

## Feasibility of ESI Index to Assess Heat Stress in Outdoor Jobs

Hajizadeh R<sup>1</sup>, Mehri A<sup>2</sup>, Jafari SM<sup>3</sup>, Beheshti MH\*<sup>4</sup>, Haghghatjou H<sup>5</sup>

1. Department of Occupational Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran

2. Department of Occupational Health, School of Public Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran.

3. School of Medicine, Khatam Al-Nabieen University, Kabul, Afghanistan

4. Department of Occupational Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Khorasan razavi, Iran.

5. Office of Engineering and Meteorological Equipments, Qom, Iran

\*Corresponding Author: Tel: +985157223028 Fax: +985157225027 E-mail: beheshtihasan8@gmail.com

Received: 6 Nov, 2015 Accepted: 6 Jan, 2016

### ABSTRACT

**Background & objectives:** Heat is one of the harmful agents influencing workers' health in different occupational settings particularly in outdoor environments. There are different indices e.g. WBGT to evaluate heat stress, however, each index has its limitations. The aim of this study was to evaluate the correlation between ESI and WBGT indices and if there would be a high correlation, to use ESI index as a primary screening tool for heat strain assessment in workplaces.

**Methods:** This cross-sectional study was carried out from March to June 2013 in one of the meteorological stations in Qom province. Environmental parameters were measured 360 times at different time of the day. WBGT was calculated according to both ISO7243 standard and a formula given by Australian Bureau of Meteorology and the American University of Sports Medicine. ESI was estimated based on a formula given by Moran. The correlation between ESI and WBGT index was evaluated using SPSS-17.

**Results:** According to the results, the correlation coefficient of 0.957 was found between ESI and WBGT indices. In addition, the correlation coefficients between ESI and environmental parameters including wet temperature, globe temperature, dry temperature, SR and RH were found to be 0.88, 0.88, 0.96, 0.4, and -0.95, respectively. Average WBGT and ESI indices were compared by T-test and the results showed significant differences between two indices ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** This study showed that ESI index has acceptable reliability to assess outdoor environment, therefore, it can be applied to evaluate heat stress in outdoor environments.

**Keywords:** Outdoor Workplaces; Heat Stress; Feasibility; ESI Index.

# امکان سنجی استفاده از شاخص ESI برای ارزیابی استرس گرمایی شاغلین مشاغل محیط‌های روباز

روح اله حاجی زاده<sup>۱</sup>، احمد مهری<sup>۲</sup>، سید محمد جعفری<sup>۳</sup>، محمد حسین بهشتی<sup>۴\*</sup>، حسن حقیقت جو<sup>۵</sup>  
اسماعیل خداپرست<sup>۶</sup>

۱. دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت حرفه ای، مرکز تحقیقات سلامت کار، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران ۲. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران ۳. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، عضو هیئت علمی دانشکده علوم طبی، دانشگاه خاتم النبیین (ص)، کابل، افغانستان ۴. مربی گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران ۵. کارشناسی ارشد، مهندسی ارتباطات و فناوری اطلاعات، رئیس اداره مهندسی و تجهیزات هواشناسی استان قم، قم، ایران ۶. کارشناسی ارشد ایمنی صنعتی، دانشکده سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۵۱۵۷۲۲۳۰۲۸ فکس: ۰۵۱۵۷۲۲۵۰۲۷ ایمیل: beheshtihasan8@gmail.com

## چکیده

**زمینه و هدف:** گرما یکی از عوامل زیان آور می باشد که در گروه های مختلف شغلی، خصوصاً در محیط های روباز اثرات زیان باری بر سلامت می گذارد. برای ارزیابی استرس حرارتی شاخص های مختلفی مانند WBGT ارائه شده است ولی هر کدام دارای محدودیت هایی می باشد. هدف از این مطالعه بررسی همبستگی شاخص ESI با شاخص WBGT بود تا در صورت وجود همبستگی بالا بتوان از شاخص ESI به عنوان یک ابزار غربالگری اولیه استرس گرمایی در محیط کار استفاده کرد.

