JOHE
Journal of Occupational Hygiene Engineering
J Occup Hyg Eng, 2024; 11(3): 207-221 Doi: 10.53208/joohe.11.3.207
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

Original Article

Experimental Investigation of the Effects of Environmental Factors on Physiological and Neurophysiological Responses of Drivers in a Simulated Driving Environment

Mohsen Aliabadi[1], Rostam Golmohammadi[2], Mohammad Oliaei[3], Mohammad Babamiri[4], Javad Faradmal[5], Ramin Rahmani[1*]

1. Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health, Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2. Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health, Health Sciences Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
4. Department of Ergonomics, School of Public Health and Social Determinants of Health Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
5. Department of Biostatistics, School of Public Health and Modeling of Noncommunicable Diseases Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Article history:
Received: 24 October 2024
Revised: 12 January 2025
Accepted: 05 March 2025
ePublished: 17 March 2025

***Corresponding author:** Ramin Rahmanim, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health, Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

E-mail: 1raminrahmani@gmail.com

Abstract

Background and Objective: The reduction in driver mental performance can lead to driving errors and accidents. Given the importance of mental performance in driving and the limited research background on the effects of physical environmental factors on drivers' cognitive performance, this study aimed to develop a method to analyze the short-term effects of exposure to noise, vibration, and unconventional temperature conditions on physiological and neurophysiological responses in driving using a simulator.

Materials and Methods: This research was conducted in a laboratory setting with the participation of 43 drivers. After meeting the entry criteria for the study and receiving preliminary training, the drivers were exposed to traffic noise, whole-body vibration, and temperature changes both individually and in combination. The effects of these factors were assessed using cognitive tests and physiological measurements. Subsequently, a statistical model was developed to predict the impact of these factors on cognitive performance and arousal.

Results: The results showed that the respiration rate increased with higher vibrations and noise, while systolic blood pressure rose in response to increased vibrations and decreased ambient temperature. The NN Mean, RMSSD, and SDNN indices were associated with vibration and temperature, while the LF/HF index was related to noise and temperature. In addition to environmental factors, age and body mass index were also significantly associated with changes in some of the studied indices.

Conclusion: Based on the results of the study, it was found that environmental factors had significant effects on physiological and neurophysiological responses. The simultaneous use of both physiological and neurophysiological responses provides a better explanation for the mechanism of environmental factors on drivers' performance. The results of this study may serve as a foundation for field research.

Keywords: Driving, Heart rate variability, Neurophysiological, Noise, Physiological, Temperature, Vibration

Please cite this article as follows: Aliabadi M, Golmohammadi R, Oliaei M, Babamiri M, Faradmal J, Rahmani R. Experimental Investigation of the Effects of Environmental Factors on Physiological and Neurophysiological Responses of Drivers in a Simulated Driving EnvironmentJ Occup Hyg Eng. 2024; 11(3): 207-221. DOI: 10.53208/joohe.11.3.207

Copyright © 2024 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

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

Extended Abstract

Background and Objective

Driving is a complex human-machine interaction requiring drivers to quickly process information from the road, environment, and vehicle, necessitating high cognitive performance [1, 2]. Cognitive performance includes mental processes, such as judgment, decision-making, and alertness [4]. Disruptions can affect attention and reaction time, increasing accident risk [5]. The driver's cognitive reaction involves perceived judgment, cognitive judgment, and reactive judgment, where failure at any stage can lead to errors and accidents [6]. Environmental factors, such as noise and vibration, influence cognitive performance, with noise acting as a stressor that reduces accuracy and increases psychological disturbances [9-11]. Whole-body vibrations can cause fatigue and stress, negatively impacting performance [13, 14]. These vibrations affect perception and are associated with back pain and heart rate changes [15, 16]. Thermal conditions in vehicles are also important; temperature significantly contributes to accidents, with over 50% of visual signals lost under thermal stress [19]. Cold exposure can impair alertness and recall, initially increasing arousal but leading to more errors over time [17, 20, 21]. While many studies focus on individual physical factors, their combined effects remain underexplored, leading to conflicting findings [18]. This study aims to assess the separate and simultaneous impacts of noise, vibration, and temperature using a driving simulator.

Materials and Methods

This laboratory study involved 43 professional drivers using a driving simulator, vibration platform (1-100 Hz), traffic sound generator, and cold air supply for physiological measurements. The sample size was calculated using G*Power for 80% power at $\alpha = 0.05$ [50]. Participants, aged 18-50 with at least one year of driving experience and no major health issues, were recruited via the Divar application. Ethical approval was obtained, and written consent was secured. After screening, participants received training on the simulator. Baseline physiological parameters were recorded before a 45-minute driving session with environmental factors set. Traffic sounds were played through speakers, and whole-body vibration exposure ranged from 0.45 to 1 m/s^2. Participants had a mean age of 41.28 years and 13.33 years of experience. Vibration exposure was assessed according to ISO 2631 standards. Traffic noise averaged 76 dBA during peak hours, with a control group at 55 dBA [21]. Cold conditions were set at 10°C and moderate comfort at 24°C [48]. Physiological measurements included heart rate, blood pressure, and heart rate variability (HRV) [28]. The Generalized Estimating Equations (GEE) model analyzed the effects of environmental and individual factors on responses, using SPSS version 20 for statistical analysis. Logarithmic values of HRV indices were applied due to non-normal distribution.

Results

Significant relationships were found between vibration, environmental temperature, and systolic blood pressure, with increases in vibration and decreases in temperature correlating to higher blood pressure. Traffic noise had no significant effect on systolic blood pressure, though there were increases during exposure. A significant relationship existed between vibration and heart rate, but not with traffic noise, workplace temperature, age, or body mass index (BMI). Vibration and noise also significantly affected respiratory rate, with no significant correlations found for temperature, age, or BMI. The models for systolic and diastolic blood pressure had higher coefficients of determination (R^2=0.328 and R^2=0.228, respectively) compared to heart rate and respiratory rate (R^2=0.068 and R^2=0.099, respectively). Significant relationships were found among noise, workplace temperature, and the low frequency/high frequency (LF/HF) ratio, with increases in both correlated to higher LF/HF. However, no significant correlations existed between vibration, age, BMI, and LF/HF, although LF/HF increased with vibration. Significant relationships were also observed between vibration, workplace temperature, and the NN Mean index, while no significant link was found between traffic noise and the NN Mean.

Discussion

About 75% of road accidents result from human error [30]. Environmental factors, such as noise, vibration, and temperature, can impair driver performance. This study examined physiological and neurophysiological changes in response to these factors. Results showed that systolic blood pressure increased with vibration and decreased with temperature, while traffic noise had no significant effect [31]. Heart rate showed a significant increase with vibration; however, no correlation was found with noise or temperature. The breathing rate also increases with noise and vibration [33, 34]. Changes in neurophysiological indices, such as NN Mean and LF/HF, were linked to temperature and noise, with higher LF/HF indicating greater sympathetic activity and stress [35, 36]. Maintaining adequate HRV levels is crucial for drivers' overall health and can reduce health risks [28]. Individuals' mood can affect their sensitivity to environmental factors. Lorenzino et al. found that negative moods reduced physiological sensitivity to vibrations [38]. HRV changes are influenced by both physiological and environmental factors and depend on a person's health and mood. This study examined drivers' responses to noise, vibration, and temperature, considering factors such as age and BMI. Regarding the limitations of this study, it is important to note that its laboratory design may not accurately reflect real-world conditions due to the artificial control of some factors. Additionally, the sample size was limited by individuals' unwillingness to engage in multiple scenarios and the increased study costs. Therefore, similar studies are recommended to be conducted in

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

real-world environments.

Conclusion

The study found that exposure to traffic noise, vehicle vibration, and environmental temperature affected physiological (e.g., blood pressure, heart rate, and respiratory rate) and neurophysiological indices (e.g., LF/HF and NN Mean) in drivers. However, not all environmental factors showed a significant relationship with the examined indices. Some indicators significantly correlated with noise but not with vibration, while others were related to vibration but not noise. Overall, simultaneous examination of both physiological and neurophysiological indices is essential for accurately identifying how environmental factors impact driver performance. Future studies should continue to assess both types of indices.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

JOHE
مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۱۱، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، صفحات: ۲۲۱-۲۰۷
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

مقاله اصلی

بررسی تجربی اثر عوامل محیطی بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک رانندگان در یک محیط رانندگی شبیه‌سازی‌شده

محسن علی‌آبادی[۱]، رستم گلمحمّدی[۲]، محمّد علیایی[۳]، محمّد بابامیری[۴]، جواد فردمال[۵]، رامین رحمانی[۱*]

۱. گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشگاه علوم‌پزشکی همدان، همدان، ایران
۲. گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم‌پزشکی همدان، همدان، ایران
۳. گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم‌پزشکی شیراز، شیراز، ایران
٤. گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، دانشگاه علوم‌پزشکی همدان، همدان، ایران
٥. گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات مدل‌سازی بیماری‌های غیرواگیر، دانشگاه علوم‌پزشکی همدان، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۸/۰۵
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** رامین رحمانی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم‌پزشکی همدان، همدان، ایران

ایمیل: 1raminrahmani@gmail.com

چکیده

سابقه و هدف: کاهش عملکرد ذهنی راننده می‌تواند به خطا در رانندگی و تصادف منجر شود. با توجه به اهمیت عملکرد ذهنی در رانندگی و سوابق محدود تحقیقات درزمینه اثر عوامل فیزیکی محیط بر عملکرد ذهنی رانندگان، هدف از این تحقیق تدوین روشی برای تحلیل اثرات کوتاه‌مدت مواجهه با صدا، ارتعاش و شرایط دمایی نامتعارف بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک در رانندگی با استفاده از شبیه‌ساز است.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در محیط آزمایشگاهی با مشارکت ۴۳ راننده انجام شد. پس از احراز شرایط ورود به تحقیق و آموزش مقدّماتی، طبق الگوریتم مصوّب، رانندگان در معرض صدای ترافیک، ارتعاش تمام بدن و تغییرات دمایی به‌صورت منفرد و توأم قرار گرفتند و اثر این عوامل با آزمون‌های شناختی و اندازه‌گیری داده‌های فیزیولوژیک بررسی گردید. سپس مدل آماری برای پیش‌بینی اثر این عوامل بر روی عملکرد شناختی و انگیختگی توسعه داده شد.

