Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 10:28 IRDT on Saturday June 24th 2017

تعیین و وزن دهی معیارهای موثر در انتخاب یک شاخص استرس حرارتی با استفاده از روش دلفی و آنالیز سلسله مراتبی فازی

مهدی اصغری[۱]، پروین نصیری*[۲]، محمدرضا منظم[۳]، فریده گل بابایی[۲]، حسین عربعلی بیک [۴]
علی اکبر شمسی پور[۵]، آرمین الله وردی[۶]
nassiri@sina.tums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۲۹

چکیده

مقدمه: برای ارزیابی استرس حرارتی در محیط های کاری از شاخص های مختلفی استفاده می شود اما هیچ‌کدام از این شاخص‌ها مورد پذیرش همگان واقع نشده اند. هدف از انجام این مطالعه، تعیین معیارهای موثر در انتخاب یک شاخص استرس حرارتی و هم‌چنین وزن دهی این معیارها می باشد.

روش کار: مطالعه حاضر یک پژوهش کیفی و از نوع کاربردی می‌باشد که طی ۱۰ مرحله طراحی و اجرا گردید. در این مطالعه ابتدا با استفاده از تکنیک دلفی و نظرات خبرگان (۳۰ نفر)، معیارهای موثر در انتخاب یک شاخص استرس حرارتی تعیین و سپس برای وزن دهی و اولویت بندی این معیارها از آنالیز سلسله مراتبی فازی استفاده شد.

یافته ها: با تکمیل پرسش‌نامه ارسالی توسط خبرگان و بررسی نظرات آن‌ها و با توجه به درصد پاسخ گویی، ۱۱ معیار انتخاب شدند. معیار ساده بودن شاخص با ۷۶/۶ %، بیش‌ترین درصد پاسخ گویی را به‌خود اختصاص داد. اما وزن نسبی این معیار ۰/۰۴۱ به‌دست آمد و کم‌ترین وزن را پس از ارزان بودن از آن خود کرد و در مقایسه با دیگر معیارها دارای اهمیت کم‌تری بود. معیار استاندارد بودن با مقدار۰/۱۴۱، بیش‌ترین وزن نسبی را به‌خود اختصاص داد.

نتیجه گیری: می‌توان نتیجه گرفت که برای داشتن یک اندازه گیری قابل اعتماد و صحیح، قدم اول انتخاب یک شاخص مناسب و صحیح می‌باشد. برای انتخاب یک شاخص، بر مبنای نظر متخصصین و خبرگان از نظر اهمیت، استاندارد بودن شاخص، مهم‌ترین معیار انتخاب شاخص می‌باشد. از دیگر معیارهایی که باید مورد توجه قرار گیرد، دقت شاخص، اعتبار و قابلیت اطمینان و هم‌بستگی مناسب با شاخص‌های استرین فیزیولوژیکی است.

کلمات کلیدی: *گرما، شاخص‌های استرس حرارتی، روش دلفی، آنالیز سلسله مراتبی فازی*

۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۴- استادیار مرکز تحقیقات علوم و تکنولوژی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۵- دانشیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۶- استادیار گروه رادیولوژی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، مازندران، ایران

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 10:28 IRDT on Saturday June 24th 2017

مقدمه

عوامل فیزیکی، شیمیایی، ارگونومیکی و بیولوژیکی گوناگونی به تناسب نوع شغل در محیط‌های کاری وجود دارد که شدت اثرات زیان بار آن‌ها طیف وسیعی از اثرات غیر قابل مشاهده تا آثار آسیب زا و مرگ آور را در بر می گیرد. یکی از عوامل زیان آور فیزیکی که در بسیاری از محیط‌های کاری مطرح است، گرما است که می‌تواند منجر به ایجاد استرس حرارتی، افزایش ریسک آسیب‌ها و حوادث، کاهش کارایی و بازدهی شود و به عنوان یک مشکل عمده بهداشت شغلی به حساب می آید (۱).

استرس حرارتی مجموعه‌ای از عوامل حرارتی داخلی و خارجی است که سبب بروز طیفی از عوارض در انسان‌ها می‌شود. دمای داخلی بدن، میزان سازگاری با محیط و میزان متابولیسم از عوامل داخلی و دمای هوا، سرعت جریان هوا، گرمای تابشی و رطوبت از عوامل خارجی موثر در میزان استرس حرارتی می‌باشند (۲).

مروری بر یافته‌های مقالات نشان می‌دهد از سال ۱۹۰۵ تلاش‌های زیادی برای تعیین مواجهه گرمایی و ارزیابی محیط‌های گرم توسط شاخص‌های استرس حرارتی و تخمین استرین حرارتی شده است. هدف از ارایه یک شاخص، خلاصه نمودن ارتباطات داخلی میان پارامترهای محیطی، عوامل فردی، لباس و فعالیت در قالب یک عدد می‌باشد. پیچیدگی تعامل متغیرهای تعیین شده استرس حرارتی که در محیط کار واقعی وجود دارد، ممکن است ایجاد یک شاخص استرس حرارتی جامع برای هر متغیر را دشوار نماید. تفاوت‌ها در سطح تقاضای فیزیکی کار، وضعیت سلامتی، تحمل گرما، منابع گرما، دخالت مکانیزم‌های وابسته به گرما، تناوب کار و دمای محیط ممکن است بر سطوح ریسک تاثیر گذارد. در نتیجه بیش از ۶۰ شاخص استرس گرمایی به‌وجود آمده است که این امر پایه علمی برای به‌وجود آوردن ضوابط و حدود ایمنی برای کارگران در محیط گرم را نشان می‌دهد. به‌طور کلی شاخص‌های گرمایی به ۳ دسته تقسیم می‌شوند: شاخص‌های منطقی بر پایه معادله تعادل حرارتی، شاخص‌های تجربی بر پایه اندازه‌گیری عینی و ذهنی استرس گرمایی و شاخص‌های مستقیم بر پایه اندازگیری متغیرهای محیطی (۳).