**روش کار:** این مطالعه به صورت توصیفی- تحلیلی در چهار ماه سال ۱۳۹۲ در یکی از ایستگاه های هواشناسی استان قم انجام شد. پارامترهای محیطی در ساعات مختلف روز و در مجموع ۳۶۰ بار اندازه گیری شد. تمامی پارامترها در یک زمان اندازه گیری شد ولی تعداد ۶۰ مورد از اندازه گیری ها به دلیل اینکه مقدار شدت تابش خورشید کوچکتر و مساوی ۱۰ بود حذف شدند. شاخص WBGT هم بر اساس استاندارد ISO7243 و هم بر اساس فرمولی که توسط سازمان هواشناسی استرالیا و دانشگاه آمریکایی پزشکی ورزش تهیه شده است و شاخص ESI بر اساس فرمولی که موران ارائه داده است محاسبه شد. میزان همبستگی شاخص ESI و WBGT با استفاده از SPSS-17 به دست آمد.

**یافته ها:** بر اساس نتایج این مطالعه ضریب همبستگی بین شاخص ESI و WBGT برابر ۰/۹۵۷ برآورد شد. علاوه بر این ضریب همبستگی بین شاخص ESI و پارامترهای محیطی دمای تر، دمای گوی سان، دمای خشک، SR و RH به ترتیب برابر ۰/۸۸، ۰/۸۸، ۰/۹۶، ۰/۴ و ۰/۹۵- برآورد شد. مقایسه میانگین شاخص های WBGT و ESI بر اساس آزمون تی با یکدیگر مقایسه شدند و نتایج نشان داد که میانگین این شاخص ها اختلاف معناداری باهم دارند ( $p < ۰/۰۵$ ).

**نتیجه گیری:** این پژوهش نشان داد که شاخص ESI از اعتبار قابل قبولی برای ارزیابی محیط های کاری روباز برخوردار است. لذا می توان از این شاخص برای ارزیابی استرس گرمایی در محیط های روباز استفاده کرد.

**واژه های کلیدی:** مشاغل روباز، استرس گرمایی، امکان سنجی، شاخص ESI

دریافت: ۹۴/۸/۱۵ پذیرش: ۹۴/۱۰/۱۶

## مقدمه

نیروی های کاری مشاغل مختلف مثل کشاورزی، ساختمان سازی، راه سازی، ماهیگیری که محیط کارشان روباز می باشد، در معرض استرس حرارتی

گرما به عنوان یک عامل زیان آور محیط کار بوده که از دیر باز مورد توجه قرار گرفته است. اغلب

قرار دارند و در نتیجه احتمال وقوع بیماری‌ها و عوارض ناشی از گرما یک واقعیت انکارناپذیر در محیط‌های کاری به ویژه در مناطق گرم می‌باشد. علاوه بر تاثیر گرما بر عملکرد ذهنی و افزایش خستگی، مواجهه با استرس گرمایی سبب بروز اختلالاتی همچون کرامپ عضلانی، خستگی گرمایی و گرمزدگی و نیز کاهش بهره‌وری و افزایش احتمال وقوع حوادث می‌شود (۳-۱). تعداد موارد گرمزدگی در فیلدهای شغلی از سال ۱۹۹۳ تاکنون، هر ساله رو به افزایش بوده است (۴). استرس حرارتی در فصل تابستان به دلیل افزایش دمای محیط و تابش خورشید افزایش می‌یابد (۵). مطالعات اپیدمیولوژیک نشان دادند که گرمزدگی در محیط با WBGT بالاتر از ۲۷ ممکن است حتی باعث مرگ شود (۴). نظر به این که پارامترهای محیطی نظیر دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت و سرعت جریان هوا همراه با فعالیت فرد و نوع لباس وی در ایجاد تنش و مقدار آن مؤثر هستند، سعی گردیده است شرایط حاکم خلاصه شده و به صورت یک عدد ارائه شود که این عدد همان شاخص حرارتی است (۱۵). شاخص‌های زیادی تدوین شده است تا میزان استرس گرمایی اعمال شده بر روی فرد را اندازه‌گیری کند (۱۶، ۱۷). برای ارزیابی استرس حرارتی از شاخص‌های استرس حرارتی استفاده می‌شود. متغیرهای موجود در شاخص‌های استرس حرارتی و وزن نسبی آنها در طول سال‌ها تغییر کرده است (۵). استرس گرمایی یک مشکل معمول و همیشگی در بعضی صنایع می‌باشد. برای ارزیابی استرس گرمایی از شاخص‌های متعددی استفاده می‌شود که یکی از این شاخص‌ها <sup>۱</sup>WBGT می‌باشد؛ از بین شاخص‌های تجربی شاخص WBGT در ارزیابی محیط گرم بیشترین استفاده را دارد (۱۸)، ولی این شاخص دارای محدودیت‌هایی نظیر هزینه و زمان پاسخگویی بالا می‌باشد. اصلی‌ترین محدودیت شاخص WBGT این است که در اثر افزایش رطوبت