یافته‌ها: تعداد تنفّس با افزایش ارتعاش و صدا افزایش و فشارخون سیستولیک با افزایش ارتعاش و کاهش دمای محیط افزایش یافت. شاخص‌های NN Mean، RMSSD وSDNN با ارتعاش و دما و شاخص LF/HF با صدا و دما مرتبط بودند. علاوه‌بر عوامل محیطی، سن و شاخص توده بدنی نیز با تغییرات برخی از شاخص‌های موردمطالعه ارتباط داشتند.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج مطالعه، مشخص شد عوامل محیطی اثر معناداری بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک دارند. استفاده هم‌زمان از هر دو دسته پاسخ‌های فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک مکانیسم اثر عوامل محیطی بر عملکرد رانندگان را بهتر توجیه می‌کند. نتایج این مطالعه می‌تواند بستری برای تحقیقات میدانی باشد.

واژگان کلیدی: فیزیولوژیک، تغییرپذیری ضربان قلب، نورو فیزیولوژیک، رانندگی، صدا، ارتعاش، دما

استناد: علی آبادی، محسن؛ گلمحمدی، رستم؛ علیایی، محمد؛ بابامیری، محمد؛ فردمال، جواد؛ رحمانی، رامین. بررسی تجربی اثر عوامل محیطی بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک رانندگان در یک محیط رانندگی شبیه‌سازی‌شده. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، پاییز ۱۴۰۳؛۱۱(۳): ۲۲۱-۲۰۷

مقدمه

شغل رانندگی بیان‌کننده یک سامانه پیچیده از تعامل انسان-ماشین است که در طی آن راننده همیشه در یک شرایط تغییرات سریع در درک، تصمیم‌گیری و پاسخ است. رانندگان باید مقدار زیادی از اطلاعات کسب‌شده از جاده، محیط و وسیله نقلیه را

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]
[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

به‌سرعت تجزیه‌وتحلیل و قضاوت دقیق کنند و عملکرد صحیحی نیز داشته باشند [۱، ۲]. بنابراین می‌توان گفت رانندگی از مشاغلی است با نیازمندی‌های ذهنی بالا و می‌طلبد که افراد در این شغل عملکرد ذهنی قابل‌قبولی داشته باشند [۳]. عملکرد ذهنی مجموعه فرایند فکری است که به درک و آگاهی از تفکّرات و ایده‌ها می‌انجامد و طیف وسیعی از حوزه‌های قضاوت و تصمیم‌گیری، جست‌وجوی بصری، هوشیاری و یادآوری حافظه را دربرمی‌گیرد [۴]. اختلال در عملکرد ذهنی می‌تواند باعث اختلال در توجه، تمرکز، حافظه، انگیزه، تصمیم‌گیری، کنترل دیداری حرکتی، پردازش اطلاعات و زمان واکنش شود و کاهش در چنین حوزه‌هایی از سلامت ذهن با کاهش عملکرد در حین کار برای کارکنان ارتباط دارد و می‌تواند میزان حوادث را افزایش دهد [۵]. عکس‌العمل شناختی راننده می‌تواند به سه مرحله تقسیم‌بندی شود: مرحله قضاوت دریافتی یا درک‌شده، مرحله قضاوت شناختی و مرحله قضاوت واکنشی. شکست در هر مرحله از این فرایند به خطای انسانی منجر می‌شود و ممکن است باعث تصادف شود [۶].

عوامل متعددی به‌عنوان فاکتورهای اثرگذار بر عملکرد ذهنی در مطالعات معرفی شده‌اند. گروهی از این عوامل تحت‌عنوان عوامل محیطی یا فیزیکی محیط کار شناخته می‌شوند ازقبیل صدا، ارتعاش و شرایط جوّی. نتایج برخی از مطالعات پیشین حاکی‌از این است که این عوامل می‌توانند بر روی عملکرد ذهنی، خستگی و پاسخ‌های فیزیولوژیک اثرگذار باشند [۳، ۷ ، ۸]. به‌طور ویژه درخصوص صدا، مشخص شده است که صدا به‌عنوان یک عامل استرسزای محیطی می‌تواند باعث کاهش شنوایی، عدم دقت در فعالیت مغز، فقدان هماهنگی در کار فکری و افزایش در اختلالات روانی، اختلالات خواب، کاهش عملکرد، فشارخون و بیماری قلبی ایسکمیک شود [۹-۱۱]. صدا به‌عنوان محرّک حسی، انگیختگی را افزایش می‌دهد که این موضوع کمتر موردتوجه قرار گرفته است. انگیختگی در اصطلاح کلی میزان تحریک مغزی است. ازلحاظ تئوری، عملکرد و انگیختگی رابطه U معکوس دارند. عملکرد با انگیختگی تا نقطه مطلوب افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد. این نقطه و یا به‌طور وسیع‌تر، محدوده عملیاتی مطلوب، با تغییر در ظرفیت اپراتور و دیگر عوامل فردی و موقعیتی، متفاوت است [۱۲].

ازطرف‌دیگر، رانندگان در معرض ارتعاش تمام بدن نیز هستند که می‌تواند باعث خستگی و استرس شود و عوارض نامطلوبی بر عملکرد داشته باشد [۱۳، ۱۴]. ارتعاش منتقل‌شده به بدن انسان در حالت نشسته تأثیر قابل‌توجهی بر درک و راحتی انسان دارد. همچنین مواجهه با ارتعاش با واکنش‌های فیزیولوژیک بدن مانند کمردرد و تغییرات ضربان قلب ارتباط دارد [۱۵، ۱۶]. براساس مطالعه‌ای که رحمانی و همکاران انجام دادند، ارتعاش نیز یکی از عوامل است که می‌تواند عملکرد ذهنی رانندگان را تحت‌تأثیر قرار دهد [۳]. ارتعاش می‌تواند تأثیر مستقیم بر خستگی راننده به‌وسیله افزایش استرس فیزیکی بر راننده داشته باشد و موجب تنش فیزیکی و شناختی شود که می‌تواند عملکرد فرد را کاهش دهد [۱۷، ۱۸].

عامل محیطی سومی که در عملکرد ذهنی رانندگان اهمیت دارد، شرایط گرمایی داخل وسیله نقلیه است. تجزیه‌وتحلیل مقطعی از حوادث وسیله نقلیه موتوری در ایالات‌متّحده نشان داده است که ده عامل بالقوّه در تصادفات مؤثر هستند؛ دراین‌بین، دما سومین عامل مؤثر بر حوادث بوده است. همچنین، یافته‌های محقّقان نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد از سیگنال‌های بصری رانندگان در شرایط استرس حرارتی از دست رفته است و به‌طور معنی‌دار معنی‌داری در طول پنج ساعت رانندگی در جادّه واقعی، احتمال از دست دادن آن‌ها بیشتر است [۱۹]. مواجهه با سرما می‌تواند بر هوشیاری، تمرکز، حافظه (شناخت و یادگیری)، استدلال و بینش کلی تأثیر منفی داشته باشد [۱۷، ۲۰، ۲۱]. ازطرف‌دیگر، مواجهه با سرما می‌تواند باعث انگیختگی شود که در ابتدا به بهبود عملکرد منجر می‌شود، اما در ادامه با طولانی‌تر شدن مدت مواجهه یا شدیدتر شدن سرما، عملکرد مختل می‌شود [۲۱-۲۳]. تأثیر منفی سرما می‌تواند به‌صورت افزایش میزان خطاها و زمان واکنش طولانی‌تر نشان داده شود [۲۴].

هرچند مطالعاتی درزمینه اثرات عوامل فیزیکی بر عملکرد رانندگان به‌صورت جداگانه در محیط‌های آزمایشگاهی با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی انجام شده است، ولی اثرات هم‌زمان این عوامل را در نظر نگرفته‌اند و نتایج به‌دست‌آمده از مطالعاتی که تأثیر این عوامل به‌ویژه صدا و ارتعاش بر عملکرد فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک را بررسی کرده‌اند، با هم مغایرت داشته و نتایج قطعی هنوز ثابت نشده است [۱۸]. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات جداگانه و هم‌زمان صدا، ارتعاش و دما بر شاخص‌های فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک با استفاده از شبیه‌ساز رانندگی در محیط آزمایشگاهی است.

روش کار

طراحی مطالعه و نمونه‌گیری

مطالعه حاضر به‌صورت آزمایشگاهی بر روی ۴۳ نفر از رانندگان حرفه‌ای انجام شد. تجهیزات مورداستفاده برای جمع‌آوری داده‌ها در این مطالعه شامل شبیه‌ساز رانندگی، پلتفرم تولید ارتعاش با توانایی تولید ارتعاش در فرکانس‌های ۱ تا ۱۰۰ هرتز و شتاب صفر الی ۱۰ متر بر مجذورثانیه در هر سه جهت X، Y و Z، سیستم مولّد صوت ترافیک و بلندگو برای پخش صدا، سامانه تأمین دمای هوای سرد (شرایط‌سازی‌شده)، دستگاه Nexus-4 و نرم‌افزار Biotrace جهت اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک بود.

