بررسی کاربردپذیری شاخص حرارتی ناراحتی اصلاح شده (MDI) در مشاغل روباز: مطالعه موردی معادن روباز استان تهران

پروین نصیری[۱]، محمدرضا منظم[۲]، فریده گل بابایی[۱]، علی اکبر شمسی پور[۳]، حسین عربعلی بیک[۴]، علیرضا مرتضی پور[۵]، غلام حیدر تیموری[۶]، مهدی اصغری*[۷]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۹ تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۱۶

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به توسعه شاخص‌های گرمایی متعدد و محدودیت‌های مربوط به هر یک، در این مطالعه کاربردپذیری و اعتبارسنجی شاخص حرارتی ناراحتی اصلاح شده (Modified discomfort index) در محیط‌های شغلی روباز مد نظر بوده است.

روش بررسی: این مطالعه بصورت مقطعی در تابستان ۱۳۹۵ در ۱۲ معدن مصالح ساختمانی استان تهران و بر روی ۱۷۵ کارگر مرد انجام گرفت. پارامترهای محیطی به‌همراه پارامترهای فیزیولوژیکی (دمای دهانی، دمای پرده صماخ و دمای پوست) در ۳ مقطع زمانی به‌طور هم‌زمان اندازه‌گیری و همچنین شاخص Modified discomfort index به همراه ۳ شاخص مستقیم حرارتی دیگر شامل Wet-bulb globe temperature، Oxford index و Wet-bulb dry temperature موردمحاسبه قرار گرفتند. برای بررسی کاربردپذیری و اعتبار سنجی شاخص ناراحتی اصلاح شده، میزان همبستگی این شاخص با شاخص استاندارد WBGT و دو شاخص اشاره شده دیگر در ساعات مختلف روز به همراه پاسخ‌های فیزیولوژیک از طریق ضریب همبستگی پیرسون تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که شاخص MDI بیشترین ضریب همبستگی را با پارامترهای محیطی دمای خشک ($r=0/918$، $p<0/001$) و رطوبت نسبی ($r=0/43$، $p<0/001$) نشان داده است. همچنین همبستگی این شاخص با دمای تر و دمای گویسان هم بسیار بالا بدست آمد ($r=0/88$، $p<0/001$). در بین شاخص‌های حرارتی استفاده شده در این مطالعه، شاخص MDI با سه شاخص دیگر بالاترین ضرایب همبستگی را نشان داد. از سویی دیگر بالاترین ضریب همبستگی با دمای دهانی مربوط به این شاخص بوده ($r=0/508$، $p<0/001$) و بالاترین ضریب همبستگی با دمای پرده صماخ و دمای پوست را پس از شاخص WBGT بخود اختصاص داد. در کلیه موارد ضریب همبستگی بسیار بالایی بین شاخص ناراحتی اصلاح شده با شاخص‌های دیگر در ساعات مختلف روز حاصل شده است.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص MDI می‌تواند در عین ساده بودن، عدم نیاز به وسایل پیچیده اندازه‌گیری، داشتن ضریب همبستگی بالا با پارامترهای فیزیولوژیک، هزینه پایین و همچنین تفسیر آسان و ساده جایگزین مناسبی برای شاخص WBGT در گستره دمایی و رطوبتی مورد مطالعه باشد.

کلیدواژه‌ها: استرس حرارتی، شاخص‌های مستقیم، شاخص ناراحتی اصلاح شده، پارامترهای فیزیولوژیکی، معادن روباز.

مقدمه

توسعه و ارتقای بهداشت و ایمنی شغلی در محیط‌های کاری مختلف سبب توجه فزاینده‌ای به این مقوله در سطح جهانی شده است. اثرات سو ناشی از شرایط اقلیمی در کنار نیازمندی‌های متفاوت شغلی همچون پوشش شاغلین، بار کاری و متابولیسم بالا، ساعات مواجهه طولانی، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و عدم برخورداری از امکانات و تسهیلات کنترلی و رفاهی مناسب به‌ویژه در مشاغل روباز باعث شده است، بروز و شیوع استرس‌های حرارتی به‌ویژه در فصول گرم سال افراد بسیاری را رنج دهد، به‌طوری‌که عوارضی همچون راش‌های پوستی، ضعف گرمایی، کرامپ عضلانی و گرمازدگی سالیانه تعداد کثیری از افراد در معرض با حساسیت بالا را دچار می‌کند [۱].

استرس حرارتی یکی از عوامل زیان‌آور محیط کار است که هم در محیط‌های سرپوشیده (ازجمله صنایع

۱- استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۲- استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۳- دانشیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۴- استادیار، مرکز تحقیقات علوم و تکنولوژی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۵- گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علمی دانشجویی، دانشگاه تهران علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۶- دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.
۷- (نویسنده مسئول) استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت،دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران. m.asghari2011@gmail.com

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

ذوب فلزات، فولاد، ریخته‌گری) و هم در محیط‌های باز (معادن روباز، کشاورزان و کارگران ساخت‌وساز)، همچنین در کلیه صنایع کوچک و بزرگ شاغلین بسیاری را در معرض خطر قرار داده است [۲]. عملیات معدن کاری ازجمله فعالیت‌هایی محسوب می‌گردد که سبب مواجهه افراد با شرایط سخت آب‌وهوایی می‌شود. تنش‌های حرارتی ناشی از کار در معادن می‌تواند به علل مختلفی ایجاد گردد. از منابع گرما در معادن روباز می‌توان به گرمای حاصل از نور خورشید و استفاده از ابزارهای الکتریکی و دیگر فرایندهای مکانیکی اشاره نمود. استفاده از موتورهای دیزلی به‌طورمعمول بازدهی ۳۳٪ دارد و دوسوم بقیه به‌صورت گرما آزاد می‌گردد که درنهایت سبب بروز صدمات و آسیب‌های جبران‌ناپذیری خواهد شد [۳].