سابقه معرفی و کاربرد شاخص‌های استرس حرارتی به بیش از صد سال پیش بر می‌گردد. اولین شاخص توسط هالدان در سال ۱۹۰۵ معرفی شد که دمای تر را برای بیان تنش حرارتی پیشنهاد کرد. از آن زمان به بعد تعداد زیادی از شاخص‌ها توسعه یافتند و تعدادی از آن‌ها در سراسر دنیا مورد استفاده قرار گرفتند که از آن جمله می‌توان به شاخص‌های دمای تر گویسان (WBGT)، شاخص دمای موثر، شاخص آکسفورد، شاخص میزان عرق ۴ ساعته، شاخص حد گرمایی کار و شاخص استرس حرارتی جدید UTCI (شاخص گرمایی آب و هوایی جهانی) اشاره نمود، ولیکن هیچ‌کدام مورد پذیرش همگان واقع نشده اند (۴).

بنابراین با توجه به مطالب بیان شده، در انتخاب یک شاخص استرس حرارتی مناسب جهت استفاده در محیط های شغلی، چالش های زیادی وجود دارد. بنابراین جهت تصمیم گیری صحیح در خصوص انتخاب یک شاخص مناسب، باید ابتدا معیارهایی جهت انتخاب یک شاخص تعریف شود. در مرحله بعدی، باید اهمیت هریک از این معیارها مورد بررسی قرار گرفته و به عبارتی، معیارها وزن دهی شوند تا معیاری که از اهمیت بیشتری برخوردار است، مشخص شود. این کار توسط مقایسه زوجی معیارها انجام می‌گیرد. با توجه به

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 10:28 IRDT on Saturday June 24th 2017

عدم انجام مطالعه‌ای در ارتباط با معیارهای انتخاب یک شاخص و وزن دهی این معیارها، هدف این مطالعه، بهره گیری از نظرات خبرگان سلامت شغلی با استفاده از روش کیفی (روش دلفی) به منظور شناسایی و تعیین معیارهای موثر در انتخاب یک شاخص استرس حرارتی و نیز وزن دهی معیارهای استخراج شده با استفاده از آنالیز سلسله مراتبی فازی می‌باشد.

روش کار

مطالعه حاضر یک پژوهش کیفی و از نوع کاربردی می‌باشد که طی ۱۰ مرحله طراحی و اجرا گردید. با توجه به این مساله که معیارهای مشترکی در انتخاب یک شاخص استرس حرارتی وجود نداشت، از روش دلفی استفاده شد. روش دلفی فرآیندی است که برای جمع‌آوری داده‌ها از متخصصان و ایجاد اجماع میان قضاوت‌های آن‌ها به‌کار می‌رود. این فرآیند با استفاده از مجموعه ای از روش‌ها برای جمع آوری و تحلیل داده‌ها در ترکیب با بازخورد نتایج به متخصصان صورت می‌پذیرد. استفاده از روش دلفی به‌عنوان روش تحقیق زمانی مناسب است که دانش یکپارچه ای درباره یک موضوع یا مساله ای وجود نداشته باشد. این روش به‌ویژه زمانی که هدف، بهبود درک ما از مشکلات، فرصت ها، راه حل‌ها و ایجاد پیش بینی هاست، مناسب می‌باشد (۵).

لینستون و توراف معتقدند دلفی را می‌توان روشی جهت ساختاردهی یک فرآیند ارتباط گروهی دانست، به‌طوری که این فرآیند به افراد گروه به‌عنوان یک کل اجازه می‌دهد به گونه موثرتری یک مشکل پیچیده را حل کنند (۶).

برخی معتقدند که شرکت کنندگان در مطالعه دلفی، گستره وسیعی از دانش و تجربه مستقیم را به فرایند تصمیم گیری وارد می سازند و برخی نیز نداشتن محدودیت جغرافیایی را از مزایای این روش نسبت به سایر روش های مشابه می شمارند. از طرف عده ای، دلفی یک روش کاملاً ارزان و نسبتاً کارآمد برای ترکیب دانش و قابلیت های یک گروه از متخصصان شناخته شده است (۷).

در مطالعه دلفی نیز مانند سایر پژوهش‌های عملی، باید به برنامه ریزی جزیی و نیز اجزای موثر مطالعه، توجه ویژه ای بشود. چهار فعالیت اصلی در این روش عبارتند از:

۱. تعیین مساله
۲. انتخاب گروه
۳. تعیین اندازه گروه
۴. اجرای دوره‌های دلفی (۷).

