Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

دوماهنامه سلامت کار ایران دوره ۱۵، شماره ۴، مهر و آبان ۱۳۹۷

شناسایی و اولویت‌بندی راهکارهای کنترلی مواجهه با استرس گرمایی در صنعت لاستیک‌سازی با استفاده از روش دلفی و روش ترکیبی سلسله مراتبی فازی (FAHP) و تاپسیس

سید حسین مولایی فر[۱]، فاضل رجبی[۱]، زهرا زمانیان*[۲]، مرضیه هنربخش[۳]، علی ابراهیمی[۱]، پیام فرهادی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۲۹ تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۸/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۴

چکیده

زمینه و هدف: استرس حرارتی یکی از مهم‌ترین مخاطرات شغلی تهدیدکننده‌ی سلامتی کارکنان در بسیاری از محیط‌های کاری است که در صنایع دارای فرآیندهای گرم نظیر صنعت لاستیک‌سازی اهمیت بیشتری دارد. بنابراین کنترل این عامل زیان‌آور شغلی، یکی از اقدامات ضروری و اولویت‌های مدیران این صنایع محسوب می‌شود. مطالعه حاضر، با هدف شناسایی و اولویت‌بندی راهکارهای کنترل استرس گرمایی با استفاده از روش دلفی و روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس در کارخانه صنعت لاستیک‌سازی انجام شد.

روش بررسی: مطالعه حاضر یک پژوهش مقطعی و کیفی می‌باشد که در سه مرحله وابسته به هم انجام شد. در مرحله‌ی اول مهمترین معیارها و راهکارهای کنترل استرس گرمایی در صنعت لاستیک‌سازی با استفاده از روش دلفی شناسایی و غربالگری شد. در مرحله‌ی دوم معیارهای شناسایی شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن دهی و در مرحله ی آخر، راهکارهای کنترلی بر اساس روش تاپسیس اولویت‌بندی شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای Excel و Super decision انجام شد.

یافته‌ها: نتایج مقایسه زوجی معیارها با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نشان داد معیار کارآیی روش با وزن نسبی ۰/۱۴۱ در بین معیارهای مورد بررسی بیش‌ترین اهمیت دارد. همچنین نتایج نهایی مطالعه نشان داد که در بین راهکارهای کنترلی مورد بررسی با روش تاپسیس، عایق‌گذاری یا محصورسازی نقاط دارای استرس گرمایی (مصالح عایق) با وزن نسبی ۰/۵۸۲، بهترین راهکار برای کنترل استرس گرمایی در صنعت لاستیک‌سازی است.

نتیجه‌گیری: این تحقیق یک رویکرد تلفیقی از روش‌های دلفی و تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس را به منظور انتخاب بهترین راهکارهای کنترل استرس گرمایی در صنعت لاستیک سازی پیشنهاد می‌کند. نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان راهنمایی برای اخذ تصمیمات علمی و انتخاب استراتژی مناسب برای کنترل استرس گرمایی در صنعت لاستیک‌سازی مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: استرس گرمایی، اولویت‌بندی راهکارهای کنترلی، لاستیک‌سازی، روش تلفیقی AHP-fuzzy، تاپسیس.

مقدمه

انسان به تناسب شغل با طیف وسیعی از عوامل زیان‌آور شغلی مواجهه دارد که هرگاه میزان آن‌ها از آستانه‌ی تحمل فیزیولوژیک بدن فراتر رود، اثرات و عوارض گوناگونی در وضعیت سلامتی و عملکرد وی ایجاد می‌شود [۳-۱]. استرس گرمایی یکی از مهم‌ترین و شایع‌ترین عوامل زیان‌آور فیزیکی در محیط های شغلی است [۱]. آمارهای کشورهای توسعه یافته نشان می‌دهد که نرخ بروز پیامدهای ناشی از مواجهه‌ی شغلی با استرس گرمایی بسیار بالا است و به ویژه در سال‌های اخیر با توجه به تغییر شرایط اقلیمی، بیماری‌ها و مرگ و میر ناشی از گرما در محیط‌های کاری افزایش یافته است [۲، ۴-۶]. آمارهای موسسه آمار کار آمریکا (BLS) (Bureau of Labor Statistics) نشان می‌دهد در طول دهه‌ی اول قرن حاضر بیش هزاران از نفر از کارگران آمریکایی دچار بیماری شغلی مرتبط با گرما شدند و تعداد ۳۸۵ نفر در این مدت بخاطر مواجهه شغلی با گرما جان خود را از دست داده اند [۷، ۸]. بررسی‌ها در کشور استرالیا نشان می‌دهد که در یک دوره ۱۱ ساله از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷ تعداد ۴۸۵ مرگ و بیماری شغلی جدی ناشی از گرما ثبت شده است. در ژاپن، ۳۸۹ مرگ بخاطر مواجهه‌ی شغلی با گرما از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۲ به

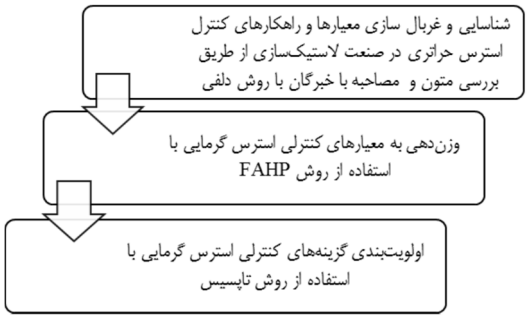
۱- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
۲- (نویسنده مسئول) دانشیار،گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران. zamanian@sums.ac.ir
۳- کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشکده علوم پزشکی لارستان، لارستان، ایران .
۴- عضو هیئت علمی، گروه مدیریت، موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی زند، شیراز، ایران.

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

ثبت رسیده است [۷، ۹]. این در حالی است که در کشورهای در حال توسعه و به ویژه کشورهای دارای اقلیم گرم (از جمله کشور ایران) انتظار می‌رود، میزان بروز و شدت پیامدهای ناشی از مواجهه‌ی شغلی با گرما بیشتر باشد [۱، ۱۰].

عوارض و اثرات ناشی از گرما را می‌توان در یک طیف پیوسته از اثرات جزئی مثل راش‌های گرمایی تا سنکوپ گرمایی تقسیم بندی نمود. جوش‌های پوستی، کرامپ عضلانی، خستگی گرمایی، سنکوپ گرمایی و گرمازدگی برخی از مهمترین بیماری‌های ناشی از مواجهه با گرما در محیط‌های شغلی است. مواجهه‌ی شغلی با گرما همچنین موجب افزایش نرخ غیبت از کار، افزایش میزان بروز حوادث و کاهش سطح ایمنی در محیط‌های کاری می‌شود [۱، ۴، ۱۱، ۱۲]. علاوه بر این گرما می‌تواند اثرات سایر عوامل زیان‌آور بر روی بدن تشدید نماید. این موضوع به ویژه در صنایعی که مواجهه‌ی همزمان گرما و ترکیبات شیمیایی وجود دارد، حائز اهمیت است [۱۳، ۱۴].

