ارزیابی و تحلیل شرایط ارگونومیکی مبتنی بر مدل تصمیم‌گیری تاپسیس در یک شرکت تولیدی

محمد خندان[۱]، علیرضا کوهپایی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۱۰ تاریخ ویرایش: ۹۴/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۰۵

چکیده

زمینه و هدف: تکنیک تاپسیس به‌عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا مشکلات را سازماندهی و تحلیل، و گزینه‌ها را اولویت‌بندی کنند. در این تحقیق شرایط ارگونومیکی مؤثر بر سلامتی در یک شرکت تولیدی در سال ۱۳۹۳ به کمک روش آرت ارزیابی شده و بر اساس نتایج، با روش تاپسیس سالن‌های مختلف کارخانه از نظر اولویت اقدام اصلاحی و بهینه‌سازی ارگونومیک شرایط کار، دسته‌بندی شدند.

روش بررسی: مطالعه حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی و مقطعی است. شرایط در هفت سالن یک کارخانه تولید ظروف چینی، با مجموع تعداد ۱۳ نوع وظیفه، مطالعه گشت. از یک پرسش‌نامه جهت جمع‌آوری داده‌های دموگرافیک افراد و از روش ارزیابی وظایف تکراری (ART)، برای ارزیابی ریسک فاکتورهای ارگونومی استفاده شد. روش تصمیم‌گیری تاپسیس نیز به‌منظور اولویت‌بندی واحدهای کاری جهت اجرای اقدامات اصلاحی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با نرم‌افزار آماری SPSS V.20 صورت پذیرفت.

یافته‌ها: نمره نهایی روش ART دارای میانگین ۳۰/۰۷ با انحراف استاندارد ۱۲/۴۳می‌باشد. در میان ۲۴۰ مورد بررسی شده، ۱۷۹ مورد (۷۴/۶٪) در سطح خطر بالا و ۱۳/۸٪ در سطح خطر متوسط ارزیابی شدند. نتایج آرت تاپسیس (ART-TOPSIS) نشان داد سالن لهر در اولویت اول اقدام اصلاحی و سالن درجه‌بندی در آخرین سطح اقدام قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق نشان داد که می‌توان روش تاپسیس را با موفقیت به منظور حل چالش‌های مهندسی فاکتورهای انسانی به کارگرفت. به نظر می‌رسد ارائه راهکارهای اصلاحی ماکرو و میکروارگونومی به همراه مشارکت کارگران، مبتنی بر نتایج علمی روش‌های تصمیم‌گیری می‌تواند اثربخشی فزاینده‌ای جهت ارتقای سطح سلامت در واحدهای صنعتی در پی داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: ریسک فاکتورهای ارگونومیک، روش ART، روش تصمیم‌گیری چند معیاره، تاپسیس

مقدمه

منطبق بر آخرین آمارهای ارائه شده توسط سازمان بین‌المللی کار در سال ۲۰۱۵، در هر روز بیش از ۸۶۰ هزار نفر دچار حادثه منجر به آسیب شده و حدود ۴۰۰ هزار بیماری شغلی در دنیا ثبت می‌شود. روزانه ۶۴۰۰ کارگر نیز به دلیل بیماری‌ها و حوادث شغلی جان خود را از دست می‌دهند. در این شرایط سالیانه در حدود چهار درصد تولید ناخالص ملی دنیا (۱/۲۵ تریلیون دلار) هزینه‌های اقتصادی مستقیم تحمیل می‌شود. البته از هزینه‌های غیرمستقیم نیز نمی‌توان غافل شد.

مشخص شده است که اختلالات اسکلتی و عضلانی شغلی (WMSDs) نقش عمده‌ای در بروز این وضعیت ایفا می‌نمایند (۱) مهمترین علت از کارافتادگی‌های شغلی در دنیای صنعتی محسوب می‌گردد (۲). آمارها نشان می‌دهند که ۱۰ درصد حوادث و بیماری‌های شغلی به نوعی به چالش‌های ارگونومیک در محیط کار مرتبط می‌شوند (۳) که بیش از دو سوم آنها در ناحیه گردن، شانه و دست‌های کارگران گزارش شده است (۴ و ۵). در کشورهای آمریکا و کانادا به ترتیب ۳/۱ و ۴/۲٪ از هزینه‌های ناخالص ملی صرف هزینه‌های غیر مستقیم درمان ناشی از اختلالات شغلی اسکلتی عضلانی می‌گردد (۶). علت عمده این اختلالات اعمال نیروی بیش از حد، پوسچر نامناسب/استاتیک، حرکات تکراری، مواجهه با ارتعاش، بلند کردن قطعات و حمل

۱- مربی، گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات سلامت کار، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.
۲-(نویسنده مسئول) دانشیار، مرکز تحقیقات سلامت کار، دانشگاه علوم پزشکی قم، ایران. koohpaei@muq.ac.ir

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-11-26]

و نقل دستی بار تشخیص داده شده است (۱۰-۷).

روش آرت به عنوان شاخص اندازه‌گیری بار خارجی اعمالی بر اندام‌های فوقانی یکی از روش‌های جدیدی است که در کنار سایر روش‌های ارزیابی برای ارزیابی بار اعمالی بر اندام‌های فوقانی با پارامترهای پوسچر، نیروی اعمالی و توالی زمانی کاربرد دارد (۱۱ و ۱۲). لازم به ذکر است سایر روش‌ها بر روی پوسچر متمرکز بوده و از این نظر، استفاده از روش آرت نسبت به سایر روش‌های ارزیابی مزیت دارد. همچنین برخی مطالعات بکارگیری روش ART را به عنوان روشی کاربردپذیر، آسان و مناسب برای اهداف ارزیابی و مداخلات ارگونومی در وظایف کاری تکراری پیشنهاد می‌کنند (۱۳).