مراحل ۱۰ گانه در اجرای این مطالعه عبارتند از:

۱. تشکیل تیم اجرا و نظارت بر انجام دلفی
۲. انتخاب اعضای خبرگان و متخصصان
۳. راه اندازی فعالیت‌های تنظیم پرسش‌نامه برای دور اول
۴. بررسی پرسش‌نامه از نظر نوشتاری (رفع ابهامات استنباطی و ...)
۵. ارسال اولین پرسش‌نامه برای متخصصان
۶. تجزیه و تحلیل پاسخ‌های رسیده در دور اول
۷. آماده کردن پرسش‌نامه دور دوم با بازنگری‌های مورد نیاز
۸. ارسال دومین پرسش‌نامه برای متخصصان و خبرگان مرحله قبل
۹. تجزیه و تحلیل پاسخ‌های رسیده در دور دوم
۱۰. تعیین وزن‌های نسبی مربوط به معیارها با استفاده از آنالیز سلسله مراتبی فازی

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 10:28 IRDT on Saturday June 24th 2017

در مرحله اول این مطالعه، تیم اجرا و نظارت متشکل از اساتید راهنما و مشاور تشکیل شد و اهداف مطالعه مورد بررسی و بازبینی‌های مجدد قرار گرفت. صاحب‌نظران این پژوهش که در واقع اعضای پانل خبرگان مطالعه دلفی را تشکیل می‌دادند شامل اعضای محترم هیئت علمی گروه بهداشت حرفه ای دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور، کارشناسان اجرایی شاغل در معاونت سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، کارشناسان معاونت بهداشتی و دانشجویان محترم تحصیلات تکمیلی (مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری) دارای پایان نامه مرتبط در زمینه استرس حرارتی بودند که در مجموع ۳۰ نفر از آنان برای شرکت در این مطالعه انتخاب گردیدند. بنابر بررسی‌های صورت گرفته در مطالعه دلفی که شرکت کنندگان همگن باشند تعداد ۱۰ تا ۱۵ نمونه برای انجام دلفی کافی خواهد بود (۸).

بر همین مبنا ۳۰ نفر انتخاب شد تا در صورت ریزش در تعداد پاسخ دهندگان در طول مطالعه، اعتبار پژوهش حفظ شود. ابتدا سوالی باز در راستای این مطالعه طراحی گردید، در مرحله بعد سوالات به‌صورت پایلوت به ده تن از متخصصان و صاحب نظران ارسال گردید تا پاسخ، برداشت و درک آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان به نتیجه مورد نظر دست پیدا کرد. با توجه به نتایج مطالعه پایلوت، سپس پرسش‌نامه برای ۳۰ نفر از افراد ذکر شده ارسال گردید. سپس پاسخ‌های مرحله اول مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و معیارهای مشترک استخراج و امتیازبندی گردیدند و در ضمن دیگر معیارهای دارای امتیاز کم‌تر هم مورد بررسی قرار گرفتند. در طی چندین جلسه با اساتید، تعدادی از معیارها که با هم هم‌پوشانی داشته و از نظر مفهوم یکسان بوده در یک‌دیگر ادغام شده، در پایان جلسات، معیارهایی با بیش‌ترین امتیاز استخراج و برای اولویت بندی و مقایسه زوجی با یکدیگر در مرحله بعد مورد استفاده قرار گرفتند. سپس پرسش‌نامه دوم طراحی شده و برای ۳۰ نفر اعضای قبلی ارسال شد تا مقایسه زوجی بین دو به دوی معیارها انجام شود و در نهایت وزن هر یک از معیارها با استفاده از مدل سلسله مراتبی فازی تعیین گردد.

تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری است، اولین بار توسط توماس. ال. ساعتی محقق عراقی الاصل در سال ۱۹۸۰ ابداع گردید. این روش عمدتا برای تصمیم گیری مبتنی بر معیارهای کیفی کاربرد دارد. در این روش با تکیه بر مبانی ریاضی ماتریس‌ها می‌توان با طرح معیارهای متعدد نسبت به اولویت بندی گزینه‌ها اقدام نمود. هم‌چنین می‌توان جهت تصمیم گیری از دیدگاه‌های افراد مختلف نیز بهره جست و با استفاده از این روش نظرات افراد خبره را پردازش نمود. از آن‌جایی‌که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی سازگاری زیادی با نحوه تفکر و فرآیندهای ذهنی انسان دارد و نیز الگوریتم آن بر اساس یک منطق ریاضی بنا شده است، از کارایی فوق العاده بالا برخوردار بوده و استفاده از آن بسیاری از مشکلات تصمیم گیری را حل نموده است (۹).

فرآیند AHP ترکیب معیارهای کیفی و کمی را به طور هم‌زمان امکان پذیر می‌سازد. این فرآیند از مقایسه‌های دو به دویی متغیرها

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 10:28 IRDT on Saturday June 24th 2017

و معیارهای تصمیم گیری استفاده می‌نماید. مقایسات زوجی به تصمیم گیرنده این امکان را می‌دهد که فارغ از هرگونه نفوذ و مزاحمت خارجی تنها بر روی مقایسه دو معیار تمرکز کند. به‌علاوه اطلاعات ارزش‌مندی در مورد مساله تحت بررسی فراهم می‌آورد و سبب بهبود عامل منطقی بودن فرآیند تصمیم گیری می‌گردد. این فرآیند بر پایه مقایسات زوجی با امکانات تسهیل قضاوت‌ها و محاسبات بنا نهاده شده است. این روش به تفاوت‌های ذهنی با توجه به اهمیت هر معیار و مقادیر عددی اختصاص دارد و معیارهایی که بیش‌ترین اهمیت را دارند، مشخص می‌نماید. به‌عبارت دیگر به ترتیب، اولویت معیارها در این فرآیند تعیین می‌شود. از سویی با بهره‌گیری از این مدل می‌توان مساله را به‌صورت سلسله مراتبی در قالب معادلات درآورد و در آن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در نظر گرفت (۱۰).