بنابر مطالب گفته شده، عوارض و پیامدهای ناشی از استرس گرمایی یکی از مسائل عمده در بسیاری از محیط‌های کاری است. این موضوع در صنایع دارای فرآیندهای گرم نظیر صنایع ذوب فلزات، شیشه‌سازی و لاستیک سازی اهمیت بیشتری دارد [۱۰، ۱۵، ۱۶]. در صنعت لاستیک سازی مواجهه با استرس گرمایی به صورت گسترده وجود دارد و بخش زیادی از کارکنان این صنعت تحت تاثیر اثرات سوء این عامل زیان‌آور شغلی قرار دارند [۱۷]؛ بنابراین ضروری است با اجرای روش‌های کنترلی مناسب، مواجهه‌ی کارکنان با استرس گرمایی در این صنعت تا حد ممکن کاهش یابد اما امکان اجرای و یا آزمودن تمامی راهکارهای کنترلی وجود ندارد و از سویی به دلیل متنوع بودن معیارهای مختلف فنی و اقتصادی موثر در انتخاب بهترین راهکار، نمی‌توان به آسانی بهترین راهکار کنترلی مناسب را انتخاب نمود؛ بنابراین لازم است با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری مناسب، بهترین راهکار برای کنترل استرس گرمایی در این صنعت انتخاب شود [۱۸، ۱۹].



شکل ۱- مراحل اصلی انجام پژوهش

یکی از گزینه‌هایی که در این راستا می‌تواند بسیار کمک‌کننده باشد، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) است. با استفاده از این روش‌ها می‌توان از بین گزینه‌های مختلف با معیارهای گوناگون، بهترین گزینه‌ی ممکن را انتخاب نمود [۱۸، ۱۹].

روش کار

هدف از مطالعه‌ی حاضر شناسایی و اولویت‌بندی راهکارهای کنترل استرس گرمایی در صنعت لاستیک‌سازی با استفاده از روش دلفی و روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) و تاپسیس می‌باشد.

مطالعه حاضر از نوع مقطعی و کیفی بوده که در سه مرحله اصلی انجام شد. خروجی مراحل اول و دوم مطالعه، علاوه بر پاسخ به یکی از سوالات تحقیق ورودی مرحله بعدی را تشکیل می‌دهند. شکل ۱ مراحل کلی مطالعه را نشان می‌دهد

الف) شناسایی و غربالگری معیارهای و گزینه‌های کنترل استرس گرمایی در محیط کار با روش دلفی

از آنجایی که معیارها و گزینه‌های کنترل استرس گرمایی به‌طور اختصاصی برای صنعت لاستیک سازی وجود نداشت، ابتدا با توجه به شرایط حاکم بر صنعت مورد مطالعه و نتایج حاصل از مطالعات گذشته و مصاحبه با خبرگان، معیارها و گزینه‌های کنترلی به روش دلفی شناسایی شدند.

نمونه‌ی آماری این پژوهش شامل ۲۰ نفر از افراد خبره

[1] Multiple Criteria Decision Making (MCDM)

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

بود که از میان اساتید و کارشناسان بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت شیراز، کارشناسان بهداشت حرفه‌ای صنعت لاستیک‌سازی، بازرسان بهداشت حرفه‌ای مرکز بهداشت شهرستان شیراز، کارشناسان ایمنی و بهداشت حرفه‌ای صنعت لاستیک‌سازی و مدیریت صنعت لاستیک‌سازی انتخاب شدند. نمونه‌ی انتخاب شده، با فرآیند و شرایط کاری و محیطی صنعت مورد نظر آشنایی کافی داشتند. لازم به ذکر است برای انجام مطالعه به روش دلفی، مطالعات مختلف تعداد ۱۰ تا بیش از ۲۰۰۰ نفر را ذکر کرده‌اند؛ اما بیشتر مطالعات تعداد ۱۰ تا ۴۰ نفر را برای انجام روش دلفی و سایر روش‌های تصمیم‌گیری مناسب دانسته‌اند و در گروه‌های هموژن تعداد ۱۰ تا ۱۵ نفر را توصیه کردند [۲۰، ۲۱].

به طور کلی فرآیند دلفی رویکردی نظام‌مند برای رسیدن به اجماع گروهی در مورد یک موضوع ویژه است که تا زمان اجماع نظرات، به طور مداوم تکرار می شود [۲۱]. اگرچه این قضاوت جمعی متخصصان ذهنی بنظر می‌رسد، اما از اظهارات فردی مناسب‌تر بوده و نتایج عینی‌تری را به بار می‌آورد.

برای انجام این مطالعه، پس از تشکیل تیم دلفی متشکل از افراد خبرگان مذکور، با مرور نظام‌مند مطالعات گذشته [۳، ۱۸، ۱۹، ۲۲] و بر اساس نظرات خبرگان، نسخه‌ی اولیه پرسشنامه دلفی برای معیارها و گزینه‌های کنترلی استرس گرمایی در صنعت مورد نظر تهیه شد. در هر یک از پرسشنامه‌های مذکور، میزان اهمیت تمامی معیارها یا گزینه‌های کنترلی شناسایی شده بر اساس مقیاس لیکرت از ۱ تا ۹ امتیازگذاری شده بود. در مرحله‌ی بعد هر یک از پرسشنامه‌ها از لحاظ نوشتاری مورد بررسی قرار گرفت و پس از انجام تصحیحات لازم، در اختیار گروه خبرگان قرار گرفت. سپس، پرسشنامه‌های دریافت شده از خبرگان مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. پس از بررسی‌های اولیه و انجام تصحیحات لازم و ارائه‌ی توضیحات شفاهی و کتبی به گروه خبرگان، پرسشنامه برای دور دوم به گروه خبرگان ارسال گردید.

در مرحله‌ی آخر پس از دریافت پرسشنامه‌ها و حصول اطمینان از دستیابی به توافق نظر بین خبرگان، نتایج تحقیق بر اساس شاخص‌های اندازه‌ی مرکزی (میانگین، میانه و مد) و شاخص‌های پراکندگی (انحراف معیار و محدوده‌ی میان چارکی) بیان شد.

لازم به ذکر است پس از تجزیه و تحلیل نتایج دور دوم دلفی، کلیه‌ی معیارها و گزینه‌ها دارای انحراف معیار کمتر از یک در مقیاس لیکرت بودند. بر اساس نتایج نهایی

جدول ۱- معیارها و گزینه‌های انتخاب شده بر اساس روش دلفی

معیارها	گزینه‌های کنترلی
B_1:هزینه سرمایه‌گذاری اولیه	A_1: کنترل زمان مواجهه با استرس گرمایی
B_2:به روز بودن روش	A_2: تغییر فرآیندهای مولد گرمای زیاد
B_3:میزان رضایتمندی کارگران از به‌کارگیری روش	A_3: استفاده از تهویه عمومی
B_4:کارآیی روش	A_4: سپرگذاری در مقابل گرمای تابشی
B_5:سهولت استفاده از روش	A_5: جداسازی چشمه گرماساز
B_6:میزان ایمن بودن روش	A_6: عایق‌گذاری یا محصورسازی نقاط دارای استرس گرمایی (مصالح عایق)
B_7:قابلیت اجرایی از لحاظ حجم، فضا، امکانات موجود...	A_7: سرمایش موضعی ایستگاه کار
B_8:عدم تداخل در فرآیند	A_8: آموزش کارگران
	A_9: برنامه ریزی کار و استراحت
	A_{10}: عایق‌های مدرن (نانو، عایق مکانیکی)
	A_{11}: تهویه مکش موضعی
	A_{12}: استفاده از لوازم حفاظت فردی مناسب (لباس مجهز به هوای سرد؛ پوشش‌های مرطوب شده)

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

مرحله اول تحقیق، ۸ معیار و ۱۲ گزینه که میانگین امتیاز بیشتری کسب کرده بودند، انتخاب شدند (جدول ۱).