یا کاهش جریان هوا میزان تبخیر عرق محدود می‌شود شاخص دمای تر گوی‌سان نمی‌تواند این استرین اضافه شده در اثر محدود شدن تبخیر را به درستی منعکس کند، لذا این شاخص یک ابزار غربالگری مناسب نیست (۱۹). همچنین در ایران دستگاهی که این شاخص را اندازه‌گیری می‌کند نسبتاً گران‌قیمت بوده و برای استفاده در صنایع کوچک صرفه اقتصادی ندارد و زمان پاسخگویی دستگاه به گرمای تابشی محیط نیز طولانی می‌باشد، در نتیجه گراهام<sup>۲</sup> بیان می‌کند که شاخص دمای تر گوی‌سان برای ارزیابی استرس حرارتی محیط نمی‌تواند یک شاخص مناسب باشد (۱۹). با توجه به کثرت تعداد شاغلین محیط‌های روباز و اهمیت عوارض و بیماری‌های ناشی از مواجهه با گرما استفاده از شاخصی مناسب که بتواند میزان مواجهه با گرما را تخمین بزند بسیار مهم است. نظر به اینکه سازمان هواشناسی نیز داده‌های وسیعی از پارامترهای محیط را سنجش و ثبت می‌کند، امکان استفاده از این داده‌ها برای ارزیابی استرس گرمایی شاغلین محیط‌های روباز موضوع مهمی است که اساس این تحقیق را به خود اختصاص داده است. هالدین در سال ۱۹۰۵ شاخصی را جهت نمایش بار حرارتی معرفی کرد و مدعی شد که تغییرات دمایی در دمای تر به تنهایی جهت انعکاس بار حرارتی کافی می‌باشد. در طول سال‌ها، دیگر شاخص‌های زیست محیطی شامل سرعت جریان هوا و تابش حرارتی نیز به آن اضافه شد (۵). ورنون در سال ۱۹۳۲ برای اولین بار به تلفیق گرمای تابشی با یک شاخص استرس محیطی پرداخت. یالگو و مینارد (۱۹۵۷) شاخص WBGT را معرفی کردند. با این حال، WBGT بعداً اصلاح شد و به دلیل سادگی و راحتی کاربرد، محبوبیت عمده‌ای پیدا کرد. در محیط‌های روباز این شاخص به طور عمده از سه پارامتر به دست می‌آید: دمای تابشی، دمای خشک و دمای تر.

<sup>۲</sup> Grahame<sup>۱</sup> Wet Bulb Globe Temperature

این شاخص بعداً دچار تغییراتی شد و به شکل زیر پیشنهاد شد (۵).

$$WBGT = 0.7 T_w + 0.2 T_g + 0.1 T_a.$$

در سال ۱۹۸۶، موسسه ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (NIOSH) این شاخص را به عنوان معیاری برای مواجهه شغلی با یک محیط گرم معرفی کرد (۵). در سال ۲۰۰۱ موران<sup>۳</sup> و همکاران شاخص جدیدی به نام ESI<sup>۴</sup> را مطرح کردند که مبنای اندازه‌گیری آن دمای خشک (Ta)، رطوبت نسبی (RH) و تابش خورشیدی (SR) بود (۲،۶).

در بین شاخص‌های مطرح، شاخص ESI شاخصی است که پارامترهای مورد نیاز برای سنجش آن جزو داده‌های سنجش شده توسط سازمان هواشناسی است، به همین دلیل در این مطالعه امکان سنجی کاربرد این شاخص به جای شاخص WBGT مورد بررسی قرار گرفت. این شاخص به دلایلی چون سنجش و ثبت داده‌های مورد نیاز محاسبه آن در ایستگاه‌های هواشناسی، سرعت رسیدن به تعادل پارامترها در ظرف چند ثانیه در مقابل شاخص WBGT که به زمانی حدود ۲۰ تا ۳۰ دقیقه نیاز دارد، انتخاب گردیده است (۵).

