



کاربرد روش PERA در تجزیه و تحلیل و طراحی مجدد وظایف چرخه‌ای در یک شرکت خودروسازی

مجتبی احمدی: کارشناس ارشد ارگونومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی مازندران، ساری، ایران.

حامد سلمانزاده: (نویسنده مسئول) استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.
salmanzadeh@kntu.ac.ir

چکیده

کلیدواژه‌ها

ارزیابی ریسک ارگونومی،
روش PERA،
تجزیه و تحلیل وظیفه،
طراحی مجدد شغل

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۱

زمینه و هدف: روش ارزیابی ریسک ارگونومی پوسچرال (PERA) یک روش ارزیابی ارگونومیک است که با تمرکز بر آنالیز پوسچرهای پرتنش در قالب آنالیز وظیفه به شناسایی منشأ ریسک چرخه‌های کاری می‌پردازد. از آنجایی که این ابزار توانایی کشف منشأ ریسک ارگونومیک در چرخه‌های کاری را دارد، این مطالعه درصدد آن است که از روش ارزیابی ارگونومیک PERA به عنوان یک ابزار تجزیه و تحلیل ارگونومیک در راستای طراحی مجدد وظیفه، در یک کارخانه تولید خودرو استفاده کند و کاربردهای بیشتر آن را مورد بررسی قرار دهد.

روش بررسی: در مطالعه حاضر تعداد ۱۲ چرخه کاری شامل ۷۸ وظیفه کاری در یک صنعت مونتاژ خودرو مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر کدام از وظایف کاری به طور مجزا از لحاظ پوسچر بدنی، نیروی اعمالی و مدت زمان، تکرار و ارتعاش با استفاده از روش‌های PERA، ManTRA و مدل مکعب ارزیابی شدند. در هر چرخه کاری، آن دسته از وظایفی که بیشترین امتیاز خطر را داشتند به عنوان پرریسک‌ترین قسمت‌های کار شناخته شده و در فرایند طراحی مجدد، برای اصلاح مورد توجه قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهند که اغلب چرخه‌های کاری پرریسک بوده و در این وظایف، مدت زمان پوسچرهای پرخطر به ترتیب برای شانه‌ها، آرنج‌ها و سرو گردن بیشترین بوده است. همچنین به منظور اصلاح کار، قسمت‌های پرخطر هر چرخه کاری شناسایی و به ترتیب اولویت‌بندی شدند.

نتیجه‌گیری: نتایج کلی این مطالعه نشان می‌دهد، در حالیکه تمرکز روش‌های متداول ارگونومی بر سطح ریسک کلی هر یک از اندام‌های بدن بوده و لذا راه کارهای پیشنهادی طبق نتایج آن‌ها به صورت کلی و برای کل چرخه کاری خواهد بود، روش PERA علاوه بر ارزیابی ریسک‌های پوسچرال بدن برای هر قسمت از یک چرخه کاری، می‌تواند به عنوان ابزاری نظام‌مند در آنالیز وظایف پیچیده و تعیین منشأ خطر چرخه‌های کاری نیز مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه، یافتن راه حلی مناسب در طراحی مجدد شغل جهت اصلاح یک چرخه کاری، تنها با تمرکز بر قسمت‌های استرس‌زای آن بسیار اثربخش‌تر خواهد بود.

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت کننده: گزارش نشده است.

شیوه استناد به این مقاله:

Ahmadi M, Salmanzadeh H. Application of PERA method to analyze and redesign the cyclic tasks in an automotive industry. Iran Occupational Health. 2018 (Oct-Nov);15(5):38-47.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 1.0 صورت گرفته است.



Application of PERA method to analyze and redesign the cyclic tasks in an automotive industry

Mojtaba Ahmadi, MSc of Ergonomics, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.

Hamed Salmanzadeh, (*Corresponding Author) Assistant Professor, Faculty of Industrial Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran. salmanzadeh@kntu.ac.ir

Abstract

Background: Postural Ergonomics Risk Assessment (PERA) is an ergonomic assessment method to detect the major causes of the cyclic work by focusing on the stressful postures analysis in the form of a task analysis. Because of its ability to detect the ergonomic risk sources in work cycles, this study aims to use this method as a systematic ergonomic analysis tool in order to redesign the tasks in an automotive company and examine its further applications.

Methods: In the present study, 12 repetitive work cycles consisting of 78 tasks were evaluated in a vehicle assembly. Each task was analyzed separately in terms of posture, force, duration, repetition and vibration using PERA, ManTRA and cube model. Those sub-tasks, in each cycle, which had the highest risk score were identified as the most risky part of the work cycle and considered in the job redesign process.

Results: The results show that most of the work cycles are at high-risk level of which shoulders, elbows and head/neck had the most duration of the stressful postures respectively. Also the high-risk tasks in each work cycle were identified and prioritized to be corrected.

Conclusion: The results of this study indicate that the common ergonomic risk assessment methods focus on risk level of each body region and therefore the corrective actions would be taken generally, while PERA method is not only capable to assess the body's postural risks, but also a systematic tool to analyze the complicated tasks and detect the risk sources of a work cycle by breaking it down into its sub-tasks. So it could be more efficient, in job redesign, to figure out some way to modify the work cycle just by focusing on those stressful parts.

Conflicts of interest: None

Funding: None.

Keywords

Ergonomics risk assessment,
PERA method,
Task analysis,
Job redesign

Received: 04/02/2018

Accepted: 23/09/2018

How to cite this article:

Ahmadi M, Salmanzadeh H. Application of PERA method to analyze and redesign the cyclic tasks in an automotive industry. Iran Occupational Health. 2018 (Oct-Nov);15(5):38-47.

