JOHE
Journal of Occupational Hygiene Engineering
J Occup Hyg Eng, 2022; 9(1): 1-11. Doi: 10.61186/johe.9.1.1
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

Original Article

Evaluation of Human Factors of Mining and Construction Transportation Machines Using a Checklist of Ergonomic Indicators

Sajjad Chehreghani[1], Mir Javad Gheybi[2,*], Seyfadin Musazadeh[3], Behnam Taghavi[4]

[1] Assistant Professor, Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, Urmia University, Urmia, Iran
[2] MSc Student of Mining/ Mining Engineering, Faculty of Engineering, Urmia University, Urmia, Iran
[3] Assistant Professor, Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, Urmia University, Urmia, Iran
[4] PhD Student in Exploration, Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, Urmia University, Urmia, Iran

Article history:
Received: 08 February 2021
Revised: 28 May 2021
Accepted: 31 May 2021
ePublished: 09 April 2022

***Corresponding author:** Mir Javad Gheybi, Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.
Email: javad.g1374@gmail.com

Abstract

Background and Objective: Operators of mining and construction machinery are more exposed to the risks and accidents of these machines, as well as the possibility of injuries and occupational diseases. Ergonomic design parameters and the current condition of the machines play a significant role in reducing the risk factors associated with occupational injuries.

Materials and Methods: The study population in this study includes 80 machines of the two contractors of road construction and tailings. The total negative score of each machine was calculated using a checklist containing 25 questions on such indicators as cabin access, user location, access to control levers, visibility, as well as environmental factors, such as sound level and vibration sensation in the cabin space, based on the method of scoring cabin ergonomic indicators. In this classification, any machine that receives a lower negative score will be better ergonomically.

Results: The negative score of machines rises with their age. The highest level of dissatisfaction pertained to cabin noise, vibration, cabin and operator seat design, cabin air conditioning, and ease of access, respectively.

Conclusion: Due to financial constraints in most mining and construction companies, it seems that the ergonomics of existing machines can be improved by the implementation of machine maintenance programs using up-to-date and efficient equipment, replacement of outdated parts with new ones, as well as training users to adapt the cabin to personal needs.

Keywords: Checklist, Ergonomics and Human Factors, Mining Machines

Please cite this article as follows: Chehreghani S, Gheybi M J, Musazadeh S, Taghavi B. Evaluation of Human Factors of Mining and Construction Transportation Machines Using a Checklist of Ergonomic Indicators. *J Occup Hyg Eng.* 2022; 9(1): 1-11. DOI: 10.61186/johe.9.1.1

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.61186/johe.9.1.1]

Copyright © 2022 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

JOHE
مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۹، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، صفحات: ۱۱-۱
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

مقاله پژوهشی

ارزیابی عوامل انسانی کار با ماشین‌آلات معدنی و عمرانی بر اساس چک‌لیست شاخص‌های ارگونومیکی

سجاد چهره‌قانی[۱]، میرجوادغیبی[۲،*]، سیف‌الدین موسی‌زاده[۳]، بهنام تقوی[۴]

[۱] استادیار، گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن/ استخراج معدن، گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۳] استادیار، گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۴] دانشجوی دکترا مهندسی معدن/ اکتشاف معدن، گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۲۰
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۰۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۱۰
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۲۰

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** میر جواد غیبی، گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
ایمیل: javad.g1374@gmail.com

چکیده

سابقه و هدف: اپراتور ماشین‌آلات معدنی و عمرانی تحت تأثیر مستقیم خطرات و حوادث این ماشین‌آلات و همچنین احتمال آسیب‌دیدگی و بروز بیماری‌های شغلی و حرفه‌ای قرار دارد. شاخص‌های ارگونومیک طراحی و وضعیت موجود ماشین‌آلات، نقش مهمی در کاهش عوامل خطرزای مربوط به صدمات شغلی دارند.

مواد و روش‌ها: جمعیت مطالعه‌شده در این تحقیق شامل ۸۰ دستگاه از ماشین‌آلات دو شرکت پیمانکار راه‌سازی و باطله‌برداری معادن بودند. با استفاده از چک‌لیستی شامل ۲۵ سؤال برای شاخص‌هایی نظیر دسترسی به کابین، محل استقرار کاربر، دسترسی به اهرم‌های کنترل، میزان دید و عوامل محیطی مانند سطح صدا و ارتعاش در فضای کابین بر اساس روش امتیازبندی شاخص‌های ارگونومیک کابین، امتیاز منفی کل هر ماشین محاسبه شد. در این طبقه‌بندی هر ماشینی که امتیاز منفی کمتری دریافت کند، از نظر ارگونومیک ماشین بهتری خواهد بود.

یافته‌ها: با افزایش عمر ماشین‌آلات، میزان امتیاز منفی آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. بیشترین سطح نارضایتی به ترتیب مربوط به متغیرهای میزان صدای کابین، میزان ارتعاش احساس‌شده، طراحی فضای کابین و صندلی اپراتور، تهویه هوای کابین و سهولت دسترسی بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به محدودیت مالی در بیشتر شرکت‌های معدنی و عمرانی به نظر می‌رسد اجرای برنامه‌های نگهداری از ماشین‌آلات با استفاده از تجهیزات و قطعات به‌روز و کارآمد برای جایگزینی قطعات قدیمی و ازکارافتاده و همچنین آموزش کاربران برای تطبیق دادن کابین با نیازهای شخصی که هزینه چندانی را در پی نخواهد داشت، زمینه را برای بهبود شرایط ارگونومیک ماشین‌آلات موجود فراهم می‌کند.

واژگان کلیدی: ارگونومی و عوامل انسانی، چک‌لیست، ماشین‌آلات معدنی

استناد: چهره‌قانی، سجاد؛ غیبی، میرجواد؛ موسی‌زاده، سیف‌الدین؛ تقوی، بهنام. ارزیابی عوامل انسانی کار با ماشین‌آلات معدنی و عمرانی بر اساس چک‌لیست شاخص‌های ارگونومیکی. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، بهار ۱۴۰۱؛۹(۱): ۱۱-۱.

مقدمه

امروزه حوادث و بیماری‌های ناشی از کار به یکی از نگرانی‌های جامعه کارگری و متصدیان ایمنی و بهداشت حرفه‌ای تبدیل شده است [۱]. تعداد تلفات ناشی از کار در سال ۲۰۱۵ حدود ۷۵۰۰ نفر در روز (۲/۷۴ میلیون نفر در سال) بوده است. از این تعداد، ۱۰۰۰ نفر در اثر آسیب‌های کاری واردشده و ۶۵۰۰ نفر به دلیل بیماری‌های ناشی از کار بوده‌اند. همچنین در همین سال، تعداد آسیب‌های کاری غیرمرگ‌آور که به استراحت و مداوای کارگر به مدت حداقل ۴ روز منجر می‌شود، حدود ۳۷۴ میلیون نفر تخمین زده شده است [۲]. بر اساس دستورالعمل مدیریت سلامت و ایمنی شغلی، بهره‌برداری از معادن یکی از سخت‌ترین مشاغل دنیا تلقی می‌شود. ماشین‌آلات معدنی از منابع اصلی حوادث و بیماری‌های شغلی هستند [۳]. مطابق آمار سازمان جهانی کار (International Labour Organization: ILO) با وجود اشتغال حدود یک درصد از نیروی کار جهان در بخش معدن، حدود ۸ درصد از آسیب‌های منجر به مرگ ناشی از کار در این بخش اتفاق می‌افتد که این به معنی ۸ برابر بودن پتانسیل

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.61186/johe.9.1.1]

آسیب‌رسانی این صنعت است [۴].