مطالعه ای که موران و همکاران با استفاده از منابع اطلاعاتی گوناگون برای تعیین و ارتباط بین شاخص WBGT و ESI انجام دادند، ارتباط معنادار بالایی ( $R^2 > 0.981$ ) بین این دو شاخص را نشان داد (۵). ولی با توجه به اینکه تعداد مطالعات انجام شده جهت اثبات این ادعا بسیار کم و ناکافی می‌باشد، نیاز به مطالعات بیشتری احساس می‌شود.

هدف از این مطالعه بررسی ارتباط و میزان همگرایی بین شاخص ESI و WBGT بود تا در صورت امکان بتوان از شاخص ESI به عنوان جایگزین WBGT بهره برد. این شاخص فاقد محدودیت‌های کار با شاخص WBGT می‌باشد و در مدت زمان کمتری نتایج لازم

را ارائه می‌دهد. لازم به ذکر است که در ایران در ایستگاه‌های هواشناسی هر سه متغیر مد نظر در شاخص ESI اندازه‌گیری می‌شود که این امکان را فراهم می‌سازد که بتوان از داده‌های هواشناسی برای ارزیابی شرایط کارگرانی که در محیط‌های روباز فعالیت دارند، بهره برد.

### روش کار

این مطالعه به صورت توصیفی-تحلیلی در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور سال ۱۳۹۲ در شهرستان قم انجام شد. امکان سنجی استفاده از شاخص ESI جهت برآورد استرس حرارتی بر اساس شاخص WBGT انجام شد. در این مطالعه شاخص WBGT هم بر اساس استاندارد ISO7243 و هم بر اساس فرمولی که توسط سازمان هواشناسی استرالیا و دانشگاه آمریکایی پزشکی ورزش ارائه شده است، اندازه‌گیری شد. شاخص ESI نیز بر اساس فرمولی که موران ارائه داده محاسبه گردید.

جهت برآورد شاخص‌های استرس حرارتی پارامترهای محیطی شامل دمای خشک، دمای تر، دمای گوی‌سان، تابش خورشید و رطوبت نسبی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری دمای خشک (Td) با استفاده دماسنج خشک به شماره سریال ۱۷۳۱۸/۰۹ ساخت شرکت Lambrehkt، دمای تر طبیعی (Tnw) با استفاده از دماسنج تر به شماره سریال ۱۶۷۶۰/۰۹ ساخت شرکت Lambrehkt، دمای گوی‌سان با استفاده از دماسنج گوی‌سان به شماره سریال ۱۰۳۱۳۶۱۴ ساخت شرکت TES، رطوبت نسبی با استفاده از رطوبت سنج به سریال ۷۰۰۰۲۲،۰۰۱ ساخت شرکت Lambrehkt و تابش خورشید با استفاده تابش سنج به سریال ۶۴۳ ساخت شرکت Lambrehkt در ساعات مختلف روز و در مجموع ۳۶۰ بار انجام شد که تمام پارامترها در یک زمان اندازه‌گیری شد ولی تعداد ۶۰ اندازه‌گیری به دلیل اینکه مقدار شدت تابش خورشید کوچکتر و مساوی

<sup>3</sup> Moran

<sup>4</sup> Environmental Stress Index

گوی سان، سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی) و متغیر وابسته WBGT و ESI از SPSS-16 و همچنین برای بررسی ارتباط معناداری بین شاخص WBGT و شاخص ESI از ضریب همبستگی پیرسون و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون تی و همچنین جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها علاوه بر SPSS از نرم افزار Excel-2010 نیز استفاده شد.

### یافته‌ها

در جدول ۱ میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر پارامترهای محیطی موثر بر استرس‌های حرارتی ارائه شده است. نتایج برآورد شاخص WBGT بر اساس استاندارد ISO 7243 و فرمول ارائه شده توسط سازمان هواشناسی استرالیا و دانشگاه آمریکایی پزشکی ورزش به همراه نتایج برآورد شاخص ESI در جدول ۲ بیان شده است. نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های WBGT و ESI بر اساس آزمون تی نشان داد که میانگین این شاخص‌ها اختلاف معناداری باهم دارند ( $p < 0.05$ ). نتایج برآورد ضریب همبستگی بین پارامترهای محیطی و شاخص WBGT با شاخص ESI در جدول ۳ نشان داده شده است.