محاسبه اندازه نمونه براساس روش بیان‌شده در مقاله فال (Faul) و همکاران (۲۰۰۷) انجام شده است. محاسبات در نرم‌افزار G*Power و براساس مقادیر α=۰/۰۵ و توان آزمون برابر با ۸۰ درصد محاسبه شدند[۴۰]. شایان‌ذکر است تمام عوامل به‌صورت

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

Within در نظر گرفته شدند و درنهایت اینکه به‌دلیل مشکلات تکنیکال در برنامه محاسباتی که تنها برای یک عامل Within محاسبات را انجام می‌دهد، عامل ۱۲ سطحی معرفی شده است (ترکیب سه عامل در مطالعه اخیر ۱۲=۳*۲*۲) و هم‌بستگی بین زمان‌های متوالی اندازهای یک فرد برابر ۰/۷ (متناظر با بیان ۵۰ درصد تغییرپذیری زمان جاری به‌وسیله زمان قبل) و با فرض برقراری فرض کرویت محاسبه شده است. براین‌اساس، تعداد نمونه ۴۳ نفر محاسبه شد.

روش نمونه‌گیری به‌این‌صورت بود که با استفاده از بخش حمل‌ونقل اپلیکیشن دیوار، از علاقه‌مندان برای شرکت در آزمایشگاه دعوت به عمل آمد. طی جلسه حضوری با هریک از داوطلبان و آگاهی آنان از شرایط زمانی حضور در آزمایشگاه، اطلاعات فردی آنان ثبت شد و پرسش‌نامه‌های تعیین امتیاز ورود به تحقیق تکمیل شدند. افرادی که دارای معیارهای ورود به آزمایش بودند، اطلاع‌رسانی شدند و برنامه حضور آنان در محلّ آزمایش در اختیار آنان قرار گرفت. معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن سن بین ۱۸ تا ۵۰ سال، داشتن حداقل ۱ سال سابقه کار، عدم ابتلا به بیمارهای قلبی‌عروقی، عدم نقص بینایی، برخورداری از سلامت روانی، نداشتن هرگونه اختلال خواب (نمره PSQI کمتر از ۵)، عدم استفاده از داروهای خواب‌آور، عدم اعتیاد به مواد مخدّر، سیگار و الکل و فاقد هرگونه مشکل در سیستم شنوایی بود.

شایان‌ذکر است این مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم‌پزشکی همدان تأیید شده است (۱۳۹۶.۸۷۹ .IR.UMSHA.REC). قبل از انجام پژوهش، برای کلّیه شرکت‌کنندگان، روند انجام تحقیق به‌طور کامل توضیح داده شده است و به شرکت‌کنندگان اطمینان داده شد که اطلاعات آن‌ها نزد تیم تحقیق به‌صورت محرمانه است. علاوه‌برآن، برای رعایت مسائل اخلاقی، از تمامی شرکت‌کنندگان قبل از مطالعه رضایت‌نامه کتبی دریافت شد.

روش انجام آزمایشات

در ابتدا معیارهای ورود افراد متقاضی بررسی و افراد مجاز با رضایت آگاهانه دعوت به شرکت در مطالعه شدند. سپس، محدوده عوامل محیطی صدا، ارتعاش و دما در نظر گرفته شدند و پس از آماده‌سازی شبیه‌ساز و محیط آزمایشگاه، به‌منظور آشنایی شرکت‌کنندگان با نحوه رانندگی و کار با شبیه‌ساز، آموزش‌هایی دراین‌خصوص توسط محقّق به شرکت‌کنندگان ارائه شد. در روز بعد، پارامترهای فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک افراد ثبت گردید و به‌عنوان حالت پایه (زمینه) در نظر گرفته شد. سپس هر شرکت‌کننده به مدت ۴۵ دقیقه با شبیه‌ساز رانندگی کرد و سپس به‌صورت هم‌زمان، پارامترهای فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک ثبت شد. در هر روز، یکی از سناریوهای ذکرشده برای شرکت‌کنندگان اجرا می‌شد. شایان‌ذکر است توالی سناریوها تصادفی بود و سعی می‌شد شرکت‌کنندگان روند تغییرات را متوجه نشوند.

برای پخش صدای ترافیک، دو بلندگو در دو طرف شبیه‌ساز نصب شد که ازطریق نرم‌افزار City Car Driving نسخه ۱/۵، صدای ترافیک را در محیط شبیه‌ساز پخش می‌کرد. سپس صداسنج مدل SVAN971-SVANTEK در کنار گوش رانندگان قرار داده شد و تراز فشار صوتی تنظیم گردید. همچنین براساس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی، میانگین میزان مواجهه رانندگان خودرو سواری با ارتعاش تمام‌بدن در دو شرایط مختلف جادّه‌ای بین ۰/۴۵ تا m/s^2 ۱ اجرا شد. قابل‌ذکر است که شرایط نرم‌افزار City Car Driving نسخه ۱/۵ در هنگام رانندگی در شب در شرایط کم‌ترافیک تنظیم شد. باید در نظر داشت معمولاً رانندگانی که از شبیه‌ساز استفاده می‌کنند، بسیار سریع رانندگی می‌کنند که این به تحمیل افزایش بار کاری به رانندگان منجر می‌شود [۲۵]. ازاین‌رو، به‌منظور جلوگیری از این شرایط، به رانندگان توصیه شد در هنگام رانندگی با شبیه‌ساز، سرعت مجاز توصیه‌شده توسط شبیه‌ساز را رعایت کنند که درغیراین‌صورت در حین رانندگی، نرم‌افزار شبیه‌ساز به رانندگان هشدار می‌داد که با سرعت زیاد رانندگی می‌کنند و باید سرعت خود را کاهش دهند.

شرکت‌کنندگان دارای میانگین سن، سابقه کار و شاخص توده بدنی به ترتیب برابر با ۵/۸۳ ± ۴۱/۲۸ (بین ۳۱ تا ۴۹) سال، ۵/۲۴ ± ۱۳/۳۳ (بین ۵ تا ۲۵) سال و ۵۶/۸۶ ± ۲۵/۲ (بین ۱۹/۱۰ تا ۳۴/۷۰) کیلوگرم بر مترمربع بودند.

مطابق با استاندارد ISO ۲۶۳۱، حدّ مجاز شتاب معادل و حدّ مراقبت در ارتعاش تمام بدن (برآیند سه جهت) برای ۸ ساعت مواجهه به ترتیب ۰/۸۷ و ۰/۴۳ متر بر مجذور ثانیه تعیین شده است. همچنین، محدوده شتاب ارتعاشی که در مطالعات قبلی درخصوص اثرات ارتعاش تمام بدن برررسی شده است، بین ۰/۲ الی ۲/۴ متر بر مجذورثانیه بوده است و حداکثر محدوده فرکانس ارتعاش موردمطالعه در مطالعات قبلی ۱ تا ۵۰ هرتز است [۲۶]. همچنین، گزارش شده است که فرکانس ارتعاشی در بیشتر وسایل نقلیه رنجی بین ۳-۷ هرتز دارد [۲۵].

با توجه به اینکه ارتعاش خودرو متأثّر از شرایط خیابان (نوع آسفالت، سرعت‌گیرها)، نوع خودرو، میزان کارکرد خودرو، نوع لاستیک و غیره است، جهت برآورد میزان ارتعاش خودروهای سواری مورداستفاده در ایران، ۵ نوع خودرویی که بیشترین استفاده را در ایران دارند، از مدل‌های مختلف انتخاب شدند و اندازه‌گیری ارتعاش در یکی از بلوارهای اصلی شهر همدان و در یک مسیر یکسان برای همه خودروها انجام شد. نتایج اندازه‌گیری میزان ارتعاش خودروها در محدوده ۰/۵ تا ۱ متر بر مجذور ثانیه به دست آمد. همچنین فرکانس ۵ هرتز در نظر گرفته شد.

در اکثر مطالعات قبلی، اثر صدای ترافیک بر عملکرد تراز صدا بین ۵۰ الی ۸۵ dBA بررسی شده است. در این مطالعه، ابتدا صدای ترافیک به‌صورت تصادفی در سطح یکی از خیابان‌های اصلی شهر در کابین راننده و در در ارتفاع گوش چپ راننده در شرایط شیشه باز در ساعات ترافیک متوسط به‌صورت نیم‌ساعته اندازه‌گیری و

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

ضبط شد. میانگین تراز فشار صوت dBA ۷۶ به دست آمد. از صدای ضبط‌شده جهت مواجهه شرکت‌کنندگان با صدای واقعی ترافیک استفاده گردید. گروه کنترل با صدای زمینه dBA ۵۵، با توجه به صدای ناشی از پلتفرم ارتعاش، مواجهه داده شد.

متاآنالیز انجام‌شده توسط پیلچر Pilcher (۲۰۰۲) نشان می‌دهد که تحت شرایط سرد (۱۰ درجه) به‌طور ویژه وظایف استدلال، یادگیری و حافظه دچار آسیب شده‌اند [۲۱]. در این مطالعه، دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان شرایط سرد در نظر گرفته شد.

برمبنای شاخص میانگین رأی پیش‌بینی‌شده موسوم به PMV، آسایش حرارتی معتدل در سرعت جریان هوای ۰/۱ متر بر ثانیه و متابولیسم ۱/۲ کیلو ژول و با کلوی لباس ۰/۶۵، ۲۴ درجه سانتی‌گراد ذکر شده است[۳۹]. در این مطالعه از دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد برای شرایط معتدل استفاده شد.