امروزه افزایش تناژ استخراجی معدن، پیشرفت فناوری و نیاز به افزایش بازدهی ماشین‌آلات ایجاب می‌کند که با افزایش توان، ابعاد، ظرفیت و سرعت ماشین‌آلات، زمینه تولید بیشتر فراهم شود. این موضوع موجب سختی دسترسی به ماشین به دلیل ابعاد بزرگ آن نسبت به فرد، حرکات زائد مکانیکی در اجزای دستگاه که به صورت ارتعاش نمایان می‌شود، سطح صدای زیاد داخل و خارج کابین و ... می‌شود [۵،۶]. افرادی که به‌عنوان اپراتور ماشین فعالیت می‌کنند، تحت تأثیر مستقیم خطرات و حوادث این ماشین‌آلات هستند که این موضوع باعث افزایش احتمال آسیب‌دیدگی و بروز بیماری‌های خاص شامل مشکلات شنوایی ناشی از صداهای زیاد، مشکلات تنفسی ناشی از آلودگی هوای کابین، آسیب‌های ستون فقرات و مفاصل، بیماری‌های عضلانی-اسکلتی و بیماری‌های روحی و روانی در آن‌ها می‌شود [۷].

تحلیل‌های آماری نشان می‌دهند عوامل انسانی مبنای بیشتر تصادفات رخداده در معادن هستند و بی‌توجهی به آن‌ها تأثیری منفی بر عملکرد مؤثر و مفید ماشین‌آلات معدنی و سیستم‌های ترابری دارد [۸]. انواع تصادفات و حوادث درنهایت یک عامل مشترک دارند که آن عامل انسانی است؛ یعنی عملکرد، تصمیم، اندیشه و احساس یک یا چند نفر در حوادث دخالت دارد [۹]. از طرف دیگر، شرایط نامناسب محیطی و انواع وضعیت‌های بدنی که بیشتر افراد هنگام کار دارند نیز به درد و آسیب در قسمت‌های خاصی از بدن منجر می‌شود [۱۰]. مطالعات جهانی نشان داده است در معدن‌کاری، ۵۰ تا ۵۸ درصد از صدمات بدنی به عوامل و خطای انسانی برمی‌گردد [۱۱]. طراحی ضعیف تجهیزات، محیط کار نامناسب و دوره‌های آموزشی ناکارآمد دلیلی بر این صدمات هستند. بررسی توزیع فراوانی عوارض اسکلتی-عضلانی در گروه‌های مختلف کاری معادن نشان داده است بیشترین فراوانی عوارض اسکلتی-عضلانی در رانندگان ماشین‌آلات معدنی دیده می‌شود [۱۰،۱۱].

ارگونومی یا مهندسی عوامل انسانی دانش تطابق هرچه بیشتر کار با کاربر و روش‌های بهبود شرایط کار است. ارگونومی یا مهندسی عوامل انسانی علم و نظام عملی طراحی برای راحتی مردم است و به‌عنوان علم، شامل مطالعه ظرفیت بشر، محدودیت‌ها و دیگر مشخصه‌های آن است که فناوری را برای تحلیل، طراحی، استانداردسازی و کنترل سیستم‌ها به کار می‌برد تا ایمنی، سلامتی، راحتی و بهره‌وری را بهبود بخشد. هدف اصلی ارگونومی، کم کردن خطاهای انسانی به دلیل طراحی است. اصول ارگونومی در دو سطح متفاوت عمل می‌کند؛ سطح میکروارگونومی که در آن وظایف فردی و طرح مکان کاربری (ایستگاه کاری) در اصطلاح ایمنی کارگری و تولید بررسی می‌شود و ماکروارگونومی که اصول ارگونومی با استراتژی مدیریت و طرح کلی فعالیت سازمانی ترکیب می‌شود.

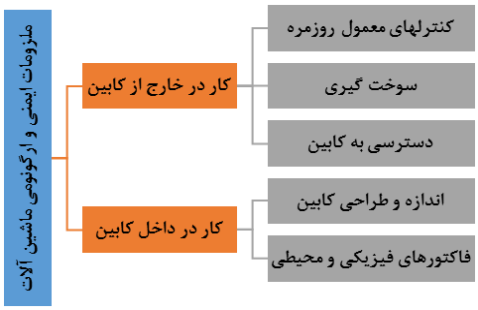
طرح فضای کاری ارگونومیک که بر اساس مهندسی انسان‌سنجی و بیومکانیک شغلی طرح‌ریزی شده است، نقش مهمی در کاهش عوامل خطرزای مربوط به صدمات شغلی دارد. کاربر و ماشین در یک حلقه بسته هستند که با صفحه نمایش و کنترل‌ها به هم وصل می‌شوند. در نمایشگرها، اطلاعات ماشینی به اطلاعات کاربری تبدیل می‌شود و در مقابل، کنترل‌ها به‌عنوان مبدل عمل می‌کنند که به کاربر اجازه تغییر حالت سیستم را می‌دهد. در طراحی فضای کاری منطبق بر عوامل انسانی، سعی در این است که بهترین سازش میان متغیرهای انسانی از جمعیت کاربر هدف و همچنین اندازه فیزیکی و طرح‌ریزی اجزای ایستگاه کاری ایجاد شود [۱۲،۱۳].

در این تحقیق، ویژگی‌هایی از ماشین‌آلات عمرانی و معدنی معرفی و بررسی شده‌اند که در کیفیت کار و ایمنی کاربر تأثیر می‌گذارند. این ویژگی‌ها در دو بخش متغیرهای فیزیکی و عوامل انسانی لحاظ شده‌اند. در ادامه، چک‌لیستی برای ارزیابی عوامل انسانی در ماشین‌آلات معدنی طراحی شده است. این چک‌لیست در ماشین‌آلات دو شرکت عمرانی، معدنی و راه‌سازی استفاده شده است. با وجود مشهود بودن فرسودگی در ناوگان ماشین‌آلات معدنی و عمرانی در بسیاری از پروژه‌ها، تاکنون مطالعه‌ای که به‌طور کمّی و عددی بیانگر وضعیت ارگونومیک ماشین‌آلات معدنی و عمرانی باشد، در داخل کشور انجام نشده است. بسیاری از مطالعات بر مباحث ارتعاش، سطح صدای کابین و عوارض آن‌ها بر سلامتی اپراتور متمرکز بوده‌اند و عوامل عملیاتی ارگونومیکی در این مطالعات لحاظ نشده‌اند.

در این مطالعه ترکیبی از همه این عوامل دخالت داده شده است. همچنین از دستورالعمل واحد ارگونومیک و ایمنی اروپایی برای ماشین‌های جنگلی استفاده شده است [۱۴]. این روش در این مطالعه برای ماشین‌آلات معدنی و عمرانی به‌روز و استفاده شده است. این مقاله به بررسی نتایج حاصل از این تحقیق می‌پردازد.