مقدمه

تأثیر اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار بر سلامت کارکنان کاملاً ثابت شده است. غالباً ریسک فاکتورهای فیزیکی کار مانند پوسچرهای نامناسب، کارهای تکراری و اعمال نیروهای زیادی که در اثر طراحی نامناسب ایستگاه‌های کاری اتفاق می‌افتند، منجر به این اختلالات می‌شوند (۱، ۲). بر اساس گزارش آژانس اروپایی ایمنی و بهداشت در کار (EASHW) در سال ۲۰۱۰، اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار، ۵۹ درصد بیماری‌های شغلی شناخته شده را در بر می‌گیرد (۳). بدین ترتیب بررسی اثرات بیومکانیکی کار به منظور شناسایی ریسک‌های اسکلتی عضلانی، ارزیابی تأثیر مداخلات ارگونومی و انجام تحقیقات برای متخصصان ارگونومی و ایمنی و مدیران صنایع امری مهم می‌باشد (۴). روش‌های زیادی طی سه دهه اخیر توسط محققان جهت ارزیابی بارکاری فیزیکی کارگران صنایع، تحت عنوان روش‌های ارزیابی ریسک ارگونومی توسعه یافته‌اند (۵) که از این بین، روش‌های مشاهده‌ای به دلیل ارزان بودن، عدم تداخل در کار کارگر، استفاده راحت‌تر و عدم نیاز به ابزارهای خاص، توسعه بیشتری در صنایع یافته‌اند (۶، ۷). از جمله این روش‌ها می‌توان به OWAS، RULA، REBA، MFA، ManTRA، استانداردهای ISO در ارگونومی، EAWS، ART و OCRA اشاره کرد. پس از بررسی وضعیت کار در یک شغل، اقدامات کنترلی صورت می‌گیرند. چنانچه شغلی بر اساس ارزیابی‌ها پرخطر شناخته شود و یا از ابتدا با اصول ارگونومی طراحی نشده باشد، نیاز به اصلاح یا طراحی مجدد دارد تا ریسک صدمات مرتبط با کار کاهش یافته یا حذف شود (۸). طراحی مجدد شغل از رویکردهای مهم ارگونومی است که منجر به افزایش بهره‌وری و رضایت سازمانی می‌گردد (۹). در این موارد معمولاً به دلیل پیچیدگی‌های مشاغل امروزی، متخصصان به منظور درک بهتر از جزئیات وظیفه مورد نظر، ابتدا به تجزیه و تحلیل آن می‌پردازند. روش‌های تجزیه و تحلیل وظیفه از پایه‌ای‌ترین ابزارهای ارگونومیست‌ها می‌باشند که در طراحی سیستم‌های کاری جدید، بهبود سیستم‌های کاری و حتی به عنوان بخشی از ممیزی وضعیت سیستم‌های کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۰).

(۱۱). در آنالیز وظیفه، یک چرخه کاری به وظایف و هر وظیفه نیز به زیر وظایف خودش تجزیه خواهد شد و هر کدام از آن‌ها به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار خواهند گرفت (۱۲).

روش ارزیابی ریسک ارگونومی پوسچرال PERA یک روش ارزیابی ارگونومیک در کارهای چرخه‌ای است که توسط چاندر و کاواتورتا در سال ۲۰۱۷ توسعه یافته است. این روش از تلفیق مدل مکعب (Cube model)، روش EAWS و استانداردهای ISO 11226 و EN 1005-4 با هدف شناسایی منشأ ریسک وظایف کاری به وجود آمده است. توسعه‌دهندگان آن برای اعتبارسنجی، تعداد ۹ سیکل کاری که متشکل از ۸۸ وظیفه کاری بود را با استفاده از روش PERA ارزیابی کرده و نتایج آن را با نتایج روش EAWS که روش معتبری است، مقایسه نمودند و در نهایت دریافتند که توافق و همبستگی زیادی بین نتایج این دو روش وجود دارد (۱۳). این روش بسیار جدید بوده و پژوهش دیگری تا به حال بر اساس آن صورت نگرفته و به دلیل توانایی این ابزار در کشف منشأ ریسک ارگونومیک در چرخه‌های کاری، این مطالعه درصدد آن است که کاربرد این روش ارزیابی ارگونومیک PERA را به عنوان یک ابزار تجزیه و تحلیل ارگونومیک در راستای طراحی مجدد وظیفه، در یک کارخانه تولید خودرو بررسی کند و نتایج آن را با رویکردهای متداول آنالیز شغلی مانند روش آنالیز وظیفه جدولی (TTA) و روش‌های ارزیابی ریسک ارگونومی مقایسه کند تا از این طریق کاربردهای بیشتر آن را مورد بررسی قرار دهد.

