

## Heat Stress Assessment in Outdoor Workplaces of a Hot Arid Climate Based on Meteorological Data: A Case Study in Qom, Iran

Hajizadeh R.<sup>1</sup> MSc, Farhang Dehghan S.<sup>2</sup> MSc, Mehri A.<sup>3</sup> MSc  
Golbabaie F.<sup>2\*</sup> PhD, Beheshti M.H.<sup>4</sup> MSc, Haghghatjou H.<sup>5</sup> BSc

<sup>1</sup> Department of Occupational Health Engineering, School of Medicine, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Department of Occupational Health, School of Public Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

<sup>4</sup> Department of Occupational Health, School of Public Health, Gonabad University of Medical Sciences, Khorasan Razavi, Iran

<sup>5</sup> Head of Engineering and Meteorological Equipment of Qom, Qom, Iran

### Abstract

**Aims:** The aim of the present research was to assess the occupational heat stress using WBGT and ESI indexes in outdoor workplaces of the Qom province as a hot-arid climate based on meteorological data.

**Methods:** This cross-sectional study was performed based on meteorological data of the Qom meteorological stations in 2013 (from June to September). Environmental parameters including dry temperature, dry soil surface temperature, solar radiation, relative humidity and air velocity were measured every 10 minutes from 7 am to 7 pm. The WBGT index based on the formula provided by the Australian Meteorological Organization was prepared and the ESI index was calculated based on the formula proposed by Moran.

**Results:** The mean WBGT and ESI were 27°C and 25.58°C, respectively. The maximum value of WBGT (28.59°C) was recorded between 15 pm to 16 pm and the maximum value of ESI (27.49°C) was measured between 14 and 15 pm. According to the independent sample-T-test, ESI and WBGT was significantly higher in July than its values in the other months ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** The weather conditions in hot seasons are not suitable for outdoor workplaces with heavy workloads; and the administrative and engineering control measures should be considered seriously.

**Keywords:** Outdoor Workplaces, Heat Stress, WBGT Index, ESI Index

## بررسی استرس گرمایی در مشاغل روباز مناطق گرم و کویری بر اساس داده‌های هواشناسی مطالعه موردی: قم-ایران

روح اله حاجی‌زاده<sup>۱</sup> MSc، سمیه فرهنگ دهقان<sup>۲</sup> MSc، احمد مهبری<sup>۳</sup> MSc  
فریده گلبابایی\*<sup>۲</sup> PhD، محمدحسین بهشتی<sup>۴</sup> MSc، حسن حقیقت‌جو<sup>۵</sup> BSc

<sup>۱</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
<sup>۳</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران  
<sup>۴</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران  
<sup>۵</sup> مهندس ارتباطات و فناوری اطلاعات، رئیس اداره مهندسی و تجهیزات هواشناسی استان قم، قم، ایران

### چکیده

**اهداف:** هدف از پژوهش حاضر، بررسی استرس‌های گرمایی توسط شاخص‌های دمای تر گوی‌سان (WBGT) و استرس محیطی (ESI) بر اساس داده‌های هواشناسی در مشاغل روباز استان قم به‌عنوان یک منطقه گرم و کویری است.  
**روش‌ها:** این مطالعه به‌صورت توصیفی-تحلیلی بر اساس داده‌های هواشناسی در چهار ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور سال ۱۳۹۲ انجام شد. پارامترهای محیطی در هر ۱۰ دقیقه از ساعت ۷ تا ۱۹ اندازه‌گیری و ثبت شد. شاخص WBGT بر اساس فرمول ارائه‌شده توسط سازمان هواشناسی استرالیا و دانشگاه آمریکایی پزشکی ورزش و شاخص ESI بر اساس فرمول پیشنهادی توسط موران محاسبه شد.  
**یافته‌ها:** میانگین WBGT و ESI در کل چهار ماه به ترتیب  $27^{\circ}\text{C}$  و  $25/58^{\circ}\text{C}$  به‌دست آمد. بیشترین مقدار WBGT ( $28/59^{\circ}\text{C}$ ) بین ساعت ۱۵ تا ۱۶ و بیشترین مقدار ESI ( $27/49^{\circ}\text{C}$ ) بین ساعت ۱۴ تا ۱۵ به‌دست آمد. میانگین شاخص‌ها در ماه تیر به‌طور معنی‌داری بیشتر از ماه‌های دیگر اندازه‌گیری بود ( $P < 0/05$ ).  
**نتیجه‌گیری:** شرایط جوی برای مشاغل روباز در فصل تابستان برای انجام کار با بار کاری بالا مساعد نیست و باید تدابیر کنترلی و مدیریتی اندیشیده شود.

**کلیدواژه‌ها:** مشاغل روباز، استرس گرمایی، شاخص WBGT، شاخص ESI

## مقدمه

استرس گرمایی، یکی از عوامل زیان‌آور محیط کار می‌باشد که به‌عنوان یکی از عوامل آسیب‌رسان به سلامتی کارگران در محیط‌های کاری خصوصاً در کشورهای درحال توسعه شناخته شده است. استرس گرمایی می‌تواند باعث ایجاد اختلال در سلامتی افراد مواجهه یافته با گرما شود. استرس گرمایی، عامل زیان‌آور شغلی بسیاری از صنایع مانند ریخته‌گری، شیشه‌گری، ذوب فلزات و معدن کاری به شمار می‌آید [۱، ۲]. علاوه بر کارگران این‌گونه صنایع، نیروهای کاری در مشاغل روباز نظیر مشاغل نظامی، کشاورزی، ساختمان‌سازی، جاده‌سازی، کار در محل دفن زباله و... طی فصول گرم به‌ویژه در مناطق گرمسیری به دلیل کار در هوای آزاد و مواجهه مستقیم با تابش نور خورشید در معرض خطر استرس حرارتی بیشتری قرار دارند. البته در کنار شرایط جوی نامناسب، فعالیت بدنی سنگین و در نتیجه تولید گرمای حاصل از سوخت‌وساز در بدن را نیز باید به این دشواری افزود [۳-۶].