عوامل انسانی کار با ماشین‌آلات

عوامل انسانی کار با ماشین‌آلات معدنی و ترابری را می‌توان در قالب دسترسی، فضای کابین، اهرم‌های کنترل، نمایشگرها، گستره دید و عوامل محیطی مانند سطح ارتعاش و صدا تقسیم‌بندی کرد که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱: عوامل انسانی کار با ماشین‌آلات عمرانی

۱) دسترسی

وقتی کابین ماشین‌آلات معدنی بالاتر از سطح زمین قرار داده

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/johe.9.1.1]

می‌شود، باید برای سهولت دسترسی راننده به کابین، پله‌ها و نرده‌هایی تعبیه شود. اولین پله از سطح زمین باید برای کاربران کوتاه‌قد نیز به‌راحتی در دسترس باشد، همچنین باید دو دستگیره برای سهولت صعود اولیه در دسترس باشد. موقعیت هر پله و رابطه آن با دستگیره‌ها باید طوری طراحی شود که ورود کاربر به ماشین یا کامیون با نشستن او سازگار باشد. سطح نرده‌ها و پله‌ها نباید لغزنده باشد و نرده‌ها باید در هر دو طرف قرار بگیرد. بررسی‌ها نشان داده است در بیشتر موارد پله‌های ساخته‌شده خیلی بالاتر از سطح زمین هستند، به‌طوری‌که بالارفتن از کامیون به‌سختی انجام می‌شود و بسیاری از کاربران از وضعیت دسترسی به کابین و ارتفاع پله شکایت دارند [۱۲،۱۵].

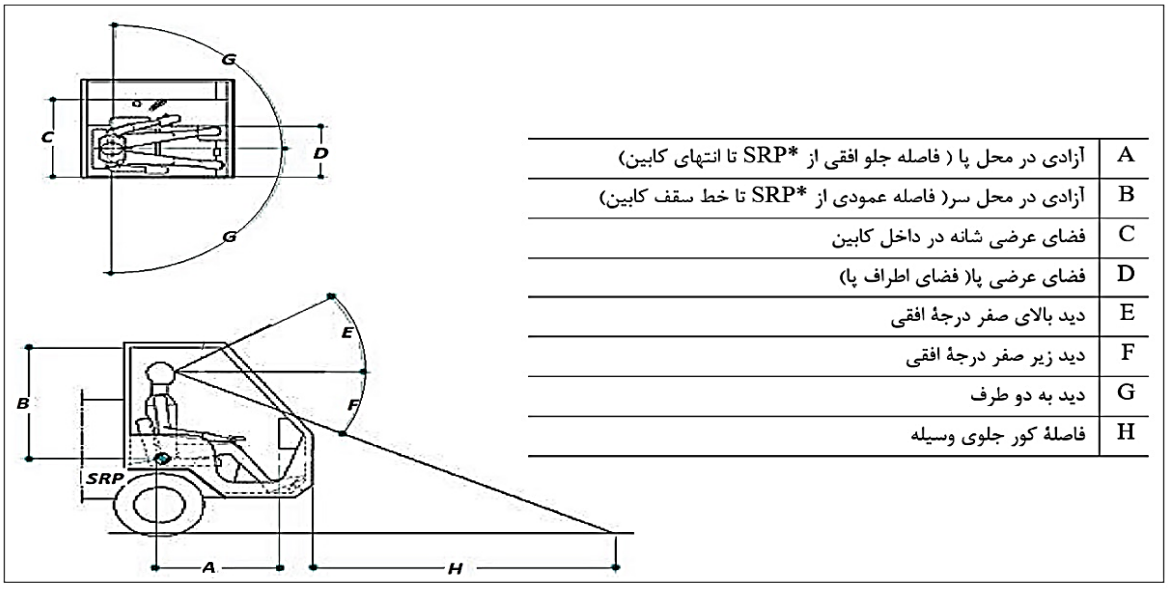
۲) فضای کابین

در بیشتر موارد طرح نامناسب اتاق که به دلیل عدم بررسی جنبه‌های بدنی نیروی کار است، وضعیتی برای کاربران به وجود می‌آورد که باعث می‌شود آن‌ها در حالت‌های سخت و نامناسب بدنی قرار گیرند. فضای نامناسب کابین، مکان نامناسب سیستم‌های کنترل و صفحه نمایش که اصولاً خواندن آن را مشکل می‌سازد، باعث می‌شود راننده برای دسترسی به آن‌ها در وضعیت بدنی نامناسبی قرار بگیرد. کار در چنین شرایطی، مخصوصاً اگر به مدت طولانی باشد، ممکن است باعث خستگی مفرط شود و خطر آسیب‌دیدگی سیستم عضلانی و استخوان‌بندی را افزایش می‌دهد. در ۷۰ درصد از ماشین‌ها و کامیون‌ها، برای جهت‌یابی در کابین کاربر باید کج شود تا بتواند بالا، پایین و طرفین را ببیند تا بفهمد چه کاری را انجام می‌دهد یا به کجا برود. این حرکت باعث ایجاد ناراحتی در پشت یا ناحیه گردن می‌شود. شکل ۲ نمونه‌ای از فضاها و متغیرهای حائز توجه را در کابین ماشین‌آلات نشان می‌دهد. اهمیت دید واضح در ماشین‌آلات معدنی و ترابری آشکار است؛ بنابراین، از بین بردن محدودیت دید که در قسمت‌های مختلف ماشین‌آلات به وجود می‌آید، ضروری است [۱۲،۱۳].

صندلی نباید هیچ تنش و ارتعاش بی‌موردی را به بدن کاربر منتقل کند و باید بیشترین راحتی و کمترین خستگی عضلانی را برای شخص فراهم سازد. مسلماً افراد از نظر اندازه با هم متفاوت هستند، پس باید مشخصه‌های صندلی‌ها و مکان آن‌ها با این اندازه‌ها هماهنگ باشد. بنابراین، به‌منظور تطابق آن با ۹۰ درصد از جمعیت کاربران، باید عوامل قابل تنظیمی در طراحی صندلی وجود داشته باشد که ارتفاع، زاویه حائل پشتی و موقعیت افقی (جلو و عقب رفتن صندلی) مثال‌هایی از این تنظیمات هستند. همچنین این تنظیمات باید طوری باشد که به‌راحتی در دسترس کاربری که در حالت نشسته است، قرار داشته باشد.

۳) نمایشگرها و کنترل‌ها

سیستم مبادله اطلاعات از کاربر به ماشین و برعکس اهمیت بسیاری در زمینه اطمینان از ایمنی و عملکرد مفید دارد. دو عامل مهم که در ماشین‌آلات معدنی و سیستم‌های حمل‌ونقل اهمیت دارند، اهرم‌های کنترل و نمایشگرها هستند. نمایشگرها اطلاعاتی را درباره وضعیت ماشین یا رفتار کل سیستم برای کاربر تأمین می‌کنند. کاربر از کنترل‌ها نیز برای فراهم کردن عمل و داده‌های مؤثر در سیستم ماشین استفاده می‌کند. هر اطلاعات نادرستی در این زمینه باعث حوادث مصیبت‌باری خواهد شد. نمایشگر از طریق تعدادی ابزار مناسب، اطلاعات را به ارگان‌های حسی انسان انتقال می‌دهد [۱۲].



A	آزادی در محل پا (فاصله جلو افقی از *SRP تا انتهای کابین)
B	آزادی در محل سر(فاصله عمودی از *SRP تا خط سقف کابین)
C	فضای عرضی شانه در داخل کابین
D	فضای عرضی پا(فضای اطراف پا)
E	دید بالای صفر درجهٔ افقی
F	دید زیر صفر درجهٔ افقی
G	دید به دو طرف
H	فاصلهٔ کور جلوی وسیله

شکل ۲: فضاها و متغیرهای حائز توجه در کابین ماشین‌آلات [۱۲]

اهرم‌های کنترل باید برچسب داشته باشند تا اطلاعات موردنیاز را برای تشخیص و استفاده درست انتقال دهند. بین

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/johe.9.1.1]

اهرم‌های کنترل مختلف باید فضای کافی وجود داشته باشد تا تغییر یکی از آن‌ها، بر دیگری تأثیر نگذارد. اهرم‌های کنترل باید چنان قرار گیرند که اگر لازم شد از دو اهرم به‌طور هم‌زمان استفاده شود، نیازی به تعویض دست یا عوامل دیگر نباشد.