ارتقای سطح سلامت شغلی از طریق درگیری بیشتر کارگران در کار و افزایش انگیزه و مهارت، راندمان سازمان را بهبود می‌بخشد، بهره‌وری و نوآوری را بالا برده و کیفیت تصویر سازمانی را برای عموم جامعه ارتقا می‌دهد. از دیگر سو از طریق کاهش ریسک‌هایی که نوتوانی را الزامی می‌نمایند، راندمان سلامت را بالا برده و موجب کاهش هزینه‌های نگهداری، کاهش حوادث و آسیب‌ها، غیبت کمتر و هزینه‌های درمانی و قانونی کمتر می‌شود (۱۴ و ۱۵).

روش‌های آنالیز تصمیم چندمعیاری به عنوان یک تکنیک مدیریتی به صورت فزاینده‌ای برای تصمیم-گیری در سیستم‌های ارتقای سلامت به کار گرفته شده‌اند (۱۶). در این سیستم‌ها معمولا چند معیار برای رسیدن به تصمیم‌گیری به کار می‌روند و در نهایت انتخاب نهایی انجام می‌شود (۱۹-۱۷).

از بین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاری، تکنیک انتخاب اولویت بر اساس مشابهت با راه حل ایده‌آل یا تاپسیس یکی از معروف‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها است (۲۱، ۲۰).

این تحقیق با هدف ارزیابی و تحلیل شرایط ارگونومیکی بخش‌های یک واحد تولیدی ظروف چینی به روش آرت و اولویت‌بندی سالن‌های مختلف کارخانه از نظر اولویت اقدام اصلاحی به روش تاپسیس در سال ۱۳۹۳ طراحی و انجام شد.

مطالعه حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی و مقطعی است. در مجموع تعداد ۱۳ نوع وظیفه که توسط ۲۴۰ نفر از پرسنل شاغل در هفت سالن کارخانه تولید آرکوپال در یکی از استان‌های مرکزی کشور اجرا می-شد، برای مطالعه مد نظر قرار گرفت.

وظایف از طریق مستندات موجود در واحد فرآیند شرکت شناسایی شدند و شرایط وظایف در سالن‌های مختلف مورد تحلیل قرار گرفت. معیارهای خروج از مطالعه که از طریق مصاحبه با افراد و بطور خود اظهاری مشخص گردید، شامل مشکلات مفصلی مانند آرتروز، بیرون زدگی دیسک بین مهره‌ای، عفونت دیسک بین مهره‌ای، سابقه شکستگی ستون فقرات، سایر مشکلات اسکلتی عضلانی و درد در قسمت‌های مختلف بدن می‌گردید.

ابزارهای این تحقیق جهت جمع‌آوری داده‌ها شامل پرسش‌نامه دموگرافیک (سن، جنس، سابقه کار و تعداد دوره‌های آموزشی مرتبط با ارگونومی و نحوه صحیح اجرای کار)، روش ارزیابی وظایف تکراری (ART) به منظور ارزیابی ریسک فاکتورهای ارگونومی و مدل تصمیم‌گیری تاپسیس[1] جهت اولویت‌بندی کردن سالن‌های مورد بررسی برای اجرای اقدامات اصلاحی مورد نیاز می‌باشد. همچنین، از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده استفاده شد.

روش ارزیابی وظایف تکراری[2] (آرت)

روشی است که توسط آزمایشگاه ایمنی و بهداشت[3] با همکاری اداره ایمنی و بهداشت انگلیس[4] در سال ۲۰۰۷ معرفی گردید. این ابزار روش مناسبی جهت بررسی میزان تنش وارده به اندام‌های فوقانی در

[1] Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
[2] Assessment of Repetitive Tasks (ART)
[3] Health and Safety Laboratory (HSL)
[4] Health and Safety Executive (HSE)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-11-26]

کارهای تکراری می‌باشد (۲۲). روایی و پایایی این ابزار، توسط سایر محققان مورد تأیید قرار گرفته است (۲۲، ۱۳). ارزیابی از طریق این روش شامل چهار بخش است (۲۳). فرکانس و تکرار حرکات، نیرو، پوسچرهای نامناسب و فاکتورهای تکمیلی که برای هر مرحله ارزیابی کمی و کیفی صورت می‌پذیرد.

در ارزیابی کمی به هر حالت امتیاری مشخص اختصاص داده می‌شود و ارزیابی کیفی، در سه سطح ریسک کم، متوسط و زیاد صورت می‌گیرد (۲۳). در نهایت، سطح بندی امتیازات حاصل از به کارگیری این روش به شکل امتیاز نهایی بین صفر تا ۷۲ و سطح خطر کم با امتیاز بین صفر تا ۱۱، سطح خطر متوسط با امتیاز ۱۲ تا ۲۱ و بیش از ۲۲ با سطح خطر زیاد می‌باشد (۲۳).

تاپسیس

تاپسیس یکی از پرکاربردترین روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاری است (۲۴). این تکنیک به صورت موفق برای منابع انسانی (۲۵)، حمل و نقل (۲۶)، طراحی محصول (۲۷)، تولید (۲۸)، مدیریت آب (۲۹) و کنترل کیفیت (۳۰) و آنالیز مکان (۳۱) مورد استفاده قرار گرفته است و به دلیل قابلیت انعطاف و استعداد توسعه، در سایر حیطه‌های علوم به خصوص مدیریت سلامت محیط کار نیز قابل استفاده است (۳۵-۳۲).