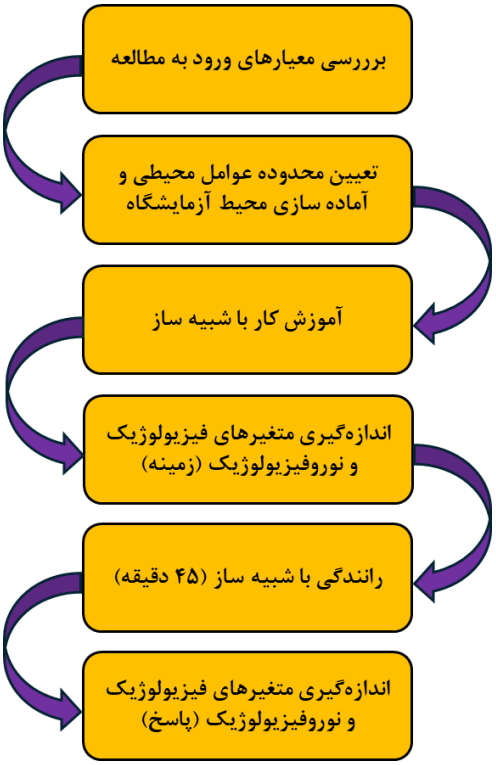
در اکثر مطالعات قبلی، مدت‌زمان مواجهه کوتاه‌مدت با ارتعاش ۱۵ تا ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شده است [۲۵]. در این مطالعه، افراد شرکت‌کننده ۴۵ دقیقه در مواجهه با عوامل محیطی صدا، ارتعاش و دمای محیط قرار گرفتند. به‌طورکلی، سناریوهای مواجهه شرکت‌کنندگان با عوامل محیطی در ۱۲ حالت به شرح جدول ۱ است. به‌منظور کنترل شرایط محیطی انجام آزمایش ازنظر دما، رطوبت و سرعت جریان هوا، تمام مراحل انجام آزمایشات در داخل یک اتاقک مخصوص تنظیم شرایط محیطی که در آزمایشگاه عوامل فیزیکی دانشکده بهداشت همدان مستقر بود، انجام گرفت. بنابراین هنگام رانندگی با شبیه‌ساز، دمای اتاق و رطوبت نسبی به ترتیب ۲۴ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد و ۵۰ درصد بود که برای مواجهه شرایط مختلف رانندگان مطابقت داشت. در این مطالعه برای آشنایی رانندگان با شبیه‌ساز و از بین بردن اثرات یادگیری، قبل از ورود به مرحله اصلی، رانندگان به مدت ۴۵ دقیقه رانندگی می‌کردند و سپس تمامی تست‌های این مطالعه را انجام می‌دادند. در مرحله آخر، به این رانندگان پرسش‌نامه بیماری شبیه‌ساز داده می‌شد تا آن را تکمیل کنند. در این مطالعه، چنانچه رانندگان نمره بالاتر از ۵ را در این پرسش‌نامه کسب می‌کردند، از ورود به مطالعه منع می‌شدند [۲۷].

در این مطالعه، جهت اندازه‌گیری فیزیولوژیکی از ضربان قلب، فشارخون سیستولیک و دیاستولیک و تعداد تنفّس استفاده شد. همچنین از پارامترهای مربوط به تغییرپذیری ضربان قلب (HRV: Heart Rate Variablity) شامل نسبت فرکانس پایین به فرکانس بالا (LF/HF)، میانگین فاصله نرمال بین دو موج (NN mean) و انحراف‌معیار فاصله بین دو موج (SDNN) ریشه دوم میانگین مربعات اختلافات فواصل بین ضربان قلب (RMSSD) استفاده شد. تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) به‌عنوان یک شاخص مهم از وضعیت سلامت و عملکرد سیستم عصبی خودکار شناخته می‌شود. این مفهوم به تنوّع زمان بین ضربان‌های قلب اشاره دارد و می‌تواند تحت‌تأثیر عوامل مختلفی مانند استرس، فعالیت بدنی و صداهای محیطی قرار گیرد [۲۸]. در شکل ۱ دیاگرام انجام مطالعه ترسیم شده است.

تمام مراحل بالا برای هر عامل (صدا، ارتعاش و سرما) و ترکیبی از آن‌ها تکرار شد. قابل‌ذکر است که اندازه‌گیری‌ها برای هر فرد در روزهای مختلف انجام شد و ترتیب انجام آزمایشات (سناریوها) برای هر فرد به‌طور تصادفی بوده است (جدول ۱).

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]



شکل ۱. دیاگرام انجام مطالعه

جدول ۱. سناریوهای مواجهه شرکت‌کنندگان

سناریو	وضعیت مواجهه با صدا، ارتعاش و شرایط دمایی		
	صدا (dBA)	ارتعاش (m/s2)	دمای خشک محیط (c°)
۱	صدای ترافیک ضبط‌شده با تراز واقعی	-	۲۴
۲	صدای ترافیک ضبط‌شده با تراز واقعی	-	۱۰
۳	صدای ترافیک ضبط‌شده با تراز واقعی	ارتعاش با شتاب ۰/۴۵ متر بر مجذور ثانیه و فرکانس ثابت ۵ هرتز	۱۰
۴	صدای ترافیک ضبط‌شده با تراز واقعی	ارتعاش با شتاب یک متر بر مجذور ثانیه و فرکانس ثابت ۵ هرتز	۱۰
۵	صدای ترافیک ضبط‌شده با تراز واقعی	ارتعاش با شتاب ۰/۴۵ متر بر مجذور ثانیه و فرکانس ثابت ۵ هرتز	۲۴
۶	صدای ترافیک ضبط‌شده با تراز واقعی	ارتعاش با شتاب یک متر بر مجذور ثانیه و فرکانس ثابت ۵ هرتز	۲۴
۷	۵۵	ارتعاش با شتاب ۰/۴۵ متر بر مجذور ثانیه و فرکانس ثابت ۵ هرتز	۱۰
۸	۵۵	ارتعاش با شتاب یک متر بر مجذور ثانیه و فرکانس ثابت ۵ هرتز	۱۰
۹	۵۵	ارتعاش با شتاب ۰/۴۵ متر بر مجذور ثانیه و فرکانس ثابت ۵ هرتز	۲۴
۱۰	۵۵	ارتعاش با شتاب یک متر بر مجذور ثانیه و فرکانس ثابت ۵ هرتز	۲۴
۱۱	۵۵	-	۱۰
۱۲	۵۵	۰	۲۴

جدول ۲. نتایج ارتباط متغیّرهای فیزیولوژیک با عوامل محیطی با در نظر گرفتن سن و شاخص توده بدنی

متغیّر وابسته	متغیّرهای پیش‌بین	Wald Chi-Square	درجه آزادی	P-value
فشارخون سیستولیک	Intercept	۷/۴۲۳	۱	۰/۰۰۶
	صدا	۳/۲۹۸	۱	۰/۰۶۹
	ارتعاش	۱۵/۴۳۸	۲	۰/۰۰۰
	دما	۴۶/۰۴۶	۱	۰/۰۰۰
	سن	۲۰/۸۷۸	۱	۰/۰۰۰
	نمایه توده بدنی	۱۷/۴۴۶	۱	۰/۰۰۰
	صدا * سن	۳/۰۳۲	۱	۰/۰۸۲

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

	ارتعاش* نمایه توده بدنی	۱۶/۳۸۸	۲	۰/۰۰۰
	دما* نمایه توده بدنی	۳۹/۷۶۶	۱	۰/۰۰۰
	سن* نمایه توده بدنی	۱۶/۱۵۰	۱	۰/۰۰۰
فشارخون دیاستولیک	Intercept	۹/۳۱۹	۱	۰/۰۰۲
	صدا	/۰۱۹۰	۱	۰/۸۸۹
	ارتعاش	۱/۱۸۲	۲	۰/۵۵۴
	دما	۹/۶۲۱	۱	۰/۰۰۲
	سن	۲۵/۹۷۴	۱	۰/۰۰۰
	نمایه توده بدنی	۲۸/۹۲۹	۱	۰/۰۰۰
	صدا * ارتعاش	۸/۹۰۱	۲	۰/۰۱۲
	صدا * دما	۳/۷۱۵	۱	۰/۰۵۴
	دما* نمایه توده بدنی	۸/۴۰۴	۱	۰/۰۰۴
	سن* نمایه توده بدنی	۲۵/۷۷۷	۱	۰/۰۰۰
ضربان قلب	Intercept	/۰۳۷۰	۱	۰/۸۴۸
	صدا	/۸۷۴۰	۱	۰/۳۵۰
	ارتعاش	۱۳/۶۱۵	۲	۰/۰۰۱
	دما	۳/۳۸۰	۱	۰/۰۶۶
	سن	۲/۳۳۶	۱	۰/۱۲۶
	نمایه توده بدنی	۳/۷۶۶	۱	۰/۰۵۲
	صدا * ارتعاش	۶/۲۶۶	۲	۰/۰۴۴
	ارتعاش * نمایه توده بدنی	۱۳/۴۷۰	۲	۰/۰۰۱
	دما* نمایه توده بدنی	۵/۹۷۹	۱	۰/۰۱۴
	دما* سن	۸/۵۸۴	۲	۰/۰۱۴
	سن* نمایه توده بدنی	۳/۳۵۰	۱	۰/۰۶۷
تعداد تنفّس	Intercept	۱۶/۱۸۸	۱	۰/۰۰۰
	صدا	۷/۹۳۸	۱	۰/۰۰۵
	ارتعاش	۴۸/۸۲۶	۲	۰/۰۰۰
	دما	/۰۷۸۰	۱	۰/۷۸۰
	سن	/۳۹۲۰	۱	۰/۵۳۱
	نمایه توده بدنی	/۸۷۳۰	۱	۰/۳۵۰
	صدا * نمایه توده بدنی	۸/۸۷۴	۱	۰/۰۰۳

