DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1634 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 21, No. 4, Winter

Received: 10.04.2024 Accepted: 02.11.2024 Published: 05.01.2026

Prioritization and Weighting of Factors Affecting the Performance of the Hearing Protection Program with the Analytical Hierarchy Method in a Mining-Industrial Company

Farzaneh Behzadnia[1], Mohammadreza Ghotbi-Ravandi[2], Sajad Zare[2], Aida Tayebiyan[3], Moslem Mohammadi[4], Abbas Nazemi[5]

Original Article

Abstract

Background: Hearing protection programs are implemented to prevent and mitigate the progression of hearing loss resulting from noise exposure among workers. The benefits of implementing such programs directly contribute to maintaining and enhancing productivity levels, increasing work efficiency, reducing work-related accidents, as well as decreasing stress and fatigue associated with noise exposure. Therefore, this study was designed to prioritize and weigh factors affecting the performance of the hearing protection program using the analytical hierarchy process (AHP) method in the industry.

Methods: This was a cross-sectional, descriptive, and analytical study that was conducted in 2021. It examined 4 criteria, including feasibility, efficiency, cost, and process interference, and 12 options, including environmental noise pressure measurement, sound and iso-acoustic mapping with software, calculation of equivalent sound level based on ISO 9612 standard, assessment of workers' noise health risks, engineering control measures, managerial control measures, personal protective equipment (PPE) control measures, determination of workers' hearing loss through audiometry, determination of changes in standard hearing thresholds, employee training, drafting an industry hearing protection program document, and monitoring the scientific quality of results of employees' hearing loss measurements. Ultimately, the final prioritization and weighting of criteria and options were done by the AHP method and through Expert Choice and Excel software.

Findings: The level of disagreement in all cases was less than 10%, and the compatibility of responses was confirmed. Among the criteria and options, the feasibility criterion with a relative weight of 0.658 had the highest importance, and the process interference criterion with a relative weight of 0.057 had the least importance. Furthermore, among the options, the option of measuring environmental noise pressure level with a final weight of 0.189 had the highest priority, and the option of sound and iso-acoustic mapping with software ranked second. The option of assessing workers' noise health risks also obtained the third rank. Monitoring the scientific quality of results of employees' hearing loss measurements with a final weight of 0.017 was the least suitable option.

Conclusion: The applicability of the evaluation tool and the measurement of the environmental sound pressure level have a high priority in the evaluation of the hearing protection program. Moreover, this is a suitable tool for evaluating the performance of the hearing protection program in the industry.

Keywords: Sound; Hearing protection; Analytic hierarchy process, Industry

Citation: Behzadnia F, Ghotbi-Ravandi M, Zare S, Tayebiyan A, Mohammadi M, Nazemi A. **Prioritization and Weighting of Factors Affecting the Performance of the Hearing Protection Program with the Analytical Hierarchy Method in a Mining-Industrial Company.** J Health Syst Res 2026; 21(4): 516-24.

1- Student Research Committee, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran
2- Associate Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran
3- Assistant Professor, Department of Safety, Health, and Environmental Engineering, Kerman Institute of Higher Education, Kerman, Iran
4- PhD Candidate, Department of Occupational Health Engineering, School of Medicine, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
5- Department of Safety, Health and Environmental Engineering, Kerman Institute of Higher Education, Kerman, Iran
Corresponding Author: Sajad Zare; Associate Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran; Email: ss_zare87@yahoo.com

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-02-11]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1634]

DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1634 Published by Vesnu Publications

اولویت‌بندی و وزن‌دهی شاخص‌های مؤثر بر عملکرد برنامه حفاظت شنوایی با روش تحلیل سلسله مراتبی در یک شرکت معدنی– صنعتی