مراحل اجرایی تاپسیس (۳۶)

مرحله اول- تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری (جدول ۱) به یک ماتریس بدون مقیاس با استفاده از فرمول زیر:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} r^2{}_{ij}}}$$

مرحله دوم- ایجاد ماتریس بی مقیاس وزین با مفروض بودن بردار w به عنوان ورودی به الگوریتم:

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\} \approx (DM \text{ مفروض از})$$

$$V = N_D . W_{n\times n} = \text{ماتریس بی مقیاس وزین}$$

$$= \begin{vmatrix} V_{11,\dots} & V_{1j,\dots} & V_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ V_{m1,\dots} & V_{mj,\dots} & V_{mn} \end{vmatrix}$$

به گونه‌ای که N_D ماتریسی است که امتیازات شاخص‌ها در آن بی‌مقیاس و قابل مقایسه شده است؛ و $W_{n\times n}$ ماتریسی است قطری که فقط عناصر قطر اصلی آن غیر صفر می‌باشد.

مرحله سوم- مشخص کردن راه حل ایده‌آل و راه حل ایده‌آل منفی

باید برای گزینه ایده‌آل مقدار+A و ایده‌آل منفی مقدار-A تعریف گردد:

$$A^+ = \{(\max V_{ij}\ I\ j \in J), (\min V_{ij}\ I\ j \in J')I\ i = 1,2,\dots,m\} = \text{گزینه ایدآل}$$

$$= \{V_1{}^+, V_2{}^+, \dots, V_j{}^+, \dots, V_n{}^+,\}$$

$$A^- = \text{گزینه ایدآل منفی}$$

$$= \{(min\, V_{ij}\ I\ j \in J), (\max V_{ij}\ I\ j \in J')I\ i = 1,2,\dots,m\}$$

$$= \{V_1{}^-, V_2{}^-, \dots, V_j{}^-, \dots, V_n{}^-,\}$$

$$J = \{j = 1,2,\dots,n\ I\ j \text{ های مربوط به سود}\} \text{ بطوریکه}$$

$$J' = \{j = 1,2,\dots,n\ I\ j \text{ های مربوط به هزینه}\} \text{ بطوریکه}$$

مرحله چهارم- محاسبه فاصله

محاسبه فاصله گزینه i اُم با ایده‌آل‌ها با استفاده از روش اقلیدسی بدین قرار است:

$$d_{i+} = \text{فاصله گزینه } i \text{ اُم از ایدآل} = \{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j{}^+)^2\}^{0.5};\quad i = 1,2,\dots,m$$

$$d_{i-} = \text{فاصله گزینه } i \text{ اُم از ایدآل منفی} = \{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j{}^-)^2\}^{0.5};\quad i = 1,2,\dots,m$$

جدول ۱- ماتریس تصمیم‌گیری

	X_1	X_2	....	X_n
A_1	r_{11}	r_{12}	....	r_{1n}
A_2	r_{21}	r_{22}	....	r_{2n}
⋮	⋮	⋮		⋮
A_m	r_{m1}	r_{m2}	....	r_{mn}

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-11-26]

مرحله پنجم- محاسبه نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده‌آل. نزدیکی نسبی بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$cl_{i^+} = \frac{d_{i^-}}{(d_{i^+} + d_{i^-})} \; ; 0 \le cl_{i^+} \le 1 \; ; \; i = 1,2,\dots,m$$

بنابراین هرچه اندازه گزینه Aiبه راه حل ایده‌آل نزدیکتر باشد، ارزشcl_{i+} به واحد نزدیک‌تر خواهد بود.

مرحله ششم- رتبه‌بندی گزینه ها. بر اساس ترتیب نزولی +cli می‌توان گزینه‌های موجود از مسأله مورد نظر را رتبه‌بندی کرد.

یافته‌ها

۵۱/۶۷٪ از کارکنان حاضر در این تحقیق (۱۲۴ نفر) زن هستند. متوسط سن افراد ۲۸/۰۲ با انحراف استاندارد ۵/۵۳± سال و دامنه آن نیز ۵۷-۱۸ است. متوسط و انحراف استاندارد سابقه کار مشارکت کنندگان ۳/۷۲ ۴/۵۴± سال بوده است. همچنین، متوسط دوره آموزشی مرتبط با ارگونومی و یا نحوه صحیح اجرای کار برابر با ۰/۶۴ (۰/۷۱±) بود که این افراد بطور متوسط در آن حضور داشتند. بر اساس اعلام افراد، دست راست، بین ۲۲۵ نفر از کارکنان (۹۳/۸ ٪) دست غالب در اجرای وظایف کاری بوده و سایر افراد فعالیت خود را با دست چپ انجام می‌دهند. اطلاعات مربوط به سالن‌های مورد بررسی و شرایط مشارکت کنندگان از نظر میزان تحصیلات در جدول ۲ قابل مشاهده است.

بر اساس محاسبات، گستره نمره نهایی روش ART در بین کارگران ۳۹-۶ و میانگین آن در بین تمام نمونه‌ها ۳۰/۰۷ با انحراف استاندارد ۱۲/۴۳ گزارش گردید.

لازم به ذکر است روش آرت فاکتور دیگری تحت عنوان فاکتورهای روانی - اجتماعی (D5) را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد ولی این فاکتور در سیستم امتیازدهی نقشی ندارد و تنها به‌صورت ذهنی ارزیابی می‌شود. از این‌رو، این فاکتور وارد این مدل نگردید. مهمترین فاکتورهای روانی- اجتماعی موجود در محیط

جدول ۲- تعداد و درصد افراد مورد بررسی در سالن‌های مختلف و برحسب میزان تحصیلات (۲۴۰ نفر)

متغیر	گزینه ها	تعداد	درصد
سالن	دکوراسیون	۸۴	۳۵
	درجه بندی	۳۳	۱۳/۸
	بسته بندی	۳	۱/۲
	پارس پک	۴۷	۱۹/۶
	لهر	۲۸	۱۱/۷
	تمپرینگ	۱۹	۷/۹
	پارس نقش	۲۶	۱۰/۸
تحصیلات	کمتر از دیپلم	۵۸	۲۴/۲
	دیپلم	۱۳۷	۵۷/۱
	فوق دیپلم	۲۱	۸/۸
	لیسانس و بالاتر	۲۴	۱۰

مورد بررسی اشتیاق به استراحت، کار یکنواخت، سطوح بالای توجه و تمرکز و ضرب العجل‌های مکرر کاری هستند.