روش بررسی

روش PERA: در روش PERA همانند مدل مکعب، سه مؤلفه‌ی نیرو، پوسچر و مدت زمان مورد بررسی قرار می‌گیرند. برای هر کدام از مؤلفه‌ها، سه سطح ریسک در نظر گرفته شده است که به صورت ریسک پایین، ریسک متوسط و ریسک زیاد تعریف و به ترتیب با نمره‌های ۱ تا ۳ مشخص می‌شوند (۱۴، ۱۵). امتیاز نهایی برای هر وظیفه، از ضرب این سه نمره به دست می‌آید. روش PERA برای چرخه‌های کاری بین ۲۵ تا ۲۵۰ ثانیه آزمایش شده است. این روش برای وظایفی که در آن، انگشتان تحت فشار قرار می‌گیرند و

برای هر کدام از مؤلفه‌های پوسچر، نیرو و مدت زمان در نظر گرفته خواهد شد. در مواردی که سطح ریسک پوسچر، در طول یک وظیفه کاری تغییر می‌کند، نمره ریسک پوسچر از حاصل میانگین وزنی زمان پوسچرهای مختلف به دست خواهد آمد. به طور مثال اگر در یک وظیفه کاری، پوسچر شخص در دو حالت پرخطر و متوسط باشد که به ترتیب نمره‌های ۳ و ۲ خواهد گرفت، در این حالت نباید میانگین ساده‌ی این دو را حساب کرد بلکه باید وزن مدت زمانی که شخص در هر کدام از پوسچرها بوده را نیز در نظر گرفت؛ بنابراین چنانچه به طور مثال، شخص ۸۰ درصد زمان آن وظیفه را در وضعیت ۳ و ۲۰ درصد دیگر را وضعیت ۲ قرار داشته باشد، نمره ریسک پوسچر در آن وظیفه برابر با $P = ((3 \times 80) + (2 \times 20))/100$ خواهد بود. سطح نیروی اعمالی در این روش کیفی بوده و حتی می‌توان از ابزارهایی مانند مقیاس بورگ جهت تخمین

چرخه‌های کاری‌ای که اعمال نیروهای زیادی در آن‌ها غالب است مناسب نیست. با این حال اگر فقط در قسمت‌هایی از وظیفه کاری، اعمال نیروی زیاد وجود داشته باشد می‌تواند استفاده شود. به طور کلی اجرای روش PERA شامل مراحل زیر است:

۱. یک چرخه از کار به وظایف مختلف تشکیل‌دهنده آن تقسیم شود. تجزیه وظایف باید بر اساس پوسچرهای مشخص یا محتوای هر وظیفه باشد.
۲. مدت زمان هر وظیفه کاری به صورت درصدی از مدت زمان کل چرخه کاری محاسبه شود.
۳. پوسچر و نیروی اعمال شده شخص در هر وظیفه کاری جداگانه مورد بررسی قرار گیرد.
۴. برای هر وظیفه کاری، سطح ریسک نیرو، پوسچر و مدت زمان از طریق جدول ۱ مشخص شود.
۵. به طور کلی، سه سطح ریسک پایین، متوسط و بالا که به ترتیب با نمره‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده می‌شوند،

جدول ۱- معیارهای طبقه بندی سطوح ریسک پوسچر، نیرو و مدت زمان در روش PERA

ریسک بالا (نمره ۳)	ریسک متوسط (نمره ۲)	ریسک پایین (نمره ۱)			
بیش از ۶۰ درجه	۲۰ تا ۶۰ درجه	۰ تا ۲۰ درجه یا ۲۰ تا ۶۰ درجه در صورت وجود تکیه گاه بدن	خمش به جلو	تنه	پوسچر
بدون تکیه گاه بدن چرخش/خمش به پهلوها بیش از ۱۰ درجه	-	وجود تکیه گاه بدن	خمش به عقب		
محدب شدن پایین کمر در حالت نشسته بیش از ۶۰ درجه	چرخش/خمش به پهلوها ۰ تا ۱۰ درجه	-	پوسچرهای نامتقارن		
بیش از ۶۰ درجه	۲۰ تا ۶۰ درجه	۰ تا ۲۰ درجه یا ۲۰ تا ۶۰ درجه در صورت وجود تکیه گاه بازو یا ساعد	سایر پوسچرها بالا آمدن/	شانه	
بیش از ۰ درجه	-	-	دور شدن از بدن		
بیش از ۴۰ درجه بدون تکیه گاه بدن	۲۵ تا ۴۰ درجه	۰ تا ۲۵ درجه	کشش به عقب/ کشش به سمت مخالف		
خمش از طرفین بیش از ۱۰ درجه پیچش/چرخش بیش از ۴۵ درجه بیش از ۶۰ درجه	وجود تکیه گاه بدن خمش از طرفین ۰ تا ۱۰ درجه پیچش/چرخش ۰ تا ۴۵ درجه ۲۰ تا ۶۰ درجه	-	سر و گردن		
کمتر از ۹۰ درجه یا بیش از ۱۳۵ درجه بیش از ۲۰ درصد	-	۰ تا ۲۰ درجه ۹۰ تا ۱۳۵ درجه	خمش به جلو خمش به عقب		
کاملاً مشخص مثلاً کنترل پایین روی حرکات، انقباض عضلات، تغییر حالت صورت و بدن ارتعاشات حاصل از ابزارهای دستی قدرتی. ضربات و تکان‌های شدید مانند چکش کاری سنگین	۱۰ تا ۲۰ درصد مشخص؛ حرکات کنترل شده و یکنواخت، استفاده از هر دو دست در کارهایی که چندان سنگین به نظر نمی‌رسند.	۰ تا ۱۰ درصد کم؛ مثلاً کار با اشیاء سبک	پوسچرهای نامتقارن		
		۰ تا ۲۰ درجه ۹۰ تا ۱۳۵ درجه	خم و راست شدن آرنج زاویه زانو در حالت نشسته		
		۰ تا ۱۰ درصد	درصد زمان چرخه کاری اعمال نیروی فیزیکی	مدت زمان نیرو	

نیروی اعمالی استفاده نمود.