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

طراحی مطالعه حاضر برمبنای اندازه‌گیری‌های مکرّر صورت گرفته و هر شخص به‌عنوان کنترل خود در نظر گرفته شد. به‌علت ثابت نبودن متغیّرهای فیزیولوژیک و نورولوژیک در جلسات مختلف، از اختلاف میانگین داده‌های حاصل از آزمایشات برای انجام آزمون‌های آماری استفاده شد. از مدل معادلات برآوردیابی تعمیم‌یافته موسوم به GEE (Generalized Estimating Equations) برای توسعه مدل‌های مربوط به اثر عوامل محیطی و فردی بر روی پاسخ‌های فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک موردمطالعه استفاده گردید. معادلات برآوردیابی تعمیم‌یافته (GEE) توسعه‌ای از مدل‌های خطّی تعمیم‌یافته هستند که برای تحلیل داده‌های هم‌بسته استفاده می‌شوند. این معادلات که توسط زگر (Zeger) و همکاران در سال ۱۹۸۸ معرفی شدند، به‌خصوص برای تحلیل داده‌های طولی، اندازه‌گیری‌های مکرّر و سایر مشاهدات هم‌بسته مفید هستند. برخلاف روش‌های سنّتی، GEE به تعیین ساختار کامل هم‌بستگی نیازی ندارند که این امر به عملیاتی‌تر شدن این روش برای کاربردهای دنیای واقعی منجر می‌شود. تمرکز GEE ها بر برآورد ساختار میانگین است و تخمین‌های سازگاری از پارامترهای رگرسیون را حتّی زمانی‌که ساختار هم‌بستگی به‌درستی مشخص نشده باشد، ارائه می‌دهد [۲۹]. شایان‌ذکر است داده‌های این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ تجزیه‌وتحلیل شدند. با توجه به اینکه شاخص‌های HRV توزیع نرمال نداشتند، از مقادیر لگاریتمی این شاخص‌ها برای

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

تجزیه‌وتحلیل‌های آماری استفاده شد.

نتایج

متغیّرهای فیزیولوژیک

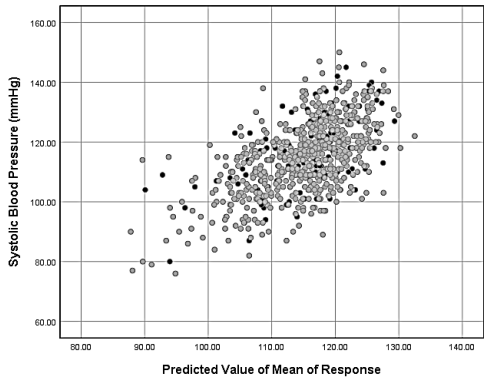
نتایج آنالیز مدل معادلات برآوردیابی تعمیم‌یافته برای متغیّرهای فیزیولوژیک شامل فشارخون سیستولیک و دیاستولیک، ضربان قلب و تعداد تنفّس با در نظر گرفتن سن و شاخص توده بدنی در جدول ۲ آمده است.

براساس نتایج جدول ۲، بین مواجهه با ارتعاش، دمای محیط و شاخص فشارخون سیستولیک ارتباط معنی‌دارمعنی‌داری وجود داشت. بدین‌صورت که با افزایش ارتعاش و کاهش دمای محیط، فشارخون سیستولیک افزایش داشته است. همچنین، بین سن و شاخص توده بدنی و شاخص فشارخون سیستولیک ارتباط معنی‌داری وجود داشت. بین صدای ترافیک و شاخص فشارخون سیستولیک رابطه معنی‌داری وجود نداشت. هرچند که در مواجهه با صدای ترافیک، افزایش در فشارخون سیستولیک مشاهده می‌شود.

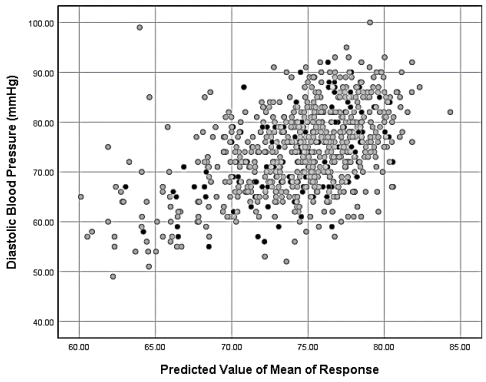
براساس نتایج جدول ۲، بین ارتعاش و تعداد ضربان قلب ارتباط معنی‌داری وجود داشت. بدین‌صورت که با افزایش ارتعاش، تعداد ضربان قلب افزایش یافته است. اما بین صدای ترافیک و دمای محیط کار و تعداد ضربان قلب ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. بین سن، شاخص توده بدنی و تعداد ضربان قلب ارتباط معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

براساس نتایج جدول ۲، بین ارتعاش، صدا و تعداد تنفّس ارتباط معنی‌داری وجود داشت. بدین‌صورت که با افزایش ارتعاش و صدا، تعداد تنفّس افزایش یافته است. اما بین دمای محیط کار، سن و شاخص توده بدنی و تعداد تنفّس ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد.

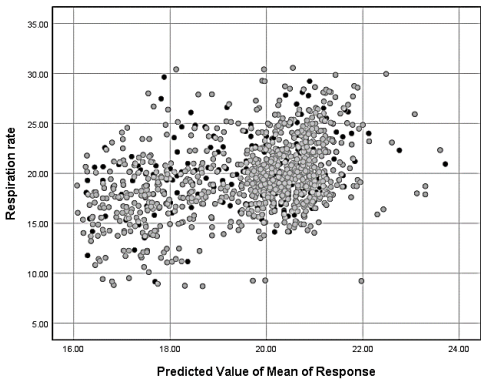
شکل ۲ نمودارهای پراکنش مقدار پیش‌بینی‌شده و مقدار اندازه گیری‌شده پارامترهای فیزیولوژیک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ارتباط مستقیمی بین مقادیر پیش بینی‌شده براساس عوامل محیطی و فردی موردبررسی در این مطالعه و مقادیر اندازه‌گیری‌شده وجود داشت. ضریب تعیین مدل‌های توسعه‌داده‌شده برای فشارخون سیستولیک و دیاستولیک (R^2=۰/۳۲۸ و R^2=۰/۲۲۸) بیشتر از مدل‌های مربوط به ضربان قلب و میزان تنفّس (R^2=۰/۰۶۸ و R^2=۰/۰۹۹) بود.



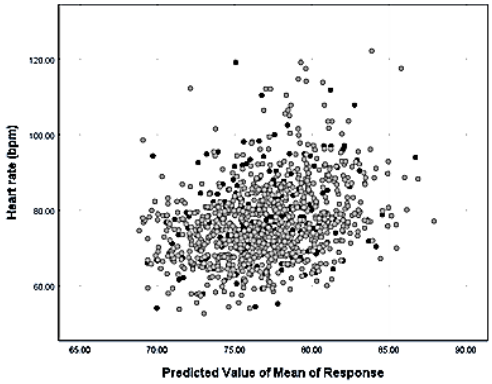
R^2=0.328



R^2=0.228



R^2=0.099



R^2=0.068

شکل ۲. نمودارهای پراکنش مقدار پیش بینی شده و مقدار اندازه گیری شده پارامترهای فیزیولوژیک. در هر مورد نقاط مشکی بیانگر نمونه تست (test sample) و نقاط خاکستری بیانگر نمونه یادگیری (training sample) است.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

متغیّرهای نورو فیزیولوژیک

براساس نتایج جدول ۳، بین صدا، دمای محیط کار و شاخص LF/HF ارتباط معنی‌داری مشاهده می‌شود. بدین‌صورت که با افزایش صدا و دمای محیط کار، LF/HF افزایش یافته است. اما بین ارتعاش، سن و شاخص توده بدنی و شاخص LF/HF ارتباط معنی‌داری وجود نداشت. هرچند با افزایش ارتعاش در شاخص LF/HF، افزایش مشاهده می‌شود. همچنین بین ارتعاش، دمای محیط کار و شاخص NN Mean ارتباط معنی‌داری مشاهده می‌شود. اما بین صدای ترافیک و شاخص NN Mean ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد.

براساس نتایج جدول ۳، بین ارتعاش، دمای محیط کار و شاخص SDNN ارتباط معنی‌داری مشاهده می‌شود. اما بین صدای ترافیک و شاخص SDNN ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین بین ارتعاش، دمای محیط کار شاخص RMSSD ارتباط معنی‌داری مشاهده می‌شود. اما بین صدای ترافیک و شاخص RMSSD ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد.

شکل ۳ نمودارهای پراکنش مقدار پیش‌بینی‌شده و مقدار اندازه‌گیری‌شده پارامترهای نوروفیزیولوژیک را نشان می‌دهد. ضریب تعیین مدل‌های توسعه‌داده‌شده برای NN Mean (R^2=۰/۱۱۲) بیشتر از مدل‌های مربوط به LF/HF، SDNN و RMSSD (R^2=۰/۰۹۹، R^2 =۰/۰۸۵ و R^2=۰/۰۳۹) بود.