یافته‌های حاصل از بکارگیری تاپسیس

پیش از اجرای مراحل تاپسیس نیاز به آماده‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری می‌باشد. در این مطالعه تعداد ستون‌ها (n) برابر با ۱۲ (فاکتورهای مورد بررسی در قالب روش آرت) می‌باشد، تعداد ردیف‌ها (m) نیز معادل تعداد سالن‌های تولید بررسی شده یعنی هفت سالن تولید است. جدول ۳ ارائه دهنده این ماتریس است.

جهت تهیه ماتریس بی‌مقیاس وزین نیاز به وزن دهی به هر یک از شاخص‌ها (فاکتورهای ۱۲ گانه) است که در این مطالعه با استفاده از روش آنتروپی وزن شاخص‌ها تعیین گردید. نتایج در جدول ۳ قابل مشاهده است. با انجام مراحل بعدی در فرآیند تحلیلی تاپسیس خروجی نهایی حاصل می‌آید که در جداول ۴ و ۵ آورده شده است.

همانطور که در جدول ۵ مشخص می‌باشد، سالن درجه بندی بیشترین میزان نزدیکی نسبی به راه حل ایده‌آل مثبت را دارد؛ به این معنی که بهترین شرایط را

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-11-26]

جدول ۳- ماتریس تصمیم گیری ریسک فاکتورهای ارگونومیکی بر اساس روش آرت

شاخص / گزینه	حرکات بازو	تکرار	نیرو	پوسچر سر/ گردن	پوسچر کمر	پوسچر بازو	پوسچر مچ دست	چنگش	استراحت	سرعت کار	سایر عوامل[۱]	مدت زمان
پارس پک	۶	۶	۵	۲	۲	۰	۲	۰	۸	۲	۲	۱
پارس نقش	۰	۳	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۴	۱	۱	۰/۵
بسته بندی	۶	۶	۸	۲	۱	۲	۲	۱	۸	۲	۱	۱
لهر	۳	۶	۰	۲	۲	۴	۲	۲	۰	۱	۰	۱
تمپر	۶	۶	۵	۲	۲	۴	۲	۰	۰	۱	۲	۱
درجه بندی	۳	۳	۰	۲	۰	۰	۲	۰	۰	۱	۲	۱
دکوراسیون	۶	۶	۸	۲	۰	۲	۲	۱	۸	۲	۲	۱
وزن	۰/۰۰۶	۰/۰۵۴	۰/۰۱۷	۰/۱۶۳	۰/۲۴۹	۰/۰۰۶	۰/۱۶۹	۰/۱۰۶	۰/۰۰۶	۰/۱۶۰	۰/۰۱۱	۰/۰۵۴

جدول ۴- ماتریس بی مقیاس وزین آرت - تاپسیس

گزینه	d^-	d^+	Cl^+	رتبه
پارس پک	۰/۲۳۳	۰/۱۲۸	۰/۶۴۵	۳
پارس نقش	۰/۲۵۷	۰/۰۵۵	۰/۸۲۴	۲
بسته بندی	۰/۱۱۹	۰/۱۷۹	۰/۳۹۹	۶
لهر	۰/۱۳۵	۰/۲۳۸	۰/۳۶۲	۷
تمپر	۰/۲۲۶	۰/۱۴۰	۰/۶۱۷	۴
درجه بندی	۰/۲۷۲	۰/۰۲۸	۰/۹۰۷	۱
دکوراسیون	۰/۱۲۸	۰/۱۷۸	۰/۴۱۸	۵

جدول ۵- فاصله از ایده‌آل‌ها، نزدیکی نسبی به ایده‌آل مثبت و رتبه‌بندی گزینه‌ها (آرت - تاپسیس)

حرکات بازو	تکرار	نیرو	پوسچر سر/ گردن	پوسچر کمر	پوسچر بازو	پوسچر مچ دست	چنگش	استراحت	سرعت کار	سایر عوامل	مدت زمان
۰/۰۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۰۸	۰/۰۹۰	۰	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۵۷	۰/۰۰۲	۰/۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۲۵
۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰۴	۰/۰۴۵	۰	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۲۸	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۲	۰
۰/۰۰۲	۰/۰۱۲۳	۰/۰۰۸	۰/۰۹۰	۰/۱۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۵۳	۰/۰۲۸	۰/۰۰۲	۰/۰۹۶	۰/۰۰۵	۰/۰۲۵
۰/۰۰۲	۰	۰/۰۰۴	۰	۰/۲۰۴	۰/۰۰۲	۰/۱۰۷	۰/۰۵۷	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱۲۸
۰/۰۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۰۴	۰	۰	۰/۰۰۲	۰/۱۰۷	۰/۰۵۷	۰/۰۰۲	۰/۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۲۵
۰/۰۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۰۴	۰	۰	۰/۰۰۲	۰	۰	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۱۳
۰/۰۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۰۸	۰/۰۹۰	۰/۱۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۵۳	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۹۶	۰/۰۰۵	۰/۰۲۵