علیرغم آسانی و رواج روش تحلیل سلسله مراتبی در میان افراد تصمیم گیرنده، انتقاداتی بر این روش وجود دارد که می‌توان به عدم قابلیت محاسبه، عدم قطعیت داده‌ها و هم‌چنین عدم قطعیت وزن معیارها اشاره نمود. تحلیل سلسله مراتبی بر اساس دانش خبرگان بنا نهاده شده اما نمی‌تواند فکر و دانش انسان را به‌طور واقعی منعکس نماید (۱۱). در محیط تصمیم گیری AHP، اطلاعات ورودی و هم‌چنین رابطه بین معیارها و شاخص‌ها نامشخص و مبهم می‌باشد و قضاوت‌های فرد خبره به‌صورت اعداد قطعی بیان می‌شود ولی در برخی از مقایسات زوجی نمی‌توان این مقایسه را به صورت یک عدد قطعی بیان نمود. در بیش‌تر مواقع فرد تصمیم گیرنده نمی‌تواند گزینه‌های مختلف را با در نظر گرفتن معیار مشخصی، به طور دقیق امتیازدهی کند. جهت رفع معایب AHP، محققین اصول منطق فازی را که توانایی مقابله با مشکل ابهام و گنگ بودن فرآیند مقایسه دوتایی را داشتند، مورد استفاده قرار دادند. محققین بیان نمودند با الحاق AHP و فازی، Fuzzy Analytic Hierarchy Process، می‌توان مشکل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را برطرف نمود (۱۱). استفاده از تئوری فازی این امکان را به فرد تصمیم گیرنده می‌دهد که علی رغم اطلاعات ناقص، اطلاعاتی که قابل دسترسی نیستند و به‌صورت کیفی بیان می‌شوند و هم‌چنین معیارهایی که قابل سنجش با یک‌دیگر نیستند، بتوان تصمیم‌گیری نمود. در سال ۱۹۹۶ یونگ چانگ مدلی را ارایه نمود که این مدل آمیزه‌ای از روش تحلیل سلسله مراتبی و تئوری فازی بوده و تحت عنوان روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نامیده شد. از آن‌جایی‌که این روش سازگاری زیادی با نحوه تفکر و فرآیندهای ذهنی انسان دارد و نیز الگوریتم آن بر اساس یک منطق ریاضی بنا شده است، از کارایی بالا برخوردار می‌باشد و امروزه به‌عنوان یک روش نوین در تصمیم گیری مطرح می‌باشد (۱۱).

پس از مشخص شدن معیارها با استفاده از روش دلفی، مراحل زیر برای تعیین وزن معیارهای مورد نظر با استفاده از آنالیز سلسله مراتبی فازی صورت گرفت:

۱- تعیین عبارت‌های کلامی جهت مقایسه‌های زوجی معیارهای مورد نظر (۱۲) با استفاده از جدول ۱

۲- استفاده از اعداد فازی مثلثی برای تشکیل ماتریس مقایسه زوجی:

در این پژوهش، برای پیش‌گیری از ابهام ناشی از عدم قطعیت در تصمیم گیری در کلیه مراحل از اعداد فازی مثلثی ارایه شده در جدول ۱ برای نشان دادن نتیجه مقایسات زوجی در AHP استفاده

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 10:28 IRDT on Saturday June 24th 2017

شد. یک عدد فازی مثلثی که با $\tilde{A} = (l + m + u)$ نشان داده می‌شود دارای تابع عضویت زیر می‌باشد که در آن پارامتر m حداکثر درجه تابع عضویت را مشخص می‌کند و پارامتر μ و l به ترتیب نمایان‌گر حد بالا و پایین هستند که ارزیابی را امکان پذیر می‌سازند. یک عدد فازی مثلثی با سه عدد (M, L, U) و تابع عضویت μ (X) در نمودار ۱ نمایش داده شده است. در نمودار۲ تابع عضویت مثلثی برای مقادیر زبانی آمده است (۱۳).

$$\mu(x) = \begin{cases} (x-l)/(m-l), & x \in [l,m] \\ (u-x)/(u-m), & x \in [m,u] \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (۱)$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (۲)$$

۳- استفاده از میانگین هندسی فازی (۱۳).

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \ldots \otimes \tilde{a}_{in})^{1/n} \quad (۳)$$

۴- محاسبه وزن فازی هر یک از عناصر (۱۳).