مطالعات نشان داده‌اند که مواجهه بیش‌ازحد با گرما عوارض زیادی از جمله، خستگی ناشی از گرما، کرامپ عضلانی، گرم‌زدگی، جوش‌های گرمایی، علائم عصبی و روانی و کاهش بازده کاری در شاغلین محیط‌های گرم ایجاد می‌کند. در اختلالات خفیف و متوسط از جمله کرامپ‌های عضلانی و خستگی گرمایی مکانیسم تنظیم حرارت بدن آسیب نمی‌بیند اما در شوک گرمایی تنظیم حرارت بدن مختل شده و زندگی فرد به خطر می‌افتد [۷]. همچنین عدم تأمین آب و املاح از دست‌رفته بدن در محیط‌های گرم، اصلی‌ترین عامل مستعد کننده ابتلا به اختلالات ناشی از گرما به شمار می‌آید. البته عوامل دیگری مانند چاقی، ابتلا به برخی بیماری‌های مزمن، استفاده از برخی داروها، عدم تطابق با گرما، رژیم غذایی کم‌نمک و استفاده از پوشش‌های نامناسب را می‌توان به این عوامل افزود [۸، ۹].

استرس گرمایی علاوه بر افزایش احتمال بیماری‌های قلبی و عروقی و افزایش امکان حوادث ناشی از کار [۱۰، ۱۱] در مواردی منجر به مرگ نیز می‌گردد. در حال حاضر تعداد مرگ‌ومیرهای ناشی از استرس گرمایی در محیط‌های کار در آمریکا و کانادا سالانه ۲۲۰ مورد می‌باشد. اداره بهداشت تورنتوی کانادا پیش‌بینی کرده است که مرگ‌ومیرهای ناشی از گرما در محیط‌های کار در این ایالت از ۲۰ مورد در سال ۲۰۰۱ به حدود ۳۰۰ مورد در سال ۲۰۲۰ خواهد رسید [۱۲].

از سال ۱۹۹۳ تاکنون تعداد گرم‌زدگی در محیط‌های شغلی هر ساله افزایش پیدا کرده است و دو سوم گرم‌زدگی‌های رخ داده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ مربوط به مشاغل روباز بوده است. همچنین لازم به ذکر است که در مشاغل روباز به دلیل شرایط حاکم بر محیط کار امکان کنترل عوامل زیان‌آور خصوصاً گرما به کمک روش‌های فنی مهندسی امکان‌پذیر نیست و این مسئله خود دامنه روش‌های کنترلی عوامل زیان‌آور در این‌گونه مشاغل را

کاهش می‌دهد [۱۳].

همان‌طور که گفته شد کارگران زیادی در مشاغل مختلف در معرض استرس حرارتی هستند. کارگران شاغل در مشاغل روباز، به دلیل مواجهه مستقیم با تابش خورشید و همچنین کنترل سخت محیط کاری این کارگران، بیشتر از دیگر کارگران در معرض خطر قرار دارند. شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی استرس حرارتی وجود دارد ولی طبق مطالعات صورت گرفته [۱۴، ۱۵] شاخص‌های دمای تر گوی‌سان (WBGT: Wet-Bulb Globe Temperature) و استرس محیطی (ESI: Environmental Stress Index) از جمله شاخص‌هایی است که می‌توان برای ارزیابی استرس حرارتی در مشاغل روباز استفاده کرد. ارزیابی پارامترهای جوی برای محاسبه شاخص‌های استرس گرمایی معمولاً زمان‌بر و پرهزینه می‌باشند و به‌جای آن‌ها به‌ویژه در ارزیابی‌های محیطی برای مشاغل روباز می‌توان از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی منطقه نیز استفاده نمود. استفاده از داده‌های هواشناسی به دلیل ارزان، جامع و دقیق بودن می‌تواند اهمیت خاصی داشته باشد که به‌طور پیوسته در ایستگاه‌های هواشناسی ثبت می‌شود.

نظر به اینکه اختلالات مذکور طی فصل تابستان، سلامت جمع کثیری از کارگران مشاغل روباز را به‌طور جدی تهدید می‌کند و با توجه به این‌که هرگونه اقدامات کنترلی در این زمینه مستلزم شناسایی وضعیت موجود می‌باشد، این تحقیق به‌منظور ارزیابی استرس گرمایی کارگران مشاغل روباز شهرستان قم به‌عنوان نمونه‌ای از اقلیم گرم-خشک ایران به‌منظور حفظ و ارتقای سطح سلامت نیروی کار در این مشاغل با استفاده از شاخص‌های WBGT و ESI بر اساس داده‌های هواشناسی انجام شد.