ب) وزن‌دهی معیارها بر اساس تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

به دلیل وجود ابهامات و عدم قطعیت در معیارهای موثر در انتخاب راهکارهای کنترلی استرس گرمایی، در این مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) برای وزن‌دهی معیارهای موثر در انتخاب راهکارهای کنترلی استفاده شد. بدین منظور ابتدا پرسشنامه‌ی مقایسات زوجی برای ۸ معیار شناسایی شده در مرحله‌ی قبل، تهیه شد و پس از تکمیل پرسشنامه توسط خبرگان، این معیارها با استفاده از روش FAHP و نرم‌افزار Super decision تجزیه و تحلیل شد.

روش FAHP نسخه‌ی ارتقاء یافته‌ی تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می‌باشد که در آن بجای مقادیر مطلق، از اعداد فازی استفاده می‌شود. AHP روشی بسیار پرکاربرد برای تصمیم‌گیری چند معیاره بود اما شکل سنتی آن نمی‌توانست به خوبی ارزش دقیق نظرات را بیان کند. به همین دلیل تکنیک FAHP برای حل مسائل سلسله مراتبی پیشنهاد شد [۲۳]. نسخه اولیه‌ی FAHP، توسط دو محقق هلندی به نام های لارهوون و پدریک در سال ۱۹۸۳ بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی ارائه شد. پیچیدگی این روش سبب شد تا در سال ۱۹۹۶، روش دیگری با عنوان روش تحلیل توسعه‌ای توسط چانگ ارائه شود که در آن از منطق فازی و اعداد فازی مثلثی (معادله ۱)، برای مقایسات زوجی تحلیل سلسله مراتبی استفاده می‌شود [۲۴، ۲۵].

(۱):

$$\mu_{\widetilde{m}}(x) = \begin{bmatrix} (x-l)/(m-l) & l \le x \le m \\ (u-x)/(u-m) & m \le x \le u \\ o & other\ wise \end{bmatrix}$$

در این معادله، l حد پایینی، u حد بالایی و m مقدار میانه می‌باشد؛ نابراین اعداد فازی مثلثی به صورت (l,m,u) نمایش داده می‌شود. از آنجا که سنجش برخی از معیارها در این مطالعه به صورت کیفی و قضاوتی بود و به دلیل اینکه برای داده‌های کیفی مقدارعددی وجود ندارد، ارزیابی معیارها به صورت زبانی صورت گرفت و برای نشان دادن این متغیرهای زبانی از اعداد فازی مثلثی استفاده شد. در جدول ۲ مقیاس زبانی و مقادیر فازی متناظر با آن ارائه شده است.

جدول ۲- مقیاس زبانی و فازی مورد استفاده در مقایسات زوجی (۲۵)

مقیاس زبانی	عدد فازی مثلثی	معکوس عدد فازی مثلثی
دقیقا یکسان	(۱، ۱،۱)	(۱، ۱، ۱)
تقریباً یکسان	(۱/۲، ۱، ۳/۲)	(۲/۳، ۱، ۲)
کمی مهم‌تر	(۱، ۳/۲، ۲)	(۱/۲، ۲/۳، ۱)
نسبتاً مهم‌تر	(۳/۲، ۵/۲،۲)	(۲/۵، ۱/۲، ۲/۳)
خیلی مهم‌تر	(۲، ۵/۲، ۳)	(۱/۳، ۲/۵، ۱/۲)
کاملا ارجح	(۵/۲، ۳، ۲/۷)	(۲/۷، ۱/۳، ۲/۵)

اگر $X = \{x1, x2,\ldots,xn\}$ به عنوان مجموعه داده‌ها و $G = \{g1, g2,\ldots,gn\}$ مجموعه هدف باشد، مطابق با روش چانگ مقدار m برای هر داده مطابق با معادله ۲ محاسبه می‌شود:

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \ldots, M_{gi}^n, i = 1,2,\ldots,n, \quad (۲):$$

که در آن M_{gi}^n تمام اعداد فازی مثلثی می‌باشد.

در این مطالعه ابتدا با استفاده از فرمول میانگین هندسی (رابطه ۲)، ترکیب پرسشنامه های گروهی انجام شد.

$$\bar{a_{ij}} = \left(\sum_{k=1}^{n} = 1^{a_{ij}^k}\right)^{\frac{1}{N}} \quad (۳):$$

سپس از روش چانگ برای حل مسائل FAHP استفاده شد. گام‌های اصلی تحقیق به روش چانگ عبارتند از [۲۴، ۲۵]:

گام اول: ارزش مقدار ترکیبی فازی نسبت i امین شی به صورت معادله ۳ بیان می‌شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{ij}\right]^{-1} \quad (۴):$$

مقدار $\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j$ با استفاده از معادله‌های ۵ و ۶ محاسبه می‌شود:

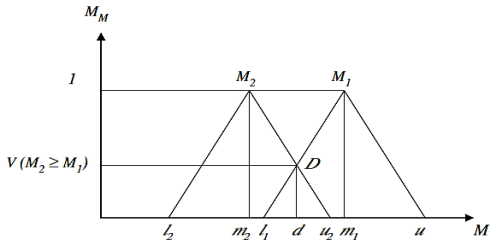
Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

(۵):
$$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_i \sum_{j=1}^{m} m_i \sum_{j=1}^{m} u_i\right)$$
(۶):
$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_i \sum_{j=1}^{m} m_i \sum_{j=1}^{m} u_i\right)$$
سپس معکوس معادله ۶ به صورت زیر محاسبه می‌شود:
(۷):
$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{j=1}^{m} l_i}, \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} m_i}, \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} u_i}\right)$$

گام دوم: هرگاه $M_1=(l_1,m_1,u_1)$ و $M_2=(l_2,m_2,u_1)$ دو عدد فازی باشند، درجه‌ی احتمال مطابق با معادله ۸ محاسبه می‌شود:
(۸):
$$V(M_1 \geq M_2) = y \geq x\left[\min\left(\mu_{M1}(x), \mu_{M2}(y)\right)\right]$$

که این معادله می‌تواند به صورت ذیل بیان شود:
(۹):
$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu M_2(d)$$
$$= \begin{cases} 1, & if m_2 \geq m_1 \\ 0, & if l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & otherwise \end{cases}$$

که در این معادله d طول بالاترین فصل مشترک بین μM1 و μM2 می‌باشد.