چهار مورد ویژه در خصوص نمره دهی وجود دارد. برای مؤلفه مدت زمان: در مواردی که پوسچرهای پراسترس یک وظیفه کاری، در وظیفه دیگر ادامه داشته و یا بدتر شود، به مدت زمان وظیفه بعدی، یک نمره اضافه می‌شود. در ارتباط با مؤلفه پوسچر: چنانچه در یک وظیفه کاری، قسمت‌های مختلف بدن به‌طور هم‌زمان دارای پوسچرهای نامناسب هستند، بدترین آن‌ها لحاظ خواهد شد. همین‌طور در حالت‌هایی که به‌طور هم‌زمان، پوسچرهای متقارن و نامتقارن وجود داشته باشند، یک نمره اضافه مازاد بر نمره پوسچر خواهد گرفت. در خصوص مؤلفه نیرو: در مواقعی که نیرویی یکسان، گاه و بیگاه در طول یک وظیفه کاری اعمال شود، در صورتی که آن نیرو به‌طور مدام در طول آن وظیفه کاری اعمال شود، نمره متناسب با ریسک آن اعمال می‌شود و در مواقعی که میزان نیرو در طی یک وظیفه کاری به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کند به‌طور مثال اگر شروع وظیفه با یک نیروی نسبتاً زیاد بوده و متعاقباً با نیروهای کم و پایدار ادامه داشته باشد، توصیه می‌شود آن وظیفه کاری به دو قسمت مجزا تقسیم شود به‌طوری که در هر قسمت نیروهای برابری اعمال شوند.

۶. نمره هر وظیفه کاری (T_i) بر اساس رابطه ۱، از حاصل ضرب نمره‌های سه مؤلفه محاسبه خواهد شد.

رابطه (۱)

$$T_i = (posture)_i \times (force)_i \times (duration)_i$$

۷. نمره کلی چرخه کاری (A) از میانگین نمره‌های وظایف کاری طبق رابطه ۲ به دست خواهد آمد.

$$A = (\sum T_i) / n \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن، n تعداد وظایف کاری تجزیه شده از یک چرخه کاری می‌باشد.

مورد ویژه در محاسبه نمره کلی، در ارتباط با وظایفی است که هم نمره پوسچر و هم نمره نیروی آن‌ها، هر دو برابر با ۱ باشد. در این حالت چنانچه درصد زمان آن وظیفه کمتر از ۱۰ درصد کل زمان آن چرخه کاری باشد، نمره آن وظیفه T_i در محاسبه میانگین نمره کل لحاظ نخواهد شد و چنانچه درصد زمان آن وظیفه ۱۰

جدول ۲- طبقه بندی سطوح ریسک در روش PERA

نمره کلی چرخه کاری	طبقه بندی سطح ریسک	اقدام پیشنهادی
$4 > A$	ریسک پایین	قابل قبول
$7 > A \geq 4$	ریسک متوسط	انجام بررسی بیشتر با روشی دیگر
$7 \leq A$	ریسک بالا	قابل قبول نیست؛ نیاز به اقدام اصلاحی

درصد کل زمان آن چرخه کاری یا بیشتر باشد، امتیاز آن وظیفه اگرچه ممکن است ۲ یا ۳ باشد، اما ۱ در نظر گرفته خواهد شد. در نهایت با استفاده از جدول ۲، طبقه‌بندی ریسک نهایی چرخه کاری مشخص می‌شود.

مطالعه موردی

مطالعه حاضر به بررسی چرخه‌های کاری تکراری در یک صنعت مونتاژ خودرو در زمستان سال ۱۳۹۵ و بهار ۱۳۹۶ با استفاده از روش PERA پرداخت. تعداد ۱۲ چرخه کاری متفاوت مورد بررسی قرار گرفتند و از آن‌ها فیلم و عکس تهیه شد. هر کدام از چرخه‌های کاری با استفاده از روش آنالیز وظیفه سلسله مراتبی (HTA) که قدم اول در اکثر ارزیابی‌های ریسک می‌باشد، بر اساس هدف هر مرحله کاری، پوسچرها و تغییرات نیروهای اعمالی به وظایف کوچک‌تر تجزیه شدند. در مجموع تعداد ۷۸ وظیفه کاری تعیین شد. وظایف کاری مربوط به هر یک از چرخه‌ها در جدولی جداگانه وارد شدند و در ادامه، هر کدام به‌طور مجزا از لحاظ پوسچر بدنی، نیروی اعمالی و مدت زمان مورد ارزیابی قرار گرفتند. در هر چرخه کاری، آن دسته از وظایفی که بیشترین امتیاز را داشتند به‌عنوان پر ریسک‌ترین قسمت‌های کار شناخته شده و در فرایند طراحی مجدد، برای اصلاح مورد توجه قرار گرفتند.

به‌منظور مقایسه توانایی روش PERA در آنالیز ریسک‌های ارگونومی با روش‌های قبلی، این وظایف کاری با روش‌های آنالیز وظیفه جدولی (TTA) و ارزیابی ارگونومیک ManTRA و مدل مکعب کادفورز نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. در روش TTA، اطلاعات زیر وظایفی که در HTA به اجزای کوچک‌تری قابل تجزیه نیستند به‌منظور بررسی‌های بیشتر در خصوص شناسایی ریسک فاکتورهای موجود در قالب

یافته‌ها

نتایج مربوط به نمره ریسک چرخه‌های کاری در جدول ۳، اغلب چرخه‌های کاری را پرریسک نشان می‌دهد. در این وظایف، مدت‌زمان پوسچرهای پرخطر به ترتیب برای شانه‌ها، آرنج‌ها و سرو گردن بیشتر بوده است. در این مشاغل، وضعیت تنه نسبت به وضعیت دست و گردن بهتر بوده است.