## روش‌ها

این مطالعه در چهار ماه گرم سال شامل خرداد، تیر، مرداد و شهریور سال ۱۳۹۲ در شهرستان قم صورت گرفت. دمای خشک، دمای سطح خاک، سرعت جریان هوا، رطوبت نسبی و تابش خورشید در هر ۱۰ دقیقه از ساعت ۷ صبح تا ۷ بعدازظهر در ایستگاه‌های هواشناسی شهرستان قم اندازه‌گیری و ثبت شد. از مجموع ۸۵۹۸ داده ثبت‌شده، ۲۷۵ مورد داده گم شده وجود داشت که مربوط به اندازه‌گیری دمای سطح خاک در ماه تیر بود. اندازه‌گیری تمام پارامترها در یک زمان صورت گرفت. در این پژوهش میزان WBGT بر اساس فرمولی (فرمول ۱) که توسط سازمان

هواشناسی استرالیا ارائه داده‌اند، محاسبه شد [۴، ۱۶].

فرمول ۱):  $WBGT = 0.567 \times Ta + 3.94 + 0.393 \times E$   
فرمول ۲):

$$E = \frac{RH}{100} \times 6.105 \times \exp\left(17.27 \times \frac{Ta}{237.7 + Ta}\right)$$

WBGT: شاخص استرس گرمایی دمای تر گوی‌سان (درجه سانتی‌گراد)

Ta دمای خشک (درجه سانتی‌گراد) و RH رطوبت نسبی (درصد)

T-test استفاده شد.

### نتایج

میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در ساعات مختلف روز در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است دمای خشک در ساعت ۱۵ تا ۱۶ (۳۸/۳۱ °C) بیشتر از ساعات دیگر می‌باشد. بیشترین مقدار رطوبت نسبی (۲۹/۳۲٪) در ساعت بین ۷ تا ۸ صبح می‌باشد. بیشترین مقدار تابش خورشید (۹۲۸/۹۷ وات بر متر) بین ساعت ۱۲ تا ۱۳ به‌دست آمد و بیشترین مقدار سرعت جریان هوا (۷/۴۴ متر بر ثانیه) بین ساعت ۱۳ تا ۱۴ به‌دست آمد.

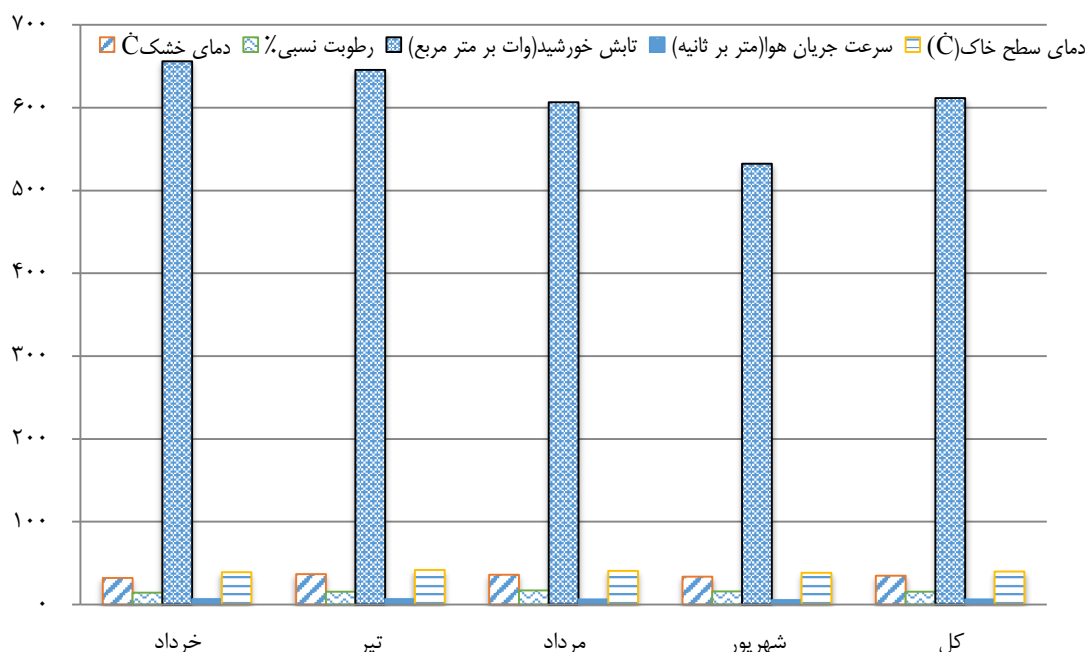
می‌باشد. شاخص ESI با استفاده از فرمول ۳ به‌دست آمد [۱۵].

$$\text{ESI} = 0.63\text{Ta} - 0.03\text{RH} + 0.002\text{SR} + 0.0054(\text{Ta RH}) - 0.073(0.1 + \text{SR}) - 1 \quad \text{فرمول (۳)}$$

ESI، شاخص استرس محیطی (درجه سانتی‌گراد) SR، تابش خورشیدی (وات بر مترمربع) و RH رطوبت نسبی (درصد) می‌باشد. جهت برآورد شاخص‌های مرکزی و پراکندگی متغیرهای مستقل (دمای خشک، دمای تر، دمای گوی‌سان، سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی) و متغیرهای وابسته (WBGT و ESI) و برای بررسی نوع ارتباط بین شاخص WBGT و شاخص ESI و پارامترهای محیطی و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS16 و EXCEL 2010 و از آزمون آماری ANOVA

جدول ۱. میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در ساعات مختلف روز