۱۰ بود حذف گردید. مقدار شاخص WBGT بر اساس فرمول ارائه شده در ISO7243 (۷) به کمک فرمول ۱ محاسبه شد:

فرمول ۱.

$$WBGT = 0.7T_{nwb} + 0.2T_g + 0.1T_a \text{ (محیط روباز)}$$

علاوه براین، شاخص WBGT بر اساس فرمولی که توسط سازمان هواشناسی استرالیا و دانشگاه آمریکایی پزشکی ورزش (۸) ارائه داده‌اند (فرمول ۲) محاسبه شد.

فرمول ۲.

$$WBGT = 0.567 \times T_a + 3.94 + 0.393 \times E$$

فرمول ۳.

$$E = RH/100 \times 6.105 \times \exp(17.27 \times T_a / (237.7 + T_a))$$

اندازه‌گیری شاخص ESI با استفاده از فرمول زیر بدست آمد.

فرمول ۴.

$$ESI = 0.63T_a - 0.03RH + 0.002SR + 0.0054(T_a RH) - 0.073(0.1 + SR) - 1$$

دمای خشک ( $T_a$ )، رطوبت نسبی ( $RH$ )، تشعشع خورشید ( $SR$ ).

جهت برآورد شاخص‌های مرکزی و پراکندگی متغیرهای مستقل (دمای خشک، دمای تر، دمای

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار حداقل و حداکثر پارامترهای محیطی اندازه‌گیری شده

| پارامترهای محیطی             | میانگین | انحراف معیار | حداقل | حداکثر |
|------------------------------|---------|--------------|-------|--------|
| دمای خشک ( $T_a$ )           | ۳۱/۵۲   | ۶/۴۷         | ۱۵    | ۴۴     |
| دمای تر ( $T_{tr}$ )         | ۱۶/۸۲   | ۲/۵۹         | ۴     | ۲۲     |
| دمای گوی سان ( $T_{gs}$ )    | ۴۱/۵۲   | ۱۰/۱۵        | ۱۱    | ۶۲     |
| رطوبت نسبی (%)               | ۲۰/۰۴   | ۱/۱          | ۶     | ۶۳     |
| تابش خورشید (وات بر مترمربع) | ۵۷۰/۸۸  | ۳۴۲/۲۹       | ۱۰    | ۱۱۰۴   |

جدول ۲. میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر شاخص‌های استرس گرمایی

| شاخص                                                          | میانگین (°C) | انحراف معیار | حداقل (°C) | حداکثر (°C) |
|---------------------------------------------------------------|--------------|--------------|------------|-------------|
| WBGT (ISO7243)                                                | ۲۳/۲۳        | ۴/۴۴         | ۹/۴۲       | ۳۰/۹۱       |
| WBGT (سازمان هواشناسی استرالیا و دانشگاه آمریکایی پزشکی ورزش) | ۲۵/۲۶        | ۳/۵۲         | ۱۵/۴۱      | ۳۱/۷۳       |
| ESI                                                           | ۲۳/۶۳        | ۳/۹۳         | ۱۲/۱۲      | ۳۰/۶۴       |

جدول ۳. نتایج تعیین ضریب همبستگی بین پارامترهای محیطی و شاخص WBGT

| متغیرهای آماری | دمای تر طبیعی | دمای گوی سان | دمای خشک | SR    | رطوبت نسبی |
|----------------|---------------|--------------|----------|-------|------------|
| ضریب همبستگی   | ۰/۹۱۹         | ۰/۹۴۹        | ۰/۹۱۷    | ۰/۴۸۳ | -۰/۷۱۵     |
| P-value        | ۰/۰۰          | ۰/۰۰         | ۰/۰۰     | ۰/۰۰  | ۰/۰۰       |
| ضریب همبستگی   | ۰/۸۹۵         | ۰/۸۰۳        | ۰/۹۵۹    | ۰/۲۴۵ | -۰/۶۴۶     |
| P-value        | ۰/۰۰          | ۰/۰۰         | ۰/۰۰     | ۰/۰۰  | ۰/۰۰       |

(ISO7243)WBGT

WBGT  
(سازمان هواشناسی استرالیا  
و دانشگاه آمریکایی پزشکی  
ورزش)

بر اساس نتایج جدول ۳ شاخص میزان همبستگی  
شاخص WBGT با پارامترهای محیطی دمای تر،  
خشک و گوی سان بسیار بالا و بیش از ۹۰ درصد است.

