتی شاخص ESI_{IR} مورد بررسی قرار گیرد و توان برآورد کنندگی شاخص ESI_{IR} به عنوان یک پیش‌بینی کننده شاخص WBGT در شرایط آب و هوایی اصفهان مورد تحلیل قرار گیرد.

روش‌ها

مطالعه حاضر به صورت تحلیلی مقطعی در شهر اصفهان به مدت ۴۸ روز در ماه‌های خرداد، تیر، مهر و آبان از ساعت ۸ صبح تا ۱۸ بعدازظهر در سال ۱۳۹۲ انجام شد. پارامترهای دمای خشک، دمای تر، رطوبت نسبی و دمای گویسان در ارتفاع ۱۱۰ سانتیمتری از سطح زمین با کاربرد دستگاه سنجش استرس حرارتی (WBGT متر مدل ۱۳۹۶ TES)، به فواصل زمانی ۵ دقیقه در محیط خارج از ساختمان دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان اندازه‌گیری شد و با کاربرد معادله Yaglue و Maynard (معادله ۱) شاخص WBGT محاسبه گردید.

همزمان با اندازه‌گیری پارامترهای محیطی، پرتوهای مادون قرمز نیز اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری آن از دستگاه فتومتر دیجیتالی Hagner مدل EC-IR استفاده شد. این دستگاه پرتو مادون قرمز را در محدوده طول موج ۷۰۰-۱۱۵۰ نانومتر بر حسب W/m^2 اندازه‌گیری می‌کند. بر اساس دستورالعمل سازنده با توجه به مدت زمان استفاده از دستگاه به کالیبراسیون خارجی احتیاجی نیست و کالیبراسیون اولیه آن توسط شرکت سازنده صورت گرفته است. شدت پرتو مادون قرمز در ۶ جهت اصلی شامل بالا (Z)، پایین (Z-)، چپ (X-)، راست (X)، جلو (Y) و عقب (Y-) در فاصله ۱۰ سانتیمتری محل استقرار گوی دماسنج گویسان مستقر بر روی دستگاه WBGT متر انجام گرفت (شکل ۱) و سپس، شاخص ESI_{IR} بر اساس شدت تابش پرتوی مادون قرمز (IR)، رطوبت نسبی (RH) و دمای خشک (Ta) با کاربرد معادله ۴ محاسبه شد.

$$ESI = 0.62Ta - 0.007RH + 0.002IR + 0.043(Ta \cdot RH) - 0.078(0.1 + RH) - 1 \quad \text{(معادله ۴)}$$



شکل ۱. موقعیت اندازه‌گیری پرتو مادون قرمز در ۶ جهت x، y، z، -x، -y و -z با مرکزیت ترمومتر گویسان

در پایان اندازه‌گیری‌ها برای هر پارامتر تعداد ۳۱۴۹ داده به دست آمد. سپس، با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ (version 16, SPSS Inc., Chicago, IL) با استفاده از آزمون Kolmogrov-Smirnov، نرمال بودن داده‌ها مشخص شد و برای تعیین ارتباط بین ESI و WBGT، آزمون آماری Pearson و تحلیل رگرسیون مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها

پارامترهای مورد اندازه‌گیری در مطالعه حاضر شامل دمای خشک، دمای تر، دمای گویسان، شدت تابش پرتو مادون قرمز در جهات بالا (Z)، پایین (Z-)، چپ (X-)، راست (X)، جلو (Y) و عقب (Y-)، شاخص ESI_{IR} در جهات بالا (Z)، پایین (Z-)، چپ (X-)، راست (X)، جلو (Y) و عقب (Y-) شاخص دمای تر گویسان و رطوبت نسبی بود که میانگین، انحراف معیار و گستره آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

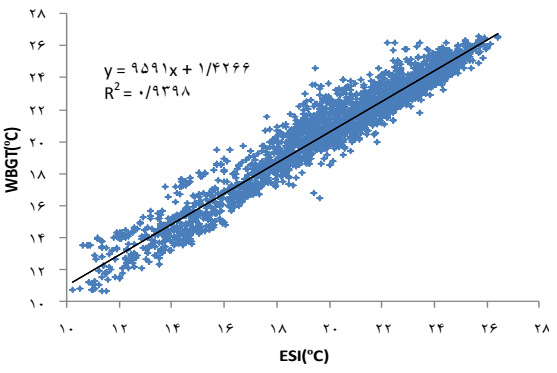
www.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2371]