پارامترهای محیطی	۷-۸	۸-۹	۹-۱۰	۱۰-۱۱	۱۱-۱۲	۱۲-۱۳	۱۳-۱۴	۱۴-۱۵	۱۵-۱۶	۱۶-۱۷	۱۷-۱۸	۱۸-۱۹
میانگین	۲۶/۶۴	۲۹/۵۱	۳۱/۶۴	۳۳/۳۳	۳۴/۷۹	۳۶/۰۶	۳۷/۰۷	۳۷/۸۷	۳۸/۳۱	۳۸/۳	۳۷/۷۸	۲۶/۱۴
انحراف معیار	۳/۰۱	۲/۸۲	۲/۸۲	۲/۷۷	۲/۸۵	۲/۹۲	۳/۰۳	۳/۱۴	۲۲/۳	۳/۳۴	۳/۴۸	۳/۹
ضریب تغییرات	۱۵	۱۶	۱۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۸	۲۱
میانگین	۲۹/۳۲	۲۳/۶۱	۲۰/۱۷	۱۷/۷۳	۱۵/۷۹	۱۴/۰۵	۱۲/۸۲	۱۱/۸۹	۱۱/۳	۱۱/۰۳	۱۱/۱۸	۱۲/۳۴
انحراف معیار	۸/۰۶	۶/۷۶	۶/۰۶	۵/۶۸	۵/۲۹	۴/۷۲	۴/۳۵	۴/۱۱	۳/۹	۳/۹۱	۳/۹۱	۴/۴
ضریب تغییرات	۴۵	۳۹	۳۱	۲۶	۲۴	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۲۳	۱۹	۲۶
میانگین	۳۵۱/۳	۵۵۴/۳	۷۱۹/۲	۸۳۷/۹	۹۱۱/۹	۹۲۸/۹	۸۸۹	۷۹۷/۸	۶۴۸/۹	۴۵۹/۴	۲۵۰/۱	۶۸/۴۵
انحراف معیار	۸۷/۷۸	۸۴/۰۲	۷۴/۱۵	۸۰/۸۴	۶۰/۱۸	۶۳/۶	۷۹/۱۶	۷۷/۶۴	۹۹/۶۱	۱۰۴/۸	۹۶/۷۳	۵۸/۶۲
ضریب تغییرات	۵۴۰	۵۹۰	۶۵۶	۸۷۷	۷۳۸	۹۰۹	۹۳۰	۶۲۰	۸۴۲	۷۲۸	۴۲۶	۲۶۲
میانگین	۳/۴۸	۴/۴۷	۵/۵۴	۶/۲۹	۶/۹۷	۷/۱۸	۷/۴۴	۷/۳۳	۷/۰۳	۶/۹۳	۶/۳۹	۵/۲۳
انحراف معیار	۲/۵۴	۲/۷۶	۲/۷۹	۲/۴۸	۲/۲۵	۲/۲۲	۲/۲۳	۲/۳۳	۲/۳۶	۲/۶۲	۲/۶۷	۲/۷۴
ضریب تغییرات	۱۲	۱۳	۱۳	۱۲	۱۳	۱۴	۱۴	۱۵	۱۲	۲۷	۱۵	۱۶
میانگین	۲۹/۵	۳۴/۷۹	۳۸/۵۳	۴۱/۲۵	۴۳/۱۹	۴۴/۲۷	۴۴/۶۵	۴۴/۵۴	۴۳/۳۵	۴۰/۴۱	۳۹/۵۸	۳۵/۸۸
انحراف معیار	۳/۹	۳/۷۲	۳/۷	۳/۵۸	۳/۴۵	۳/۳۴	۳/۳۶	۳/۵	۳/۸۲	۳/۶۳	۴/۱۳	۴/۵۹
ضریب تغییرات	۲۱	۲۳	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۶	۲۷	۲۴



شکل ۱. میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در ماه‌های مورد مطالعه در ایستگاه هواشناسی شهرستان قم

در مجموع چهار ماه اندازه‌گیری، میانگین دمای خشک، دمای سطح خاک، رطوبت نسبی، تابش خورشیدی و سرعت جریان هوا اندازه‌گیری شده به ترتیب برابر  $34.96^{\circ}\text{C}$ ،  $40.03\%$ ،  $15.67\%$ ،  $61.66$  وات بر متر و  $6.19$  متر بر ثانیه بود.