۴) گستره دید

اهمیت دید واضح در ماشین‌آلات ترابری آشکار است. بنابراین، از بین بردن محدودیت دید که به‌خاطر قسمت‌های مختلف ماشین‌آلات به وجود می‌آید، ضروری است [۱۲]. اگرچه این مشکل با حرکت سر و چشم حل می‌شود، این کار باعث خستگی در عضلات این قسمت‌ها می‌شود. معیارهای مورد قبول در زمینه گستره دید اپراتور این ماشین‌آلات با استاندارد ISO 5006 بیان شده است که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: معیارهای مورد قبول در زمینه گستره دید اپراتور ماشین‌آلات [۱۲]

زاویه دید چشم بالای افق صفر درجه	۱۵
زاویه دید چشم پایین افق صفر درجه	۳۰
زاویه دید چشم افقی در طرفین درجه	۹۰
فاصله دید کور در مقابل ماشین میلی‌متر	۱۵۰۰

۵) عوامل محیطی

جنبه‌های محیطی ماشین‌آلات ترابری برای رانندگان از دو بعد بررسی می‌شود.

الف) آلودگی صوتی

سروصدای نامطلوب و ناخواسته و به‌عبارت‌دیگر ترکیب نامعین و نامنظم اصوات آلودگی صوتی ایجاد می‌کند که اختلالات روحی و روانی، نقص در سیستم‌های شنوایی و گفتاری از آثار آن است. جدول ۲ استاندارد سطح صدا را در محیط‌های کاری نشان می‌دهد.

از عوامل اصلی ایجاد آلودگی صوتی داخل کابین ماشین‌آلات می‌توان به مواردی نظیر قرار گرفتن موتور دیزل در مجاورت کابین که صدای آن از منافذ و شکاف‌های موجود در بدنه، درب و پنجره وارد کابین می‌شود، صفحات بدنه که در اثر شکستگی روی هم حرکت می‌کنند و ارتعاش صفحات بدنه در اثر تحریک ناشی از موتور دیزل و چرخ‌ها اشاره کرد. بر اساس مطالعاتی که روی ۱۶ دستگاه از کامیون‌های معدن مس سرچشمه انجام شد، سطح صدا در ۱۱ دستگاه از این کامیون‌ها بیش از حد استاندارد بوده است. با اندازه‌گیری سطح صدا در داخل و خارج کابین این ماشین‌آلات مشخص شد در بیشتر موارد دیواره‌های کابین از نفوذ صدا به داخل جلوگیری نمی‌کنند. در بهترین حالت کارایی کابین معادل با کاهش ۲۲ دسی‌بل (db) در سطح صدا بوده است، درحالی‌که کابین باید حداقل به میزان ۲۵ دسی‌بل از عبور صدا جلوگیری کند [۱۶].

برای کاهش سطح صدا در داخل کابین باید دو کار اصلی انجام شود؛ اول جلوگیری از ورود صدا به کابین و دوم جلوگیری از تولید صدا داخل کابین. ایزولاسیون کابین با پوشش PVC روی سطوح داخلی همراه با رفع شکستگی‌های صفحات بدنه، رفع شکستگی‌های شیشه‌ها، ترمیم درزبندی درب‌ها و تعویض قفل‌های معیوب از اقدامات مؤثری است که در راستای کاهش تراز صدای داخل کابین انجام می‌شود [۱۶].

ب) ارتعاشات انسانی

تأثیر ارتعاشات مکانیکی روی بدن انسان را ارتعاشات انسانی می‌گویند. ارتعاشات انسانی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: ارتعاشات تمام بدن و ارتعاشات دست-بازو. ارتعاشات سراسری عموماً از طریق سطوح اتکای بدن یعنی پاها، نشیمنگاه و پشت به‌طور یکپارچه به سراسر بدن منتقل می‌شود. قرار گرفتن در معرض ارتعاشات سراسری سبب آسیب‌های دائمی به بدن، اختلال در سیستم عصبی، گردش خون و ... می‌شود. بدن انسان به‌عنوان یک دستگاه بسیار پیچیده از اجزای مختلفی (اندام‌ها، استخوان‌ها، مفاصل و عضلات) تشکیل شده است و هر جزء آن نسبت به فرکانس یا فرکانس‌های خاصی حساس‌تر است. در بررسی ارتعاشات انسانی موارد زیر قابل توجه است [۱۷]:

- ✓ به هر جزء بدن، بیشترین حساسیتی نسبت داده می‌شود که در محدوده فرکانسی متفاوت از خود نشان می‌دهد.
- ✓ بدن انسان متقارن نیست.
- ✓ پاسخ ارتعاشی دو شخص متفاوت، یکسان نیست.

نتایج حاصل از مطالعه ارتعاشات در ۲۵ دستگاه از ماشین‌آلات معدن مس سرچشمه در جدول ۳ نشان داده شده است. برای پی بردن به کارایی صندلی راننده، نسبت شتاب معادل حرکت ارتعاشی روی صندلی و کف کابین برای هریک از انواع ماشین‌آلات محاسبه شده است. نسبت‌های بیشتر از ۱ نشان‌دهنده تشدید ارتعاشات به‌خاطر عملکرد صندلی و نسبت‌های کمتر از ۱ نشانگر کاهش ارتعاش انتقالی به اپراتور

جدول ۲: استاندارد سطح صدا در محیط‌های کاری

مدت‌زمان کار، ساعت	۱۲	۸	۴	۲	۱	۰/۵	۰/۲۵
حداکثر صدای مجاز، دسی‌بل	۸۳	۸۵	۸۸	۹۱	۹۴	۹۷	۱۰۰

جدول ۳: نتایج مطالعه ارتعاشات در ماشین‌آلات معدن سرچشمه به دسی‌بل [۱۸]

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/johe.9.1.1]

ردیف	ماشین‌آلات	میانگین شتاب در سطح صندلی	میانگین شتاب در کف کابین	نسبت شتاب سطح صندلی به شتاب کف کابین
۱	کامیون	۰/۹۴	۱/۱۰	۰/۸۵
۲	شاول	۰/۸۴	۰/۹۷	۰/۸۶
۳	بولدوزر	۲/۳۰	۱/۸۰	۱/۲۰
۴	گریدر	۱/۴۸	۱/۴۱	۱/۰۴
۵	لودر	۱/۲۵	۰/۸۵	۱/۴۰

است. چنانچه در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در کامیون‌ها و شاول‌ها، صندلی عامل کاهش ارتعاشات و در لودرها و بولدوزرها در تشدید ارتعاشات مؤثر بوده است که ضرورت تعویض صندلی یا اصلاح سیستم تعلیق آن را آشکار می‌سازد [۱۸].