در ایران به علت شرایط آب‌وهوایی مختلف و ماهیت گرمازا بودن اکثر فعالیت‌های معدنی، تعداد پست‌های کاری که دارای مشکلات گرمایی هستند، بسیار زیاد است اما آماری در این زمینه موجود نمی‌باشد. با توجه به گزارش سازمان ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا در طی سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۱ اغلب موارد بیماری ناشی از استرس حرارتی در معادن در شیفت روز رخ می‌دهد که می‌تواند ناشی از گرمای هوای زیاد در طول روز باشد [۴]. بر اساس همین گزارش ۵۳۸ مورد بیماری مربوط به گرما گزارش شده است که ۴۲۷ مورد (۷۹/۴٪) آن‌ها در ماه‌های تابستان اتفاق افتاده است [۵].

لذا اولین گام در اتخاذ سیاست‌های پیشگیرانه و مدیریتی، ارزیابی ریسک مواجهه با استرس حرارتی و شناسایی افراد در معرض می‌باشد. یک ابزار مفید برای توصیف طراحی و ارزیابی محیط‌های حرارتی استفاده از شاخص حرارتی می‌باشد. اصل مورد استفاده این است که فاکتورهایی که پاسخ انسان را نسبت به محیط حرارتی تحت تاثیر قرار می‌دهند با هم ترکیب می‌شوند تا یک اندیس منفرد تولید نمایند. جهت اندازه‌گیری و ارزیابی استرس حرارتی در محیط‌های شغلی از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. این شاخص‌ها بیانگر میزان تنش‌های حرارتی در محیط کار می‌باشند [۶].

در طی یک قرن گذشته، شاخص‌های ارزیابی استرس حرارتی متعددی در سطح کشورهای صنعتی و بین‌المللی در قالب انواع شاخص‌های تجربی، تحلیلی و مستقیم توسعه یافته‌اند که کاربرد آن‌ها مستلزم اندازه‌گیری یک یا چند مورد از فاکتورهای محیطی (شامل دمای خشک، دمای تر، دمای گویسان و سرعت جریان هوا)، فاکتورهای شغلی (تخمین میزان متابولیسم کاری، میزان مقاومت حرارتی لباس کار) و پارامترهای فیزیولوژیکی (دمای دهانی، دمای پرده صماخ، دمای پوست و ضربان قلب) می‌باشد. علاوه بر نیاز به ابزار و وسایل برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها، فرایند محاسبه برخی از این شاخص‌ها، پیچیده، طولانی و مستلزم استفاده از رایانه است [۷]. در برخی موارد نیز فرایند اندازه‌گیری برخی از شاخص‌ها با فعالیت‌های کاری شاغلین تداخل ایجاد می‌نماید و در فیلد و محیط‌های کاری استفاده از آن با مشکل مواجه می‌شود [۸].

یکی از شاخص‌های معتبر و استاندارد که مقبولیت و کاربردپذیری وسیعی در سراسر دنیا دارد، شاخص دمای تر گویسان (temperature Wet-bulb globe) می‌باشد. این شاخص توسط Minard و Yaglue در سال ۱۹۵۷ معرفی و در سال ۱۹۸۹ با استاندارد ISO-7243 پذیرفته شده است و برای محیط‌های روباز و سر پوشیده روابط جداگانه‌ای را ارائه نموده است. علی‌رغم مزایای همچون معتبر بودن، کاربردپذیری وسیع این شاخص در سراسر دنیا، عواملی همچون گران‌قیمت بودن برای صنایع کوچک و متوسط، نیاز به کالیبراسیون دقیق سنسورهای اندازه‌گیری به‌ویژه سنسور دمای تابشی، زمان تعادل نسبتاً طولانی برای ثبات دمایی سنسورهای اندازه‌گیری، نیاز به برآورد پارامترهایی همچون مقاومت عایقی لباس و متابولیسم و تصحیحات مربوطه و همچنین دقت پایین آن در شرایط محیطی با سرعت جریان‌های بسیار پایین هوا و یا شرایط محیطی با رطوبت بسیار بالا سبب شده است که شاخص‌های متعدد دیگری در طی سال‌ها معرفی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

شوند [۱، ۹].

درصورتی‌که به‌طور هم‌زمان نیاز باشد چندین پارامتر محیطی، سرعت انجام کار و سطح لباس مشخص در نظر گرفته شود، وضع قوانین بهداشتی و ایمنی مشکل می‌شود؛ بنابراین، در نظر گرفتن راه ساده‌ای برای تخمین تعادل حرارتی که باعث تغییر در میزان بار حرارتی بدن می‌شود، ضروری است. این نکته را می‌توان با استفاده از یک شاخصی انجام داد که بر مبنای اندازه‌گیری مستقیم متغیرهای محیطی است و برای برآورد و "شبیه‌سازی"استرین گرمایی نیز استفاده می‌شود که می‌توان به شاخص‌هایی از قبیل Oxford index (WD)، Discomfort index (DI)، (MDI) Modified discomfort index و (WBDT) Wet-bulb dry temperatureاشاره نمود که به شاخص‌های مستقیم معروفند و در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۰].

یکی از شاخص‌های مورد اشاره شده در بالا، شاخص ناراحتی اصلاح شده است. شاخص ناراحتی یک شکل تغییر یافته شاخص اکسفورد است که توسط تام معرفی شد و با شاخص WBGT همبستگی بالایی (R^2=۰/۹۴۷) دارد. شاخص ناراحتی ضریب همبستگی بالایی با دمای مؤثر و میزان تعریق در حین استراحت و فعالیت دارد. بر اساس تعداد زیادی از مطالعات در یک طیف گسترده‌ای از گروه‌های جامعه و در شرایط مختلف آب‌وهوایی، معیارهای زیر برای مشخص کردن استرس گرمایی محیطی و ارتباط با احساس گرما تخمین زده شد:

– مقادیر DI زیر ۲۲ هیچ‌گونه تنش گرمایی وجود ندارد؛

– مقادیر بین ۲۴–۲۲ بیشتر افراد احساس خفیف تنش حرارتی دارند.

– بین مقادیر ۲۸–۲۴ بار گرمایی نسبتاً سنگین می‌باشد و افراد احساس بسیار گرم می‌کنند و کار فیزیکی ممکن است با برخی از مشکلات انجام شود.