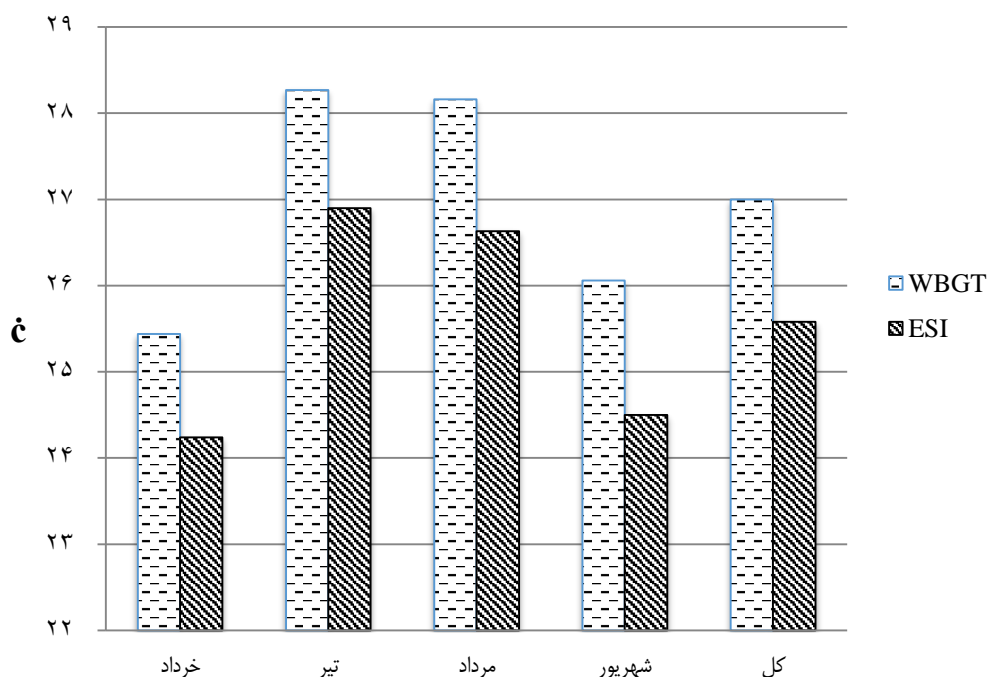
جدول ۲ میانگین شاخص WBGT و ESI در ساعات مختلف روز را نشان می‌دهد. طبق جدول ۲ بیشترین مقدار WBGT ( $28.59^{\circ}\text{C}$ ) بین ساعت ۱۵ تا ۱۶ به‌دست آمد و بیشترین مقدار ESI ( $27.49^{\circ}\text{C}$ ) بین ساعت ۱۴ تا ۱۵ به‌دست آمد.

نتایج برآورد ضریب همبستگی بین پارامترهای محیطی، شاخص WBGT و شاخص ESI در جدول ۳ آورده شده است. رابطه این دو شاخص با یکدیگر و با تمام پارامترهای جوی اندازه‌گیری شده از نظر آماری معنی‌دار بود. شاخص ESI قوی‌ترین رابطه را با دمای خشک داشت ( $R=0.938$ ) و رابطه این شاخص با درصد رطوبت نسبی معکوس بود ( $R=-0.552$ ). رابطه شاخص WBGT با تمام پارامترهای جوی مورد بررسی مثبت و قوی‌ترین رابطه برای دمای خشک به‌دست آمد ( $R=0.933$ ).

میانگین پارامترهای محیطی اندازه‌گیری شده جهت برآورد شاخص‌های استرس گرمایی در ماه‌های مختلف در شکل ۱ آورده شده است. بیشترین میزان دمای خشک، مربوط به ماه تیر ( $36.74^{\circ}\text{C}$ ) می‌باشد. طبق آنالیزهای آماری، میانگین دمای خشک در ماه تیر اختلاف معناداری با ماه‌های دیگر دارد ( $P=0.0001$ ). بیشترین میزان رطوبت نسبی مربوط به ماه مرداد ( $16.93\%$ ) بوده است و میانگین رطوبت نسبی مردادماه اختلاف معناداری با ماه‌های دیگر دارد ( $P=0.0001$ ). بیشترین میزان تابش خورشیدی، در ماه خرداد ( $655.95$  وات بر مترمربع) به‌دست آمد و میانگین تابش خورشیدی خردادماه اختلاف معناداری با ماه‌های دیگر دارد ( $P=0.0001$ ). بیشترین میزان سرعت جریان هوا هم در ماه خرداد ( $6.62$  متر بر ثانیه) سنجش و ثبت شده است. آنالیز آماری نشان داد که سرعت جریان هوا اختلاف معناداری با ماه‌های مرداد و شهریور دارد ( $P=0.0001$ )، ولی با ماه تیر این اختلاف معنادار نمی‌باشد ( $P>0.05$ ).

جدول ۲. میانگین شاخص WBGT و ESI در ساعات مختلف روز

پارامترهای محیطی	۷-۸	۸-۹	۹-۱۰	۱۰-۱۱	۱۱-۱۲	۱۲-۱۳	۱۳-۱۴	۱۴-۱۵	۱۵-۱۶	۱۶-۱۷	۱۷-۱۸	۱۸-۱۹
میانگین WBGT ( $^{\circ}\text{C}$ )	۲۳/۰۴	۲۴/۴۶	۲۵/۵۲	۲۶/۳۴	۲۷/۰۴	۲۷/۰۶	۲۸/۰۷	۲۸/۴۱	۲۸/۵۹	۲۸/۵۱	۲۸/۱۶	۲۷/۲۵
انحراف معیار	۲/۲۱	۲/۰۳	۱/۹۳	۱/۷۹	۱/۸	۱/۸۲	۱/۸۸	۱/۹۲	۱/۹۶	۲/۰۲	۲/۰۸	۲/۳۶
ضریب تغییرات	۱۰/۶۴	۱۰/۲۴	۹/۴۲	۹/۰۸	۹/۴۲	۹/۵۹	۱۰/۳۸	۱۰/۰۸	۱۰/۲۶	۱۰/۷۳	۱۰/۸۳	۱۱/۴۳
میانگین ESI ( $^{\circ}\text{C}$ )	۲۰/۷۸	۲۲/۷۱	۲۴/۱۷	۲۵/۲۸	۲۶/۱۹	۲۶/۸۵	۲۷/۲۸	۲۷/۴۹	۲۷/۴	۲۶/۹۶	۲۶/۲	۲۴/۷۸
انحراف معیار	۲/۲۳	۱/۹۸	۱/۸۵	۱/۷۳	۱/۷۱	۱/۷۶	۱/۸۴	۱/۸۹	۱/۹۷	۲/۰۶	۲/۱۴	۲/۵۴
ضریب تغییرات	۱۱/۲۲	۱۰/۴۱	۹/۲۶	۹/۹۳	۹/۲	۹/۲۲	۹/۹	۹/۸۷	۱۰/۶۵	۱۰/۸۵	۱۱/۲۶	۱۲/۷۴