نتایج تعیین ضریب همبستگی بین پارامترهای محیطی  
و شاخص ESI در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. نتایج تعیین ضریب همبستگی بین پارامترهای محیطی و شاخص ESI

| متغیرهای آماری | دمای تر طبیعی | دمای گوی سان | دمای خشک | SR    | رطوبت نسبی |
|----------------|---------------|--------------|----------|-------|------------|
| ضریب همبستگی   | ۰/۸۸۳         | ۰/۸۸۳        | ۰/۹۶۴    | ۰/۴۰۸ | -۰/۷۰۶     |
| P-value        | ۰/۰۰          | ۰/۰۰         | ۰/۰۰     | ۰/۰۰  | ۰/۰۰       |

ESI

نتایج جدول ۴ حاکی از این است که میزان همبستگی  
شاخص ESI و پارامترهای محیطی دمای تر، دمای  
گوی سان، دمای خشک، تابش خورشیدی و رطوبت  
نسبی به ترتیب برابر ۰/۸۸، ۰/۸۸، ۰/۹۶، ۰/۴۰ و  
۰/۷۰ - می باشد. بر اساس نتایج این مطالعه ضریب

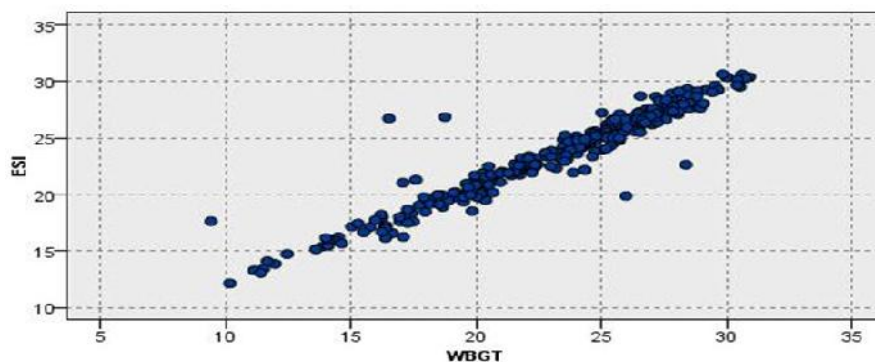
همبستگی بین شاخص ESI و WBGT برابر ۰/۹۵۷  
برآورد شد. نتایج برآورد ضریب همبستگی بین  
شاخص های مختلف استرس حرارتی در جدول ۴ نشان  
داده شده است. شکل ۱ نیز ارتباط بین WBGT و  
ESI را نشان می دهد.

جدول ۴. ضریب همبستگی بین شاخص های مختلف استرس حرارتی

| متغیرهای آماری | (ISO7243)WBGT | WBGT<br>(سازمان هواشناسی استرالیا و دانشگاه آمریکایی پزشکی ورزش) |
|----------------|---------------|------------------------------------------------------------------|
| ضریب همبستگی   | ۰/۹۵۸         | ۰/۹۸۲                                                            |
| P-value        | ۰۰            | ۰۰                                                               |
| ضریب همبستگی   | ۰/۹۲          | ۱                                                                |
| P-value        | ۰۰            | ۰۰                                                               |

ESI

WBGT

(سازمان هواشناسی استرالیا و  
دانشگاه آمریکایی پزشکی ورزش)

شکل ۱. همبستگی میان شاخص WBGT و شاخص ESI

## بحث

با توجه به کثرت تعداد شاغلین محیط‌های روباز و اهمیت عوارض و بیماری‌های ناشی از مواجهه با گرما استفاده از شاخص مناسب که بتواند میزان مواجهه با گرما را تخمین بزند بسیار مهم است. نظر به اینکه سازمان هواشناسی نیز داده‌های وسیعی از پارامترهای محیط را سنجش و ثبت می‌کند، امکان استفاده از این داده‌ها برای ارزیابی استرس گرمائی شاغلین محیط‌های روباز موضوع مهمی است که اساس این تحقیق را به خود اختصاص داد.