شکل ۲ (۲۴)- فصل مشترک بین M_1 و M_2

گام سوم: درجه‌ی احتمال یک نقطه‌ی فازی مثل M_i بزرگتر از نقطه‌ی K با استفاده از معادله‌ی ۱۰ محاسبه می‌شود:
(۱۰):
$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_K) = V\left[(M \geq M_1)\ and\ (M \geq M_2) and \dots\ (M \geq M_K)\right] = minV\ (M \geq M_i), i = 1,2,3, \dots, k$$

چنانچه فرض کنیم معادله‌ی زیر درست است:
(۱۱):
$$d'(Ai) = \min V\ (Si \geq Sk)$$

پس وزن هر بردار مطابق با معادله‌ی ۱۲ محاسبه می‌شود:
(۱۲):
$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

گام چهارم: سرانجام وزن نرمال شده هر بردار مطابق با معادله ۱۲ محاسبه می‌شود:
(۱۳):
$$W = (d(A1), d(A1), \dots, d(An))^T$$
که در آن W یک عدد غیر فازی است.

پس از انجام مقایسات زوجی لازم است سازگاری ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مورد ارزیابی قرار گیرد. یکی از روش‌های پرکاربرد و ساده برای ارزیابی سازگاری ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی، که در این مطالعه نیز استفاده شد، محاسبه‌ی نسبت سازگاری[2] (CR) است. نسبت مذکور از تقسیم شاخص سازگاری[3](CI) بر شاخص ماتریس تصادفی[4](RI) (جدول ۳) به دست می‌آید. چنانچه نسبت سازگاری محاسبه شده کمتر از ۰/۱ باشد، مقایسه زوجی و قضاوت‌های انجام شده مورد قبول می‌باشد. در غیر این صورت ناسازگاری قضاوت‌ها بیشتر از مقدار قابل قبول

[2] Consistency Ratio
[3] Consistency Index
[4] Random Consistency Index

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

جدول ۳- شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی

N (تعداد معیارهایی که مقایسه زوجی می‌شوند)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI (شاخص نسبت یک ماتریس تصادفی)	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹

بوده و باید در مقایسه‌های انجام گرفته تجدید نظر شود.

ج) اولویت‌بندی راهکارهای کنترلی استرس حرارتی با استفاده از روش تاپسیس

پس از تعیین وزن معیارها در مرحله‌ی قبل، اولویت‌بندی گزینه‌های کنترل استرس گرمایی با روش تاپسیس انجام شد. بدین منظور ابتدا، پرسشنامه‌ی تاپسیس تهیه و در اختیار گروه خبرگان قرار گرفت. گروه خبرگان این مرحله نیز متشکل خبرگان مراحل اول و دوم پژوهش بود. پس از دریافت پرسشنامه‌ها، تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم‌افزار برنامه‌نویسی شده‌ی تاپسیس در Excel انجام شد.

هدف اصلی روش تاپسیس در فرآیند تصمیم‌گیری، برآورد میزان نزدیکی گزینه‌ها به راهکار ایده‌آل است. گام‌های اصلی روش تاپسیس برای اولویت‌بندی گزینه‌ها در این مطالعه، به شرح ذیل است [۲۳، ۲۶]:

۱) تعیین معیارها و گزینه‌های کنترلی و تشکیل ماتریس اصلی روش تاپسیس؛

۲) وارد کردن نتایج مربوط به نظرات خبرگان بر اساس پرسشنامه تاپسیس؛

۳) وارد کردن وزن معیارهای محاسبه شده با روش *FAHP* (نتایج مرحله‌ی ۲)؛

۴) بی مقیاس سازی و به‌هنجارسازی گزینه‌ها و معیارها: معیارها و گزینه‌های مثبت با بالاترین مقدار باید بیش‌ترین رتبه و معیارهای منفی با بیش‌ترین مقدار می‌بایست کمترین رتبه را دارا باشند.

۵) محاسبه راهکار ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی ($vj+, vj-$) : بهترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، بزرگترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچکترین مقادیر است. بدترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی بزرگترین مقادیر است.

۶) محاسبه‌ی فاصله‌ی هر گزینه با راه حل ایده‌آل (v_j^+, v_j^-) طبق معادله‌های ۱۴ و ۱۵:

(۱۴):

$$i=1,2,\ldots,m \quad d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^+\right)^2}$$

(۱۵):

$$i=1,2,\ldots,m \quad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^-\right)^2}$$

۷) محاسبه‌ی ضریب نزدیکی (معادله ۱۶):

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1,2,\ldots,m: \qquad (۱۶)$$

۸) اولویت‌بندی گزینه‌های کنترلی و انتخاب بهترین گزینه: گزینه‌های دارای مقدار Ci بیشتر، به عنوان بهترین گزینه برای کنترل استرس گرمایی در صنعت لاستیک‌سازی انتخاب شد.

یافته‌ها

در این مطالعه ۱۲ راهکار (گزینه) کنترل استرس گرمایی شناسایی و بر اساس ۸ معیار، با استفاده از ترکیب روش ترکیبی FAHP و تاپسیس اولویت‌بندی شدند. در جدول ۴ نتایج حاصل از محاسبه‌ی وزن نسبی هر یک از معیارها با استفاده از روشFAHP ارائه شده است.

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود در بین معیارهای موجود در انتخاب راهکارهای کنترلی استرس حرارتی در صنعت لاستیک‌سازی به ترتیب میزان کارآیی روش، میزان ایمن بودن روش و قابلیت اجرایی از لحاظ حجم، فضا و امکانات موجود بالاترین امتیاز و به روز بودن روش و هزینه سرمایه‌گذاری اولیه و سهولت استفاده از روش کمترین امتیاز به خود اختصاص دادند.

جدول ۵ و ۶ به ترتیب نتایج اولیه و نهایی اولویت‌بندی گزینه‌ها با توجه به معیارهای مورد مطالعه با استفاده از روش تاپسیس نشان می‌دهد.