– مقادیر بالای ۲۸، بار گرمایی شدید در نظر گرفته می‌شود و افراد مشغول به کار فیزیکی در معرض خطر بیماری‌های گرما می‌باشند [۱۰، ۱۱].

بسته به کاربرد، DI قادر است تا بار گرمایی را در هر زمان تعیین کند. برای مثال می‌تواند برحسب حداقل، حداکثر وکل بار حرارتی روزانه، بیان شود. همچنین داده‌ها می‌تواند برای مدت یک ماه، فصل و یا حتی یک سال محاسبه شود. Moran و Pandolf در سال ۱۹۹۹ شاخص ناراحتی اصلاح شده (MDI) را پیشنهاد کردند که با استفاده از تجزیه‌وتحلیل‌های آماری پیشرفته‌تر انجام شد و در یکسری از مطالعات همبستگی بالایی با WBGT نشان داد [۱۰].

با توجه به محدودیت‌های اشاره شده برای شاخص دمای تر گویسان برای اهداف غربالگری، مزایای اشاره شده برای شاخص ناراحتی اصلاح شده و همچنین عدم وجود مطالعات کافی در مورد شاخص اشاره شده برای ارزیابی استرس حرارتی در فضای روباز، هدف این مقاله بررسی کاربردپذیری و اعتبار سنجی شاخص MDI در ارزیابی استرس حرارتی در فضای روباز (معادن روباز استان تهران) بود. در گام اول، شاخص استاندارد WBGT به همراه دو شاخص WD و WBDT به‌عنوان شاخص‌های حرارتی مستقیم دیگر به‌عنوان مبنای اعتبارسنجی و مقایسه قرار گرفت. از سویی دیگر، همبستگی بین یک شاخص استرس حرارتی و پارامترهای فیزیولوژیکی متأثر از گرما به‌عنوان یکی از معیارهای مهم عملکرد شاخص محسوب می‌گردد. برای ارزیابی عملکرد شاخص‌های استرس حرارتی در محیط‌های کاری، عموماً همبستگی شاخص استرس حرارتی با پارامترهای فیزیولوژیکی مربوطه مطالعه می‌شود. همبستگی دمای پرده صماخ و دمای دهانی با دمای رکتال در مطالعات متعددی بررسی و مورد تایید قرار گرفته است و به‌عنوان جایگزین مناسب برای دمای رکتال در شرایطی که امکان اندازه‌گیری مستقیم دمای رکتال میسر نمی‌باشد، معرفی شده است [۱]. لذا در گام دوم، پاسخ‌های فیزیولوژیک دمای دهانی، دمای پرده صماخ و دمای پوست شاغلین در معرض گرما هم به‌عنوان مبنای اعتبار سنجی قرار گرفتند.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

روش بررسی

در این مطالعه با توجه به مشخصات اقلیمی شهرستان‌های مختلف استان تهران و با تأکید بر شرایط اقلیمی حاکم بر این نواحی در فصول گرم سال، معادن روباز مصالح ساختمانی به‌عنوان محل‌های اجرای مطالعه در تابستان ۱۳۹۵ در ماه‌های تیر و مرداد انتخاب شدند. در نواحی مختلف استان تهران به علت موقعیت ویژه جغرافیایی، آب‌وهوای متفاوتی شکل گرفته است. تهران در حدّ فاصل منطقه کوهستانی و دشت قرار دارد. سه عامل در اقلیم تهران نقش مؤثری دارد. رشته‌کوه البرز، بادهای مرطوب غربی و وسعت استان.

استان تهران را می‌توان به سه بخش اقلیمی زیر تقسیم کرد:

الف- اقلیم ارتفاعات شمالی: بر دامنه جنوبی، بلندی‌های البرز مرکزی در ارتفاع بالای ۳۰۰۰ متر قرار گرفته و آب‌وهوایی مرطوب و نیمه مرطوب و سردسیر با زمستان‌های بسیار سرد و طولانی دارد. بارزترین نقطه این اقلیم، توچال است.

ب- اقلیم کوهپایه: این اقلیم در ارتفاع دو تا هزار متری از سطح دریا قرار گرفته و دارای آب‌وهوایی نیمه مرطوب و سردسیر و زمستان‌هایی به نسبت طولانی است. دماوند، فیروزکوه، آب علی، لواسان و طالقان در این اقلیم قرار دارند.

ج- اقلیم نیمه‌خشک و خشک: با زمستان‌های کوتاه و تابستان‌های گرم، در ارتفاعات کم‌تر از ۱۰۰۰ متر واقع شده است. هر چه ارتفاع کاهش می‌یابد، خشکی محیط بیشتر می‌شود. ورامین، شهریار و جنوب شهرستان کرج در این اقلیم قرار گرفته‌اند [۲].

با در نظر گرفتن حجم نمونه تعیین شده، تعداد ۱۲ معدن مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به پراکنش معادن روباز و همکاری سازمان معادن و صنایع هر شهرستان، ۶ معدن از شهرستان پاکدشت، ۳ معدن از شهرستان شهریار و ۳ معدن از دماوند انتخاب شدند. در انتخاب افراد، پارامترهایی همچون سازش با گرما (عدم استفاده از افراد با سابقه کمتر از یک سال)، نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی عروقی، کلیوی، فشار خون، تب و نیز عدم مصرف داروهای مداخله کننده در تنظیم درجه حرارت بدن (افزایش درجه حرارت) مورد توجه قرار گرفت. در مجموع ۱۷۵ شاغل انتخاب و وارد مطالعه گردیدند.

پارامترهای محیطی شامل دمای خشک، دمای تر طبیعی توسط دستگاه TIS10 ساخت کشور ایران و رطوبت نسبی توسط دستگاه TES1363 ساخت کشور تایوان در فواصل زمانی سه ساعته در ساعات ۹، ۱۲ و ۱۵ و در ایستگاه‌های کاری افراد اندازه‌گیری و ثبت گردید. کالیبراسیون کلیه دستگاه‌های سنجش قبل از نمونه‌برداری مورد توجه و از طریق مراکز ذی‌صلاح، مورد تایید قرار گرفت. شاخص‌های مورد استفاده به ترتیب بر اساس روابط زیر موردمحاسبه قرار گرفتند[۱۰].