جدول ۴: حدود استاندارد متغیرهای ارگونومیک در طراحی کابین ماشین‌آلات [۱۲]

ردیف	متغیر	محدوده تغییرات	اندازه ترجیحی
۱	دسترسی		
۱-۱	ارتفاع پله از روی زمین، میلی‌متر	۵۰۰-۳۸۰	۳۸۰
۱-۲	ارتفاع ورودی نسبت به کف کابین، میلی‌متر	۲۰۰-۰	۰
۱-۳	عرض ورودی کابین، میلی‌متر	۷۶۰-۵۰۰	۷۶۰
۱-۴	حداکثر ارتفاع ورودی کابین، میلی‌متر		۱۳۰۰
۱-۵	طول دستگیره کنار کابین، میلی‌متر	۳۰۰-۱۵۰	۲۰۰
۱-۶	قطر پروفیل دستگیره، میلی‌متر	۳۲-۲۵	۳۲
۱-۷	فاصله آزاد دستگیره و سطح کابین برای قرارگیری دست، میلی‌متر		۷۶
۱-۸	طول آزاد دستگیره بعد از قرارگیری دست در طرفین آن، میلی‌متر		۷۶
۱-۹	ارتفاع مرکز دستگیره تا روی زمین، میلی‌متر	۱۴۷۰-۱۰۰۰	۱۲۵۰
۲	محل استقرار اپراتور		
۲-۱	فضای آزاد پا (فاصله افقی روبه‌جلو از SRP)، میلی‌متر	۱۰۰۰-۹۱۰	۱۰۰۰
۲-۲	فضای آزاد سر (فاصله عمودی روبه‌بالا از SRP)، میلی‌متر		۱۱۰۰
۲-۳	فضای آزاد شانه‌ها (کمترین عرض کابین)، میلی‌متر	۱۰۰۰-۸۷۵	۹۱۰
۲-۴	فضای آزاد اطراف پاها در کف کابین، میلی‌متر	۹۰۰-۶۹۰	۸۸۰
۳	اهرم‌های کنترل		
۳-۱	فاصله پدال‌ها از SRP، میلی‌متر	۸۶۰-۶۹۰	۷۰۰
۳-۲	زاویه پدال‌های پایی، درجه		۲۰
۳-۳	عرض و عمق پدال‌ها، میلی‌متر	۷۵ ×۱۰۰	
۳-۴	نیروی لازم برای کار پدال، نیوتن	۳۰۰-۲۰۰	۲۱۰
۳-۵	حداقل فاصله بین دو پدال مجاور، میلی‌متر	۱۵۰-۵۰	۵۰
۳-۶	فاصله دید برچسب‌ها و علائم هشداری، میلی‌متر	۶۳۰-۳۳۰	۴۰۰
۳-۷	زاویه نمایش نسبت به خط نرمال دید، درجه		۶۰
۴	قدرت دید		
۴-۱	دید چشم بالای افق صفر درجه، درجه		۱۵
۴-۲	دید چشم پایین افق صفر درجه، درجه		۳۰
۴-۳	دید چشم افقی در طرفین، درجه		۹۰
۴-۴	فاصله دید کور در مقابل ماشین، میلی‌متر		۱۵۰۰
۵	عوامل محیطی		
۵-۱	حداکثر صدای داخل کابین، دسی‌بل (db)		۶۵
۵-۲	ارتعاش	با استفاده از سیستم‌های کاهش ارتعاش باید تا حد استاندارد ISO 2631-1:1997 کاهش داده شود.	

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/johe.9.1.1]

استانداردهای طراحی عوامل انسانی

تاکنون هیچ استاندارد خاصی برای ماشین‌آلات معدنی و ترابری ارائه نشده است؛ اما چندین استاندارد بین‌المللی وجود دارد که نیازهای عمومی موجود را برای ماشین‌آلات عمرانی و معدنی تعیین می‌کنند. این استانداردها عبارت‌اند از:

- ✓ استاندارد اروپایی BS EN474-1: ماشین‌آلات عمرانی-ایمنی [۱۹و۲۰].
- ✓ استاندارد ISO 2860: ماشین‌آلات عمرانی-حداقل ابعاد دسترسی [۱۲].
- ✓ استاندارد ISO 5006: ماشین‌آلات عمرانی-میدان دید کاربر [۲۱]
- ✓ استاندارد ISO 6682: ماشین‌آلات عمرانی-دسترسی به کنترل‌ها [۱۲].
- ✓ استاندارد ISO 3411: ماشین‌آلات عمرانی-ابعاد فیزیکی کاربران و حداقل فضای کاربر [۱۲].
- ✓ استاندارد ISO 7096: ماشین‌آلات عمرانی-ارزیابی آزمایشگاهی ارتعاش صندلی کاربر [۲۲].
- ✓ جدول ۴ برخی از حدود استاندارد متغیرهای ارگونومیک کابین ماشین‌آلات را نشان می‌دهد.

روش کار

چک‌لیست ارزیابی ارگونومی در ماشین‌آلات

این پژوهش یک مطالعه توصیفی و تحلیلی به‌منظور بررسی میزان انطباق ماشین‌آلات معدنی و عمرانی دو شرکت معدنی و راه‌سازی با شاخص‌های ارگونومیک است. جمعیت بررسی‌شده شامل ۸۰ دستگاه از ماشین‌آلات دو شرکت پیمانکار راه‌سازی و باطله‌برداری معادن بود. این ماشین‌آلات ساخت کارخانجات کاترپلار، کوماتسو و سانوارد بودند که طول عمر آن‌ها ۵ تا ۴۰ سال است. مشخصات کاربران این دستگاه‌ها برحسب مقدار متوسط و دامنه تغییرات در جدول ۵ خلاصه شده است. به جای تمرکز بر یک نوع خاص، ماشین‌آلات بررسی‌شده چند نوع از قبیل لودر، کامیون، بولدوزر و گریدر بودند.

در سال ۲۰۰۶ اتحادیه اروپا اقدام به تهیه دستورالعمل ارزیابی ارگونومیک و ایمنی اروپایی برای ماشین‌های بهره‌برداری از جنگل کرد [۱۴]. در این دستورالعمل برای هر شاخص یک طبقه‌بندی به شکل جدول ارائه شده و به هر سطح نیز امتیاز منفی اختصاص داده شده است. سطح مبنا که نشان‌دهنده شرایط استاندارد (شرایط کاملاً راحت) است، امتیاز صفر دارد. نحوه تخصیص امتیاز منفی برای هر شاخص در جدول ۶ آمده است. بر اساس نتایج حاصل، امتیاز منفی برای هر شاخص و هر ماشین محاسبه و سپس امتیاز منفی کل هر ماشین محاسبه می‌شود. بر این اساس هر ماشین که امتیاز منفی کمتری دریافت کند، از نظر ارگونومیک ماشین بهتری است [۱۴].

در این دستورالعمل سعی شده است با در نظر گرفتن عوامل انسانی در طراحی ماشین‌آلات و مطالعات میدانی، چک‌لیستی برای ارزیابی وضعیت کیفی عوامل انسانی در ماشین‌آلات عمرانی و معدنی ارائه شود که در جدول ۷ مشاهده می‌شود. در این پرسش‌نامه ۲۵ سؤال برای ارزیابی کلی انطباق ماشین با استانداردهای ارگونومیک و بر اساس شاخص‌هایی نظیر دسترسی به کابین، محل استقرار کاربر، دسترسی به اهرم‌های کنترل، میزان دید و عوامل محیطی مانند سطح صدا و احساس ارتعاش در فضای کابین طراحی شده است. از کاربر خواسته شد به این سؤالات در دو قالب پاسخ دهد؛ قالب اول به‌صورت ارزیابی کلی مطلوبیت ماشین در هر متغیر با پاسخ بله یا خیر [۱۳] و قالب دوم به‌صورت ارزیابی کیفی و چندگزینه‌ای میزان سطح رضایت اپراتور نسبت به آن شاخص. بندهای مختلف چک‌لیست طوری طراحی شده‌اند که ارزیابی متغیرهای تأمین‌کننده طراحی ارگونومیک بر اساس احساس اپراتور در پنج طبقه از حالت کاملاً مطلوب تا کاملاً آزاردهنده (مطابق جدول ۶) انجام شود. در ارزیابی نهایی طراحی کابین، همه سؤالات با یک وزن تأثیر، دخالت داده شده‌اند. بدیهی است برخی از عوامل اهمیت بیشتری داشته باشند [۲۲]. پس از تهیه چک‌لیست جدول ۷، امتیازدهی مطابق جدول ۶ انجام شد و درنهایت ماشین مناسب که کمترین امتیاز منفی را داشت، انتخاب شد.