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_1 \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_1 \oplus \ldots \oplus \tilde{r}_1)^{-1} \quad (۴)$$

۵- استفاده از روش غیر فازی کردن ساده یا روش best non fuzzy performance (BNP) (۱۴).

$$BNP_i = (l_i + m_i + u_i)/3 \quad (۵)$$

۶- محاسبه میزان ناسازگاری ماتریس:

مقایسات انجام گرفته در این روش ذهنی اند و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مقداری ناسازگاری را تحمل می‌کند. اگر میزان سازگاری (CR) به حد مورد نظر نرسد، باید مقایسات را یک بار دیگر انجام داد. میزان سازگاری به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (۶)$$

شاخص سازگاری (CI) میزان انحراف از سازگاری را نشان می‌دهد که طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (۷)$$

در فرمول بالا n اندازه ماتریس مقایسات زوجی، λmax بیش‌ترین مقدار ماتریس مقایسات و RI شاخص سازگاری تصادفی یا همان شاخص میانگین وزن‌های تولید شده به صورت تصادفی است که می‌توان آن‌ها را از جدول مربوطه استخراج نمود (۱۵). اگر CR به‌دست آمده کم‌تر از ۰/۱ باشد، مقایسه‌های انجام شده قابل قبول است. در غیر این‌صورت، مقایسات بار دیگر با اطلاعات بیش‌تر و دقیق‌تر صورت گیرد (۱۵).

البته در این مطالعه، تنها از وزن دهی معیارها استفاده شد. مقایسات زوجی با استفاده از جدول ۱ توسط متخصصان صورت گرفت. پس از جمع آوری پرسش‌نامه‌های تکمیل شده توسط خبرگان، به همراه ماتریس مقایسات زوجی و مشخص نمودن میزان ارجحیت هر یک از افراد، اطلاعات مربوطه استخراج و اولین پردازش اطلاعات توسط Excel انجام شد. سپس با استفاده از نرم افزار MATLAB، معدل نظرات ارایه شده به روش میانگین حسابی و ضرایب هر یک از ماتریس‌های مقایسات زوجی برای ۳۰ متخصص حاضر در مطالعه محاسبه گردید.

یافته ها

هدف این مطالعه تعیین معیارهای موثر انتخاب یک شاخص استرس حرارتی با استفاده از مدل دلفی و تعیین وزن‌های مربوط به هریک از معیارها با استفاده از مدل سلسله مراتبی فازی بود.

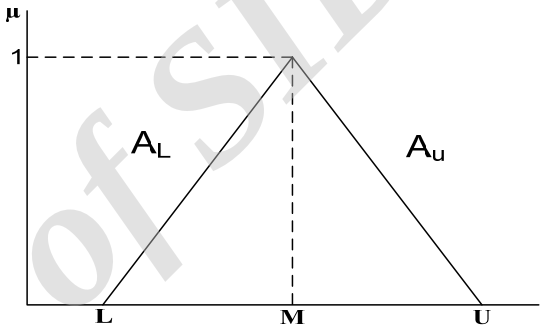
Archive of SID

www.SID.ir

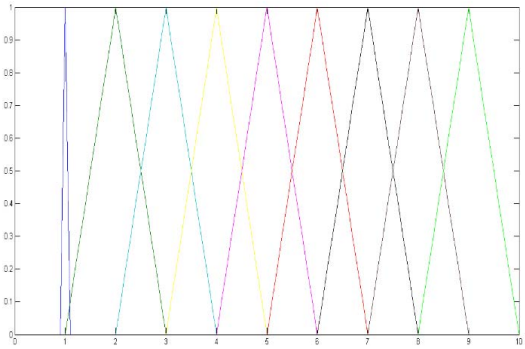
Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 10:28 IRDT on Saturday June 24th 2017

جدول۱. عبارت‌های کلامی جهت مقایسه‌های زوجی برای بیان درجه اهمیت

متغیر زبانی	عدد فازی	مقیاس عدد فازی
برابر (Equal)	۱	(۱, ۱, ۱)
برتری خیلی کم (Weak advantage)	۲	(۱, ۲, ۳)
کمی برتر (Not bad)	۳	(۲, ۳, ۴)
برتر (Preferable)	۴	(۳, ۴, ۵)
خوب (Good)	۵	(۴, ۵, ۶)
نسبتاً خوب (Fairly good)	۶	(۵, ۶, ۷)
خیلی خوب (Very good)	۷	(۶, ۷, ۸)
عالی (Absolute)	۸	(۷, ۸, ۹)
برتری مطلق (Perfect)	۹	(۸, ۹, ۱۰)



نمودار ۱. نمایش عددی فازی مثلثی به صورت سه مؤلفه‌ای



نمودار ۲. تابع عضویت مثلثی برای مقادیر زبانی

با تکمیل ۳۰ پرسش‌نامه ارسالی توسط خبرگان و بررسی نظرات آن‌ها، ۳۰ معیار استخراج گردید. در جلسه بررسی دیگر با توجه به این موضوع که برخی از معیارها از نظر مفهوم با معیارهای دیگر یکسان بوده، حذف شدند و تعداد معیارهای موثر در انتخاب یک شاخص به ۱۴ معیار کاهش پیدا کرد. در یک جلسه بازبینی دیگر، در نهایت ۱۱ معیار با توجه به درصد پاسخ گویی خبرگان انتخاب شدند که لیست آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول، معیار ساده بودن شاخص با ۷۶/۶ %، بیش‌ترین درصد پاسخ گویی را به‌خود اختصاص داد.

همان‌طور که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است، در این مطالعه ۱۱ معیار با توجه به هدف مساله در نظر گرفته شد. سپس معیارهای انتخاب شده و با توافق بالا در این مرحله برای مقایسه زوجی، مجدداً به خبرگان ارسال گردید. در نهایت وزن هر معیار با توجه به اهمیت معیارها در مقابل یک‌دیگر نسبت به هدف مورد نظر توسط روش تحلیل سلسله مراتبی فازی مورد آنالیز قرار گرفت. میزان ناسازگاری در این مطالعه برابر با ۰,۰۸۳ بود که از حد قابل قبول ۰,۱ کم‌تر بوده و مناسب می‌باشد. با توجه به جدول، معیار استاندارد بودن با مقدار ۰/۱۴۱، بیش‌ترین وزن نسبی را به‌خود اختصاص داد. سایر معیارها با وزن نسبی آن‌ها در جدول فوق نمایش داده شده است.