فرزانه بهزادنیا[۱]، محمدرضا قطبی راوندی[۲]، سجاد زارع[۲]، آیدا طیبیان[۳]، مسلم محمدی[۴]، عباس ناظمی[۵]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: برنامه حفاظت از شنوایی (Hearing conservation program یا HCP) به منظور جلوگیری از ایجاد و پیشرفت افت شنوایی ناشی از مواجهه با صدا در کارگران انجام می‌شود. مزایای اجرای این برنامه برای کارفرمایان شامل حفظ و ارتقای سطح تولید، افزایش بازده کار و کاهش حوادث ناشی از کار می‌باشد. علاوه بر این، استرس و خستگی ناشی از مواجهه با صدا نیز کاهش خواهد یافت. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف اولویت‌بندی و وزن‌دهی شاخص‌های مؤثر بر عملکرد HCP با روش تحلیل سلسله مراتبی (Analytic hierarchy process یا AHP) در صنعت طراحی شد.

روش‌ها: این مطالعه از نوع مقطعی- توصیفی- تحلیلی بود که در سال ۱۴۰۱ انجام گردید. چهار معیار شامل «قابلیت اجرایی، کارایی، هزینه، تداخل در فرایند» و ۱۲ گزینه شامل «اندازه‌گیری تراز فشار صدای محیطی، ترسیم نقشه صوتی و ایزوسونیک در نرم‌افزار، محاسبه تراز صدای معادل بر اساس استاندارد ISO ۹۶۱۲، ارزیابی خطر بهداشتی صدای کارکنان، اقدامات کنترل مهندسی، اقدامات کنترل مدیریتی، اقدامات کنترل وسایل حفاظت فردی، تعیین افت شنوایی کارکنان از طریق ادیومتری، تعیین تغییرات آستانه شنوایی استاندارد، آموزش کارکنان، تدوین سند برنامه حفاظت شنوایی صنعت، پایش کیفیت علمی نتایج اندازه‌گیری افت شنوایی کارکنان» مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت، اولویت‌بندی و وزن‌دهی نهایی معیارها و گزینه‌ها به روش AHP و در نرم‌افزارهای Expert Choice و Excel تحلیل گردید.

یافته‌ها: میزان نرخ ناسازگاری در تمام موارد کمتر از ۱۰ درصد بود و سازگاری پاسخ‌ها مورد تأیید قرار گرفت. بین معیارها و گزینه‌ها، «قابلیت اجرایی» با وزن نسبی ۰/۶۵۸ و «تداخل در فرایند» با وزن نسبی ۰/۰۵۷ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین اهمیت بود. از بین گزینه‌ها نیز «اندازه‌گیری تراز فشار صدای محیطی با وزن نهایی ۰/۱۸۹، بالاترین اولویت و «ترسیم نقشه صوتی و ایزوسونیک با نرم‌افزار» رتبه دوم را به خود اختصاص داد. «ارزیابی خطر بهداشتی صدای کارکنان» نیز رتبه سوم را کسب کرد. پایش کیفیت علمی نتایج اندازه‌گیری افت شنوایی کارکنان با وزن نهایی ۰/۰۱۷، نامناسب‌ترین گزینه بود.

نتیجه‌گیری: قابلیت اجرایی بودن ابزار ارزیابی و اندازه‌گیری تراز فشار صدای محیطی در ارزیابی HCP، اولویت بالایی دارند. همچنین، این ابزار، ابزار مناسبی جهت ارزیابی قرار دادن عملکرد برنامه حفاظت شنوایی در صنعت به شمار می‌رود.

واژه‌های کلیدی: صدا؛ حفاظت شنوایی؛ تحلیل سلسله مراتبی؛ صنعت

ارجاع: بهزادنیا فرزانه، قطبی راوندی محمدرضا، زارع سجاد، طیبیان آیدا، محمدی مسلم، ناظمی عباس. **اولویت‌بندی و وزن‌دهی شاخص‌های مؤثر بر عملکرد برنامه حفاظت شنوایی با روش تحلیل سلسله مراتبی در یک شرکت معدنی- صنعتی.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۴؛ ۲۱ (۴): ۵۲۴-۵۱۶

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱/۲۲ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۸/۱۲ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵