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

جدول ۴- اولویت‌بندی وزن نسبی معیارها با توجه هدف انتخاب روش‌های کنترل استرس گرمایی با استفاده از روش FAHP

معیار های کنترلی	نوع معیار	حد پایین (l)	حد میانه (m)	حد بالا (u)	وزن نسبی معیار ها
هزینه سرمایه گذاری اولیه	منفی	۰/۲۰۴	۰/۱	۰/۰۶۴	۰/۱۱۵
به روز بودن روش	مثبت	۰/۱۸۰	۰/۰۸۹	۰/۰۵۵	۰/۱۰۲
میزان رضایتمندی کارگران از به کار گیری روش	مثبت	۰/۲۲۲	۰/۱۰۲	۰/۰۶۴	۰/۱۱۹
کارآیی روش	مثبت	۰/۲۶۹	۰/۱۲۸	۰/۰۷۷	۰/۱۴۱
سهولت استفاده از روش	مثبت	۰/۲۱۶	۰/۱۰۱	۰/۰۶۲	۰/۱۱۸
میزان ایمن بودن روش	مثبت	۰/۲۵۹	۰/۱۲۶	۰/۰۷۸	۰/۱۳۹
قابلیت اجرایی از لحاظ حجم، فضا، امکانات موجود و ...	مثبت	۰/۲۵۳	۰/۱۲۱	۰/۰۷۴	۰/۱۳۵
عدم تداخل در فرآیند	مثبت	۰/۲۵۳	۰/۱۱۲	۰/۰۷۰	۰/۱۲۸

جدول ۵- اطلاعات پردازش شده در روش تاپسیس بر اساس معیارهای وزن داده شده

معیارها	وزن معیارها	گزینه‌های کنترلی										
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
B_1*	۰/۱۱۵۴	۵/۴۶۷	۶/۶۷۹	۴/۶۲۴	۵/۳۹۴	۵/۸۰۴	۶/۰۷۸	۵/۶۸۶	۴/۱۰۹	۴/۴۹۷	۶/۴۱۱	۶/۱۵۹	۴/۹۷۶
B_2	۰/۱۰۲۲	۴/۲۱۱	۵/۵۵۰	۴/۴۱۳	۴/۲۷۱	۴/۹۶۷	۴/۹۲۳	۴/۹۴۵	۵/۰۳۶	۴/۱۳۱	۵/۷۸۰	۴/۷۷۸	۴/۵۶۵
B_3	۰/۱۱۹۶	۵/۴۹۱	۶/۰۳۶	۴/۷۷۵	۵/۵۷۳	۵/۷۲۴	۵/۵۸۸	۵/۸۳۷	۴/۴۳۸	۵/۸۸۰	۵/۶۸۱	۵/۲۷۲	۴/۳۶۰
B_4	۰/۱۴۱۰	۵/۳۳۶	۶/۶۱۸	۴/۲۹۹	۵/۵۳۷	۵/۹۰۸	۵/۷۶۹	۵/۳۸۴	۵/۵۳۲	۵/۴۶۴	۵/۷۳۷	۵/۲۷۰	۴/۶۷۶
B_5	۰/۱۱۸۲	۵/۳۹۴	۴/۱۳۳	۴/۸۲۹	۵/۳۰۴	۴/۹۷۴	۵/۹۵۵	۴/۹۷۴	۵/۳۳۷	۵/۵۸۴	۵/۴۹۴	۵/۱۷۲	۴/۸۵۴
B_6	۰/۱۳۹۴	۵/۹۱۹	۶/۳۶۶	۴/۹۱۹	۵/۵۹۰	۶/۱۵۱	۵/۶۳۴	۵/۷۸۵	۴/۶۶۱	۵/۹۱۳	۵/۷۴۰	۵/۵۶۱	۴/۷۶۸
B_7	۰/۱۳۵۶	۴/۱۳۶	۳/۴۷۰	۶/۱۹۱	۵/۰۶۰	۴/۱۰۰	۵/۳۶۹	۵/۱۹۹	۶/۴۵۶	۴/۲۰۶	۴/۶۴۶	۴/۹۱۳	۵/۴۲۰
B_8	۰/۱۲۸۲	۵/۰۱۳	۴/۶۴۶	۵/۷۸۵	۳/۹۷۲	۴/۱۶۱	۴/۳۷۲	۵/۱۸۹	۵/۴۵۵	۴/۱۹۰	۵/۰۵۲	۵/۱۴۶	۴/۷۲۵

*معیار معکوس

همانطور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، در بین گزینه‌های کنترلی موجود استرس حرارتی در صنعت لاستیک‌سازی به ترتیب عایق‌گذاری یا محصورسازی نقاط دارای استرس گرمایی(مصالح عایق)، سرمایش موضعی و جداسازی چشمه‌ی گرماساز در ایستگاه کار بالاترین امتیاز و عایق‌های مدرن (نانو، عایق مکانیکی)، کنترل زمان مواجهه با استرس گرمایی و استفاده از تهویه عمومی کمترین امتیاز به خود اختصاص دادند. در ضمن نتیجه محاسبات میزان سازگاری معیارها و گزینه‌ها نشان داد که در تمامی موارد میزان ناسازگاری کمتر از ۱۰ درصد بوده است در نتیجه اولویت‌بندی مقایسه زوجی ماتریس‌ها قابل قبول بوده است (جدول ۳).

بحث و نتیجه گیری

مطالعه‌ی حاضر با هدف شناسایی معیارها و گزینه‌های کنترلی استرس گرمایی در صنعت لاستیک‌سازی و اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از روش دلفی و روش ترکیبی FAHP و تاپسیس انجام شد.

نتایج بدست آمده از اجماع نظر کارشناسان با روش FAHP، نشان داد در بین معیارهای موثر بر انتخاب روش‌های کنترل استرس گرمایی، معیار «کارآیی روش» با وزن نسبی ۰/۱۴۱ مناسب‌ترین معیار از کلیه‌ی جنبه‌های فنی و اقتصادی است. همچنین در بین گزینه‌های کنترل استرس گرمایی با استفاده از روش تاپسیس روش «عایق‌گذاری یا محصورسازی نقاط دارای استرس گرمایی » با وزن نسبی ۰/۵۸۲ و «سرمایش موضعی در ایستگاه کار» با وزن نسبی ۰/۵۵۳ بالاترین اولویت را داشتند.

تاکنون مطالعه‌ای برای اولویت‌بندی معیارهای موثر بر انتخاب گزینه‌های کنترلی استرس گرمایی انجام نشده است اما دو مطالعه معیارهای موثر بر انتخاب روش

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

جدول ۶- نتیجه اولویت‌بندی گزینه‌ها با توجه به امتیازات مربوطه

گزینه های کنترلی	فاصله از ایده آل مثبت	فاصله از ایده آل منفی	وزن نسبی نهایی	رتبه‌بندی نهایی
عایق گذاری یا محصورسازی نقاط دارای استرس گرمایی	۰/۰۲۳۹	۰/۰۳۳۴	۰/۵۸۲۷	۱
سرمایش موضعی در ایستگاه کار	۰/۰۲۰۳	۰/۰۲۵۱	۰/۵۵۳۶	۲
آموزش کارگران	۰/۰۲۱۶	۰/۰۲۶۵	۰/۵۵۱۵	۳
جداسازی چشمه گرماساز	۰/۰۲۵۵	۰/۰۳۰۳	۰/۵۴۳۲	۴
استفاده از لوازم حفاظت فردی مناسب (لباس مجهز به هوای سرد و پوشش‌های مرطوب شده)	۰/۰۲۵۲	۰/۰۲۳۴	۰/۴۸۱۸	۵
سپرگذاری در مقابل گرمای تابشی	۰/۰۲۵۰	۰/۰۲۶۶	۰/۴۷۴۳	۶
برنامه‌ریزی کار و استراحت	۰/۰۲۷۰	۰/۰۲۴۲	۰/۴۷۲۶	۷
تهویه مکش موضعی	۰/۰۲۴۰	۰/۰۲۱۱	۰/۴۶۶۲	۸
تغییر فرآیندهای مولد گرمای زیاد	۰/۰۳۳۳	۰/۰۲۶۶	۰/۴۴۳۴	۹
استفاده از تهویه عمومی	۰/۰۲۸۰	۰/۰۲۱۸	۰/۴۳۹۲	۱۰
کنترل زمان مواجهه با استرس گرمایی	۰/۰۲۶۸	۰/۰۲۰۹	۰/۴۳۸۲	۱۱
عایق های مدرن (نانو، عایق مکانیکی)	۰/۰۲۷۸	۰/۰۲۱۲	۰/۴۳۲۹	۱۲