- شاخص دمای تر گویسان (WBGT): برای محاسبه شاخص دمای تر گویسان در دو محیط باز و پوشیده به ترتیب از روابط ۱ و ۲ استفاده گردید:

معادله ۱:

$$WBGT_{out} = 0.7\ Tnw + 0.2\ Tg + 0.1\ Ta$$

معادله ۲:

$$WBGT_{in} = 0.7\ Tnw + 0.3\ Tg$$

- شاخص ناراحتی اصلاح شده (MDI): از رابطه ۳ برای محاسبه شاخص MDI استفاده شد:

معادله ۳

$$MDI = 0.75\ Tw + 0.3Ta$$

- شاخص آکسفورد (WD): این شاخص از رابطه ۴ موردمحاسبه قرار گرفت:

معادله ۴:

$$WD = 0.85Tw + 0.15Ta$$

- شاخص WBDT: رابطه ۵ برای محاسبه این شاخص مورد استفاده قرار گرفت:

معادله ۵:

$$WBDT = 0.4Tw + 0.6Ta$$

با توجه به اینکه مطالعه حاضر در محیط‌های روباز انجام شده و در محیط‌های روباز نوسانات دمایی در

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

ارتفاع های مذکور غالبا مشاهده نمی‌شود و محیط متناجس است، کلیه اندازه‌گیری ها در ارتفاع کمر براساس وضعیت انجام کار شاغلین حین اندازه‌گیری صورت گرفت. اندازه‌گیری ها در نزدیک ترین نقطه به محل کار افراد انجام شد و با توجه به یکسان بودن شرایط، هر اندازه‌گیری برای کلیه افرادی که در آن محیط مشغول فعالیت بودند تعمیم داده شد.

هم‌زمان با سنجش پارامترهای محیطی، پارامترهای فیزیولوژیک دمای دهانی و دمای پرده صماخ به‌عنوان دمای عمقی و همچنین دمای پوست مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. دمای دهانی توسط ترمومتر زیر زبانی دیجیتال مدل Beurer ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۱، دمای پرده صماخ توسط یک دماسنج غیر تماسی گوش مدل Micro Life IR 120 ساخت کشور چین با دقت ۰/۱ درجه سلسیوس در گستره ۵۰- ۳۰ و دمای پوست توسط دماسنج مادون قرمز غیر تماسی مدل Manoli ساخت چین مورد سنجش قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری میانگین دمای پوست از الگوی ۴ نقطه پیشنهادی ISO9886 (گردن، کتف راست، ساق پای راست و پشت دست چپ) استفاده شد (رابطه ۶) [۱۲].

معادله ۶ :

میانگین دمای پوست = (۰/۲۸ × گردن) + (۰/۲۸ × کتف راست) + (۰/۲۸ × ساق پا راست) + (۰/۱۶ × پشت دست چپ)

برای انجام اندازه‌گیری دمای دهانی ابتدا دماسنج ضدعفونی شده و سپس دماسنج زیر زبان و نزدیک ته زبان قرار داده شد و از فرد خواسته شد تا در مدت اندازه‌گیری دهان خود را بسته نگاه دارد. مدت زمانی که دماسنج می بایست قبل از قرائت دردهان قرارگیرد حداقل ۵ دقیقه می‌باشد و از ۱۵ دقیقه قبل از اندازه گیری باید از استفاده از هرگونه موادخوراکی، آشامیدنی و دخانیات ممانعت بعمل آید. در اندازه‌گیری دمای پرده صماخ، کلیه اندازه‌گیری ها به طور قرار دادی در گوش سمت راست انجام شد. با توجه به تعداد افراد (نمونه ۱۷۵ نفر)، تعداد اندازه‌گیری های هر متغیر در روز (۳ مرتبه) و با توجه به ۳ پارامتر فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده، در مجموع ۱۵۷۵ اندازه‌گیری ثبت گردید.

یافته‌ها

مشخصات دموگرافیک افراد مورد بررسی شامل میانگین و انحراف معیار سن و سابقه کار به ترتیب برابر ۹/۳۶±۳۶/۸ و ۵±۶/۶۱ سال تعیین گردید. مقادیر

جدول۱- میانگین و انحراف معیار پارامترهای محیطی، فیزیولوژیکی و شاخص های استرس حرارتی در سه زمان اندازه گیری

پارامتر	ساعت۹	ساعت ۱۲	ساعت۱۵	M±SD
پارامترهای محیطی				
دمای خشک (درجه سانتی گراد)	۳۳/۳۴±۳/۹	۳۸/۷۴±۲/۸	۴۱±۳/۶	۳۷/۷±۴/۷
دمای تر طبیعی(درجه سانتی گراد)	۲۰/۷۱±۲/۷	۲۲/۲۷±۲/۷	۲۳/۱۲±۲/۴۵	۲۲±۲/۳۲
دمای گویسان(درجه سانتی گراد)	۳۶/۸۴±۴/۸	۴۲/۴۴±۳/۶	۴۴/۳۳±۴/۱	۴۱/۲±۵/۳
رطوبت نسبی(درصد)	۲۰/۵۷±۷/۷	۱۳/۷۳±۶/۴	۱۲/۵±۶/۳	۱۵/۶±۷/۲
پارامترهای فیزیولوژیک				
دمای دهانی (درجه سانتی گراد)	۳۶/۲۶±۰/۴۷	۳۶/۴±۰/۵۵	۳۶/۵±۰/۴۷	۳۶/۳۷±۰/۳۷
دمای پرده صماخ (درجه سانتی گراد)	۳۵/۵۱±۱/۱	۳۶/۲±۰/۸۲	۳۶/۵۵±۰/۶۸	۳۶/۱±۰/۶۷
دمای پوست (درجه سانتی گراد)	۳۴/۷±۱/۶	۳۵/۴۶±۱/۵	۳۵/۹±۱/۳	۳۵/۳۵±۱/۲۴
شاخص های استرس حرارتی				
WBGT (°C)	۲۵/۲۵±۲/۹	۲۸±۲/۴	۲۹/۱۲±۲/۶	۲۷/۴۶±۲/۹۳
MDI (°C)	۲۵/۵۳±۳	۲۸/۳۲±۲/۷	۲۹/۶۳±۲/۷	۲۷/۸۲±۲/۹۲
WBDT (°C)	۲۸/۳±۳/۲	۳۲/۱۵±۲/۶	۳۳/۸۳±۲/۹	۳۱/۴۳±۳/۵
WD (°C)	۲۲/۶±۲/۷	۲۴/۷۴±۲/۶	۲۵/۸±۲/۵	۲۴/۳۸±۲/۵۵