از زمانی که ET به عنوان شاخص راحتی بیان شد، متجاوز از ۶۰ نوع شاخص استرس حرارتی معرفی شده‌اند که بسیاری از آنها امروزه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۰). جهت تعیین شاخص بهینه استرس حرارتی در داخل و خارج کشور مطالعات بسیاری صورت گرفته مطالعاتی که در سال‌های گذشته در داخل کشور توسط پورمهابادی (۱۱) در ارتباط با مسائل بهداشت شغلی نانوائی‌ها در منطقه‌ای از تهران در سال ۱۳۶۲، جعفری (۱۲) در سال ۱۳۶۷ جهت تعیین شاخص بهینه استرس گرمایی، و امیزاده (۱۳) جهت تعیین شاخص بهینه استرس گرمایی در سال ۱۳۷۱ انجام داده‌اند، بر اساس مقایسه شاخص استرس گرمایی استوار بوده که اغلب بر برتری شاخص WBGT تاکید نموده‌اند (۱۴). جهت گسترده‌گی محیط‌های شغلی سعی بر این است که جهت تخمین میزان WBGT از داده‌های هواشناسی استفاده شود، اما مشکلی که وجود دارد این است که بعضی از پارامترهای لازم برای برآورد WBGT از جمله دمای تابش در داده‌های هواشناسی وجود ندارد، بنابراین باید از روش‌هایی استفاده کرد که بتوان با استفاده از داده‌های هواشناسی میزان WBGT را محاسبه کرد.

در بین شاخص‌های مطرح، شاخص ESI شاخصی است که پارامترهای مورد نیاز برای سنجش آن جزء داده‌های سنجش شده توسط سازمان هواشناسی است. در میان شاخص‌های مطرح برای ارزیابی

استرس گرمایی محیط‌های روباز، شاخص ESI در این مطالعه مد نظر قرار گرفت تا امکان سنجی کاربرد آن به جای شاخص WBGT بررسی گردد. این شاخص به دلایلی چون سنجش و ثبت داده‌های مورد نیاز محاسبه آن در ایستگاه‌های هواشناسی، سرعت رسیدن به تعادل پارامترها در ظرف چند ثانیه در مقابل شاخص WBGT که به زمانی حدود ۲۰ تا ۳۰ دقیقه نیاز دارد، انتخاب گردید (۵).

بر اساس نتایج این مطالعه میزان همبستگی شاخص WBGT با پارامترهای محیطی دمای تر، خشک و گوی‌سان بسیار بالا و بیش از ۹۰ درصد بود. مطالعات مختلف نشان داد که شاخص WBGT همبستگی بالایی با پارامترهای محیطی دارد (۹)، همچنین نتایج این مطالعه حاکی از این است که میزان همبستگی شاخص ESI و پارامترهای محیطی دمای تر، دمای گوی‌سان، دمای خشک، تابش خورشیدی و رطوبت نسبی به ترتیب برابر ۰/۸۸، ۰/۸۸، ۰/۹۶، ۰/۴۰ و ۰/۷۰- می‌باشد. ضریب همبستگی بین پارامترهای محیطی با شاخص ESI و ضریب همبستگی بین پارامترهای محیطی با شاخص WBGT نزدیک به هم هستند. این نتایج نشان می‌دهد پارامترهایی که برای محاسبه شاخص ESI انتخاب شده با شاخص WBGT هماهنگی دارد، این موضوع در اعتبار سنجی شاخص ESI اهمیت زیادی دارد.

بر اساس نتایج این مطالعه ضریب همبستگی بین ESI و WBGT، ۰/۹۵۸، بدست آمد. در مطالعه‌ای که موران و همکاران برای بررسی امکان جایگزینی شاخص ESI با شاخص WBGT انجام دادند، ضریب همبستگی بین شاخص WBGT و ESI را ۰/۹۸۱ بدست آوردند (۶) همچنین در مطالعه دیگری که موران و همکاران برای ارزیابی شاخص ESI برای در محیط‌های گرم و خشک و همچنین گرم و مرطوب انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ضریب همبستگی این دو شاخص در محیط گرم و خشک ۰/۹۸۵ و در محیط گرم و

مرطوب ۰/۹۸۲ می‌باشد که با مطالعه حاضر همخوانی داشت (۵).