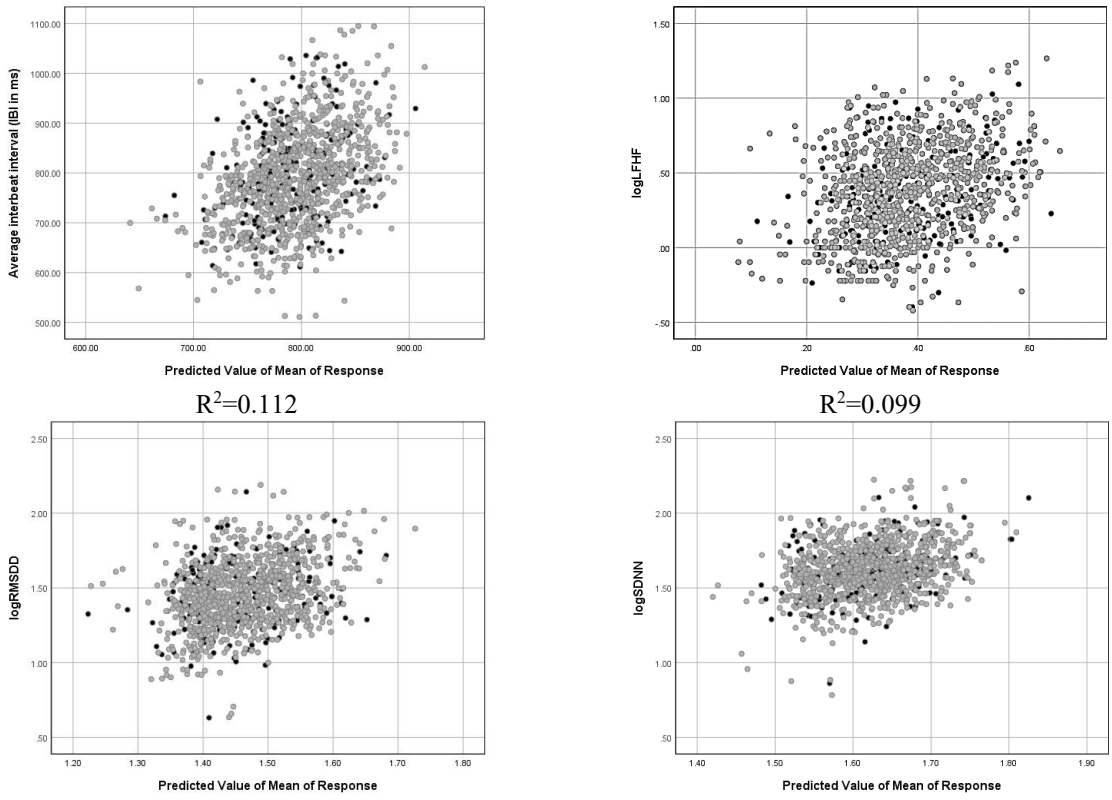
جدول ۲. نتایج ارتباط متغیّرهای نوروفیزیولوژیک با عوامل محیطی با در نظر گرفتن سن، سابقه کار و شاخص توده بدنی

متغیّر وابسته	متغیّرهای پیش‌بین	Wald Chi-Square	درجه آزادی	P-value
LF/HF	Intercept	۲/۴۶۰	۱	۱۱۷/۰
	صدا	۴/۲۲۳	۱	۰۴۰/۰
	ارتعاش	۳/۲۳۷	۲	۱۹۸/۰
	دما	۷/۵۱۸	۱	۰۰۶/۰
	سن	/۰۳۴۰	۱	۸۵۳/۰
	نمایه توده بدنی	/۰۰۰۰	۱	۹۸۹/۰
	ارتعاش نمایه توده بدنی	۵/۲۱۶	۲	۰۷۴/۰
	دما* نمایه توده بدنی	۶/۵۳۳	۲	۰۳۸/۰
NN mean	Intercept	۲۳/۴۵۷	۱	۰۰۰/۰
	صدا	۲/۴۱۴	۱	۱۲۰/۰
	ارتعاش	۱۷/۹۸۲	۲	۰۰۰/۰
	دما	۴/۳۴۹	۱	۰۳۷/۰
	سن	۱۵/۴۰۹	۱	۰۰۰/۰
	سابقه کار	۸/۰۶۷	۱	۰۰۵/۰
	نمایه توده بدنی	۱۰/۰۵۰	۱	۰۰۲/۰
	صدا * ارتعاش	۸/۰۶۷	۲	۰۱۸/۰
	صدا * دما	۶/۸۶۹	۱	۰۰۹/
	صدا * سن	۲/۸۸۳	۱	۰۹۰/۰
	ارتعاش* نمایه توده بدنی	۱۷/۴۵۴	۲	۰۰۰/۰
	دما* نمایه توده بدنی	۷/۷۵۴	۱	۰۰۵/۰
	سن* نمایه توده بدنی	۱۴/۸۰۳	۱	۰۰۰/۰
	سابقه کار* نمایه توده بدنی	۸/۶۶۹	۱	۰۰۳/۰
SDNN	Intercept	۲۲۹/۵۷۱	۱	۰۰۰/۰
	صدا	۱/۷۵۲	۱	/۱۸۶۰
	ارتعاش	۴۹/۲۳۹	۲	/۰۰۰۰
	دما	۲۸/۷۲۷	۱	۰۰۰/۰
	سن	/۰۴۶۰	۱	۸۳۰/۰

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

	سابقه کار	/۱۵۶۰	۱	/۶۹۳۰
	نمایه توده بدنی	۱/۳۶۲	۱	۲۴۳/۰
	صدا * سابقه کار	۳/۱۴۹	۱	۰۷۶/۰
	ارتعاش * نمایه توده بدنی	۱۲/۲۹۰	۴	۰۱۵/۰
	صدا * ارتعاش* دما	۶/۸۵۳	۳	۰۷۷/
RMSSD	Intercept	۵۳/۴۹۴	۱	۰۰۰/
	صدا	/۰۶۴	۱	۸۰۰/
	ارتعاش	۳۳/۰۴۵	۲	۰۰۰/
	دما	۲۸/۲۸۹	۱	۰۰۰/
	سن	/۴۹۱	۱	/۴۸۴
	سابقه کار	/۵۰۰	۱	۴۸۰/
	نمایه توده بدنی	/۱۴۹	۱	۶۹۹/
	صدا * ارتعاش	۵/۷۱۴	۲	۰۵۷/
	صدا * دما	۲/۸۲۵	۱	۰۹۳/
	ارتعاش * دما	۷/۱۰۳	۲	/۰۲۹
	ارتعاش * نمایه توده بدنی	۳۰/۳۴۷	۲	/۰۰۰
	صدا * ارتعاش* دما	۶/۴۰۴	۲	/۰۴۱



شکل ۳. نمودارهای پراکنش مقدار پیش‌بینی‌شده و مقدار اندازه‌گیری‌شده پارامترهای نوروفیزیولوژیک- در هر مورد نقاط مشکی بیانگر نمونه تست (test sample) و نقاط خاکستری بیانگر نمونه یادگیری (training sample) است.

بحث

تحقیقات نشان می‌دهد ۷۵ درصد از تصادفات جادّه‌ای ناشی از خطای انسانی است [۳۰]. کاهش عملکرد ذهنی راننده می‌تواند به خطا در رانندگی و تصادف منجر شود. گروهی از عواملی که در کاهش عملکرد نقش مهمی دارند، عوامل محیطی مانند صدا،

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

ارتعاش، گرما و سرما هستند. مکانیسم اثرگذاری این عوامل خارجی در عملکرد رانندگان کمتر شناخته شده است. در این پژوهش، تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیکی و نوروفیزیولوژیکی در مواجهه با صدای ترافیک، ارتعاش و دمای محیط بررسی شد.

براساس نتایج این پژوهش، فشارخون سیستولیک با افزایش ارتعاش و کاهش دمای محیط افزایش پیدا می‌کند. در مطالعه حاضر، افزایش فشارخون در مواجهه با صدای ترافیک ازنظر آماری معنی‌دار نبود. به‌صورت مشابه، یوسفی ریزی و دهقان نیز به این نتیجه رسیدند که فشارخون سیستولیک افراد پس از مواجهه با صدا تغییر معناداری نداشته و این شاخص با سن و سابقه کار افراد هم‌بستگی داشته است [۳۱]. همچنین براساس نتایج مطالعه ما، فشارخون سیستولیک با سن و شاخص توده بدنی ارتباط معنی‌داری داشت. از بین عوامل محیطی، تنها عاملی که به‌صورت معنادار با فشارخون دیاستولیک ارتباط داشت، دمای محیط بود. براساس یک مرور سیستماتیک که بر روی تأثیر دما بر فشارخون در بزرگسالان انجام شده بود، در دمای پایین، فشارخون افراد افزایش پیدا می‌کند [۳۲]. افزایش فشارخون در دمای پایین می‌تواند به دلایلی ازقبیل تنگی عروق، فعالیت بیشتر سیستم عصبی سمپاتیک و آزاد شدن هورمون‌های استرس‌زا ازقبیل کورتیزول باشد.

در مطالعه حاضر، تعداد ضربان قلب با افزایش ارتعاش، افزایش معناداری داشت. اما بین صدای ترافیک و دمای محیط کار و این شاخص فیزیولوژیکی ارتباط معنی‌داری دیده نشد. این نتیجه با برخی از مطالعات میدانی همخوانی ندارد. به‌عنوان‌مثال، براساس مطالعه‌ای که رحمانی و همکاران به‌صورت میدانی بر روی رانندگان اتوبوس انجام دادند، مشخص شد مواجهه با صدا، با افزایش ضربان قلب در ارتباط است [۷]. در توجیه این تفاوت می‌توان به ماهیّت متفاوت مواجهه رانندگان (به‌عنوان‌مثال، مواجهه همزمان با هر دو عامل صدا و ارتعاش) در مطالعات میدانی اشاره کرد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تعداد تنفّس با افزایش ارتعاش و صدا افزایش یافته است. افزایش تعداد تنفّس در مواجهه افراد با صدا و ارتعاش می‌تواند به‌دلیل افزایش استرس و بارِ کاری افراد باشد. براساس مطالعات پیشین، مواجهه با صدا و ارتعاش با میزان استرس افراد در ارتباط است [۳۳]. همچنین براساس مطالعات قبلی، یکی از عواملی که می‌تواند بارِ کاری رانندگان را افزایش دهد، مواجهه آن‌ها با صدا و ارتعاش است [۳۴].