به لحاظ شرایط ارگونومیکی مورد بررسی دارا می‌باشد. از سوی دیگر، بخش تولیدی لهر دورترین مورد نسبت به راه‌حل ایده‌آل است و بدترین شرایط را در بین هفت سالن ارزیابی شده دارد و بایستی در اولویت اجرای اقدامات اصلاحی قرار گیرد. توضیحات و شرایط کاری هر سالن نیز بر اساس نتایج تاپسیس در جدول ۶ آورده شده است.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-11-26]

جدول ۶- توصیف مختصر شرایط کاری و ارگونومیکی سالن‌های مورد مطالعه بر اساس اولویت‌های اصلاحی آرت- تاپسیس

نام سالن	اولویت اصلاح شرایط ارگونومیک	توصیف مختصر شرایط سالن
لهر	۱	در این سالن ظروف پس از خروج از دستگاه قالب گیری، بدلیل دمای بالایی که دارند، وارد دستگاه لهر می شوند که با کاهش تدریجی دما در این دستگاه مواجه شده و ماهیت "نشکن" پیدا می‌کنند. اپراتور دستگاه لهر، وظیفه جمع کردن ظروف از روی نوار نقاله دستگاه را دارد؛ ظروف سالم را به بخش درجه بندی و ظروف معیوب و شکسته را به بخش کراشر انتقال می‌دهد.
بسته‌بندی	۲	بدلیل ماهیت تست های مورد نیاز برای مقاومت ظروف، بیشترین فشار به دست و شانه کارگر وارد شده و نیز به دلیل حمل پالت‌های سنگین حاوی ظروف، ریسک ابتلا به اختلالات اسکلتی- عضلانی در ناحیه کمر بالا است. هم چنین میز و صندلی‌های موجود در این سالن، منطبق با استانداردهای ارگونومی نیستند.
دکوراسیون	۳	به واسطه انجام عمل تکراری گل زنی بر روی ظروف، مچ دست، گردن و شانه و بازوی کارگران درگیر است. به دلیل عدم وقفه‌های کاری مناسب، حجم بالای کار و نشستن مداوم کارگران بر روی صندلی-های غیراستاندارد، ریسک ابتلا به اختلالات در ناحیه تحتانی کمر نیز زیاد است.
تمپر	۴	انجام فعالیت تکراری چیدن ظروف بر روی نوار نقاله در ورودی دستگاه تمپر بصورت ایستاده و نیز برداشتن ظروف از روی نوار نقاله در خروجی آن بصورت نشسته برای کارگر، ریسک ابتلا به اختلالات را در ناحیه شانه و بازو، گردن و کمر افزایش می دهد.
پارس‌پک	۵	در این سالن کارگران بخش تا زنی مقوا (چسباندن بخش های مختلف ورق کارتون به هم منطبق بر خطوط ایجاد شده توسط دستگاه) ، کار را بصورت نشسته (بر روی زمین) انجام میدهند و بدلیل پوسچر نامطلوب و نیز کار تکراری، در معرض اختلالات ناحیه زانو، گردن و شانه می باشند.
پارس‌نقش	۶	بدلیل انجام حرکات تکراری کارگران دستگاه ساکورایی و ورنی زنی، در ناحیه گردن و دست و شانه، بیشترین اختلالات در این نواحی برای ایشان ایجاد شده است. هم چنین بدلیل ایستادن کارگران در تمام زمان تولید ورق گل و چاپ ورنی بر روی آن، احتمال ابتلا به اختلالات ناحیه تحتانی کمر نیز زیاد می باشد.
درجه‌بندی	۷	کارگران این بخش بدلیل لزوم تمرکز بر روی ظروف جهت عیب یابی، بیشتر در معرض اختلالات اسکلتی- عضلانی ناحیه گردن می باشند. هم چنین بدلیل حرکات مکرر در ناحیه مچ دست نیز احتمال ابتلا به این اختلالات زیاد است. صندلی های مورد استفاده کارگران نیز مطابق با اصول ارگونومیکی نیستند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک صنعت تولید ظروف آرکوپال به دلیل حجم بالای وظایف و فعالیتهای تکراری انتخاب و کلیه کارگران وارد مطالعه شدند که در نهایت تعداد ۲۴۰ آزمودنی مورد بررسی قرار گرفتند. تاکنون تعداد بسیار زیادی روش ارزیابی ریسک و یا پیشگیری از اختلالات اسکلتی و عضلانی معرفی شده‌اند که اغلب آنها به منظور برقراری ارتباط بین استرسورهای شغلی و شیوع اختلالات ارگونومیک کاربرد دارند (۳۷).

آرت یکی از روش‌های نوین است که در کنار ارزیابی بیومکانیکی، به فاکتورهای روانی و اجتماعی هم توجه دارد. لازم به ذکر است که مطالعه دقیق فاکتورهای روانی و اجتماعی نیازمند ابزارها و روش‌های خاص خود خواهد بود. به هرحال از آنجا که اکثر روش‌های ارزیابی، متمرکز بر فاکتورهای بیومکانیکی هستند، توجه به فاکتورهای روانی و اجتماعی یک مزیت محسوب می‌شود که در کنار ساده و سریع بودن روش، مطلوبیت روش آرت را در مشاغل درگیر در حرکات تکراری اندام‌های فوقانی بالا می‌برد (۱۲).

به هر حال تمام روش‌ها و ارزیابی‌های ارگونومیکی، می‌بایست به اعمال مداخلات اصلاحی شرایط محیط کار و بهینه‌سازی شرایط روحی و روانی و همچنین جسمی کارگر منتهی شود.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-11-26]

نباید فراموش نمود که منابع در اختیار بخش ایمنی و بهداشت شغلی صنایع، همواره محدود بوده و می‌بایست منطبق بر بهترین راندمان و تاثیر بر عملکرد، سلامتی کارگران و اقتصاد تولید به کار گرفته شوند. منطبق بر نتایج جدول ۳ اکثر کارگران حرکات بازوی زیاد با تکرار و اعمال نیرو داشته‌اند که در بلند مدت موجب ایجاد اختلالات اندام‌های فوقانی می‌شوند.