مقدمه

صدا جزء امواج نامنظمی است که ناخوشایند و ناخواسته و عموماً اجتناب‌ناپذیر است و بین دامنه‌های فشار، فرکانس و طول موج آن ارتباط معنی‌داری وجود ندارد و در صنعت به فراوانی از این نوع صداها تولید و منتشر می‌گردد (۱). صدا به عنوان رایج‌ترین و شایع‌ترین عامل زیان‌آور محیط کار در دنیا محسوب می‌شود. پیشرفت علم و صنعت در تمام زمینه‌ها و کاربرد وسیع ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی، منجر به افزایش قابل ملاحظه صدا در محیط کار شده که این امر باعث شده است که بسیاری از کارگران به ویژه کارگران بخش صنعت، هرچه بیشتر تحت تأثیر این عامل قرار گیرند (۲). برآورد می‌گردد که بیش از ۶۰ میلیون نفر در جهان با صدای بیش از حد مجاز (۸۵ دسی‌بل) در محیط کار خود مواجهه دارند (۳). صدای بیش از حد مجاز، سبب بروز عوارض فیزیولوژیک

۱- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
۳- استادیار، گروه مهندسی ایمنی، بهداشت، محیط زیست، مؤسسه آموزش عالی کرمان، کرمان، ایران
۴- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۵- کارشناس ارشد، گروه مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست، مؤسسه آموزش عالی کرمان، کرمان، ایران
نویسنده مسؤول: سجاد زارع؛ دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
Email: ss_zare87@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-02-11]
[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1634]

مانند پرفشاری خون، تولید آدرنالین، افزایش احتمال حمله قلبی و تغییرات در تعداد تنفس و مقدار اکسیژن مصرفی، تأثیر بر سیستم شنوایی و افزایش فعالیت‌های معده‌ای- روده‌ای و سایر عوارض روانی، اجتماعی و اقتصادی می‌شود و بر کارایی و راندمان افراد مواجهه یافته تأثیر می‌گذارد. همچنین، باعث ایجاد مزاحمت در ارتباطات کلامی و درک علایم هشدار دهنده می‌شود و بر ایمنی و عملکرد افراد تأثیر می‌گذارد (۴). در محیط‌های صنعتی، بروز غیبت‌های استعلاجی، اظهار خستگی افراد به همراه رنج وسیعی از دیگر شاخص‌های سلامت فیزیکی، همگی می‌توانند به مواجهه با صدا مرتبط باشند. پاسخ‌های روان‌شناختی مرتبط با صدا نیز به ویژه در یک محیط مملو از استرس، می‌توانند عوارض خاص خود را بر سلامت روان افراد داشته باشند. همچنین، صدا بر کیفیت و کمیت خواب انسان تأثیرگذار است (۵). مهم‌ترین آسیب ناشی از صدا، افت شنوایی ناشی از صدا (Noise-induced hearing loss یا NIHL) می‌باشد (۶). سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization یا WHO) برآورد کرده است که بیش از ۱۲ درصد جمعیت جهان در معرض افت شنوایی ناشی از صدا قرار دارند (۳). این عارضه پس از پیرگوشی، شایع‌ترین علت افت شنوایی در بزرگسالان به شمار می‌رود. کری ناشی از سر و صدا از نوع حسی- عصبی و قابل پیشگیری می‌باشد، اما در صورتی که ایجاد شود، قابل درمان و برگشت‌پذیر نیست. افت شنوایی ناشی از صدا را می‌توان به دو افت موقت (Temporary threshold shift یا TTS) و افت دایم یا ماندگار (Permanent threshold shift یا PTS) تقسیم نمود (۶).