جدول ۱. مقادیر بیشینه، کمینه و میانگین (انحراف معیار) پارامترها و شاخص‌های تنش حرارتی مورد مطالعه

شاخص		میانگین ± انحراف معیار	حداکثر	حداقل
دمای خشک (°c)		۲۸/۴ ± ۵/۹	۳۹/۲	۱۳/۸
دمای تر (°C)		۱۴/۳ ± ۲/۷	۲۰/۵	۷/۲
دمای گویسان (°C)		۳۵/۸ ± ۶/۵	۴۹/۹	۱۹/۰
رطوبت نسبی (درصد)		۲۲/۷ ± ۱۱/۰	۵۵/۴	۹/۲
شاخص دمای تر گویسان (°C)		۲۰/۰ ± ۳/۶	۲۹/۴	۱۰/۲
شدت پرتو مادون قرمز (W/M^2)	X	۱۰۵/۱ ± ۲۷/۸	۱۵۶/۰	۸/۰
در راستای محور ←	Y	۱۰۵/۱ ± ۲۷/۳	۱۵۸/۰	۷/۰
	Z	۱۰۵/۲ ± ۲۷/۳	۱۵۹/۰	۸/۰
	-X	۱۰۵/۰ ± ۲۷/۲	۱۶۰/۰	۸/۰
	-Y	۱۰۵/۰ ± ۲۷/۳	۱۵۳/۱	۸/۰
	-Z	۱۰۵/۱ ± ۲۷/۲	۱۵۷/۰	۹/۰
شاخص استرس محیطی (°C)	X	۲۰/۶ ± ۳/۶	۲۹/۱	۱۰/۶
در راستای محور ←	Y	۲۰/۷ ± ۳/۶	۲۹/۰	۱۰/۶
	Z	۲۰/۶ ± ۳/۵	۲۹/۰	۱۰/۵
	-X	۲۰/۵ ± ۳/۵	۲۹/۱	۱۰/۶
	-Y	۲۰/۶ ± ۳/۷	۲۸/۹	۱۰/۷
	-Z	۲۰/۵ ± ۳/۶	۲۸/۹	۱۰/۶

تحلیل آماری نتایج نشان داد که بین شاخص WBGT و شاخص ESI_{IR} در هر ۶ جهت همبستگی بالایی وجود داشت (بالاتر از ۰/۹۶) و مقدار ضریب همبستگی بین دو شاخص برای هر ۶ جهت برابر ۰/۹۶۳ به دست آمد ($P < ۰/۰۰۱$). ضریب همبستگی بین شاخص ESI_{IR} در ۶ جهت برابر ۱ به دست آمد ($P < ۰/۰۰۱$). همچنین، معادله خطی بین دو شاخص ESI_{IR} و شاخص WBGT (شکل ۲) بر اساس معادله ۵ محاسبه شد ($R^2 = ۰/۹۴$).

$$WBGT = ۰/۹۵۹ESI_{IR} + ۱/۴۲۷ \quad \text{(معادله ۵)}$$



شکل ۲. ارتباط شاخص دمای تر گویسان و شاخص استرس محیطی در شرایط آب و هوایی اصفهان

ESI: Environmental stress index; WBGT: Wet bulb globe temperature

بحث

مطالعه حاضر به منظور بررسی امکان استفاده از سنسور اندازه‌گیری پرتوهای مادون قرمز به جای سنسور اندازه‌گیری پرتو خورشیدی در معادله شاخص استرس محیطی انجام گرفت و ارتباط بین شاخص دمای تر گویسان و شاخص استرس محیطی مورد بررسی قرار گرفت تا امکان برآورد شاخص WBGT از طریق شاخص ESI_{IR} بررسی شود.

شاخص WBGT امروزه به طور گسترده‌ای برای ارزیابی استرس گرمایی در محیط‌های کار کاربرد دارد که جهت استفاده از آن پارامترهای دمای تر طبیعی، دمای گویسان و دمای خشک اندازه‌گیری می‌شود و شاخص ESI بر اساس اندازه‌گیری سه پارامتر تابش خورشیدی، رطوبت نسبی و دمای خشک محاسبه می‌گردد. با توجه به محدودیت‌های اندازه‌گیری پرتوهای خورشیدی (گرانی دستگاه) و در دسترس نبودن آن، در مطالعه حاضر به جای اندازه‌گیری شدت پرتو خورشیدی، پرتو مادون قرمز خورشیدی اندازه‌گیری شد و در معادله محاسباتی شاخص استرس محیطی مورد استفاده قرار گرفت و قابلیت اعتماد شاخص ESI_{IR} به عنوان شاخص برآورد کننده شاخص WBGT ارزیابی شد.