همچنین از آنجا که زنان در این صنعت درصد قابل توجهی از نیروی کار را تشکیل می‌دهند (۵۱/۶۷٪)، و با توجه به اینکه زنان در ابتلا به اختلالات ارگونومیک مستعدترند (۳۸)، بر اهمیت و لزوم برنامه‌ریزی برای اصلاح شرایط کاری با توجه به اختلافات جنسیتی می‌افزاید. سازمان جهانی کار در سال ۲۰۱۵ به منظور توسعه بیشینه فرهنگ پیشگیری در سطح جهان بر راهکارهای مبتنی و متمرکز بر جنسیت کارگران تاکید نموده است. همچنین نتایج نشان داد که برخی از کارگران مورد مطالعه هیچ دوره آموزشی را نگذرانده‌اند ((۰/۶۴ (±۰/۷۱)).

در ارتباط با مباحث آموزشی می‌بایست به این نکته توجه نمود که اگر تجهیزات ارگونومیک فراهم نیایند و ایستگاه‌ها اصلاح نشوند، برگزاری صرف دوره‌های آموزشی منجر به بهبود شرایط کار و تغییر پوسچر و وظایف کارگران نخواهد شد (۳۹). استفاده از کارگران مجرب و علاقمند به مباحث ارگونومیک برای آموزش کارگران به همراه تکرار دوره‌ای مطالب با استفاده از پوستر، صوت، تصویر و یادآوری، تاثیر بسیار زیادی در اصلاح برخی رفتارهای غیرارگونومیک شغلی داشته است (۴۰). بر این مبنا و با توجه به اینکه ۸۱/۳ درصد کارگران دارای سطح تحصیلات دیپلم و پایین‌تر هستند، طراحی و اجرای دوره‌های آموزشی چند رسانه‌ای کاربردی مربوط به صنعت تولید آرکوپال همراه با تکرار و استفاده از روش تقریر سایر کارگران منتخب می‌تواند به کاهش میزان اختلالات در کارخانه کمک کند (۴۱).

یکی از حیطه‌های پرکاربرد برای تحقیقات تاپسیس ایمنی، بهداشت و محیط زیست است. اگرچه این حیطه در حوزه تکنیک‌های تصمیم‌گیری به نسبت سایر حوزه‌ها جدید محسوب می‌شود اما با رشد قابل توجهی مواجه شده و رده چهارم حیطه‌های پرکاربرد از دیدگاه تاپسیس قرار گرفته است (۲۴).

این حیطه تا سال ۲۰۱۲ حدود ۱۰ درصد مقالات مرتبط را به خود اختصاص داده است (۲۴). در بخش ایمنی و بهداشت می‌توان اینگونه اظهار نظر کرد که متون علمی در ابتدای راه بوده و انتظار می‌رود به صورت تصاعدی در سال‌های آتی بالا رود.

انتخاب ماسک مناسب برای جذب ید رادیواکتیو (۱۹)، انتخاب بهترین ماده خاموش کننده (۴۲)، ارزشیابی ریسک موجود در فعالیت‌های خطرناک فرآیندهای تولیدی (۴۳)، انتخاب حفاظ ایمن هسته‌ای (۴۴)، انتخاب بهترین گزینه برای مدیریت حوادث منجر به ورود نفت به دریا(۴۵) و شناسایی پارامترهای بهینه برای طراحی سبز فرآیندهای شیمیایی(۴۶) از جمله مواردی بوده‌اند که در متون علمی یافت می‌شود.

با توجه به مبنای محاسباتی تاپسیس در جدول ۵، اولویت‌بندی سالن‌ها با توجه به آرت- تاپسیس، در جدول ۶ ارائه شده است. بر این اساس و به عنوان نمونه سالن لهر کارخانه، کارگر وظیفه دارد تا ظروف را از روی نوار نقاله برداشته و ظروف سالم و معیوب را از یکدیگر جدا نماید. تاپسیس این سالن را به عنوان اولویت اول اقدام اصلاحی معرفی نموده است. به نظر می‌رسد فشار زمان ناشی از سرعت تنظیمی نوار نقاله کارگران را به سمت انجام حرکات سریع در پوسچرهای نامناسب سوق می‌دهد.

تحقیقات نشان داده‌اند روش‌های چابک‌سازی تولید (Lean) همچون روش حذف انبارداری (JIT)، شش سیگما و مدیریت کیفیت جامع، خود به دلیل افزایش فعالیت کارگران و کاهش استراحت (فشار زمان) موجب بروز MSD و سایر اختلالات روانی و جسمی می‌شوند (۴۷).

بر این مبنا لزوم ارائه راهکارهای مداخله‌ای و دقت نظر بیشتر در ارزیابی حجم و گستره ریسک فاکتورها بیش از پیش نمایان می‌شود. بررسی شرایط سالن‌ها

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-11-26]

نشان داد در کنار فشار زمان، صندلی غیر استاندارد و نحوه نشستن نامناسب کارگران از جمله مواردی بوده است که بر اولویت‌بندی سالن‌ها برای انجام اقدامات اصلاحی موثر بوده است.

نتایج تحقیق نشان از موفقیت کاربرد روش تاپسیس در ارگونومی دارد. به نظر می‌رسد ارائه راهکارهای اصلاحی ماکرو و میکروارگونومی به همراه مشارکت کارگران، مبتنی بر نتایج علمی روش‌های تصمیم‌گیری (با ایجاد حس همکاری در کارفرما)، می‌تواند اثربخشی فزاینده‌ای به منظور ارتقای سطح سلامت در واحدهای صنعتی در پی داشته باشد.