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

جدول۲- نتایج ضریب همبستگی مربوط به شاخص های استرس حرارتی، پارامترهای محیطی و فیزیولوژیکی

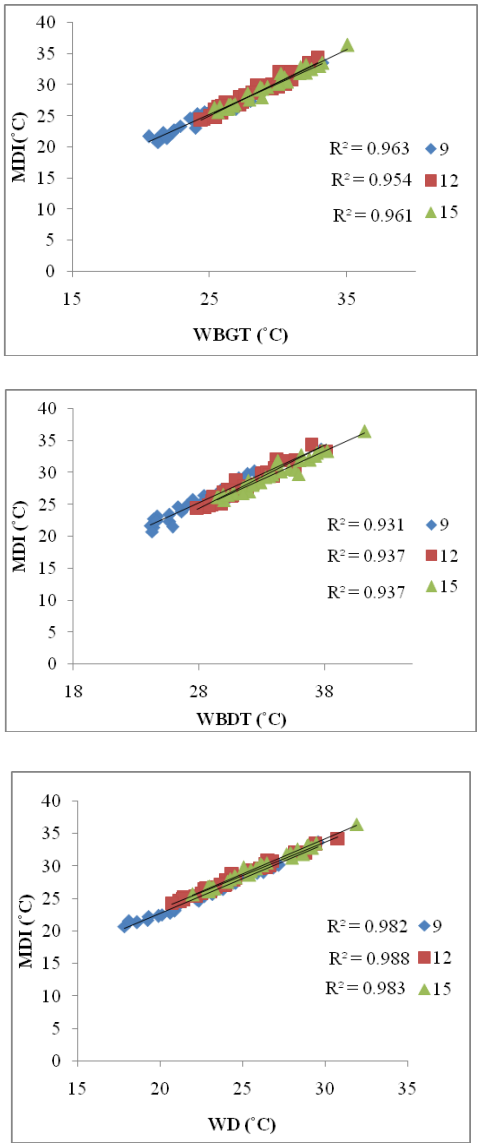
پارامترها		WBGT	MDI	WBDT	WD
پارامترهای محیطی					
دمای خشک	r	۰/۹۱۰	۰/۹۱۸	۰/۹۱۰	۰/۸۵۳
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
دمای تر	r	۰/۹۳۵	۰/۹۴۷	۰/۸۷	۰/۹۹
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
دمای گویسان	r	۰/۹۰۳	۰/۸۸	۰/۸۴	۰/۷۹۲
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
رطوبت نسبی	r	۰/۳۴۳	۰/۴۳	۰/۳	۰/۳۸۹
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۰۱
پارامترهای فیزیولوژیکی					
دمای دهانی	r	۰/۴۷۴	۰/۵۰۸	۰/۴۳۰	۰/۴۹۰
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
دمای گوش	r	۰/۴۷۴	۰/۴۴۷	۰/۴	۰/۴۱۰
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
دمای پوست	r	۰/۴۵۷	۰/۴۰۸	۰/۳۷۰	۰/۳۹۲
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
شاخص های استرس حرارتی					
WBGT	r	۱	۰/۹۸۸	۰/۹۰۳	۰/۹۷۷
	P	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
MDI	r	۰/۹۸۸	۱	۰/۹۲	۰/۹۸۸
	P	۰/۰۰۱	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
WBDT	r	۰/۹۰۳	۰/۹۲	۱	۰/۸۷۴
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	–	۰/۰۰۱
WD	r	۰/۹۷۷	۰/۹۸۸	۰/۸۷۴	۱
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	–

میانگین و انحراف معیار سایر پارامترها شامل پارامترهای محیطی، فیزیولوژیکی و شاخص‌های استرس حرارتی مورد نظر در سه زمان اندازه‌گیری در جدول ۱ آورده شده است (واحد دماهای اندازه‌گیری شده و پارامترهای فیزیولوژیکی و شاخص‌های استرس حرارتی برحسب درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی برحسب درصد می‌باشد).

با توجه به جدول ۱، میانگین و انحراف معیار دمای هوای خشک و تر به ترتیب در این مطالعه برابر با ۴/۷±۳۷/۷ و ۲/۳۲±۲۲ درجه سانتی گراد بدست آمد که بیشترین مقدار دماهای اشاره شده مربوط به ساعت ۱۵ می‌باشد. همچنین میانگین و انحراف معیار دمای گویسان ۵/۳±۴۱/۲ بود. میزان دمای گویسان در ساعت ۱۵ برابر با ۴۴/۳۳ سانتی گراد بدست آمد. بیشترین میزان پارامتر رطوبت نسبی در ساعت ۹ صبح و در ساعت ۱۵ کمترین میزان را دارا می‌باشد. میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیولوژیکی شامل دمای دهانی، دمای پرده صماخ و دمای پوست به ترتیب برابر با ۰/۳۷±۳۶/۳۷، ۰/۶۷±۳۶/۱ و ۱/۲۴±۳۵/۳۵ درجه سانتی گراد بود. همان گونه که نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد در بازه زمانی ساعت ۱۲ الی ۱۵ بعد از ظهر که دمای هوا در بالاترین میزان خود می‌باشد، میزان پارامترهای فیزیولوژیک نیز دارای بیشترین مقدار می‌باشد. میانگین شاخص‌های استرس حرارتی استفاده شده در این مطالعه به ترتیب برای شاخص‌های MDI، WBGT، WBDT و WD برابر با ۲۷/۸۲، ۲۷/۴۶، ۳۱/۴۳ و ۲۴/۳۸ درجه سانتی گراد بدست آمد.