نتایج حاصل از مقایسه زوجی معیارها در جدول ۳ ارایه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 10:28 IRDT on Saturday June 24th 2017

جدول ۲. معیارهای استخراج شده برای انتخاب یک شاخص استرس حرارتی

ردیف	نام معیارهای استخراج شده	تعداد	درصد
۱	ساده بودن	۲۳	۷۶/۶
۲	Reliability (اعتبار و قابلیت اطمینان)	۱۶	۵۳/۳
۳	ارزان بودن	۱۶	۵۳/۳
۴	جامعیت شاخص	۱۵	۵۰
۵	قرائت مستقیم بودن	۱۴	۴۶/۶
۶	دقت شاخص	۱۴	۴۶/۶
۷	هم‌بستگی مناسب با شاخص‌های استرین فیزیولوژیکی	۱۳	۴۳/۳
۸	عدم تداخل در فعالیت کارگر، فرآیند انجام کار و کیفیت کار	۱۰	۳۳/۳
۹	در دسترس بودن	۸	۲۶/۶
۱۰	عدم تاثیر پذیری از سایر عوامل	۷	۲۳/۳
۱۱	استاندارد بودن	۷	۲۳/۳

جدول ۳. ضرایب ماتریس‌های ارزیابی و بردار وزنی معیارها با استفاده از آنالیز سلسله مراتبی فازی

ردیف	نام معیارهای استخراج شده	حد پایین (l)	حد میانه (m)	حد بالا (u)	وزن نسبی (BNP)
۱	ساده بودن	۰/۰۳۷	۰/۰۴۱	۰/۰۴۵	۰/۰۴۱
۲	Reliability (اعتبار و قابلیت اطمینان)	۰/۱۱۱	۰/۱۳۰	۰/۱۴۳	۰/۱۲۸
۳	ارزان بودن	۰/۰۲۱	۰/۰۳۲	۰/۰۴۴	۰/۰۳۲
۴	جامعیت شاخص	۰/۰۵۸	۰/۰۹۰	۰/۱۲۸	۰/۰۹۲
۵	قرائت مستقیم بودن	۰/۰۴۲	۰/۰۶۰	۰/۰۶۹	۰/۰۵۷
۶	دقت شاخص	۰/۱۲۱	۰/۱۴۲	۰/۱۵۷	۰/۱۴۰
۷	هم‌بستگی مناسب با شاخص‌های استرین فیزیولوژیکی	۰/۱۰۱	۰/۱۰۹	۰/۱۲۶	۰/۱۱۲
۸	عدم تداخل در فعالیت کارگر، فرآیند انجام کار	۰/۰۸۵	۰/۰۸۹	۰/۱۰۲	۰/۰۹۲
۹	در دسترس بودن	۰/۰۶	۰/۰۶۲	۰/۰۶۸	۰/۰۶۳
۱۰	عدم تاثیر پذیری از سایر عوامل	۰/۰۸۱	۰/۱۰۹	۰/۱۱۶	۰/۱۰۲
۱۱	استاندارد بودن	۰/۱۲۸	۰/۱۴۶	۰/۱۴۹	۰/۱۴۱

بحث و نتیجه گیری

امروزه با توجه به وجود پیشرفت تکنولوژی و تغییرات آب و هوایی و بالطبع آن افزایش جهانی دما، استرس گرمایی به عنوان یکی از عوامل زیان آور در بسیاری از محیط‌های کاری به شمار می‌رود. مواجهه با استرس حرارتی موجب ایجاد سنکوپ گرمایی، خستگی گرمایی، شوک گرمایی، گیجی، کاهش تمرکز و خستگی و هم‌چنین تشدید بعضی از بیماری‌ها و گاهی نیز تحمیل هزینه هایی مثل کاهش تولید و افزایش هزینه های غیر مستقیم می‌شود، به خصوص مواجهات طولانی مدت با شرایط گرم، استرس زیادی را بر افراد وارد می‌کند (۱۶).

در این مطالعه تصمیم گرفته شد معیارهای موثر در انتخاب یک شاخص استرس حرارتی از بین شاخص‌های موجود مورد بررسی قرار گیرد. معیارهای مورد مطالعه شامل گروهی از مهم‌ترین معیارها بودند که با استفاده از روش دلفی و طبق نظر خبرگان تعیین شد که علاوه بر دقت و قابلیت اطمینان و استاندارد بودن، به در دسترس بودن، هم‌بستگی مناسب با شاخص‌های

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 10:28 IRDT on Saturday June 24th 2017

استرین فیزیولوژیکی، عدم تداخل در فعالیت کارگر، قرائت مستقیم بودن، ارزان بودن و... می‌توان اشاره نمود.