درخصوص شاخص‌های نوروفیزیولوژیک نیز نتایج مطالعه نشان داد تغییرات شاخص‌های NN Mean، RMSSD و SDNN با تغییرات ارتعاش و دما و تغییرات شاخص LF/HF با تغییرات صدا و دما مرتبط بود. مطالعه ما نشان داد با افزایش صدا و دمای محیط کار، LF/HF افزایش یافته است. نسبت LF/HF یکی از شاخص‌های مهم HRV است که به تعادل بین فعالیت سمپاتیک و پاراسمپاتیک سیستم عصبی اشاره دارد. افزایش این نسبت معمولاً نشان‌دهنده افزایش فعالیت سمپاتیک و کاهش فعالیت پاراسمپاتیک است که می‌تواند به معنای استرس یا تحریک بیشتر باشد. مطالعات متعددی وجود دارند که نشان می‌دهند مواجهه رانندگان با عوامل محیطی ازقبیل صدا و ارتعاش با استرس شغلی آن‌ها در ارتباط است. مطالعات چندی اثر دمای محیط بر تغییرپذیری ضربان قلب را بررسی کردند. لیو Liu و همکاران به این نتیجه رسیدند که دمای محیطی گرم سبب افزایش LF/HF می‌شود که نشانه افزایش فعالیت سمپاتیکی است. همچنین، عقیده داشتند که LF/HF می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای اثر دما بر تغییرپذیری ضربان قلب به کار گرفته شود [۳۵]. کاریلو و همکاران نیز معتقدند که پاسخ بدن انسان به محیط گرم افزایش فعالیت سیستم سمپاتیک است [۳۶].

مطالعه کیم (Kim) و همکاران نشان داد که بین مواجهه با صدا و شاخص‌های HRV، ارتباط معناداری دیده نشد. این مطالعه بر روی گروهی از افراد دارای اضافه‌وزن انجام شد و نشان داد که یکی از عوامل تأثیرگذار بر HRV، وزن بدن (چاقی) است [۲۸]. همچنین این‌طور به نظر می‌رسد که تغییرپذیری ضربان قلب در مواجهه با صدا، وابسته به فرکانس است. براساس مطالعه‌ای که والکر (Walker) و همکاران انجام دادند، صداهای فرکانس پایین و فرکانس بالا، اثر یکنواختی بر روی شاخص‌های HRV ندارند. در مطالعه آن‌ها مشخص شد در مواجهه با صدای فرکانس بالا، شاخص‌های SDNN، LF و HF کاهش می‌یابد، درحالی‌که در مواجهه با صدای فرکانس پایین، فقط شاخص LF کاهش معناداری داشته است [۳۷]. به‌طورکلی، تغییرات HRV در پاسخ به عوامل محیطی مانند صدا و ارتعاش، نشان‌دهنده وضعیت سلامت عمومی فرد است. برای رانندگان، حفظ سطح مناسب HRV می‌تواند به معنای بهبود کیفیت زندگی و کاهش خطرات سلامتی باشد. بنابراین، توجه به شرایط محیطی و تلاش برای کاهش استرس‌های ناشی از آن می‌تواند به بهبود سلامت سیستم قلبی‌عروقی و همچنین سلامت روانی رانندگان کمک کند [۲۸].

علاوه‌براین، یکی از عواملی که می‌تواند در میزان حساسیت و بروز پاسخ افراد در معرض عوامل محیطی اثرگذار باشد، حال‌وحوصله افراد است. براساس مطالعه‌ای که لورنزینو (Lorenzino) و همکاران انجام دادند، حالت‌های احساسی یا عاطفی ارتباط بین مواجهه با عوامل محیطی و پاسخ‌های فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک را تعدیل می‌کند. به‌صورت مشخص، در این مطالعه گزارش شد که حالت روحی منفی (negative mood) حساسیت فیزیولوژیکی نسبت به شدّت ارتعاش را کاهش داده است [۳۸]. با توجه به نتایج مطالعات مختلف، واضح است که تغییرات در شاخص‌های HRV تحت‌تأثیر ترکیبی از عوامل فیزیولوژیک و محیطی قرار دارد. این تغییرات نه‌تنها به وضعیت سلامت عمومی فرد وابسته‌اند، بلکه تحت‌تأثیر حالات روحی و شرایط محیطی نیز قرار دارند. بنابراین، برای درک بهتر ارتباط بین HRV و عوامل مختلف، به تحقیقات بیشتری نیاز است تا بتوان مدل‌های دقیق‌تری برای پیش‌بینی رفتارهای فیزیولوژیک توسعه داد.

مدل‌های پیش بینی‌کننده در این مطالعه ضرایب تعیین بسیار

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

ناچیزی داشتند. این موضوع دلایل متعددی می‌تواند داشته باشد. در بسیاری از حوزه‌ها، به‌ویژه در علوم انسانی و اجتماعی، پیش‌بینی رفتارها و پارامترهای فیزیولوژیک به‌دلیل وجود عوامل متعدد و پیچیده دشوار است. به‌هرحال، پایین بودن ضریب تعیین می‌تواند نشان‌دهنده نیاز به بررسی بیشتر و افزودن متغیّرهای جدید یا استفاده از مدل‌های غیرخطّی باشد تا بتوان ارتباطات پیچیده‌تری را شناسایی کرد.

در مطالعه حاضر تلاش شد دو دسته از پاسخ‌های فیزیولوژیکی و نوروفیزیولوژیکی رانندگان در مواجهه با سه عامل محیطی (صدا، ارتعاش و دما) و با در نظر گرفتن عامل مواجهه و گروهی از عوامل فرد (سن، سابقه کار و شاخص توده بدنی) بررسی شود. می‌توان گفت لحاظ کردن شاخص‌های متعدّد و سه عامل محیطی از نقاط قوّت این مطالعه است. درخصوص محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به طراحی آن به‌صورت آزمایشگاهی اشاره کرد. شایان‌ذکر است مطالعات آزمایشگاهی به‌صورت مشترک با محدودیت‌هایی ازقبیل تطابق کمتر با شرایط واقعی درنتیجه کنترل مصنوعی برخی عوامل که در شرایط واقعی ممکن است مداخله‌گر باشند و همچنین محدود بودن حجم نمونه به‌دلیل عدم تمایل به همکاری افراد در سناریوهای متعدد و افزایش هزینه‌های مطالعه مواجهه هستند. براین‌اساس، پیشنهاد می‌شود مطالعات مشابه در محیط واقعی به‌صورت میدانی انجام شوند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج مطالعه حاضر، مواجهه رانندگان با صدای ترافیک، ارتعاش خودرو و همچنین دمای محیط می‌تواند به تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیک (فشارخون، ضربان قلب و تعداد تنفّس) و شاخص‌های نوروفیزیولوژیک (LF/HF، NNMean، SDNN و RMSSD) منجر شود. تغییرات مشاهده‌شده در شاخص‌های موردبررسی به‌صورت یکدست با همه عوامل محیطیِ موردمطالعه ارتباط معنادار نداشت. بین برخی از شاخص‌ها و مواجهه رانندگان با صدا ارتباط معناداری دیده شد. درحالی‌که این شاخص‌ها با ارتعاش ارتباط معناداری نداشتند. درمقابل، دسته دیگری از شاخص‌ها با ارتعاش در ارتباط بوده و ارتباط معناداری با صدا نداشتند. ازاین‌رو، می‌توان به‌عنوان یک نتیجه کلی ابراز کرد که مطالعه هم‌زمان هر دو دسته از شاخص‌های فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک برای شناسایی دقیق‌تر مکانیسم اثرگذاری عوامل محیطی بر عملکرد رانندگان ضروری است و پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده نیز هر دو دسته از شاخص‌ها بررسی شوند.

تشکر و قدردانی

این مقاله براساس نتایج طرح تحقیقاتی ثب شده در معاونت تحقیقات و فنّاوری دانشگاه علوم‌پزشکی همدان مستخرج شده و شایسته است از معاونت تحقیقات و فنّاوری دانشگاه علوم‌پزشکی همدان به خاطر تأمین منابع مالی این پژوهش تشکّر و قدردانی شود.

تضاد منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

مطالعه حاضر ازسوی کمیته اخلاق دانشگاه علوم‌پزشکی همدان با شناسه IR.UMSHA.REC.1396.879 موردتأیید قرار گرفته است.

سهم نویسندگان

مطالعه حاضر حاصل طراحی آقایان محسن علی آبادی و رستم گلمحمدی بوده است. جمع آوری داده ها توسط آقای محمد علیایی انجام شده است. تجزیه و تحلیل داده ها و تفسیر نهایی نتایج توسط آقایان جواد فردمال و محمد بابامیری صورت گرفته و نگارش مقاله توسط آقای رامین رحمانی انجام شده است. تمامی نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تایید نموده و مسئولیت پاسخگویی در تمام جنبه های پژوهش را پذیرفته اند.

مطالعه حاضر حاصل طراحی آقایان محسن علی آبادی و رستم گلمحمدی بوده است. جمع آوری داده ها توسط آقای محمد علیایی انجام شده است. تجزیه و تحلیل داده ها و تفسیر نهایی نتایج توسط آقایان جواد فردمال و محمد بابامیری صورت گرفته و نگارش مقاله توسط آقای رامین رحمانی انجام شده است. تمامی نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تایید نموده و مسئولیت پاسخگویی در تمام جنبه های پژوهش را پذیرفته اند.

حمایت مالی

این مطالعه با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فنّاوری دانشگاه علوم‌پزشکی همدان انجام شده است.