کنترلی صدا را اولویت‌بندی کردند. در یکی از این مطالعات معتمدزاده و همکاران مهمترین معیارهای و راهکارهای کنترلی صدا در صنعت شیشه‌سازی را اولویت‌بندی کردند که نتایج مطالعه آنها نشان داد که از بین معیارهای مورد بررسی، "قابلیت اجرایی بودن روش" بیشترین اهمیت دارد [۲۷]. در مطالعه‌ای دیگر که توسط سخاوتی و همکاران با هدف مشابه مطالعه فوق در کارخانه سیمان لارستان انجام شد، معیار«هزینه اولیه» به عنوان مهمترین معیار در انتخاب روش های کنترل صدا در این صنعت انتخاب شد[۱۸]. همانطور که گفته شد، در این مطالعه معیار «کارایی روش» به عنوان مهمترین معیار برای انتخاب راهکار کنترل استرس گرمایی در صنعت لاستیک‌سازی معرفی شد. با توجه به متفاوت بودن صنعت و عامل زیان‌آور مورد بررسی، این اختلاف در نتایج مطالعات منطقی به نظر می‌رسد.

علی‌رغم اینکه، در جوامع صنعتی و در بین متخصصین بهداشت حرفه‌ای، شناخت مناسبی از استرس گرمایی و عوارض آن وجود دارد و فعالیت های مختلفی در زمینه‌ی شناسایی، اندازه گیری و ارزیابی آن انجام شده است، اما متاسفانه اهمیت ناچیزی به بخش کنترل استرس گرمایی داده می شود. حتی در صنایع بزرگ با وجود انجام فرآیندهای کنترلی، سیاستی برای بازبینی و به روز کردن این فرآیند وجود ندارد [۲۸].

این خلاء در تحقیقات انجام شده در زمینه استرس گرمایی نیز نمایان است. به گونه‌ای که تحقیقات اندکی به طور اختصاصی در مورد راهکارهای کنترل استرس گرمایی در محیط‌های کاری انجام شده است و هیچ‌گونه تحقیقی برای اولویت‌بندی روش‌های کنترل استرس گرمایی در یک صنعت خاص بر اساس روش‌های علمی انجام نشده است. با این وجود برخی از مطالعات راهکارهایی را برای کنترل استرس گرمایی پیشنهاد کرده‌اند. محمدیان و همکاران در سال ۲۰۱۰ استفاده از روش محصورسازی (طراحی اتاقک عایق) در موضع کاری کارگران کوره در یک کارخانه شیمی معدنی پیشنهاد کردند [۲۹]. با این وجود استفاده از روش محصورسازی در بیشتر صنایع بخصوص صنایعی که کارگر به محل عمل دستگاه نزدیک بوده و قطعاتی را داخل یا خارج می نماید، چندان قابل استفاده نیست.

در مطالعه دیگری که داوودیان و همکاران در سال ۲۰۱۴ نشان دادند استفاده از سپرهای قابل انعطاف پارچه ای روش مناسبی برای کنترل دمای تابشی و استرس گرمایی در ایستگاه کاری کارگران صنعت فورچینگ است [۳۰]. حاج عظیمی و همکاران نیز در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۰ نشان دادند که استفاده از سپرهای بازتاب دهنده،

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

در کاهش استرس گرمایی در سکوی ذوب‌ریزی کارخانه ذوب فلز موثر است [۳۱]. پارامسواراتا و نارایانا استفاده از وسایل حفاظت فردی خنک کننده و موانع حفاظتی و بهبود سیستم تهویه هوا را برای حفاظت کارکنان یک صنعت فولاد در جنوب هند پیشنهاد کردند[۱۵] .

آلان و همکاران نیز در مطالعه‌ای استفاده از مانع گرمایی و استفاده از لباس‌های منعکس کننده تابش را برای کاهش استرس گرمایی در صنعت ریخته‌گری توصیه کردند [۲۵]. معتمد زاده و همکاران استفاده از دیواره عایق آلومینیومی و افزایش سرعت جریان هوا را جهت کنترل تنش گرمایی در ایستگاه جوش القایی و برش صنعت پروفیل پیشنهاد کردند [۲۳]. بروهوماپرکار[5] استفاده از سپرهای عایق و استفاده از تجهیزات سرمایش موضعی در برخی از ایستگاه‌های کاری را برای یک صنعت شیشه‌سازی در جنوب هند پیشنهاد نمود [۱۰].

اگرچه در مطالعات مذکور هیچ گونه اولویت‌بندی برای راهکارهای کنترلی انجام نشده است. اما نتایج نشان می‌دهد که راهکارهای پیشنهادی به ویژه در صنایع دارای فرآیند کاری مشابه صنعت لاستیک‌سازی، با نتایج مطالعه‌ی این مطالعه همخوانی نسبی دارد.

چنان که از مرور مطالعات مختلف مشخص می‌شود، راهکارهای کنترلی پیشنهادی برای صنایع مختلف با توجه به نوع فرآیند صنعت پیشنهاد شده است. به عبارتی راهکارهای پیشنهاد شده در مطالعات قبلی تنها بر اساس معیارهای «قابلیت اجرایی» یا «کارایی روش» صورت گرفته است و بسیاری از معیارها به ویژه معیارهای اقتصادی در نظر گرفته نشده است. به عنوان مثال مطالعات انجام شده در مورد استرس گرمایی در صنایع روباز و فاقد فرآیند گرم نظیر صنایع ساختمان‌سازی و کشاورزی، به دلیل امکان بکارگیری راهکارهای مهندسی موثر برای کنترل استرس گرمایی، اقدامات مدیریتی و استفاده از لباس‌های خنک‌کننده را برای کنترل استرس گرمایی پیشنهاد کردند [۳۷-۳۲]. چنانکه می‌دانیم، برای انتخاب راهکار کنترلی مناسب لازم است همه‌ی جوانب و معیارهای تاثیرگذار بر انتخاب راهکار کنترلی مناسب در نظر گرفته شود که این امر تنها در صورت استفاده از روش تصمیم‌گیری مناسب یا سیستم‌های تصمیم‌یار محقق می‌شود.