آموزش متناسب، ورزش منظم، شیوه زندگی سالم و تغذیه مناسب از جمله برنامه‌هایی هستند که می‌توانند در کنار اعمال کنترل‌های مهندسی، به کاهش اختلالات اسکلتی و عضلانی کمک نمایند. همچنین امروزه مشخص شده است که تمرکز صرف بر روی اعمال فیزیکی، روش بهینه کاهش ریسک ارگونومیک محسوب نمی‌شود، بلکه توجه به همه ریسک‌ها و خطرات به خصوص روانی و اجتماعی لازم و ضروری است.

منابع

1. Niu S, Ergonomics and occupational safety and health: An ILO perspective. Applied Ergonomics. 2010; 41(6): 744 –53.
2. Marzban A, Adibi M. Tavakoli M., Importance and standing of ergonomics (human factors) and survey of amount and causes of musculoskeletal disorders prevalence among operational workers of Abadan port along with correcting actions. Khuzestan Ports and shipping office- Abadan Ports and shipping office. 2006. (Persian)
3. Moussavi Najarkola SA, Mirzaei R. Assessment of musculoskeletal loads of electric factory workers by rapid entire body assessment: Health Scope. 2012; 1(2):71–9.
4. Rundcrantz BL, Johnsson B, Moritz U, Roxendal G. Occupational cervico-brachial disorders among dentists psychosocial work environment, personal harmony and life-satisfaction, Scandivavian Journal of Public Health. 1991; 19(3): 174-180.
5. Tirgar A, Javanshir K, Talebian A, Amini F, Parhiz A. Musculoskeletal disorders among a group of Iranian general dental practitioners, Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. 2014; 1–5.
6. Attarchi M, Raeisi S, Namvar M, Golabadi M, Association between Shift Working and Musculoskeletal Symptoms among Nursing Personnel: Iran J Nurs Midwifery Res. 2014; 19 (3): 309-14.
7. Liskiewicz ST, Kerschbaum WE. Cumulative trauma disorders: an ergonomic approach for prevention, J Dent Hyg. 1996; 71(4):162-7.
8. Meyers JM, Miles JA, Tejeda DG, Faucett J. Priority risk factors for back injury in agricultural field work: vineyard ergonomics, Journal of Agromedicine. 2001; 8 (1).
9. Nonnenmann MW, Anton DC, Gerr F, Yack HJ. Dairy farm worker exposure to awkward knee posture during milking and feeding tasks, Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2010; 7: 483–89.
10. Sadeghi naeini H, Karuppiah K, Tamrin SB, Dalal K. Ergonomics in agriculture: An Approach in Prevention of Work-related Musculoskeletal Disorders (WMSDs), Journal of Agriculture and Environmental Sciences. 2014, Vol. 3, No. 2, pp. 33-51
11. Roman-Liu D. Comparison of concepts in easy-to-use methods for MSD risk assessment. Applied Ergonomics. 2014; 45: 420-27.
12. Ferreira J, Gray M, Hunter L, Birtles M, Riley D. Development of an assessment tool for repetitive tasks of the upper limbs (ART). Health and Safety Executive. RR707 Research Report. 2009. HSE Books.
13. Abbaszadeh M, Zokaei M, Zakerian S, Hassani H.)Using Assessment Repetitive Task (ART) Tool in an Assembly Industry(. Iran Occupational Health Journal. 2013; 10(6): 1-15. (Persian)
14. Fernandez-Muniz B. Relation between occupational safety management and firm performance. Safety Science. 2009; 47(7), 980-91.
15. Roland H, Moriarty B. System safety engineering and management. John Wiley & Sons, 1990. http://dx.doi.org/ 0.1002/9780470172438.
16. Janaćković G, Savić S, Stanković M.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-11-26]

effect of normalization norms in multiple attribute decision making models: A case study in gear material selection. Structural Multidisciplinary Optimization. 2005; 29(4), 312–18.

29. Srdjevic B, Medeiros YDP, Faria AS. An objective multi-criteria evaluation of water management scenarios. Water Resources Management. 2004; 18, 35–54.

30. Yang T, Chou P. Solving a multiresponse simulation–optimization problem with discrete variables using a multi-attribute decision-making method. Mathematics and Computers in Simulation. 2005; 68, 9–21.

31. Yoon K, Hwang CL. Manufacturing plant location analysis by multiple attribute decision making: Part I—single-plant strategy. International Journal of Production Research. 1985; 23. 345–59.

32. Janackovic G, Savic S, Stankovic M. Multi-criteria decision analysis in occupational safety management systems. Safety Engineering. 2011; 1(1), 17-22.

33. Ustinovichius L. Application of a quantitative multiple criteria decision making (MCDM-1) approach to the analysis of investments in construction. Control and Cybernetics. 2007; 36, 251–68.

34. Santos-Reyes J, Beard A. Assessing safety management systems. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2002; 15, 77–95.

35. Guastello S. Do we really know how well our occupational accident prevention programs work? Safety Science. 1993; 16, 445–63.

36. Wang TC, Lee HD. Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. Expert Systems with Applications 2009; 36, 8980–85.

37. Malchaire J. A classification of methods for assessing and/or preventing the risks of musculoskeletal disorders. European Trade Union Institute. 2011; ISBN 978-2-87452-223-9.

38. Widanarko B, Legg S, Stevenson M, Devereux J, Eng A, Mannetje A, et al. Prevalence of musculoskeletal symptoms in relation to gender, age, and occupational/industrial group. Int J Ind Ergon. 2011; 41, 561-72.

39. Boschman JS, Frings-Dresen MHW, van der Molen HF. Use of ergonomic measures related to musculoskeletal complaints among construction workers: A 2-year follow-up study. Saf Health Work 2015: x: 1-7.