برای بررسی میزان همبستگی بین شاخص‌های مورد

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]



شکل ۱- بررسی همبستگی بین شاخص های مورد بررسی در ساعات مختلف روز

نظر با پارامترهای محیطی و فیزیولوژیکی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. نتایج ضریب همبستگی پیرسون مربوط به شاخص‌های استرس حرارتی با پارامترهای محیطی و فیزیولوژیکی در جدول ۲ آمده است.

بر اساس نتایج جدول ۲، شاخص MDI بیشترین ضریب همبستگی را با پارامترهای محیطی (دمای خشک، رطوبت نسبی) نشان داده است. لازم بذکر است که همبستگی این شاخص با دمای تر و دمای گویسان هم بسیار بالا می‌باشد. بین شاخص‌های حرارتی استفاده شده در این مطالعه، شاخص MDI با سه شاخص دیگر بالاترین ضرایب همبستگی را نشان داد. از سویی دیگر بالاترین ضریب همبستگی با دمای دهانی مربوط به این شاخص بوده و بالاترین ضریب همبستگی با دمای پرده صماخ و دمای پوست را پس از شاخص WBGTبخود اختصاص داد.

مقادیر شاخص‌های استرس حرارتی استفاده شده در این مطالعه به همراه شاخص MDI در ساعات مختلف روز از طریق ضریب همبستگی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این بررسی ها در نمودارهای شکل ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است. در کلیه موارد ضریب همبستگی بسیار بالایی در ساعات مختلف روز حاصل شده است. بیشترین ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها مربوط به ساعات میانی و پایانی (بین ساعت ۱۲ تا ۱۵) بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به این واقعیت که در طول ماه‌های گرم سال، استرس حرارتی مهمترین عامل زیان‌آور فیزیکی در محیط‌های کاری روباز و سرپوشیده محسوب می‌شود و از سویی دیگر به علت موقعیت جغرافیایی کشورمان و بالا بودن مشکلات استرس حرارتی در مشاغل موجود، نیاز به یک شاخص مناسب برای غربالگری احساس می‌شود. روشهای غربالگری باید عمومی، فراگیر، ارزان و کاربردی آسان و سریع داشته باشد و این ویژگی ها در مورد شاخص WBGT قابل بحث است، چون که تهیه این دستگاه برای صنایع کوچک به دلیل گران‌قیمت بودن آن محدود است و یکبار اندازه‌گیری آن حداقل ۲۰ تا ۳۰ دقیقه زمان نیاز دارد. همچنین هنگامی که رطوبت محیط افزایش یافته یا جریان هوا کاهش یابد، تبخیر عرق محدود می‌شود و شاخص دمای تر گویسان نمی‌تواند برآورد خوبی از استرین اضافه شده که در اثر محدود شدن تبخیر بوجود آمده

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

است، داشته باشد [۸]. لذا می‌توان اظهار داشت که شاخص WBGT یک روش غربالگری ایده ال نمی‌باشد. لذا نیاز به یک شاخصی است که بتواند در عین ساده بودن، عدم نیاز به وسایل پیچیده اندازه‌گیری، هزینه پایین، همچنین تفسیر آسان و ساده و داشتن ضریب همبستگی بالا با پارامترهای فیزیولوژیک بتواند قابلیت کاربردپذیری مناسبی را در محیط‌های باز و پوشیده داشته باشد. هدف این مقاله بررسی و اعتبار سنجی شاخص MDI در ارزیابی استرس حرارتی در معادن روباز استان تهران بود. لذا از چهار شاخص استرس حرارتی MDI، WBGT، WD و WBDT و همچنین سه پارامتر فیزیولوژیک دمای دهانی، دمای پرده صماخ و دمای پوست به‌عنوان پاسخ‌های فیزیولوژیک استفاده شد.

با توجه به نتایج جدول ۱، نتایج نشان از افزایش تدریجی دما، شاخص‌های محاسبه شده و پارامترهای فیزیولوژیک در طول روز دارند که می‌توان علت آن را وجود تابش های خورشیدی و زاویه تابش دانست. آنالیز نتایج مربوط به شاخص MDI نشان داد که ۱۲/۱۲٪ افراد دارای احساس تنش حرارتی خفیف، ۴۳/۴٪ اندازه‌گیری ها نشان دهنده بار گرمایی نسبتاً سنگین و احساس حرارتی بسیار گرم و ۴۴/۴ درصد از اندازه‌گیری ها نشان دهنده بار حرارتی شدید و افراد درگیر در کار فیزیکی در معرض افزایش خطر بیماری‌های گرما بودند. ۸۷/۸٪ از اندازه‌گیری ها مقادیر ناراحتی بالاتر از ۲۴ درجه سانتیگراد را نشان دادند. مطالعه ای توسط حیدری و همکاران در سال ۲۰۱۳ با عنوان بررسی شاخص ناراحتی در محیط‌های روباز در سراسر ایران در دو فصل بهار و تابستان در ۹ ناحیه آب‌وهوایی انجام شد. نتایج به دست آمده نشان داد که مقدار شاخص ناراحتی (DI) در فصول مختلف و مناطق آب‌وهوایی متفاوت بود ($P<0/001$). همچنین با توجه به مقادیر توصیه شده شاخص ناراحتی، ۲۸/۸٪ ازاندازه‌گیری ها درفصل بهار نشان دهنده عدم ناراحتی بوده است. برخلاف آن در فصل تابستان ۶۱/۲ ٪ از اندازه‌گیری ها نشان دهنده بار حرارتی شدید و افراد درگیر در کار فیزیکی در معرض افزایش خطر بیماری‌های گرما بودند. صرفنظر از فصل، ۷۶/۴٪ ازاندازه‌گیری ها مقادیر ناراحتی بالاتر از ۲۴ درجه سانتیگراد را نشان دادند [۱۱].