جدول ۵: مشخصات کاربران ماشین‌آلات مورد ارزیابی ارگونومیک

متغیر	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	سن (سال)	سابقه کار (سال)
متوسط مقادیر	۱۷۴	۷۸	۴۳	۱۸
دامنه تغییرات	۱۸۶-۱۶۷	۱۱۹-۶۵	۶۲-۳۳	۴۰-۸

جدول ۶: نحوه امتیازبندی شاخص‌های ارگونومیک کابین

سطح‌بندی	کاملاً مطلوب و راحت	قابل‌قبول	قابل‌تحمل	آزاردهنده	کاملاً آزاردهنده
امتیاز شاخص	۰	-۱	-۳	-۷	-۱۵

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/johe.9.1.1]

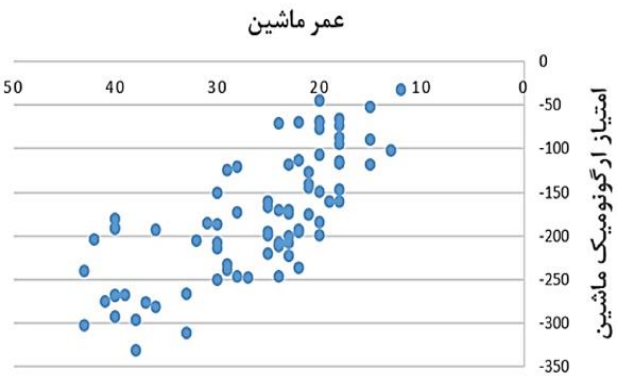
جدول ۷: چک‌لیست ارزیابی ارگونومی در ماشین‌آلات

ردیف	عنوان ویژگی	ارزیابی کلی		ارزیابی کیفی				
		بلی	خیر	کاملاً مطلوب				کاملاً آزاردهنده
۱	آیا ارتفاع صندلی قابل تنظیم است؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۲	آیا صندلی از نظر موقعیت افقی قابل تنظیم است؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۳	آیا صندلی در ارتفاع درست نصب شده است؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۴	آیا صندلی حائل پشتی دارد؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۵	آیا دسته‌های صندلی در موقعیت درست و در دسترس هستند؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۶	آیا ارتعاش ماشین‌آلات از طریق صندلی احساس می‌شود؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۷	آیا ارتعاش ماشین‌آلات از طریق کف کابین احساس می‌شود؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۸	آیا ارتعاش ماشین‌آلات از طریق اهرم‌های کنترل و پدال‌ها احساس می‌شود؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۹	آیا صندلی با استحکام کافی در کف نصب شده است؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۱۰	آیا صندلی قابلیت کج شدن به پشت را دارد؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۱۱	آیا صندلی قابلیت چرخیدن دارد؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۱۲	آیا موقعیت اهرم‌های کنترل تنظیم می‌شود؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۱۳	آیا اهرم‌های کنترل به‌راحتی کار می‌کنند؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۱۴	آیا پدال‌های کنترل به‌راحتی در دسترس هستند؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۱۵	آیا ابعاد کابین تا حد لازم بزرگ است؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۱۶	آیا میدان دید کافی در کابین وجود دارد؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۱۷	آیا چیزی در کابین محدودکننده دید است؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۱۸	آیا کابین پرسروصدا است؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۱۹	آیا دمای کابین قابل تنظیم است؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۲۰	آیا برای دسترسی به کابین پلکان وجود دارد؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۲۱	آیا برای دسترسی به کابین نرده پلکان وجود دارد؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۲۲	آیا درهای کابین به‌راحتی باز و بسته می‌شوند؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۲۳	آیا کابین فضای ورودی و خروجی کافی دارد؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۲۴	آیا دید کافی از محوطه روی زمین در کابین وجود دارد؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
۲۵	آیا شیشه‌های کابین فاقد انعکاسات گمراه‌کننده است؟	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

نتایج

نتایج حاصل از این پرسش‌نامه‌ها میزان سطح رضایت کاربر را از عوامل ارگونومیک ماشین می‌سنجد و ازآنجاکه بر اساس ارزیابی ماشین با اندازه‌گیری مستقیم و مقایسه با استانداردهای موجود نیستند، بنابراین، ممکن است در برخی از موارد عواملی از قبیل میزان حساسیت فردی، سابقه اجرایی و بروز عادت یا از دست رفتن حساسیت نسبت به یک موضوع در ارزیابی یک آیتم مؤثر باشد. پس از ثبت نتایج پرسش‌نامه‌های تکمیل‌شده بر اساس سطح‌بندی جدول ۶، امتیاز منفی برای هریک از شاخص‌های هر ماشین محاسبه و سپس امتیاز منفی کل هر ماشین محاسبه شد که نتایج در شکل ۳ دیده می‌شود.

چنانچه در شکل ۳ مشاهده می‌شود، ارتباط مستقیمی بین عمر ماشین‌آلات معدنی و عمرانی با امتیاز منفی شاخص‌های ارگونومیک آن‌ها وجود دارد، به‌طوری‌که با افزایش عمر، میزان امتیاز منفی ماشین نیز افزایش می‌یابد که این موضوع به دلیل فرسودگی و استهلاک ماشین در گذر زمان است. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد بیشترین سطح نارضایتی به ترتیب مربوط به



شکل ۳: امتیاز منفی ارگونومیک برحسب عمر ماشین‌آلات

متغیرهای میزان صدای کابین، میزان ارتعاش احساس‌شده، طراحی فضای کابین و صندلی اپراتور، تهویه هوای کابین و

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/johe.9.1.1]

سهولت دسترسی است. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد حدود ۵۰ درصد از ماشین‌آلات از نظر شاخص ارتفاع پله اول برای دسترسی به کابین وضعیت نامناسبی دارند. چنانچه در شکل ۴ مشاهده می‌شود، میزان نارضایتی متغیرهای مختلف به شرح زیر است:

۱) در بیش از ۶۰ درصد از ماشین‌آلات، دمای کابین قابل‌کنترل نیست و آزاردهنده است.
۲) در ۸۵ درصد از ماشین‌آلات، محل اهرم‌های کنترل و پدال‌ها قابل تنظیم نیستند.
۳) در ۷۰ درصد از ماشین‌آلات، صندلی قابلیت چرخش ندارد.
۴) در بیش از ۴۵ درصد از ماشین‌آلات، محدودیت دید وجود دارد.
۵) اگرچه در بیش از ۵۰ درصد از ماشین‌آلات رانندگان از وضعیت دسترسی به کابین و ارتفاع پله نسبت به زمین شکایت دارند، این متغیر را قابل‌تحمل می‌دانند.