Safety performance indicators in organizational safety management systems, In Proc. of the 2nd Int. Conf. Life cycle engineering and management ICDQM-2011, Belgrade, Serbia, pp. 131-39.

17. Wang YJ, Lee HS. Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making. Computers and Mathematics with Applications. 2007; 53, 1762–72.

18. Eshaghi M, Golmohamadi R, Riahi Khorram M. Prioritizing of noise control methods in the Hamadan glass company by the analytical hierarchy process (AHP): Journal of Health and Safety at Work. 9. 2012; 2(1), 75-84. (Persian)

19. Moharam-Nejad N, Setareh H, Toloie Eshlaghi A. Application of a multi-criteria decision-making model in selecting optimized airborne iodine absorbent released from nuclear power plants and installations in Iran. Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences. 2012; 16(5), 461-67.(Persian)

20. Shiha HS, Shyurb HJ, Lee ES. An extension of TOPSIS for group decision making. Mathematical and Computer Modelling. 2007; 45, 801–13.

21. Olson DL. Comparison of weights in TOPSIS models. Mathematical and Computer Modelling. 2004; 40, 721–27.

22. Bust PD. Contemporary ergonomics 2008. Taylor & Francis, 2008, p: 453-58.

23. Assessment of repetitive tasks of the upper limbs (the ART tool): Guidance for health and safety practitioners, consultants, ergonomists and large organizations. Health and safety executive. www.hse.gov.uk/pubns/indg438.pdf.

24. Behzadian M, Khanmohammadi Otaghsara S, Yazdani M, Ignatius J. A state of the art survey of TOPSIS applications. Expert Systems with Applications. 2012; 39, 13051–69.

25. Chen MF, Tzeng GH. Combining gray relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country. Mathematical and Computer Modelling. 2004; 40, 1473–90.

26. Janic M. Multicriteria evaluation of high-speed rail, transrapid maglev, and air passenger transport in Europe. Transportation Planning and Technology. 2003; 26(6), 491–12.

27. Kwong CK, Tam SM. Case-based reasoning approach to concurrent design of low power transformers. Journal of Materials Processing Technology. 2002; 128, 136–41.

28. Milani AS, Shanian A, Madoliat R. The

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-11-26]

http://dx.doi.org/10.1016/j.shaw.2014.12.003 (In press)

40. Ouellet S, Vézina N. Work training and MSDs prevention: Contribution of ergonomics. International Journal of Industrial Ergonomics. 2014; 44: 24-31.

41. Roman GA, Vincent S. Workstation ergonomics improves posture and reduces musculoskeletal pain in video interpreters. Journal of Interpretation. 2015; 24(1): 1-19.

42. Aiello G, Enea M, Galante G, La Scalia G. Clean agent selection approached by fuzzy TOPSIS decision-making method. Fire Technology. 2009; 45,405–18.

43. Grassi A, Gamberini R, Mora C, Rimini B. A fuzzy multi-attribute model for risk evaluation in workplaces. Safety Science. 2009; 47, 707–16.

44. Kabak Ö, Ruan D. A comparison study of fuzzy MADM methods in nuclear safeguards evaluation. Journal of Global Optimization. 2010; 51(2), 209–26.

45. Krohling RA, Campanharo VC. Fuzzy TOPSIS for group decision making: A case study for accidents with oil spill in the sea. Expert Systems with Applications. 2011; 38, 4190–97.

46. Li C, Zhang X, Zhang S, Suzuki K. Environmentally conscious design of chemical processes and products: Multi-optimization method. Chemical Engineering Research and Design, 2009; 87, 233–43.

47. Koukoulaki T. The impact of lean production on musculoskeletal and psychosocial risks: An examination of sociotechnical trends over 20 years. Applied Ergonomics. 2014; 45: 198-212.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-11-26]

Assessment and analysis of ergonomics conditions based on TOPSIS in a manufacturing company

Mohammad Khandan[1], Alireza Koohpaei[2]

Received: 2015/09/01 Revised: 2016/03/02 Accepted: 2016/04/24

Abstract

Background and aims: TOPSIS as a method in Multi criteria decision making (MCDM) helps decision maker(s) to organize and analyze problems, and to rank alternatives. In this paper, the ergonomic risks factors which may influence health are addressed in a manufacturing company in 2014. Then TOPSIS method is applied to select the different halls that are prioritized in terms of action level and ergonomic conditions.

Methods: This cross-sectional study was done as a descriptive-analytic procedure. It considers conditions in seven halls and 13 tasks were included. Required Information gathered by the demographic questionnaire and ART method for repetitive task assessment. Also TOPSIS as a suitable multi criteria decision making instrument was used to prioritization of company halls. SPSS V20 is used to compute the variables.

Results: The total exposure score based on the ART method equals to 30.07±12.43 were calculated. Data analysis from ART illustrated that 179 cases (74.6% of tasks) were in the high level of risk area and 13.8% were in the medium level of risk. ART-TOPSIS results revealed that Leher hall has been placed in the top lists of action level and degradation hall in the end of this list.

Conclusion: obtained results showed that the TOPSIS method can be used to ergonomic and human factor engineering challenges successfully. It seems that, macro and micro ergonomic solution presentation besides employee's collaboration, based on the scientific decision-making procedures (with employer's cooperation motivation), can leads to effectiveness in health level enhancement of industrial setting increasingly.

Keywords: Ergonomic risk factors, ART method, MCDM, TOPSIS

1- MSc in Ergonomics, Occupational Health Department, Health Faculty, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.
2- **(Corresponding author)**, PhD in Occupational Health, Work Health Research Centre, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran. koohpaei19@yahoo.com

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-11-26]