نتایج ارزیابی ریسک وظایف با دو روش ManTRA و مدل مکعب در جدول ۴ نیز نشان می‌دهند که اکثر وظایف کاری نیاز به اقدام اصلاحی دارند. همچنین بر اساس یافته‌های روش ManTRA، این اقدامات برای بازوها و گردن و شانه اولویت دارند و وضعیت تنه و اندام تحتانی نسبتاً مطلوب‌تر هستند.

تعداد وظایف هر یک از چرخه‌های کاری با استفاده از ابزار تجزیه و تحلیل وظیفه سلسله مراتبی HTA تعیین گشت. شکل ۱ به‌عنوان نمونه، تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی وظایف مربوط مونتاژ لوله سوخت و سیم ترمز خودرو را نشان می‌دهد.

اطلاعات هر کدام از این وظایف یا زیر وظایف پس از تجزیه اولیه به‌صورت جدول ارائه شده‌اند تا به‌طور جداگانه مورد تحلیل قرار بگیرند. آنالیز وظایف جدولی (جدول ۵) نمونه‌ای متداول از این‌گونه تحلیل‌ها به شمار می‌رود.

جدول ۶ تجزیه و تحلیل این وظایف و زیر وظایف را بر اساس دستورالعمل روش جدید PERA از لحاظ

جدول ارائه می‌شوند. این رویکرد تنها با هدف تجزیه و تحلیل وظیفه انجام می‌شود (۱۶). جدول ۵ نتایج تحلیل وظیفه «نصب مجموعه لوله سوخت و سیم ترمز» در قالب روش TTA نشان می‌دهد.

روش ManTRA نیز یک ابزار شناخته‌شده و معتبر موجود در ارزیابی ریسک ارگونومی وظایف دستی می‌باشد که در آن پنج ریسک فاکتور برای چهار ناحیه بدن با یک مقیاس پنج‌درجه‌ای موردبررسی قرار می‌گیرند. درنهایت برای هر ناحیه بدن، نمره ریسک تجمعی ۱۵ یا بیشتر، نمره ریسک تلاش ۵ و یا مجموع نمرات ریسک تلاش و پوسچر ۸ یا بیشتر، به‌عنوان ناحیه پر ریسک شناخته می‌شود و نیاز به اقدام اصلاحی خواهد داشت (۷، ۱۷). لازم به ذکر است که روش ManTRA برای تجزیه و تحلیل وظایف به کار نمی‌رود بلکه ابزاری برای ارزیابی ریسک ارگونومیک وظایف دستی است. نتایج این روش را می‌توان در جداول ۶ و ۷ مشاهده نمود.

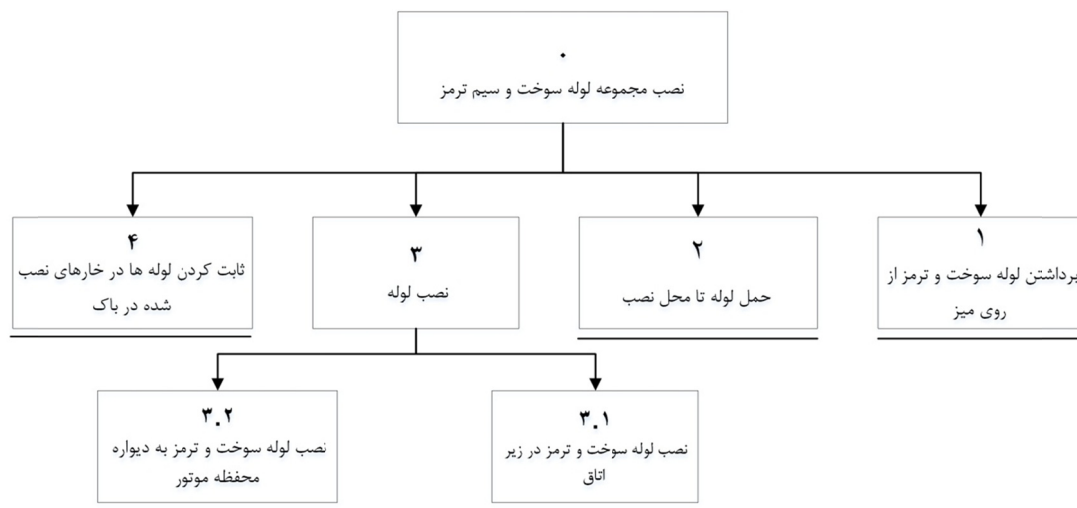
مدل مکعب کادفورز با کمی تفاوت از مدل مکعب اسپرلینگ (Sperling)، سه مؤلفه نیرو، پوسچر و مدت‌زمان را بررسی کرده و نمرات هر کدام از این ریسک فاکتورها را که عددی از ۱ تا ۳ خواهند بود، در هم ضرب می‌کند. عدد حاصل اگر ۵ یا کمتر باشد سطح ریسک کم است، از ۶ تا ۱۰، ریسک محتمل است و عدد بالای ۱۰ به‌منزله‌ی ریسک بالا تلقی می‌شود (۱۸).