با بررسی و مرور مطالعات انجام شده در زمینه استرس گرمایی در محیط‌های کاری مشخص شد، که بکارگیری روش‌های تصمیم‌گیری در این زمینه به دو مطالعه‌ی اصغری و همکاران محدود می‌شود. در یکی از این مطالعات که با روشی مشابه مطالعه‌ی حاضر انجام شد، مهمترین معیارهای موثر در انتخاب شاخص‌های استرس گرمایی در معادن وزن‌دهی و سپس شاخص‌های مذکور، بر اساس معیارهای وزن داده شده اولویت‌بندی شدند [۳]. در مطالعه‌ی دیگر مهمترین عوامل موثر در حساسیت نسبت به استرس گرمایی با روش دلفی و FAHP شناسایی و اولویت‌بندی شد [۹]. این در حالی است که مطالعه‌ای با استفاده از این روش‌ها در زمینه‌ی راهکارهای کنترل استرس گرمایی انجام نشده است.

با توجه به نتایج مطالعه‌ی حاضر لازم است علاوه بر اجرای روش عایق گذاری یا محصور سازی نقاط دارای استرس گرمایی و سرمایش موضعی در ایستگاه کار، یک برنامه مدیریتی جامع برای کنترل این عامل زیان‌آور شغلی تدوین شود. آموزش کارگران از طریق برگزاری دوره‌های آموزشی و آموزش‌های قبل از کار و تدوین دستورالعمل، پایش مستمر استرس گرمایی و تهیه و نظارت بر استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب مهمترین اجزای برنامه‌ی مدیریت استرس گرمایی هستند.

محدودیت‌های مطالعه و پیشنهادات برای مطالعات آینده: علی‌رغم همه‌ی قابلیت‌ها و مزیت‌های روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، نتایج این روش‌ها بدلیل استفاده از نظرات افراد خبره بهینه نیستند. به طوری که نتایج تا حدودی وابسته به قضاوت‌ها شده و ممکن دارای خطا باشند. با این حال استفاده از این رویکردها به‌عنوان سیستم‌های پشتیبان تصمیم (تصمیم‌یار) و تحلیل تفاوت‌های آنها با سایر رویه و روش‌ها صحت تصمیمات

[5] Brahmapurkar

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

اتخاذ شده را افزایش خواهند داد. به همین دلیل پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از دیگر مدل‌های تصمیم‌گیری مانند ANP[6]، VIKOR و SWARP[7] جهت رتبه‌بندی این عوامل در جهت اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی مناسب در محیط های کاری استفاده شود.

نکته‌ی قابل توجه دیگر این است که انتخاب نوع روش کنترلی برای کنترل هر عامل زیان آور به شرایط فنی، اقتصادی و مدیریتی صنعت بستگی دارد. بنابراین استفاده از نتایج این مطالعه به ویژه برای صنایع دارای فرآیند کاری متفاوت با صنعت لاستیک‌سازی، بایستی با در نظر گرفتن کلیه‌ی مسائل فنی و اقتصادی انجام شود.

به طور کلی نتایج بدست آمده از اجماع نظر کارشناسان در ارتباط با مقایسه معیارها نسبت به هدف انتخاب مناسب‌ترین روش کنترل استرس گرمایی نشان داد معیار " کارآیی روش" مناسب‌ترین معیار و در بین گزینه‌های کنترل استرس گرمایی روش "عایق‌گذاری یا محصورسازی نقاط دارای استرس گرمایی (مصالح عایق)" و سرمایش موضعی در ایستگاه کار بالاترین اولویت‌ها در جهت کنترل استرس گرمایی در صنعت لاستیک‌سازی دارند.

مطالعه حاضر استفاده از روش‌های علمی و نظام‌مند برای انتخاب مناسب‌ترین روش کنترل استرس گرمایی

در صنعت لاستیک‌سازی در جهت رسیدن به وضعیت مطلوب و افزایش بهره‌وری و بازدهی نیروی کار را پیشنهاد می‌کند. نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان راهنمایی برای مدیران و کارشناسان بهداشت حرفه‌ای صنعت لاستیک‌سازی و دیگر صنایع مشابه برای اتخاذ استراتژی مناسب جهت کنترل عوامل زیان‌آور و بهبود شرایط محیط کار مورد استفاده قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

این مطالعه با شماره طرح ۱۰۳۹۶ از سوی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شیراز مورد حمایت قرار گرفته است. بدین وسیله از کلیه‌ی اساتید و کارشناسان بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت و مرکز بهداشت شهرستان شیراز و کارشناسان و مسئولین صنعت لاستیک‌سازی به دلیل همکاری صمیمانه‌شان در اجرای طرح قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Dehghan H, Mobinyzadeh V, Habibi P. The Effects of Heat Stress on Job Satisfaction, Job Performance and Occupational Stress in Casting Workers. Jundishapur J Health Sci. 2016;8(3).

2. Zamanian Z, Dehghani, M, Hashemi H. Outline of changes in cortisol and melatonin circadian rhythms in the security guards of Shiraz University of Medical Sciences. Inte J Prev Med. 2013;4(7):825-830.

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. Zamanian Z, Mortazavi SMJ, Asmand E, Nikeghbal K. Assessment of health consequences of steel industry welders' occupational exposure to ultraviolet radiation. Int J Prev Med. 2015;21.

5. Nitschke M, Tucker GR, Hansen AL, Williams S, Zhang Y, Bi P. Impact of two recent extreme heat episodes on morbidity and mortality in Adelaide, South Australia: a case-series analysis. Enviro Health. 2011;10(1):42.

6. Hanna EG, Kjellstrom T, Bennett C, Dear K. Climate change and rising heat: population health implications for working people in Australia. Asia Pacific J Pub Health. 2011;23(2_suppl):14S-26S.

7. Gubernot DM, Anderson GB, Hunting KL. The epidemiology of occupational heat exposure in the United States: a review of the literature and assessment of research needs in a changing climate. Inte J Biometeorol. 2014;58(8):1779-88.

8. Zamanian Z, Sedaghat Z, Hemehrezaee M, Khajehnasiri F. Evaluation of environmental heat stress on physiological parameters. J Enviro Health Sci Engineer. 2017;15(10).

9. Asghari M, Nassiri P, Monazzam M, Golbabaei F, Arabalibeik H, Shamsipour A. The Development of an Empirical Model for Estimation of the Sensitivity to Heat Stress in the Outdoor Workers at Risk. Ann Med Health Sci Res. 2017;7(2):77-84.

[6] Analytical Network Process
[7] Complex proportional assessment

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

22. Coco A, Jacklitsch B, Williams J, Kim J-H, Musolin K, Turner N. Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Heat and Hot Environments. In: control Ccfd, editor. 2016.

23. Rokhsari S, Sadeghi-Niaraki A. Urban network risk assessment using Fuzzy-AHP and TOPSIS in GIS environment. Iran J Operat Res. 2015;6(2):73-86.

24. Aggarwal R, Singh S, editors. AHP and extent fuzzy AHP approach for prioritization of performance measurement attributes. Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology; 2013: World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET).

25. Chang DY. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. Eur J Operat Res. 1996;95(3):649-55.

26. Berdie A, Osaci M, Muscalagiu I, Barz C, editors. A combined approach of AHP and TOPSIS methods applied in the field of integrated software systems. IOP Conference Series: Mat Sci Engineer; 2017: IOP Publishing.