بر اساس نتایج مطالعه، بین مقدار شاخص ESI_{IR} و مقدار شاخص WBGT که به طور همزمان و به تعداد ۳۱۴۹ عدد در شرایط آب و هوایی گرم و خشک اصفهان همبستگی بالایی وجود داشت. در شکل ۲ و معادله رگرسیونی (معادله ۵) نیز ارتباط این دو شاخص با ضریب تبیین بالا این موضوع را نشان می‌دهد. شاخص ESI_{IR} می‌تواند برآورد کننده خوبی برای شاخص WBGT در محیط خارج از ساختمان برای شرایط آب و هوایی گرم و خشک باشد. نتایج به دست آمده در مطالعه با یافته‌های برخی مطالعه‌ها در مورد شاخص ESI و

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2371]

امکان جایگزینی این شاخص با WBGT در شرایط آب و هوایی گرم و خشک همخوانی دارد (۱۳-۱۱، ۵).

در مطالعه‌ای امکان جایگزینی شاخص ESI با شاخص WBGT در شرایط آب و هوایی گرم و خشک، گرم و مرطوب و بسیار گرم و خشک بررسی شد. ضریب تبیین در رابطه بین شاخص‌های WBGT و ESI برای دو منطقه گرم و خشک و گرم و مرطوب برابر با $R^2 > ۰/۹۲$ و برای ناحیه بسیار گرم و خشک برابر $R^2 > ۰/۹۸۱$ به دست آمد. این موضوع نشان دهنده همبستگی این دو شاخص، به خصوص در نواحی بسیار گرم و خشک می‌باشد (۵).

Moran و همکاران برای اعتباربخشی به این شاخص در مطالعه دیگر، همبستگی شاخص ESI با شاخص WBGT را در نیمکره جنوبی و شمالی مقایسه کردند. داده‌ها در فاصله ۲ ماه (بین فوریه و مارس) از ۲ ایستگاه در نیوزیلند و در ۳ ایستگاه در فاصله ۴ ماه (از ژوئن تا فوریه) جمع‌آوری شد. وسایل اندازه‌گیری مانند مطالعه در شرایط آب و هوایی گرم وخشک بود، با این تفاوت که تابش خورشیدی در نیوزیلند در ایستگاه Christchurch با پیرونومتر LiCOR و در ایستگاه Lauder با رادیومتر EPLY PSP اندازه‌گیری شد. آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که همبستگی بالایی در دو ناحیه بین شاخص‌های WBGT و ESI ($R^2 = ۰/۹۵۹$ در فلسطین اشغالی و $R^2 = /۹۷۳$ در نیوزیلند) به دست آمد (۱۱).

در مطالعه دیگری که Moran و همکاران روی ارزشیابی شاخص ESI در بالاتر و پایین‌تر از سطح دریا انجام دادند، برای اندازه‌گیری تابش خورشیدی از ۲ وسیله، یک سنسور کوچک ۵ میلی‌متری مادون قرمز و یک پیرونومتر استفاده شد. همبستگی دو شاخص WBGT و ESI زمانی که تابش خورشیدی با لامپ IR اندازه‌گیری شده بود، برابر $R^2 = ۰/۹۷۳$ و زمانی که این پارامتر با پیرونومتر اندازه‌گیری شده بود، $R^2 = ۰/۹۳۳$ بود (۱۲). همبستگی بین دمای گویسان و شدت پرتوی IR در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ بین بیشترین مقدار ۸۳/۵ در جهت X و کمترین مقدار ۶۶/۵ در جهت Z– متغیر بود (۱۳).

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر بین شاخص استرس محیطی (ESI_{IR}) به دست آمده با اندازه‌گیری پارامتر شدت تابش پرتو مادون قرمز و شاخص دمای تر گویسان (WBGT) همبستگی بالایی وجود دارد و این موضوع نشان می‌دهد که این شاخص استرس محیطی می‌تواند برآورد کننده خوبی برای شاخص WBGT در ارزیابی استرس گرمایی در محیط‌های کاری خارج از ساختمان باشد.

تشکر و قدردانی

مقاله بر گرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای می‌باشد و نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از زحمات همکاران آزمایشگاه‌های بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان تشکر و قدردانی نمایند.