جدول ۳- نمره ریسک کلی چرخه‌های کاری مختلف در روش PERA

نمره چرخه کاری	مدت‌زمان پوسچرهای پراسترس (درصد چرخه کاری)			زمان چرخه کاری	تعداد وظایف کاری	چرخه کاری	ردیف			
	پوسچرهای نامتقارن سر و گردن	تنه	آرنج							
۷/۲۵	۴۶/۴	۰	۱۷/۴	۶۳/۸	۸۲/۶	۰	۶۹	۵	نصب مجموعه لوله سوخت و سیم ترمز	۱
۴/۳	۰	۰	۶۲/۷	۴۴/۸	۵۰/۷	۰	۶۷	۹	بستن براکت‌های نگهدارنده و کابل ترمز دستی	۲
۸/۴	۰	۰	۳۸	۵۴/۷	۹۰/۵	۰	۸۴	۶	نصب مجموعه باک و گلوبی	۳
۱۰/۸	۱۴/۵	۳۵/۵	۳۹	۳۵/۵	۷۶/۸	۰	۲۶	۵	نصب کابل ترمز دستی	۴
۱۲	۱۸/۵	۳۵/۵	۵۵	۴۱	۷۵/۸	۰	۵۴	۶	نصب خار و درپوش‌های زیر شاسی چپ	۵
۱۰	۲۵	۱۵/۶	۸۴	۳۱	۸۹	۰	۷۲	۸	نصب خار و درپوش‌های زیر گلگیر و محفظه راست	۶
۸/۲	۰	۰	۲۳	۶۵	۸۶	۰	۶۴	۶	نصب درپوش دریچه	۷
۱۰/۶۷	۱۰	۰	۵۸/۶	۶۲	۸۲/۷	۰	۲۹	۷	نصب خار مهره‌های چرخ‌های راست و صفحه جلو	۸
۲۰	۳۳	۰	۹۲/۶	۹۲/۶	۹۲/۶	۰	۲۷	۵	نصب خار مهره‌های چرخ‌های چپ	۹
۹/۱	۴۶	۶۶	۱۴	۴۴	۳۴	۴۴	۵۰	۷	نصب ترمز درب و ستون عقب	۱۰
۷	۶۰	۴۵	۴۳	۱۸/۴	۱۱/۷	۲۳	۶۰	۷	نصب ترمز درب و ستون جلو	۱۱
۱۰/۳	۰	۲۵	۵۰	۰	۶۳/۵	۳/۸	۵۲	۷	بارگیری ماشین مخلوط‌کن	۱۲

جدول ۴- نمره ریسک کلی چرخه‌های کاری مختلف در روش ManTRA و مدل مکعب کادفورز

ردیف	عنوان	اندام تحتانی	کمر	گردن و شانه	دستها و بازوها	میزان ریسک (مدل مکعب کادفورز)
۱	نصب مجموعه لوله سوخت و سیم ترمز	۸	۸	۱۳ (قابل توجه)	۱۵ (نیاز به اقدام اصلاحی)	۱۸ (بالا)
۲	بستن براکت های نگهدارنده و کابل ترمز دستی	۷	۸	۱۰	۱۰	۶ (متوسط)
۳	نصب مجموعه باک و گلوبی	۸	۹	۱۱	۱۳	۹ (متوسط)
۴	نصب کابل ترمز دستی	۸	۸	۱۲	۱۵ (نیاز به اقدام اصلاحی)	۱۸ (بالا)
۵	نصب خار و درپوش‌های زیر شاسی چپ	۸	۱۰	۱۴ (قابل توجه)	۱۵ (نیاز به اقدام اصلاحی)	۱۸ (بالا)
۶	نصب خار و درپوش‌های زیر گلگیر و محفظه راست	۸	۱۰	۱۵ (نیاز به اقدام اصلاحی)	۱۴ (قابل توجه)	۱۲ (بالا)
۷	نصب درپوش دریچه	۱۰	۱۱	۱۵ (نیاز به اقدام اصلاحی)	۱۶ (نیاز به اقدام اصلاحی)	۱۸ (بالا)
۸	نصب خار مهره‌های چرخ‌های راست و صفحه جلو	۹	۹	۱۴ (قابل توجه)	۱۳ (قابل توجه)	۱۸ (بالا)
۹	نصب خار مهره‌های چرخ‌های چپ	۹	۱۱	۱۴ (قابل توجه)	۱۳ (قابل توجه)	۱۸ (بالا)
۱۰	نصب ترمز درب و ستون عقب	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳ (قابل توجه)	۶ (متوسط)
۱۱	نصب ترمز درب و ستون جلو	۹	۱۱	۱۳ (قابل توجه)	۱۳ (قابل توجه)	۶ (متوسط)
۱۲	بارگیری ماشین مخلوط‌کن	۱۰	۱۰	۶	۱۰	۹ (متوسط)



شکل ۱- آنالیز سلسله مراتبی وظیفه نصب مجموعه لوله سوخت و سیم ترمز

مقارن و نامتقارن به‌طور هم‌زمان، یک امتیاز اضافه گرفته و در وظیفه شماره ۵، امتیاز پوسچر از میانگین وزنی زمانی تعیین شده است. اطلاعات جزئی‌تر ارزیابی و تحلیل وظیفه‌ای که به‌عنوان نمونه معرفی شده با استفاده از روش ManTRA در جدول ۷ مشاهده می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه به‌منظور اقدامات اولیه در طراحی مجدد وظیفه با استفاده از روش PERA در صنعت مونتاژ خودرو به کشف بخش‌هایی از کار که دارای ریسک پوسچرال بیشتری بوده‌اند پرداخته شد. تعداد

مدت‌زمان، پوسچر و نیرو موردبررسی قرار داده است. اطلاعات مربوط به پوسچر و مدت‌زمان از فیلم‌های ضبط‌شده استخراج شدند. تخمین میزان نیرو نیز در این روش به‌صورت کیفی بوده، بااین‌حال کارگران نیز در تعیین میزان آن مشارکت داشتند. جدول ۶ به‌عنوان نمونه، جزئیات تحلیل شده وظیفه «نصب مجموعه لوله سوخت و سیم ترمز» را نشان می‌دهد. در این جدول نمونه‌هایی از موارد ویژه وجود دارد. در جدول ۶ بر اساس مورد ویژه چهارم، امتیاز وظیفه ۱ در محاسبه میانگین نمره کل در نظر گرفته نشده است و امتیاز وظیفه ۲ نیز برابر با ۱ محاسبه شده است. امتیاز پوسچر نیز در وظیفه شماره ۳ به دلیل وجود پوسچرهای