از مزایای شاخص ناراحتی، آسان بودن تفسیر و توضیح آن درباره آسایش و استرس حرارتی کارکنان است. از سوی دیگر، این شاخص به سادگی بر اساس پارامترهای اندازه‌گیری شده روزانه سازمان هواشناسی در ایستگاه‌های مشخص، قابل محاسبه می‌باشد. درچندین مطالعه، ارزیابی استرس و آسایش حرارتی با استفاده از شاخص ناراحتی در محیط‌های مختلف ازجمله در محیط‌های داخلی و خارجی، انجام شده است [۱۳، ۱۴].

مقادیر شاخص‌های استفاده شده در این مطالعه در ساعات مختلف روز از طریق ضریب همبستگی مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس شکل ۱ در کلیه موارد ضریب همبستگی بسیار خوبی در ساعات مختلف روزبین شاخص MDI و سه شاخص دیگر حاصل شده است. بر اساس نتایج جدول ۲، شاخصMDI بیشترین ضریب همبستگی را با پارامترهای محیطی نشان داده است. همچنین شاخصMDI با سه شاخص دیگر ضرایب همبستگی بسیار بالایی نشان داد ($r>0/92$).

مطالعه ای توسط موران و همکاران در سه منطقه آب‌وهوایی مختلف جهان (گرمسیری، نیمه گرمسیری وکویری) با استفاده از دو شاخص WBGT و MDI انجام شد. نتایج نشان داد که همبستگی بسیار بالایی در سه منطقه مورد مطالعه بین دو شاخص اشاره شده وجود دارد. اما از پارامترهای فیزیولوژیک در مطالعه استفاده نشده و صرفاً از داده های محیطی استفاده شده بود. در آن مطالعه پیشنهاد شد که شاخص MDI می‌تواند جایگزین مناسبی برای شاخص WBGT باشد که با یافته های این مطالعه همخوانی دارد [۱۵].

مطالعه ای توسط حاجی زاده و همکاران با هدف اعتبارسنجی و مقایسه شاخص‌های استرس حرارتی در شاغلین کارگاه های آجرپزی شهرستان قم انجام شد. در این مطالعه از شش شاخص استرس حرارتی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

(WBGT ، DI،ET،CET،HSI و PHS) برای ارزیابی استرس حرارتی استفاده شد. نتایج نشان داد بین کلیه شاخص‌های اشاره شده همبستگی معناداری وجود دارد و بیشترین ضریب همبستگی در بین شاخص‌های مورد استفاده مربوط به دو شاخص WBGT و DI بود (r=۰/۹۸۱) [۱۶].

با توجه به نتایج جدول ۲ بالاترین ضریب همبستگی با دمای دهانی(r=۰/۵۰۸) متعلق به شاخصMDI بود. همچنین این شاخص همبستگی قابل قبولی را با دمای پرده صماخ(r=۰/۴۴۷) و دمای پوست(r=۰/۴۰۸) نشان داد. بیشترین ضریب همبستگی بین پارامترهای فیزیولوژیک و شاخص‌های حرارتی به ترتیب مربوط به دمای دهانی(r=۰/۵۰۸-۰/۴۳)، دمای پرده صماخ(r=۰/۴-۰/۴۷۴) و دمای پوست (۰/۴۵۷- r=۰/۳۷) بود.

درمطالعه حاجی زاده و همکاران بین شاخص‌های WBGT، DI، HSI و PHS و پارامترهای فیزیولوژیکی (دمای دهانی، دمای پرده صماخ و دمای پوست) ارتباط معناداری بدست آمد [۱۶]. در مطالعه‌ای که گلبابایی و همکاران به مقایسه شاخص‌های استرس گرمایی با پاسخ‌های فیزیولوژیکی مردان در محیط کاری گرم پرداختند، بین شاخص ناراحتی (DI) و پارامترهای فیزیولوژیکی همبستگی متوسطی گزارش شد که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد [۱۷]. Wan در مطالعه خود شاخص‌های متعددی از قبیل دمای رکتال، دمای تمپان، دمای زیر زبانی، ضربان قلب، بازیابی ضربان قلب و شاخص استرین فیزیولوژیکی را در دو نوع لباس مختلف مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان داد که در بین شاخص‌های اشاره شده دمای تمپان و دمای زیر زبانی به‌عنوان بهترین شاخص‌های ارزیابی استرین حرارتی می‌توانند در محیط کار مورد استفاده قرار بگیرند [۱۸].

نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص MDI همبستگی بسیار بالایی با پارامترهای محیطی و همچنین همبستگی قابل قبولی با پارامترهای فیزیولوژیک ازجمله دمای دهانی دارد. شاخص MDI در ساعات مختلف روز ارتباط بسیار قوی با سه شاخص استفاده شده دیگر در این مطالعه نشان داد. همچنین ساده بودن، عدم نیاز به وسایل پیچیده اندازه‌گیری، هزینه پایین و همچنین تفسیر آسان و ساده‌این شاخص می‌تواند جایگزین مناسبی برای شاخص WBGT در گستره دمایی و رطوبتی مورد مطالعه باشد.

تقدیر و تشکر

این مطالعه حاصل یک طرح تحقیقاتی به شماره 94-28540-46-01 می‌باشد که با حمایت پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران اجرا شده است. برخود واجب میدانیم مراتب قدردانی و سپاس خود را ازکلیه مدیران و کارکنان محترم معادن مورد بررسی که در این مطالعه ما را یاری نمودند، ابراز نماییم.

منابع

1.Heidari HR, Golbabaei F, Arsang Jang S, Shamsipour AA. Validation of humidex in evaluating heat stress in the outdoor jobs in arid and semi-arid climates of Iran. J Health Safe Work. 2016;6(3):29-42 (Persian).

2.Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaei F, Dehghan SF, Rafieepour A, Mortezapour AR, Asghari M. Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for assessment of occupational heat stress in open-pit mines. Ind. Health. 2017;55(5):437-443.