در بین پاسخ‌های داده شده، معیار ساده بودن معیاری بود که بیش‌ترین فراوانی را در بین پاسخ‌های داده شده داشت. ساده بودن یک شاخص به این معناست که با شاخص مورد نظر بدون انجام محاسبات پیچیده و یا استفاده از دستگاه‌های متعدد، بتوان محاسبات را انجام داد. این معیار با ۷۶/۶ %، بیش‌ترین درصد پاسخ گویی را به‌خود اختصاص داد. اما وزن نسبی این معیار ۰/۰۴۱ به‌دست آمد و کم‌ترین وزن را پس از ارزان بودن از آن خود کرد و در مقایسه با دیگر معیارها دارای اهمیت کم‌تری بود.

معیار بعدی که بیش‌ترین فراوانی را در پاسخ‌های خبرگان داشت، اعتبار و قابلیت اطمینان شاخص بود. قابلیت اطمینان به این نکته اشاره دارد که اگر اندازه گیری چندین بار در شرایط آب و هوایی یکسان تکرار شود، نتایج مشابهی در پی خواهد داشت. درصد پاسخ‌گویی خبرگان به این معیار ۵۳/۳ بود. معیار ارزان بودن روش اندازه گیری استرس حرارتی نیز با درصد پاسخگویی ۵۳/۳، در رتبه دوم قرار داشت. معیارهای جامعیت شاخص، قابلیت قرائت مستقیم شاخص و دقت شاخص، از نظر میزان فراوانی در پاسخ‌های خبرگان، در رتبه‌های سوم تا پنجم با درصدهای ۵۰ و ۵۰ و ۴۶/۶ قرار داشتند.

نتایج آنالیز سلسله مراتبی فازی نشان داد که طبق نظر متخصصین و خبرگان، بیش‌ترین وزن مربوط به معیارها، به استاندارد بودن شاخص مورد نظر تعلق گرفت. استاندارد بودن یک شاخص به این معناست که شاخص مورد استفاده از سوی سازمان‌های بین المللی پذیرفته شده است یا خیر؟ از جمله سازمان‌های بین المللی صدور استاندارد می‌توان به سازمان جهانی استاندارد یا ISO (International Standardization Organization) اشاره کرد(۱۷۳,).

معیارهای بعدی که بیش‌ترین وزن را داشتند طبق نظر متخصصین عبارتند از دقت شاخص، اعتبار و قابلیت اطمینان شاخص و هم‌بستگی مناسب با شاخص‌های استرین فیزیولوژیکی و عدم تاثیر پذیری از سایر عوامل در رتبه‌های دوم تا پنجم قرار داشتند.

از سویی دیگر، هم‌بستگی بین یک شاخص استرس حرارتی و پارامترهای فیزیولوژیکی متاثر از گرما به‌عنوان یکی از معیارهای مهم عمل‌کرد شاخص محسوب می‌شود. برای ارزیابی عمل‌کرد شاخص‌های استرس حرارتی در محیط‌های کاری، عموماً هم‌بستگی شاخص استرس حرارتی با پارامترهای فیزیولوژیکی مربوطه مطالعه می‌شود (۱۸).

تاکنون مطالعه ای جهت تعیین معیارهای موثر در انتخاب یک شاخص استرس حرارتی انجام نشده است، اما سازمان NIOSH معیارهایی را جهت استفاده از یک شاخص معرفی کرده است که عبارتند از:

۱- قابلیت کاربرد و دقت در هنگام استفاده را داشته باشد.

۲- کلیه عوامل مهم (محیطی، متابولیسم، لباس و ...) را در بر گیرد.

۳- اندازه گیری و محاسبات مربوطه باید ساده باشد.

۴- وسایل و روش‌های مورد استفاده جهت سنجش میزان تماس کارگران نباید در فعالیت آن‌ها اختلالی ایجاد نماید.

۵- شاخص مورد نظر حتی‌الامکان با پارامترها و عکس العمل‌های فرد هم‌خوانی داشته باشد.

۶- شاخص باید در محدوده وسیعی از شرایط محیطی و متابولیسمی متفاوتی، قابلیت کاربرد داشته باشد (۱۹).

توصیه سازمان NIOSH برای انتخاب یک شاخص مناسب، با نتایج این مطالعه هم راستا است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای داشتن یک اندازه گیری قابل اعتماد و صحیح، قدم اول انتخاب یک شاخص مناسب و صحیح می‌باشد. برای انتخاب یک شاخص، بر

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 10:28 IRDT on Saturday June 24th 2017

مبنای نظر متخصصین و خبرگان از نظر اهمیت، استاندارد بودن شاخص، مهم‌ترین معیار انتخاب شاخص می‌باشد. از دیگر معیارهایی که باید مورد توجه قرار گیرند، دقت شاخص، اعتبار و قابلیت اطمینان و هم‌بستگی مناسب با شاخص‌های استرین فیزیولوژیکی است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان" تدوین یک مدل تجربی با استفاده از تلفیق پارامترهای حساسیت، مواجهه و قابلیت انطباق جهت پیش بینی آسیب پذیری ناشی از استرس حرارتی در شاغلین معادن روباز استان تهران" در مقطع دکترا بوده است که با حمایت پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران اجرا شده است. بدین وسیله از کلیه اعضای محترم هیات علمی گروه‌های بهداشت حرفه ای، دانشجویان تحصیلات تکمیلی و کارکنان مرکز سلامت و محیط وزارت بهداشت که در این مطالعه همکاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