شکل ۴: درصد نارضایتی متغیرهای مختلف

بحث

بین عمر ماشین‌آلات معدنی و عمرانی با امتیاز منفی شاخص‌های ارگونومیک آن‌ها ارتباط مستقیمی وجود دارد. بدیهی است این موضوع به دلیل استهلاک و فرسودگی ماشین در گذر زمان و همچنین سطح طراحی و ساخت در سالیان پیش کاملاً طبیعی است. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد نوع ماشین نیز در امتیاز برخی از متغیرها اثرگذار بوده است؛ برای مثال، میزان ارتعاش قابل احساس و نارضایتی در ماشین‌آلاتی نظیر بلدوزرها بیشتر از سایر ماشین‌آلات و در لودرهای معدنی کمتر بوده است.

با توجه به میزان نارضایتی به‌دست‌آمده برای هر متغیر در بخش نتایج می‌توان گفت که در اغلب پروژه‌های عمرانی و معدنی، مدت‌زمان کار روزانه اپراتور به‌ندرت ۸ ساعت و در اغلب موارد، بیشتر است. با توجه به آسیب‌های شنوایی و بیماری‌هایی نظیر فشارخون و اضطراب ناشی از مواجهه طولانی‌مدت با سطح صدای بیشتر از حد استاندارد، وجود کابین با عایق‌بندی صدای مناسب بسیار مهم خواهد بود که متأسفانه در بیش از ۷۵ درصد از ماشین‌آلات بررسی‌شده، موجب نارضایتی و آزار راننده بوده است. پیشنهاد می‌شود با اعمال برخی تغییرات و تعمیرات مانند درزگیری و عایق‌بندی کابین ماشین‌آلات و بهینه‌سازی، میزان مواجهه راننده با صدا کاهش یابد.

اثر سوء مواجهه با ارتعاش جزئی و کلی بدن در بروز بیماری‌های عضلانی و اسکلتی مختلف در تحقیقات مختلفی بررسی و نشان داده شده است. نتایج پژوهش Mayton و همکاران (۲۰۰۸) در ارتباط با اپراتورهای ماشین‌آلات معدنی حاکی از آن بوده است که ارتعاش واردشده تأثیر مخربی بر قسمت تحتانی ستون مهره‌ها داشته است [۱۷]. جمالی‌زاده و همکاران [۶] نیز با بررسی میزان ارتعاش در ماشین‌آلات عمرانی مختلف نشان دادند در بیشتر موارد، میزان مواجهه اپراتور بیش از مقدار استاندارد روزانه است و میزان صدمات گزارش‌شده با سابقه کار اپراتور و عمر ماشین نسبت مستقیم دارد. استفاده از عواملی مانند عایق‌های مناسب ارتعاشی روی صندلی اپراتور، بهبود سیستم تعلیق صندلی، استفاده از زیر پایی‌های عایق، کفش ضد ارتعاش، پدهای ضد ارتعاش روی دسته صندلی به‌عنوان تکیه‌گاه دست‌ها از پیشنهاداتی است که برای کاهش انتقال ارتعاش به اپراتور مطرح می‌شود [۶].

ثابت بودن موقعیت افقی صندلی و عدم امکان چرخش آن سبب خستگی مفرط و زودرس اپراتور و همچنین احساس درد و آسیب‌های فیزیکی در ناحیه گردن و ستون فقرات می‌شود. نداشتن قابلیت تنظیم صندلی در دامنه مطلوب، دسترسی به کنترل‌های ماشین را سخت‌تر می‌کند. قابلیت چرخش صندلی به‌خصوص در ماشین‌هایی که نیاز به تحرک و مانور به‌صورت دنده‌عقب دارند یا بازو و عملکردی در پشت ماشین دارند، بسیار مهم است.

تنفس در هوای پرگردوغبار باعث اختلالات تنفسی مزمن و کاهش ظرفیت ریوی افراد می‌شود. با توجه به وجود گردوغبار در محیط معادن و کارگاه‌های استخراج، تهویه مناسب کابین ماشین‌آلات معدنی اهمیت بسیاری دارد. فعالیت‌های معدنی بیشتر در محیط‌های کوهستانی و کویری و در شرایط آب‌وهوایی بدون وقفه است که معمولاً مشکل تنظیم دمای محیط مسئله جدی و مشکلی برای رانندگان محسوب می‌شود. سیستم تهویه مناسب با قابلیت تنظیم دما و وجود فیلتر هوای کابین به‌منظور کاهش میزان گردوغبار ورودی به آن از ملزومات ضروری ارگونومی ماشین‌آلات است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، در بیش از ۶۰ درصد از موارد، ماشین‌آلات معدنی از نظر این شاخص در شرایط آزاردهنده و ناخوشایندی قرار داشتند.

همچنین نتایج نشان داد حدود ۵۰ درصد از ماشین‌آلات از نظر شاخص ارتفاع پله اول وضعیت نامناسبی دارند. این موضوع دسترسی را برای رانندگان به‌خصوص افراد کوتاه‌قد دشوار می‌کند و موجب آسیب‌های جدی به ستون فقرات می‌شود. پیشنهاد می‌شود با افزودن یک پله و کاهش ارتفاع پله اول، پلکان ماشین‌آلات اصلاح شود.

امروزه رابطه بین طراحی نامناسب فضای کاری و کابین ماشین‌آلات با آسیب‌های جسمی و روحی اپراتورها به‌خوبی آشکار شده است. با وجود اینکه مشکلات و آسیب‌های جسمانی بیشتری در رانندگان ماشین‌آلات سنگین نسبت به بقیه دیده می‌شود، هنوز داده‌های کمّی برای بیان رابطه شرایط کاری و این آسیب‌ها وجود

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.61186/johe.9.1.1]

ندارد. این مشکل شاید به دلیل پیچیدگی‌های جمع‌آوری و تحلیل چنین داده‌هایی باشد. چک‌لیست ارائه‌شده ابزاری برای ارزیابی عمومی است و تنها در شناسایی متغیرهایی کمک می‌کند که باید بهبود یابند. درواقع فقط به تشخیص مشکل در سیستم می‌انجامد و برای حل و بیان کمّی آن به روش جامعی برای اندازه‌گیری‌های عددی و مدل‌سازی‌های بیومکانیکی نیاز است.

اگرچه نتایج مطالعات از وضعیت قابل‌قبول ماشین‌آلات نو و با کارکرد کم حکایت دارند، با توجه به محدودیت‌های سرمایه‌گذاری و مالی اغلب شرکت‌های معدنی و عمرانی، تعداد این ماشین‌آلات نسبت به ماشین‌آلات فرسوده و با عمر کاری بیش از ۲۰ سال بسیار کمتر است. در چنین شرایطی پیاده‌سازی برنامه‌های نگهداری مناسب ماشین‌آلات با استفاده از تجهیزات و قطعات به‌روز و کارآمد برای جایگزینی قطعات قدیمی و ازکارافتاده و همچنین آموزش کاربران برای تطبیق کابین با نیازهای شخصی که هزینه چندانی را در پی نخواهد داشت، زمینه را برای بهبود شرایط ارگونومیک ماشین‌آلات موجود فراهم می‌کند.