3.Asghari M, Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaei F, Arabalibeik H, Shamsipour A, et al. Weighting Criteria and Prioritizing of Heat stress indices in surface mining using a Delphi Technique and Fuzzy AHP-TOPSIS Method. J Enviro Health Sci Engineer. 2017;15(1):1.

4.Jafari MJ, Assilian Mahabadi H, Khodakarim S, Teimori GH. Heat stress in an open-pit iron ore mine and its relationship with physiological strain. J Health Safe Work. 2016;6(4):51-62 (Persian).

5.Michael Donoghue A. Heat illness in the US mining industry. Am J Indust Med. 2004;45(4):351-6.

6.Dehghan H, Habibi E, Yousefi H, Hasanzadeh A. Survey of the relationship of heat strain scoring

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

index and wet bulb globe temperature index with physiological strain index among men in hot work Environments. Health Syst Res. 2012;7:1148-56 (Persian).

7.Claassen N, Kok R. The accuracy of the WBGT heat stress index at low and high humidity levels. 2007.

8.Dehghan SH, Mortazavi SB, Jafari MJ, Meraci MR, Khavanin A. Designing and investigating content validity and reliability of a questionnaire for preliminary assessment of heat stress at workplace. 2011(Persian).

9.Budd GM. Wet-bulb globe temperature (WBGT)—its history and its limitations. J Sci Med Sport. 2008;11(1):20-32.

10.Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Indust Health. 2006;44(3):388-98.

11.Heidari HGF, Shamsipour A, Rahimi Forushan Ai,Gaeini A. Evaluation of Thermal Discomfort in Outdoor Environments: A Cross Sectional Study throughout IRAN. Adv Environ Biol. 2014;8:1008-15.

12.Heidari H, Golbabaei F, Shamsipour A, Rahimi-Forushani A, Gaeini A. Evaluation of Heat Stress among Farmers Using Environmenta l and Biological Monitoring: A study in North of Iran. Int J Occup Hyg. 2015;7(1):1-9.

13.Alhaji M, Ahmed A. Analysis of human heat stress status for academic learning environment in Kano University of Science and Technology, Wudil, Kano State, Nigeria. Stroke. 2013;3(13).

14.Yousif TA, Tahir HM. Application of Thom's Thermal Discomfort Index in Khartoum State, Sudan. J Forest Product Indust. 2013;2(5):36.

15.Moran D, Shapiro Y, Epstein Y, Matthew W, Pandolf K. A modified discomfort index (MDI) as an alternative to the wet bulb globe temperature (WBGT). Environmental Ergonomics VIII, Hodgdon JA, Heaney JH, Buono MJ (Eds). 1998:77-80.

16.Hajizadeh R, Golbabaei F, Farhang Dehghan S, Beheshti MH, Jafari SM, Taheri F. Validating the heat stress indices for using in heavy work activities in hot and dry climates. J Res Health Sci. 2016;16(2):90-5.

17.Golbabaie F, Monazam Esmaieli MR, Hemmatjou R, Yaaghoub P, Reza G, Hosseini M. Comparing the Heat Stress (DI, WBGT, SW) Indices and the Men Physiological Parameters in Hot and Humid Environment. Iran J Health Enviro. 2012;5(2):245-52 (Persian).

18.Aliabadi M, Jahangiri M, Arrassi M, Jalali M. Evaluation of heat stress based on WBGT index and its relationship with physiological parameter of sublingual temperature in bakeries of Arak city. 2014 (Persian).

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]

Applicability of Modified discomfort index (MDI) in outdoor occupational environments: a case study of an open pit mines in Tehran Province

Parvin Nassiri[1], Mohammad Reza Monazzam[2], Farideh Golbabaei[1], Aliakbar Shamsipour[3], Hossein Arabalibeik[4], Ali Reza Mortezapour[5], GholamHeidar Teimori[6], Mehdi Asghari*[7]

Received: 2017/03/09 Revised: 2017/05/28 Accepted: 2017/07/07

Abstract

Background and aims: Regarding development of several thermal indices and limitations of these indexes, in this research we were examined the applicability and validity of Modified discomfort index (MDI) in Outdoor occupational environments.

Methods: This cross-sectional study was done on 175 subjects in summer (2016) in 12 mines construction materials of Tehran Province. Environmental and Physiological parameters (oral temperature, tympanic temperature and skin temperature) were measured simultaneously at three periods; also Modified discomfort index (MDI) together with three other Direct Indices include Wet-bulb globe temperature (WBGT), Oxford index (WD) and Wet-bulb dry temperature (WBDT) were calculated. For survey of applicability and validity of Modified discomfort index, the correlation between this index and other Direct Indices at different times of day with Physiological parameters was determined through the Pearson correlation coefficient.

Results: The results showed that MDI index had more correlation with environmental parameters dry bulb temperature ($r=0.918$, $p<0.001$) and relative humidity ($r=0.43$, $p<0.001$), also very high correlation coefficient with wet-bulb temperature and black-globe temperature ($r>0.88$, $p<0.001$). Among the thermal indices used in this study, MDI index had more correlation coefficient with three other indices. On the other hand; MDI had the highest correlation coefficient with oral temperature ($r=0.508$, $p<0.001$) and the higher correlation with the tympanic and skin temperature after the WBGT index. In all cases, there was a very good correlation between MDI and other indicators at different times of day.

Conclusion: It can be concluded that MDI, despite being simple, lack of need for sophisticated equipment to measure, having a high correlation with physiological parameters, low cost and easy interpretation can be used as substitute for the WBGT index in the range of temperature and humidity study.

Keywords: Heat stress, Direct indices, Modified discomfort index, Physiological parameters, Open-pit mines.

1. Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health and Center for Air Pollution Research (CAPR), Institute for Environmental Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Physical Geography, School of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. Research Center for Science and Technology in Medicine (RCSTIM), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
5. Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Student Scientific Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
6. School of Health, Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences, Torbat Heydariyeh, Iran
7. (**Corresponding author**) Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran. m.asghari2011@gmail.com

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-29]