جدول ۵- آنالیز چرخه کاری «نصب مجموعه لوله سوخت و سیم ترمز» با روش آنالیز وظیفه جدولی (TTA)

زمان چرخه (ثانیه)	شرح وظیفه کاری	مدت زمان چرخه (ثانیه)
۱	برداشتن لوله سوخت و ترمز از روی میز	۳
۲	حمل لوله تا محل نصب	۹
۳	نصب لوله سوخت و ترمز در زیر اتاق	۳۲
۴	نصب لوله سوخت و ترمز به دیواره محفظه موتور	۱۲
۵	ثابت کردن لوله‌ها در خارهای نصب‌شده در باک	۱۳

جدول ۶- آنالیز و ارزیابی ریسک چرخه کاری نصب مجموعه لوله سوخت و سیم ترمز با روش PERA

زمان چرخه (ثانیه)		۶۹		۶۰ ثانیه	
ردیف	شرح وظیفه کاری	مدت زمان چرخه %	نمره F	نمره P	نمره F×P×D
۱	برداشتن لوله سوخت و ترمز از روی میز	۴/۳۵	۱	۱	۱
۲	حمل لوله تا محل نصب	۱۳	۱	۱	۲
۳	نصب لوله سوخت و ترمز در زیر اتاق	۴۶/۴	۱	۴	۱۲
	بالا آمدن شانه < ۶۰° خم شدن رو به عقب سر بدون تکیه‌گاه بدن، خم شدن به طرفین < ۱۰°				
۴	نصب لوله سوخت و ترمز به دیواره محفظه موتور	۱۷/۴	۱	۳	۶
	بالا آمدن شانه < ۶۰° باز شدن آرنج < ۶۰° خم شدن رو به عقب سر بدون تکیه‌گاه بدن				
۵	ثابت کردن لوله‌ها در خارهای نصب‌شده در باک	۱۸/۸۵	۲	۲/۵	۱۰
	میانگین نمرات بالا آمدن شانه بین ۲۰ تا ۶۰° و بالا آمدن شانه < ۶۰°				
	میانگین نمرات چرخه کاری	۷/۲۵			

جدول ۷- ارزیابی ریسک چرخه کاری نصب مجموعه لوله سوخت و سیم ترمز با روش ManTRA

ریسک ترکیبی	۶۰ ثانیه				زمان چرخه اندام بدن
	کد ارتعاش	کد پوسچر	کد تلاش	کد تکرار	
۸	۱	۱	۱	۱	۴
۸	۱	۱	۱	۱	۴
۱۳	۲	۵	۱	۱	۴
۱۵	۳	۵	۲	۱	۴

ریسک بالایی دارند و وظیفه شماره ۳ بالاترین ریسک را داراست، لذا در اولویت اصلاح قرار دارد. دلایل پرخطر بودن آن نیز به ترتیب، کار در بالای ارتفاع سر و مدت‌زمان کار در آن حالت می‌باشند؛ بنابراین می‌توان با کاهش ارتفاع ایستگاه کاری (مداخله مهندسی)، ریسک پوسچرال این قسمت را کاهش داد و یا با افزودن یک

۷۸ وظیفه کاری در قالب ۱۲ چرخه کاری مجزا ارزیابی شدند.

در این بین ۱۱ چرخه کاری با ریسک بالا شناسایی شدند و یک چرخه کاری نیز ریسک متوسط داشت. برای نمونه، چرخه کاری «نصب مجموعه لوله سوخت و سیم ترمز»، وظایف/زیر وظایف شماره ۳، ۴ و ۵ نمره

قسمت‌های استرس‌زا در طراحی مجدد وظیفه، به کشف راه‌حلی مناسب برای بهبود آن وظایف کمک شایانی کند. همچنین با داشتن اطلاعاتی از جزییات چرخه کاری، پروفایل ارگونومیکی آن چرخه کاری را می‌توان به دست آورد که علاوه بر کشف نقاط بحرانی، توالی فعالیت‌های بحرانی را هم نشان می‌دهد و به شخص ارزیاب علاوه بر طراحی چینش ایستگاه کاری، امکان طراحی سازمانی کار و شغل مانند چرخش شغلی یا غنی‌سازی شغلی را فراهم می‌کند. از سوی دیگر، قابلیت این روش در بررسی فعالیت‌های جزئی یک چرخه کاری، امکان تلفیق آن با روش MTM را فراهم می‌کند و در صورت وجود این کدها در یک کارخانه می‌توان سرعت ارزیابی و دقت آن را افزایش داد.