محدودیت‌های تحقیق و پیشنهادات

ماشین‌آلات موجود در شرکت‌های مختلف به دلیل توان مالی و ابعاد کاری متفاوت شرکت‌ها تا حد زیادی از نظر عمر کاری و شرایط عمومی ماشین متفاوت هستند؛ بنابراین، تسری نتایج حاصل از این مطالعه برای تمام شرکت‌ها و ماشین‌آلات عمرانی و معدنی جای بحث دارد. پیشنهاد می‌شود به‌منظور بررسی تأثیر عوامل انسانی ارزیابی‌شده در این مطالعه روی بهداشت کار و سلامت اپراتور ماشین‌آلات، مطالعات تلفیقی انجام شود و به‌طور هم‌زمان وضعیت ارگونومیک ماشین‌آلات را با معاینه پزشکی و وضعیت سلامتی اپراتورهای مشغول به کار با آن ماشین‌آلات ارزیابی کند.

نتیجه‌گیری

بین عمر ماشین‌آلات معدنی و عمرانی با میزان امتیاز منفی شاخص اورگونومیکی ماشین‌آلات ارتباط مستقیمی وجود دارد. به‌طوری‌که هر چقدر عمر ماشین بیشتر شود، امتیاز منفی ارگونومیکی نیز بیشتر خواهد شد. بیشترین نارضایتی‌های ارگونومیکی شامل متغیرهای صدای کابین، میزان ارتعاش، دسترسی به اهرم‌های کنترل و پدال‌هاست. البته دسترسی به کابین و ارتفاع پله اول برای این کار هم جزء متغیرهایی است که موجب نارضایتی می‌شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از دانشجویان محترمی که به‌عنوان راننده در این مطالعه شرکت کردند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

تضاد منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

در مطالعه حاضر به حفاظت از مالکیت معنوی مرتبط با این اثر توجه لازم شده است و هیچ مانعی برای انتشار، از جمله زمان انتشار، با توجه به مالکیت معنوی وجود ندارد. با انجام این کار از مقررات موسسات خود در مورد مالکیت معنوی پیروی شده است.

سهم نویسندگان

سجاد چهره‌قانی (استادیار مهندسی فراوری مواد معدنی) در بررسی مطالعات، جمع‌آوری داده‌ها و روش تحلیل این مطالعه همکاری داشته است. میرجواد غیبی (دانشجوی کارشناسی ارشد استخراج مواد معدنی) در نگارش این مقاله و اصلاح نمودن آن و تصویب نهایی نسخه آماده شده برای چاپ و پاسخ‌گو بودن در تمام جنبه‌های پژوهشی همکاری داشته است. سیف‌الدین موسی‌زاده (استادیار مهندسی استخراج مواد معدنی)

در بررسی مطالعات، جمع‌آوری داده‌ها و روش تحلیل این مطالعه همکاری داشته است. بهنام تقوی (دانشجوی دکتری اکتشاف مواد معدنی) در نگارش این مقاله همکاری داشته است.

حمایت مالی

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ حمایت مالی رقیب یا روابط شخصی شناخته شده‌ای ندارند که به نظر برسد بر کار گزارش شده در این مقاله تأثیر بگذارد.

REFERENCES

1. Limaei M. Evaluation of Some Ergonomic Indicators of Primary wood Transportation Machines in Hyrcanian Forests Logging. *J Res Appl Agri Eng*. 2019;**8**(1):49-55.
2. Hämäläinen P, Takala J, Kiat TB. Global estimates of occupational accidents and work-related illnesses 2017. Singapore; Workplace Safety and Health: 2017.
3. Duarte J, Baptista JS, Marques AT. Evidence of occupational accidents with equipment in mining – a systematic review protocol. *Int J Occup Environ Safe*. 2018;**2**(2): 84-88. DOI:10.24840/2184-0954_002.002_0009
4. de Arruda AF, Gontijo LM. Application of ergonomics principles in underground mines through the Occupational Safety and Health Management System–OSHMS OHSAS 18.001: 2007. *Work*. 2012;**41**(1): 4460-7. PMID: 22317408 DOI: 10.3233/WOR-2012-0119-4460
5. Amiri S, Naserkhaki S, Parnianpour M. Effect of whole-body vibration and sitting configurations on lumbar spinal loads of vehicle occupants. *Comput Biol Med*. 2019;**107**:292-301. DOI: 10.1016/j.compbiomed.2019.02.019
6. Jamalizadeh Z, Asivandzadeh E, Zare K, Nazifipour M, Yari P. Can exposure to whole body vibration in operators of construction vehicles affect the prevalence of musculoskeletal disorders? A research study in construction projects. *J Occup Hyg Eng*. 2020;**6**(4):41-9. DOI: 10.52547/ johe.6.4.41
7. Häggström C, Lindroos O. Human, technology, organization and environment–a human factors perspective on performance in forest harvesting. *J For Eng*. 2016;**27**(2):67-78. DOI: 10.1080/14942119.2016.1170495
8. Horberry T, Burgess-Limerick R, Steiner LJ. Human factors for the design, operation, and maintenance of mining equipment. New York: Rotledge, Taylor and Francis Group: 2011.
9. Schettino S, Costa Campos JC, Minette LJ, de Souz AP. Work precariousness: ergonomic risks to operators of machines adapted for forest harvesting. *Rev Árvore* . 2017;41(1):1- 9. DOI: 10.1590/1806-90882017000100009
10. Mathesan K, Mohan A, Visagavel K, Deepakraja V, Balaji P, Selvakumar A. Study and Analysis of Body Postures Using Ergonomic Assessment Tools in Drilling

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/johe.9.1.1]

Operations. *J Saf Eng*. 2015;**2**(1):28-42.
11. Keyserling WM, Brouwer M, Silverstein BA. A checklist for evaluating ergonomic risk factors resulting from awkward postures of the legs, trunk and neck. *Int J Ind Ergon*. 1992;**9**(4):283-301. DOI: 10.1016/0169-8141(92)90062-5
12. Schutte PC, Shaba MN. Ergonomics of mining machinery and transport in the South African mining industry. Safety in Mines Research Advisory Committee. 2003.
13. Kittusamy NK. A checklist for evaluating cab design of construction equipment. *J Occup Environ Hyg*. 2003;**18**(10):721-3. DOI: 10.1080/10473220301446
14. Gellerstedt S. European ergonomic and safety guidelines for forest machines. Swedish University of Agricultural Sciences. 2006.
15. Nasarwanji MF, Pollard J, Porter W. An analysis of injuries to front-end loader operators during ingress and egress. *Int J Ind Ergon*. 2018;**65**:84-92. DOI: 10.1016/j.ergon.2017. 07.006
16. Hakimi HA, Mohammadi TA. Reducing the exposure of operators with sound by acoustic insulation of mining machine in Sarcheshmeh copper mine. 6th Conference on Safety, Health and Environment in Mines and Mining Industrie. 2006.
17. Mayton A, Jobes C, Miller R. Comparison of whole-body vibration exposures on older and newer haulage trucks at an aggregate stone quarry operation nternational Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference. 2008;**5**:685-91.
18. Hakimi HA, Mohammadi TA. Investigation and control of human vibration in the heavy vehicles of the Sarcheshmeh copper mine. 6th Conference on Safety, Health and Environment in Mines and Mining Industrie. 2006.
19. Ferrone CW. Heavy Equipment Controls Guarding to Prevent Unintended Contact and Inadvertent Machine Motion (A Mechanical and Human Factors Analysis). ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition Conference. 2010.
20. Earth-moving machinery Safety Requirements for trenchers. (2007). Standard Number: BS EN 474-10:2006+A1:2009. BSI Group.
21. Earth-moving machinery - Operator's field of view - Test method and performance criteria. 2017. https://www.iso.org/standard/45609.html
22. Earth-moving machinery–Laboratory evaluation of operator seat vibration. 2000. https://www.iso.org/standard/68965.html

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/johe.9.1.1]