REFERENCES

1. Monazzam M, Jafariroodbandi A, mohammadi P, Amirzadeh F, Tabatabaee S. A study on heat stress and its risk assessment in a steel factory . Iran Occupational Health Journal. 2013; 9 (4): 41-49.
2. Hajiazimi E, Khavanin A, Solymanian A, Valipour F, Dehghan HA. Heat Stress Control in The Foundry Platform of a Steel Plant Tehran, Iran. Journal of Health Systems Research. 2011; 13(2): 866-74.
3. Epstein Y, Moran DS: Thermal comfort and the heat stress indices. Ind Health 2006, 44:388–398.
4. Lucas et al. Excessive occupational heat exposure: a significant ergonomic challenge and health risk for current and future workers. Extreme Physiology & Medicine 2014, 3:14.
5. Ludwig, L. and S. Starr (2005). "Library as place: results of a delphi study ", Journal of the Medical Library Association, 93(3), pp. 315-327.
6. Linstone, H.A. and Turoff, M. (Eds.) (2002), The Delphi Method: Techniques and Applications, Addison-Wesley Publishing Company Inc, Reading, M.A. Available at: http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook/ 25 June 2004..
7. Powell, Catherine (2003), "The Delphi Technique: myths and realities", Journal of Advanced Nursing, 41(4), 376-382.
8. Sadeq Tabrizi J, Gharibi F. Developing a national accreditation model via Delphi Technique. jhosp. 2013; 11 (2):9-17.
9. Meixner, O, 2009, Fuzzy AHP Group Decision Analysis and its Application for the Evaluation of Energy Sources. Institute of marketing and Innovation, University of Natural Resources and Applied Life Science, Vienia, Austria.
10. Chadwick, George, 1971. A Systems View of Planning : Towards a Theory of Urban and Regional Planning Process. Oxford: Pergamon Press.
11. Zhi-Ping Fan, Guo-Fen Hu, Si-Han Xiao. A method for multiple attribute decision-making with the fuzzy preference relation on alternatives. Computers & Industrial Engineering. 2004; 46(2):321–327.
12. Alev Taskin Gumus. Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology. Expert Systems with Applications.2009; 36 (4): 4067–4074.
13. Sun, C. C. (2010) "A Performance Evaluation Model by Integrating Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSİS Methods." Expert Systems with Applications, 37: 7745-7754.
14. Hsieh, T.Y., Lu, S.T., Tzeng, G.H., 2004. Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection buildings. International Journal of Project Management; 22:573-584.
15. Alavi, I. Fuzzy AHP method for plant species selection in mine reclamation plans: case study sungun copper mine. Iranian Journal of Fuzzy Systems.2014; 11(5):41-49.
16. Hajizadeh R, Golbabaie F, Monazam Esmaielpour M R, beheshti M H, Mehri A, Hosseini M et al . Assessing the heat stress of brick-manufacturing units' workers based on WBGT index in Qom city. JHSW. 2015; 4 (4):9-20.
17. Parsons KC. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. Ind Health 2006;44: 368-79.
18. Clantary A, Sadeghi Aliabadi M. Assessment of Heat Stress Index, and evaluation of theirvalidity in Mobarakeh Steel Association's Mobarakeh Steel Association's. Iran Occupational Health Journal. 2005; 2 (1):52-56
19. NIOSH. Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to hot environments. Revised criteria 1986. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control. National Institute for Occupational Safety and Health. DHHS (NIOSH) Publication No. 86—113; 1986.

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 10:28 IRDT on Saturday June 24th 2017

Journal of Health and Safety at Work Vol. 7; No. 1; Spring 2017

Determination and weighting the effective criteria in selecting a heat stress index using the Delphi technique and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)

Mahdi Asghari [1] , Parvin Nassiri [2]*, Mohammad Reza Monazzam [3], Farideh Golbabaei [2], Hossein Arabalibeik [4], Ali Akbar Shamsipour[5], Armin Allahverdy [6]

[1] M.Sc., Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[2] Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[3] 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

[4] Research Center for Science and Technology in Medicine (RCSTIM), Tehran University of Medical, Tehran, Iran

[5] Associate Professor, Department of Physical Geography, School of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

[6] Assistant Professor, Radiology Department, Allied Faculty, Mazandaran University of Medical Sciences, Sary, Iran

Abstract

Introduction: To evaluate heat stress in the workplace different indices are used. But, none of these measures have been widely accepted. The aim of this study was to determine effective criteria in selecting a heat stress index and weighting of these criteria.

Material and Method: This study is a qualitative study that was designed and conducted within 10 stages. In the current study, effective criteria for choosing a heat stress index was determined by using Delphi technique and expert's opinions (30 people), and then the fuzzy analytic hierarchy process was used for weighting and prioritization of these criteria.

Results: Analyzing the completed questionnaires by the experts and according to the percentage of respondents, 11 criteria were finally selected. "Simplicity" criteria by %76.6 had the highest percentage of response. But, the relative weight of this criteria was 0.041, and had the lowest weight after the "low cost" criteria. The criteria relating to the "Standard" item was 0.141as the highest relative weight.

Conclusion: It can be concluded that the first step to have a reliable and accurate measurement is to choose a proper and correct index. Based on specialists and expert's opinions, standardization of the index is the most important selection criteria. Other criteria that must be considered were accuracy, reliability and good correlation with the physiological strain indices.

Key words: *Heat, Heat Stress Indices, Delphi Technique, Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)*

* Corresponding Author Email: *nassiri@sina.tums.ac.ir*

Archive of SID

www.SID.ir