شکل ۲. میانگین شاخص WBGT و ESI در ماه‌های مختلف مورد مطالعه

جدول ۳. ضریب همبستگی بین شاخص‌های WBGT و ESI با پارامترهای محیطی

شاخص	متغیرهای آماری	دمای خشک (°C)	تابش خورشیدی (وات بر مربع)	رطوبت نسبی (%)	سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه)	WBGT (°C)
ESI	ضریب همبستگی	۰/۹۳۸	۰/۳۲	-۰/۵۵۲	۰/۳۲۶	۰/۹۷۳
(°C)	P-value	..	..	..	..	..
WBGT	ضریب همبستگی	۰/۹۳۳	۰/۱۲۱	۰/۴۸۶	۰/۲۶۶	۱
(°C)	P-value	..	..	..	..	..

## بحث

شاخص WBGT در بین ساعات ۱۴ تا ۱۷ و میانگین شاخص ESI در بین ساعات ۱۳ تا ۱۶ بیشتر از ساعات دیگر می‌باشد. مطالعه‌ای که کورتز در سال ۲۰۰۶-۲۰۰۷ بر روی کشاورزان در نیکاراگوئه انجام داد نشان داد که مقدار WBGT در ساعت ۱۳:۴۰ بیشتر از ۱۲:۴۰ می‌باشد البته ساعات بعدازظهر در این مطالعه بررسی نشده است [۲۲]. در مطالعه‌ای که موریوکا و همکاران در سال ۲۰۰۶ بر روی کارگران ساختمان‌سازی انجام دادند نشان داد که میزان WBGT در ساعات حدود ۱۳ تا ۱۵ بیشتر از ساعات دیگر می‌باشد [۱۳]. مطالعه‌ای که حاجی‌زاده و همکاران برای ارزیابی استرس حرارتی در مشاغل کوچک استان قم انجام دادند به این نتیجه رسیدند که میزان WBGT در حدود ساعت ۱۶ بیشتر از ساعات دیگر اندازه‌گیری شده می‌باشد [۲۲] که با مطالعه‌ی ما همخوانی دارد. همان‌طوری که در جدول ۳ نشان داده شده است در این ساعات خطر استرس گرمایی بیشتر از بقیه‌ی ساعات می‌باشد. یکی از دلایل افزایش دما در این ساعات (°C ۳۸/۳۱) افزایش دمای سطح خاک و اضافه شدن گرمای تابشی تجمعی سطح خاک در طول روز می‌باشد که باعث افزایش WBGT در این ساعات شده است دلیل دیگر می‌تواند به علت زاویه‌ی تابش خورشید باشد [۲۲]. لذا برنامه‌ریزی‌های بهداشتی و اقدامات پیشگیرانه در این ساعات باید جدی گرفته شود.

طبق جدول ۳ شاخص ESI همبستگی بالایی با شاخص WBGT دارد (R=۰/۹۷۳). مطالعه‌ای که موران و همکاران در سال ۲۰۰۱ برای بررسی امکان جایگزینی شاخص ESI با شاخص WBGT انجام دادند ضریب همبستگی بین شاخص WBGT و ESI را ۰/۹۸۱ به دست آوردند [۱۹]. همچنین مطالعه‌ای که موران و همکاران در سال ۲۰۰۶ برای ارزیابی شاخص ESI در محیط‌های گرم - 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 است که با مطالعه حاضر همخوانی دارد [۱۵]. این نتایج نشان می‌دهد که شاخص ESI شاخص مناسبی برای ارزیابی محیط‌های کاری روباز می‌باشد.

بر اساس نتایج این مطالعه میانگین WBGT در ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و در مجموع ماه‌های اندازه‌گیری به ترتیب °C ۲۸/۲۷، °C ۲۸/۱۶، °C ۲۶/۰۶ و °C ۲۷ به دست آمد که بر اساس استاندارد ISO 7243 برای مشاغلی که بارکاری بالا و

گروه‌های کاری زیادی مثل مشاغل نظامی، کارگران بخش کشاورزی، راه‌سازی، دامداری، معادن، سدسازی، شهرداری، ماهیگیری، جنگلداری و ... در محیط‌های روباز فعالیت می‌کنند. این کارگران به‌ویژه در اقلیم‌ها و فصول گرم علاوه بر انرژی گرمای حاصل از فعالیت و پارامترهای محیطی به دلیل تابش مستقیم خورشید در معرض استرس حرارتی قرار دارند. با توجه به این که در حال حاضر گرمایش جهانی، تمامی کشورها از جمله ایران را متأثر کرده است [۱۷]، این امر اهمیت توجه به مشاغل روباز را دوچندان می‌کند که می‌توان با انجام تحقیقات مرتبط نسبت به تدوین سیاست‌گذاری‌های بهداشتی برای کاهش مواجهه‌ی این کارگران با گرما اقدام نمود. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که شاخص WBGT و ESI، شاخص‌های مناسبی برای تعیین استرس حرارتی در مشاغل روباز می‌باشد [۱۴، ۱۵]. مطالعه‌ای که اوهاشی و همکاران در سال ۲۰۰۷ در ژاپن انجام دادند [۱۸] از داده‌های هواشناسی و شاخص WBGT برای ارزیابی استرس حرارتی استفاده کردند. علاوه بر این، موران و همکاران [۱۹] هم نشان دادند که شاخص ESI هم می‌تواند برای ارزیابی استرس حرارتی جایگزین WBGT شود. با توجه به این مطالعات، در مطالعه‌ی حاضر از این دو شاخص برای ارزیابی استرس حرارتی کارگران شاغل در محیط‌های روباز استان قم استفاده شد.