References

1. Dehghani F, Zakerian SA, Zare A, Omidi F, Moradpour Z, Eynipour A, et al. Ergonomic interventions for improving working postures associated with manual materials handling (case study: a mineral processing plant). *J Health Safe Work*. 2016;6(4):85-94
2. Parent-Thirion A, Vermeylen G, Houten G, Eurofound V. Fifth European Working Conditions Survey. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2012:158.
3. Schneider E, Irastorza X, Copsey S. OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU — Facts and figures. 2010, <http://dx.doi.org/10.2802/10952.Sperling,L.,European Agency for Safety and Health at work>.
4. Takala EP, Pehkonen I, Forsman M, Hansson GA, Mathiassen SE, Neumann WP, et al. Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scand J Work Environ Health*. 2010;3-24.
5. Jones T, Kumar S. Comparison of ergonomic risk assessment output in four sawmill jobs. *Int J Occup Safe Ergonom*. 2010;16(1):105-111.
6. Genaidy A, Al-Shedi A, Karwowski W. Postural stress analysis in industry. *Appl Ergonom*. 1994;25(2):77-87.
7. Ahmadi M, Yazdani Charati J. Comparing the Results of Three Ergonomic Assessment Tools. *Ergonom Int J*. 2018;2(8).
8. Darvishi E, Shafikhani A, Shafikhani A. Ergonomic Interventions in Manual Handling of Carpets to the retail sellers in a textile company. *J Health Safe Work*. 2015;5(1):65-74.
9. Chahardoli S, Motamedzade M, Hamidi

شخص کمکی در این قسمت از وظیفه (مداخله مدیریتی)، زمان کار در ارتفاع پرخطر را تعدیل کرد، در نتیجه سطح ریسک این چرخه کاری از حالت پرخطر خارج می‌شود. در مقایسه با روش‌ها و رویکردهای متداول ارگونومی، مشهود است که روش تجزیه و تحلیل جدولی اگرچه فرصت را برای بررسی بیشتر زیر وظایف یک شغل مهیا می‌کند، اما استراتژی مشخص‌شده‌ای برای ارزیابی عمیق‌تر هر زیر وظیفه ندارد. در حالی که روش PERA شیوه‌ای را جهت ارزیابی‌های بیشتر در ارتباط با مخاطرات چرخه کاری و گزارش نتایج آن ارائه داده است. از سویی دیگر، تکنیک‌های متداول ارزیابی ارگونومی عمدتاً مشخص می‌کنند که سطح ریسک هر یک از اندام بدن چه مقدار است و آیا نیاز به اقدام اصلاحی دارد یا خیر. در رویکرد PERA به شخص ارزیاب این امکان داده می‌شود که علاوه بر تعیین سطح ریسک اسکلتی عضلانی اندام‌های بدن، قسمتی از چرخه کاری را که ریشه‌ی مشکلات را در خود جای داده مشخص کند. به‌طور مثال در چرخه کاری نصب مجموعه لوله سوخت و سیم ترمز، ارزیابی انجام‌شده در روش‌های ManTRA نشان می‌دهد که ریسک در ناحیه بازوها و تا حدودی شانه و گردن زیاد است، اما از آنجاکه تقریباً در تمامی قسمت‌های این چرخه کاری، این اندام‌ها درگیر کار می‌باشند، ارائه مداخلات معمولاً به‌صورت تغییرات اساسی و کلی در کل چرخه کاری خواهد بود؛ اما با تجزیه این شغل در روش نوین PERA این امکان وجود دارد که حداقل با رویکردهای مدیریتی قسمتی از کار که ریسک بیشتری دارد تحت مداخله قرار گیرد تا از این طریق هزینه‌های مربوطه نیز کاهش یابند. از دیگر مزایای این روش می‌توان به سادگی آن در تعیین سطح نیرو اشاره کرد زیرا انتخاب سطح ریسک نیرو در روش PERA به‌صورت کیفی و مشاهده‌ای می‌باشد، هرچند که می‌توان از مقیاس بورگ نیز در این زمینه استفاده کرد. نتایج کلی این مطالعه نشان می‌دهد که روش PERA علاوه بر ارزیابی و تعیین سطح ریسک نیرو، پوسچر و مدت‌زمان برای هر قسمت از یک چرخه کاری، می‌تواند به‌عنوان ابزاری نظام‌مند در آنالیز وظایف پیچیده و تعیین منشأ خطر چرخه‌های کاری مورد استفاده قرار گیرد و در نتیجه تنها با تمرکز بر حذف یا اصلاح

- Y, Gomohamadi R, Soltania n AR. Relationship between job design, performance and job satisfaction among Bank employees. *J Health Safe Work*. 2014;4(3):75-84.
10. Drury CG. Task analysis methods in industry. *Appl Ergonom*. 1983;14(1):19-28.
11. Embrey D. Task analysis techniques. Human reliability associates Ltd, 2000:1.
12. Jonassen DH, Hannum WH. Analysis of task analysis procedures. *J Instruct Develop*. 1986;9(2):2-12.
13. Chander DS, Cavatorta MP. An observational method for Postural Ergonomic Risk Assessment (PERA). *Int J Indust Ergonom*. 2017;57:32-41.
14. Sperling L, Dahlman S, Wikström L, Kilbom A, Kadefors R. A cube model for the classification of work with hand tools and the formulation of functional requirements. *Appl Ergonom*. 1993;24(3):212-220.
15. Kadefors R. Evaluation of working situations using the cube model approach. in 13th Triennial Congress-IEA. 1997.
16. Mazloumi A, Azizpour Marzi M, Garosi E, Yaseri m, Mwehrdad R. Customization and validation study of WHO surgical safety checklist as a tool to control medical error in operation rooms in Iran. *Health Safe Work*. 2018;8(2):135-148.
17. Burgess-Limerick R. Manual Tasks Risk Assessment Tool (ManTRA) V 2.0. in Human Factors and Ergonomics Society of Australia workshop at the Human Factors and Ergonomics Society of Australia Annual Conference. 2004.
18. Raghunathan R, Maiti J, Samanta B. Application of the cube model for biomechanical exposure assessment of combined manual material handling tasks in a manufacturing plant in India. *IIE Transact Occup Ergonom Hum Factors*. 2014;2(1):39-51.