REFERENCES

1. Khanlari P, Khosravipour M, Abdi H, Rahmani R, Gharagozlou F. Factors affecting traffic accidents in kermanshah city taxi drivers-focusing on the role of fatigue and sleep Quality. *J Occup Hyg Eng*, 2022;9(3):143-52. DOI: 10.52547/johe.9.3.143
2. Rahmani R, Babakhani S, Ashouri M, Soltani E. Evaluating the quality of work life in urban taxi drivers: a case study in Northwest Iran. *J Occup Hyg Eng* 2023; 9(3), 143-52. DOI: 10.52547/johe.9.3.143
3. Rahmani R, Aliabadi M, Golmohammadi R, Babamiri M, Farhadian M. Evaluation of Cognitive Performance of City Bus Drivers with Respect to Noise and Vibration Exposure. *Acoustics Australia*. 2021;49(3):529-39. Link
4. Staal MA. Stress, cognition, and human performance: A literature review and conceptual framework. 2004. Link
5. Hilton MF, Staddon Z, Sheridan J, Whiteford HA. The impact of mental health symptoms on heavy goods vehicle drivers' performance. *Accident Analysis & Prevention*. 2009;41(3):453-61. PMID: 19393792 DOI: 10.1016/j.aap.2009.01.012
6. Ren Y-H. Analysis of Road Traffic Accident Caused by Human Error. *ICTIS 2013: Improving Multimodal Transportation Systems-Information, Safety, and Integration*. 2013. p. 547-52. DOI: 10.1061/9780784413036.073
7. Rahmani R, Aliabadi M, Golmohammadi R, Babamiri M, Farhadian M. Body physiological responses of city bus drivers subjected to noise and vibration exposure in working environment. *Heliyon*. 2022;8(8). PMID: 36060995 DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e10329
8. Ebrahimi K, Tajik R, Karami T, Rahimnejad S, Arghavani F. Evaluation of occupational noise exposure and general health of workers in industrial sites: A case study. *Work*. 2021;68(1):115-21. PMID: 33427714 DOI: 10.3233/WOR-203362
9. Leao S, Peerson A, Elkadi H, editors. Effects of exposure to traffic noise on health.*In Proceedings of the 5th Liveable Cities Conference: Working together to achieve*

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]

liveable cities. 2012. Link
10. Recio A, Linares C, Banegas JR, Díaz J. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: An integrative model of biological mechanisms. *Environmental research*. 2016;146:359-70. PMID: 26803214 DOI: 10.1016/j.envres.2015.12.036
11. Schlittmeier SJ, Feil A, Liebl A, Hellbrück J. The impact of road traffic noise on cognitive performance in attention-based tasks depends on noise level even within moderate-level ranges. *Noise & health*. 2015;17(76):148-57. PMID: 25913554 DOI: 10.4103/1463-1741.155845
12. Reimer B, Mehler B, Coughlin JF, Godfrey KM, Tan C, editors. An on-road assessment of the impact of cognitive workload on physiological arousal in young adult driveings of the *1st international conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications*; 2009. DOI: 10.1145/1620509.1620531
13. Aliabadi M, Darvishi E, Farhadian M, Rahmani R, Shafiee Motlagh M, Mahdavi N. An investigation of musculoskeletal discomforts among mining truck drivers with respect to human vibration and awkward body posture using random forest algorithm. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*. 2022;32(6):482-93. DOI: 10.1002/hfm.20965
14. Aliabadi M, Rahmani R, Darvishi E, Farhadian M, Shafiee Motlagh M, Mahdavi N. Experimental Study of Exposure to Human Vibration and Its Relationship with Physical Performance in Mining Equipment Operators. *Iranian Journal of Ergonomics*. 2021;9(3):39-54. Link
15. Azizan A, Fard M, Azari MF, Jazar R. Effects of vibration on occupant driving performance under simulated driving conditions. *Applied Ergonomics*. 2017;60:348-55. PMID: 28166895 DOI: 10.1016/j.apergo.2016.12.020
16. Bahrami F, Zandsalimi F, Rahmani R, Moradian Haft Cheshmeh Z. Study of Pain and Disabilities in Musculoskeletal System among Urban Bus Drivers with respect to Body Postures, Job Satisfaction, and Individuals Factors. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*. 2024;11(1):74-83. DOI: 10.32592/joohe.11.1.74
17. Hancock PA, Ross JM, Szalma JL. A meta-analysis of performance response under thermal stressors. *Human factors*. 2007;49(5):851-77. PMID: 17915603 DOI: 10.1518/001872007X230226
18. Wendy M. Troxel TH, Flavia Tsang, Carter C. Price. Evaluating the Impact of Whole-Body Vibration (WBV) on Fatigue and the Implications for Driver Safety. *RAND Health Q*; 2016. 9;5(4):6. PMID: 28083416
19. Morris DM. The cold driver: Driving performance under thermal stress: *Clemson University*; 2015. Link
20. Morris DM, Pilcher JJ. The cold driver: Cold stress while driving results in dangerous behavior. *Biological psychology*. 2016;120:149-55. PMID: 27697550 DOI: 10.1016/j.biopsycho.2016.09.011
21. Pilcher JJ, Nadler E, Busch C. Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics*. 2002;45(10):682-98. PMID: 12437852 DOI: 10.1080/00140130210158419
22. Holmér I, Hassi J, Ikäheimo TM, Jaakkola JJ. Cold stress: effects on performance and health. *Patty's Toxicology*. 2012. DOI: 10.1002/0471435139.tox097.pub2
23. Muller MD, Gunstad J, Alosco ML, Miller LA, Updegraff J, Spitznagel MB, et al. Acute cold exposure and cognitive function: evidence for sustained impairment. *Ergonomics*. 2012;55(7):792-8. PMID: 22506538 DOI: 10.1080/00140139.2012.665497
24. Mäkinen TM, Palinkas LA, Reeves DL, Pääkkönen T, Rintamäki H, Leppäluoto J, et al. Effect of repeated exposures to cold on cognitive performance in humans. Physiology & behavior. 2006;87(1):166-76. PMID: 16309719 DOI: 10.1016/j.physbeh.2005.09.015
25. Zamanian Z, Nikravesh A, Monazzam MR, Hassanzadeh J, Fararouei M. Short-term exposure with vibration and its effect on attention. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2014;12(1):135. PMID: 25419464 DOI: 10.1186/s40201-014-0135-1
26. Stamenković DD, Popović VM, Tirović MA. Operator's reaction time prolongation induced by whole-body vibration. *FME Transactions*. 2014;42(4):297-304. DOI: 10.5937/fmet1404297S
27. Kennedy RS, Lane NE, Berbaum KS, Lilienthal MG. Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*. 1993;3(3):203-20. DOI: 10.1207/s15327108ijap0303_3
28. Kim JA, Park Y-G, Cho K-H, Hong M-H, Han H-C, Choi Y-S, et al. Heart rate variability and obesity indices: emphasis on the response to noise and standing. *The Journal of the American Board of Family Practice*. 2005;18(2):97-103. PMID: 15798138 DOI: 10.3122/jabfm.18.2.97
29. Zeger SL, Liang K-Y, Albert PS. Models for longitudinal data: a generalized estimating equation approach. *Biometrics*. 1988; 44(4) :1049-60. PMID: 3233245
30. Stanton NA, Salmon PM. Human error taxonomies applied to driving: A generic driver error taxonomy and its implications for intelligent transport systems. *Safety Science*. 2009;47(2):227-37. Link
31. Rizi HAY, Dehghan H. Effects of occupational noise exposure on changes in blood pressure of workers. *ARYA Atherosclerosis*. 2013:183-6. Link
32. Wang Q, Li C, Guo Y, Barnett AG, Tong S, Phung D, et al. Environmental ambient temperature and blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment*. 2017;575:276-86. PMID: 27750133 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.019
33. Rahmani R, Aliabadi M, Golmohammadi R, Babamiri M, Farhadian M. Investigation of Job Stress among Urban Bus Drivers Concerning Daily Noise and Vibration Exposure. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*. 2023;10(3-7):167-78. DOI:10.32592/joohe.10.3.167
34. Fan Y, Liang J, Cao X, Pang L, Zhang J. Effects of noise exposure and mental workload on physiological responses during task execution. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(19):12434. PMID: 36231736 DOI: 10.3390/ijerph191912434
35. Liu W, Lian Z, Liu Y. Heart rate variability at different thermal comfort levels. *European journal of applied physiology*. 2008;103:361-6. PMID: 18351379 DOI: 10.1007/s00421-008-0718-6
36. Carrillo AE, Flouris AD, Herry CL, Poirier MP, Boulay P, Dervis S, et al. Heart rate variability during high heat stress: a comparison between young and older adults with and without Type 2 diabetes. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2016;311(4):R669-R75. PMID: 27511279 DOI: 10.1152/ajpregu.00176.2016
37. Walker ED, Brammer A, Cherniack MG, Laden F, Cavallari JM. Cardiovascular and stress responses to short-term noise exposures—A panel study in healthy males. *Environmental Research*. 2016;150:391-7. PMID: 27371930 DOI: 10.1016/j.envres.2016.06.016
38. Lorenzino M, D'Agostin F, Rigutti S, Bovenzi M, Fantoni C, Bregant L. Mood regulates the physiological response to whole-body vibration at low intensity. *Applied Ergonomics*. 2023;108:103956. PMID: 36577272 DOI: 10.1016/j.apergo.2022.103956
39. Parsons K. Thermal Environments. third edition, 2014
40. Faul F. Erdfelder E. Lang A. G and Buchner A. "G*Power 3:A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences" Behavior Research Methods 2007, 39 (2), 175-191.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-05-20]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.3.207]