بر اساس نتایج مطالعات انجام شده و نتایج این مطالعه، شاخص ESI همبستگی بالایی با شاخص WBGT دارد و طبق مطالعه موران و همکاران برای بررسی ارزیابی شاخص ESI با استفاده از متغیرهای فیزیولوژیک، این شاخص همبستگی خوبی ( $R > 0/838$ ) با فاکتورهای فیزیولوژیک دارد (۶). این مطالعات نشان دهنده اعتبار بالای شاخص ESI برای محیط‌های روباز می‌باشد.

### نتیجه گیری

در این مطالعه به دلیل همبستگی بالایی که شاخص ESI با شاخص WBGT داشت و از آنجا که پارامترهایی که برای محاسبه این شاخص مورد نیاز است در سازمان هواشناسی ایران اندازه‌گیری

می‌شود و همچنین سهولت اندازه‌گیری این پارامترها، می‌توان از شاخص ESI برای ارزیابی استرس حرارتی در مشاغل روباز استفاده کرد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی تحت عنوان ارزیابی استرس حرارتی در شاغلین کارگاه‌های آجری شهرستان قم، مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران در سال ۱۳۹۲ با کد ۲۲۸۷۷-۲۷-۰۳-۹۲ می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است. نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از سازمان هواشناسی استان قم که هم از جهت نیروی انسانی و هم ارائه اطلاعات با نویسندگان همکاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

### References

- 1- Miller VS, Bates GP. The Thermal Work Limit is a simple reliable heat index for the protection of workers in thermally stressful environments. *Annals of occupational hygiene*. 2007;51(6):553-61.
- 2- Ramsey JD, Burford CL, Beshir MY, Jensen RC. Effects of workplace thermal conditions on safe work behavior. *Journal of safety research*. 1983;14(3):105-14.
- 3- Wan M. Occupational exposure to hot environments: Florida workers need help. *Florida Public Health Review*. 2004;1:53-5.
- 4- Morioka I, Miyai N, Miyashita K. Hot environment and health problems of outdoor workers at a construction site. *INDUSTRIAL HEALTH-KAWASAKI*. 2006;44(3):474.
- 5- Moran DS, Pandolf KB, Shapiro Y, Heled Y, Shani Y, Mathew W, et al. An environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT). *Journal of thermal biology*. 2001;26(4):427-31.
- 6- Moran D, Pandolf K, Shapiro Y, Laor A, Heled Y, Gonzalez R. Evaluation of the environmental stress index for physiological variables. *Journal of thermal biology*. 2003;28(1):43-9.
- 7- Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. *Industrial Health*. 2006;44(3):368-79.
- 8- Kjellstrom T, Kovats RS, Lloyd SJ, Holt T, Tol RS. The direct impact of climate change on regional labor productivity. *Archives of Environmental & Occupational Health*. 2009;64(4):217-27.
- 9- Golbabaie F, Rostami Aghdam Shendi M, Monazzam M, Hosseini M, Yazdani avval M. Investigation of heat stress based on WBGT index and its relationship with physiological parameters among outdoor workers of Shabestar city. *JHSW*. 2015; 5 (2) :85-94
- 10- kalantari a. Evaluation and validation of thermal stress in Mobarakeh Steel foundry unit. *Work of health*. 2005;2:1-2
- 11- poormahabadian m. Occupational health assessment within the area bakeries in the heat of Tehran. Master's thesis occupational health. 0983.
- 12- Jafari MJ. Optimization of heat stress for workers working shifts in a factory casting. Master's thesis occupational health. 1988.

- 13- zadeh fa. Determination index of heat stress in a hot and humid Industry. Master's thesis occupational health. 1992.
- 14- Golmohammad R, Hassani M, Zamanparvar A, Oliaei M, Aliabadi M, Mahdavi S. Comparing the Heat Stress Index of HSI and WBGT in BakeryWorkplaces in Hamadan. Iran Occupational Health. 2006;3(2):8-0.
- 15- Dehghan H, Habibi E, Yousefi H, Hasanzadeh A. Survey of the relationship of heat strain scoring index and wet bulb globe temperature index with physiological strain index among men in hot work Environments. Health Syst Res. 2012;7:1148-56.
- 16- Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. Ind Health 2006; 44(3): 368-79.
- 17- Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Ind Health 2006; 44(3): 388-98.
- 18- Golbabaei F. Human thermal stress at work. Tehran: Tehran University Press; 2002.
- 19- Budd GM. Wet-bulb globe temperature (WBGT)--its history and its limitations. J Sci Med Sport 2008; 11(1): 20-32.