27. Majid M, Mahbobeh E, Parvin S. Evaluation of the workers exposure to heat and presenting intervention to control heat stress in profile factory. Muhandisī-i bihdāsht-i ḥirfah/ī. 2014;1(3):53-9.

28. Ayyappan R, Sankar S, Rajkumar P, Balakrishnan K. Work-related heat stress concerns in automotive industries: a case study from Chennai, India. Global Health Action. 2009;2(1):2060.

29. Mohammadyan M, Sepehr P. Design of cool spot and assessment of its effect on WBGT index among furnace workers' position in Shimi Madani industry in Hamadan. J Mazandaran Uni Med Sci. 2010;20(76):2-7. [in persian]

30. Davudian Talab A, Mofidi A, Meshkani M. Effectiveness of engineering intervention on the position of forging industry workers. Occup Med Quart J. 2015;6(4):30-8. [Persian]

31. Hajiazimi E, Khavanin A, Solymanian A, Valipour F, Dehghan H. Heat Stress Control in The Foundry Platform of a Steel Plant Tehran, Iran. J Health SystRes. 2011;13(2):866-74. [in persian]

32. Rowlinson S, YunyanJia A, Li B, ChuanjingJu C. Management of climatic heat stress risk in construction: a review of practices, methodologies, and future research. Accident Analys Prev. 2014;66:187-98.

10. Zamanian Z, Gharepoor S, Dehghani M. Effects of electromagnetic fields on mental health of the staff employed in gas power plants, Shiraz, 2009. Pak J Bio Sci. 2010;13(9):956-960.

11. McInnes JA, Akram M, MacFarlane EM, Keegel T, Sim MR, Smith P. Association between high ambient temperature and acute work-related injury: a case-crossover analysis using workers' compensation claims data. Scand J Work Enviro Health. 2017;43(1).

12. Xiang J, Bi P, Pisaniello D, Hansen A. The impact of heatwaves on workers′ health and safety in Adelaide, South Australia. Enviro Res. 2014;133:90-5.

13. Rainham DG, Smoyer-Tomic KE. The role of air pollution in the relationship between a heat stress index and human mortality in Toronto. Enviro Res. 2003;93(1):9-19.

14. Bourbonnais R, Zayed J, Lévesque M, Busque MA, Duguay P, Truchon G. Identification of workers exposed concomitantly to heat stress and chemicals. Indust Health. 2013;51(1):25-33.

15. Parameswarappa S, Narayana J. Assessment of Heat Strain Among Workers in Steel Industry a Study. Int J Curr Microbiol App Sci. 2014;3(9):861-70.

16. Chen WY, Lo CL, Chen CP, Juang YJ, Yoon C, Tsai PJ. Prioritizing Factors Associated with Thermal Stresses Imposed on Workers in Steel and Iron Casting Industries Using the Monte Carlo Simulation and Sensitivity Analysis. J Occup Health. 2014;56(6):505-10.

17. Lee N, Lee BK, Jeong S, Yi GY, Shin J. Work environments and exposure to hazardous substances in Korean tire manufacturing. Safe Health Work. 2012;3(2):130-9.

18. Sekhavati E, Mohammadi ZM, Mohammad FI, Faghihi ZA. Prioritizing methods of control and reduce noise pollution in larestan cement factory using Analytical Hierarchy Process (AHP). TB. 2014:156-67.[Persian]

19. Ishaqi M, Golmohammadi R, Khorram MR. Prioritization of noise control methods in Hamedan Shine Co using the Analytical Hierarchical Process (AHP). Occup Health Safe. 2012;3. [Persian]

20. Malterud K, Siersma VD, Guassora AD. Sample size in qualitative interview studies: guided by information power. Qualit Health Res. 2016;26(13):1753-60.

21. Skinner R, Nelson RR, Chin WW, Land L. The Delphi Method Research Strategy in Studies of Information Systems. CAIS. 2015;37:2.

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

33. Sett M, Sahu S. Effects of occupational heat exposure on female brick workers in West Bengal, India. Global Health Action. 2014;7(1):21923.

34. Yi W, Chan AP. Effects of heat stress on construction labor productivity in Hong Kong: a case study of rebar workers. Int J Enviro Res Pub Health. 2017;14(9):1055.

35. Farshad A, Montazer S, Monazzam MR, Eyvazlou M, Mirkazemi R. Heat stress level among construction workers. Iran J Pub Health. 2014;43(4):492.

36. Delgado Cortez O. Heat stress assessment among workers in a Nicaraguan sugarcane farm. Global Health Action. 2009;2(1):2069.

37. Pogačar T, Črepinšek Z, Bogataj Lk, Lars N. Comprehension of climatic and occupational heat stress amongst agricultural advisers and workers in Slovenia. Acta Agricult Sloven. 2017;109(3):545-54.

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 1:35 IRST on Saturday February 15th 2020

Identifying and ranking the strategies of control exposure to heat stress in the rubber industry using a Delphi method and combination of Fuzzy AHP and TOPSIS approach

Seyed Hossein Molaei Far[1], Fazel Rajabi[1], Zahra Zamanian*[2], Marzieh Honarbakhsh[3], Ali Ebrahimi[1], Payam Farhadi[4]

Received: 2016/12/19 Revised: 2017/10/25 Accepted: 2018/03/05

Abstract

Background and aims: Heat stress is one of the most important occupational hazards that threatens the health of employees in many workplaces. This hazard is more important in the industries with hot processes, such as rubber industry. Therefore, control of this harmful agent is one of the essential measures and priorities of manager in these industries. The purpose of this study was to identifying and ranking the strategies of control exposure to heat stress using the Delphi method and the combination of FAHP and TOPSIS approach in the rubber industry.

Methods: This qualitative cross-sectional study was carried out in three stages. In the first step, the most important criteria and control measures of heat stress (alternatives) in the rubber industry were identified using the Delphi method. In the second stage, the criteria were weighted using the FAHP technique. Finally, alternatives were prioritized based on the TOPSIS method. Data analysis was performed using Excel and Super Decision Software.

Results: The results of the paired comparison of the criteria with the FAHP technique showed that the "efficiency of control measure" was the most important criteria with a relative weight of 0.141. Also, the final results of the study showed that among all control measures of heat stress in the rubber industry, "insulating or enclosing of heat source (insulation materials)" is the best with a relative weight of 0.582.

Conclusion: This study integrated Delphi, FAHP and TOPSIS in order to select the best strategies for controlling heat stress in the rubber industry. The results of this research can be used as a guidance for managers to making the scientific decisions and selecting the appropriate strategy for controlling heat stress in the rubber industry.

Keywords: Heat stress, Ranking the control measures, Rubber industry, Fuzzy AHP and TOPSIS.

1. Student Research Committee, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
2. (**Corresponding author**) Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran. zamanianz@sums.ac.ir
3. MSc, Department of occupational health, School of health, Larestan University of Medical Sciences, Larestan, Iran.
4. Faculty Member in the Department of Management, Zand Higher Education Institute, Shiraz, Iran.