طبق نتایج به‌دست‌آمده میانگین شاخص WBGT و ESI در تیرماه بیشتر از سایر ماه‌های موردبررسی می‌باشد. مطالعه‌ای که زارع ایبانه و همکاران در سال ۱۳۹۱ برای بررسی تأثیر پدیده‌ی انسو بر تغییرات دمای ماهانه در کشور ایران انجام دادند نشان داد که دمای هوا در ماه تیر بیشتر از ماه‌های دیگر می‌باشد [۲۰] که با مطالعه حاضر همخوانی دارد. مطالعه‌ای که مائدا و همکاران در ژاپن بر روی ریسک فاکتورهای گرم‌زدگی بر روی کارگران جنگل انجام دادند به این نتیجه رسیدند که میزان مرگ‌ومیر در اثر گرم‌زدگی در ماه جولای و آگوست بیشتر از ماه‌های دیگر می‌باشد که نشان می‌دهد در ماه‌هایی که هوا گرم است میزان مرگ‌ومیر بیشتر می‌باشد [۲۱]. این مطالعات نشان می‌دهد که کارگران مشاغل روباز در این ماه، بیشتر از ماه‌های دیگر در خطر استرس حرارتی و بیماری‌های دیگر ناشی از گرما قرار دارند. با توجه به همخوانی نتایج مربوط به پارامترهای محیطی با مطالعه مذکور، احتمال رخداد نتایج این مطالعه حاکی از آن است که میانگین

به‌طور مثال در ماه‌های گرم سال، برای کنترل مواجهه با گرما می‌توان کارها را در ساعات اولیه صبح یا از ساعت ۱۷ به بعد انجام داد و برای مشاغلی که تعطیلات تابستانی در نظر گرفته می‌شود می‌توان ماه تیر را به‌عنوان زمان تعطیلات سالیانه آن‌ها مدنظر قرارداد تا شاغلین در معرض استرس حرارتی کمتری قرار گیرند. همچنین فراهم نمودن نوشیدنی‌های خنک جهت تأمین مقدار آب موردنیاز بدن می‌تواند تا حدودی دمای بدن آن‌ها را کاهش دهد. در این مطالعه به‌منظور ارزیابی استرس گرمایی در مشاغل روباز، اندازه‌گیری‌های پارامترهای هواشناسی در چهار ماه گرم سال در یک منطقه گرم و خشک صورت گرفت، ولیکن با توجه به پدیده گرمایش جهانی زمین (Global warming) در دهه‌های آتی و همچنین به‌منظور کسب نتایج قطعی‌تر و بررسی شرایط جوی در این نوع مشاغل پیشنهاد می‌شود که اندازه‌گیری‌ها در سایر فصول و سایر اقلیم‌ها به تفکیک نوع شغل تکرار شود. امید است که از این طریق، بتوان گامی در جهت حفظ و صیانت از سلامت نیروی انسانی مشاغل روباز برداشت.

**تشکر و قدردانی:** این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی تحت‌عنوان ارزیابی استرس‌حرارتی در شاغلین کارگاه‌های آجریزی شهرستان قم مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران در سال ۱۳۹۲ به 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 بابت در اختیار گذاشتن اطلاعات سازمانی و نیروی انسانی خود بعمل می‌آورند.

## منابع

1. Kovats RS, Hajat S. Heat stress and public health: a critical review. *Annu Rev Public Health*. 2008;29:41-55.
2. Golbabaie F, Monazzam MR, Hematjo R, Hosseini M, Dehghan SF. the assessment of heat stress and heat strain in Pardis petrochemical complex, Tehran, Iran. *Int J Occup Hyg*. 2013;5(1):6-11.
3. Miller VS, Bates GP. The thermal work limit is a simple reliable heat index for the protection of workers in thermally stressful environments. *Ann Occup Hyg*. 2007;51(6):553-61.
4. Hajizadeh R, Golbabaie F, Monazzam MR, Dehghan SF, Navan EE. Productivity loss from occupational exposure to heat stress: A case study in Brick Workshops/Qom-Iran. *Int J Occup Hyg*. 2014;6(3):143-8.
5. Parvari RA, Aghaei HA, Dehghan H, Khademi A, Maracy MR, Dehghan SF. The Effect of Fabric Type of Common Iranian Working Clothes on the Induced Cardiac and Physiological Strain Under Heat Stress. *Arch Environ Occup Health*. 2015;70(5):272-8.
6. Monazzam MR, Golbabaie F, Hematjo R, Hosseini M, Nassiri P, Dehghan SF. Evaluation of

استراحت کمتری دارند بیشتر از حد مجاز می‌باشد [۲۳]. مطالعه‌ای که لانگولسون و همکاران در تایلند بر روی کشاورزان به‌عنوان یک شغل روباز انجام دادند نیز کار در محیط‌های روباز و انرژی خورشیدی را علل اصلی استرس گرمایی نسبت به شاغلین دیگر صنایع دانسته است [۲۴]. برای کنترل خطرات ناشی از استرس گرمایی می‌توان از کنترل‌های مهندسی و مدیریتی استفاده کرد. ولی به‌دلیل روباز بودن محیط کار، کنترل‌های مدیریتی می‌تواند کارآمدتر از کنترل‌های مهندسی باشد. مطالعه‌ای که موریوکا و همکاران در سال ۲۰۰۶ در ژاپن انجام دادند این موضوع را تأیید کرده است [۲۵].

## نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه یافته‌های این پژوهش نشان داد که در یک اقلیم گرم و خشک مانند استان قم به‌طور میانگین در ماه نخستین فصل تابستان (تیرماه) و در ساعات کاری ۱۴-۱۷، استرس گرمایی به‌طور جدی تری سلامت شاغلین محیط‌های روباز را تهدید می‌کند. خیل وسیعی از مشاغل از جمله شاغلین بخش نظامی، کشاورزی، معدن کاری، راه‌سازی، ساختمان‌سازی، شهرداری و غیره در محیط‌های روباز فعالیت دارند. طبق استاندارد انجمن متخصصین بهداشت صنعتی امریکا (ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists) و همچنین استاندارد ISO 7243 [۲۳] مشاغل مذکور جزء مشاغل با بارکاری بالا محسوب می‌شوند که این ریسک سلامتی شاغلین را در کنار استرس‌های محیطی چند برابر می‌کند. لذا پیشنهاد می‌شود اقدامات کنترل مهندسی - مدیریتی به‌طور جدی تر در فصول گرم در این محیط‌های کاری صورت گیرد.

- DI, WBGT and Swreq/PHS heat stress indices for estimating the heat load on the employees of a petrochemical industry. *Int J Occup Hyg*. 2014;6(1):6-10.
7. Mazloumi A, Golbabaie F, Mahmood Khani S, Kazemi Z, Hosseini M, Abbasinia M, et al. Evaluating Effects of Heat Stress on Cognitive Function among Workers in a Hot Industry. *Health Promot Perspect*. 2014;4(2):240-6.
8. Jackson LL, Rosenberg HR. Preventing heat-related illness among agricultural workers. *J Agromedicine*. 2010;15(3):200-15.
9. Golbabaie F, Dehghan SF, Akbarzadeh A, Porsadeghiyan A, Rahmani A, Raei M, et al. Relationship between oral temperature and sleepiness among night workers in a hot industry. *J Paramedical Sci*. 2015;6(2):59-64.
10. Vatani J, Golbabaie F, Farhang Dehghan S, Yousefi A. Applicability of Universal Thermal Climate Index (UTCI) in occupational heat stress assessment: a case study in Brick industries. *Ind Health*. 2015.
11. Morabito M, Cecchi L, Crisci A, Modesti PA, Orlandini S. Relationship between work-related

- accidents and hot weather conditions in Tuscany (central Italy). *Ind Health*. 2006;44(3):458-64.
12. Centers for Disease C, Prevention. Heat-related deaths--United States, 1999-2003. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2006;55(29):796-8.
13. Morioka I, Miyai N, Miyashita K. Hot environment and health problems of outdoor workers at a construction site. *Ind Health*. 2006;44(3):474-80.
14. Falahati M, Alimohammadi I, Farshad A, Zokaei M, Sardar A. Evaluating the reliability of WBGT and P4SR by comparison to core body temperature. *Iran Occup Health*. 2012;9(3):22-31. Persian.
15. 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(4-5):427-31.
16. Kjellstrom T, Kovats RS, Lloyd SJ, Holt T, Tol RS. The direct impact of climate change on regional labor productivity. *Arch Environ Occup Health*. 2009;64(4):217-27.
17. Mohammadi H, Moghbel M, Ranjbar F. The study of temperature and precipitation changes in iran with MAGICC SCENGEN model. *Geography*. 2010;8(25):125-42. Persian.
18. Ohashi Y, Kawabe T, Shigeta Y, Hirano Y, Kusaka H, Fudeyasu H, et al. Evaluation of urban thermal environments in commercial and residential spaces in Okayama City, Japan, using the wet-bulb globe temperature index. *Theor Appl Climatol*. 2009;95(3-4):279-89.
19. 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.
20. Abyaneh HZ, Varkeshi MB. Effect of ENSO phenomenon on monthly seasonal temperature variations of country half south. *Phys Geography Res Q*. 2012;44(2):67-84. Persian.
21. Maeda T, Kaneko SY, Ohta M, Tanaka K, Sasaki A, Fukushima T. Risk factors for heatstroke among Japanese forestry workers. *J Occup Health*. 2006;48(4):223-9.
22. Hajizadeh R, Beheshti MH, Khodaparast I, Malakouti J, Rahimi H. Investigation heat stress in small enterprise in Qom city. *J Health Saf at Work*. 2014;3(4):59-68. Persian.
23. Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. *Ind Health*. 2006;44(3):368-79.
24. Langkulsen U, Vichit-Vadakan N, Taptagaporn S. Health impact of climate change on occupational health and productivity in Thailand. *Glob Health Action*. 2010;3.
25. Morioka I, Miyai N, Miyashita K. Hot environment and health problems of outdoor workers at a construction site. *Ind Health*. 2006;44(3):474-80.