References

1. Gotshall RW, Dahl DJ, Marcus NJ. Evaluation of a physiological strain index for use during intermittent exercise in the heat. J Exp Physiol 2011; 4(3): 22-9.
2. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Ind Health 2006; 44(3): 388-98.
3. Dehghan H, Mortazavi SB, Jafari MJ, Maracy MR. Evaluation of wet bulb globe temperature index for estimation of heat strain in hot/humid conditions in the Persian Gulf. J Res Med Sci 2012; 17(12): 1108-13.
4. Ramanathan NL, Belding HS. Physiological evaluation of the WBGT index for occupational heat stress. Am Ind Hyg Assoc J 1973; 34(9): 375-83.
5. Onkaram B, Stroschein LA, Goldman RF. Three instruments for assessment of WBGT and a comparison wiwh WGT (Botsball). Am Ind Hyg Assoc J 1980; 41(9): 634-41.
6. Budd GM. Wet-bulb globe temperature (WBGT)-its history and its limitations. J Sci Med Sport 2008; 11(1): 20-32.
7. Kerslake DM. The stress of hot environments. Cambridge, UK: Cambridge University Press Archive; 1972.
8. Malchaire JB. Evaluation of natural wet bulb and wet globe thermometers. Ann Occup Hyg 1976; 19(3-4): 251-8.
9. Moran DS, Pandolf KB, Shapiro Y, Heled Y, Shani Y, Mathew WT, et al. An environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT). J Therm Biol 2001; 26(4): 427-31.
10. Moran DS, Pandolf KB, Shapiro Y, Laor A, Heled Y, Gonzalez RR. Evaluation of the environmental stress index for physiological variables. J Therm Biol 2003; 28(1): 43-9.
11. Moran DS, Pandolf KB, Vitalis A, Heled Y, Parker R, Gonzalez RR. Evaluation of the environmental stress index (ESI) for the southern hemisphere. J Therm Biol 2004; 29(7): 535-8.
12. Moran DS, Pandolf KB, Heled Y, Gonzalez RR. Evaluation of the environmental stress index (ESI) for different terrestrial elevations below and above sea level. Journal of Thermal Biology 2004; 29(6): 291-7.
13. Moran DS, Pandolf KB, Vitalis A, Heled Y, Parker R, Gonzalez RR. The role of solar and UV radiation in environmental stress assessment. J Therm Biol 2004; 29(7): 529-33.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2371]

DOI: *10.22122/jhsr.v13i2.2371* *Published by Vesnu Publications*

Journal of Health System Research Received: 17.02.2015

Vol. 13, No. 2, Summer 2017 Accepted: 02.01.2017

Application of Infrared Radiation Instead of Solar Radiation in the Environmental Stress Index Equation in Outdoor Weather Conditions

Habibollah Dehghan[1], Jafar Akbari[2], Masuomeh Chavoshi[2]

Original Article

Abstract

Background: In many work environments, especially in the summer, heat stress assessment is necessary. The present research aimed to determine the feasibility of the application of infrared (IR) beams instead of the intensity of solar radiation in the environmental stress index (ESI) equation.

Methods: This cross-sectional study was performed from 8 am to 18 pm from June to October 2013 in the weather conditions of Isfahan, Iran. IR intensity was measured in 4 main directions and top and bottom of the globe thermometer. Moreover, wet bulb temperature, dry bulb temperature, and globe temperature were measured. The wet bulb globe temperature (WBGT) and environmental stress index (ESI_{IR}) were calculated based on the IR intensity instead of solar radiation. Pearson correlation test and regression analysis were used to analyze the data.

Findings: The results showed that there is high correlation between WBGT and ESI_{IR} in all 6 directions ($P < 0.01$). The correlation coefficients between the two indices were 0.963 for all 6 directions. The estimate of WBGT of ESI_{IR}, the predictor variable, was gained through the following equation, $WBGT = 0.959\ ESI_{IR} + 1.427$ **(**$R^2 = 0.94$).

Conclusion: To evaluate heat stress in the outdoor work environment, ESI_{IR}, calculated based on dry bulb temperature, relative humidity, and IR, is a good estimator for WBGT.

Keywords: Heat stress, Solar energy, Infrared ray, Weather

Citation: Dehghan H, Akbari J, Chavoshi M. **Application of Infrared Radiation Instead of Solar Radiation in the Environmental Stress Index Equation in Outdoor Weather Conditions.** J Health Syst Res 2017; 13(2): 175-9.

1- Associate Professor, Department of Occupational Health, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- MSc Student, Student Research Committee AND Department of Occupational Health, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Habibollah Dehghan, Email: ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i2.2371]