مهم‌ترین راهکار، کنترل صدا در مرحله طراحی فرایند می‌باشد، اما در حال حاضر با وجود تعداد زیاد مجتمع‌های در حال بهره‌برداری، در عمل این راهکار امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین، راهکار مفید، استفاده از اقدامات کنترلی مهندسی در کنار الزام به استفاده از وسایل حفاظت شنوایی تحت عنوان «برنامه حفاظت شنوایی (Hearing conservation program یا HCP)» می‌باشد (۷). به منظور کنترل آلودگی صوتی که امروزه بسیار مهم است، اندازه‌گیری تراز فشار صوتی و مقایسه آن با استاندارد که برابر ۸۵ دسی‌بل به ازای هشت ساعت کاری روزانه است، امر مهمی تلقی می‌شود (۸). تعیین میزان مواجهه صوتی شغلی و افت دایم شنوایی صدا با توجه به شاخص‌هایی همچون سن و سابقه کاری، نوع صوت، زمان تداوم، آنالیز فرکانس صوت، تعداد کارگران، شیفت کاری و تعداد روزهای کاری از دست رفته بررسی می‌شود (۹).

طبق قوانین Occupational Safety and Health Administration (OSHA)، کارفرمایان باید کلیه تمهیدات فنی و مهندسی را جهت حذف یا کاهش صوت در محیط کار انجام دهند و چنانچه باز هم سر و صدای غیر مجاز در محیط باقی ماند، لوازم حفاظت شنوایی را تهیه نمایند و در اختیار کارگران قرار دهند و در خصوص استفاده صحیح از این وسایل به آن‌ها آموزش دهند. با وجود این که استفاده از گوشی‌های محافظ، آخرین خط محافظت از کارگران در برابر سر و صدای غیر مجاز محیط کار می‌باشد، در عمل در بسیاری موارد به دلیل پرهزینه بودن سایر روش‌ها، به عنوان راه اصلی محافظت از سیستم شنوایی کارگران قلمداد می‌شود (۱۰). اجرای HCP مستلزم کار تیمی بین متخصصان مختلف مانند ادیولوژیست‌ها، کارشناسان بهداشت حرفه‌ای، پزشکان، مهندسان آکوستیک و مدیران صنعت است (۱۱). طبق استاندارد ایران، حد مجاز مواجهه شغلی با صدا بر مبنای تراز معادل فشار صوت برای هشت ساعت کار روزانه، ۸۵ دسی‌بل و حد مراقبت برای انجام HCP، ۸۲ دسی‌بل می‌باشد. برای انجام HCP، اندازه‌گیری مواجهه کارگر با صدا، آموزش و نظارت استفاده از وسایل حفاظت شنوایی کارگران و آزمایش شنوایی‌سنجی در مواقعی که کارگران در مواجهه با صدای بیش از حد مراقبت (۸۲ دسی‌بل) قرار دارند، الزامی است (۱۲).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Analytic hierarchy process یا AHP) به عنوان روشی کارامد با فرموله کردن مسأله به صورت سلسله مراتبی، در نظر گرفتن شاخص‌های کیفی و کمی، کاربردی بودن روش برای افراد متخصص، ادغام نظرات متفاوت و تعیین گزینه نهایی، استفاده وسیع در حل مسایل، امکان مشارکت گروهی در تصمیم‌گیری، محاسبه نرخ سازگاری نظرات و سهولت کار بر مبنای مقایسات زوجی نقش بسزایی دارد (۱۳).

نتایج پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که اجرای برنامه‌های مؤثر جهت حفاظت از شنوایی کارگران در محیط کار (برنامه‌های پیشگیری از کاهش شنوایی) برای کارفرمایان دارای مزایای بی‌شماری است. به عنوان مثال، Kirchner و همکاران گزارش کردند که اجرای HCP، موجب کاهش غیبت کارگران از کار می‌گردد (۱۴). نتایج مطالعه Helfer و همکاران نشان داد که پس از معرفی HCP به کارگران، میزان صدمات آن‌ها در محل کار کاهش یافت (۱۵). علاوه بر این، اثرات مضر غیر شنیداری ناشی از مواجهه با صدا مانند کاهش بهره‌وری کارگران در محیط‌های پرصدا نیز در تحقیقات صورت گرفته در این زمینه به اثبات رسیده است (۱۷، ۱۶). حفاظت مؤثر از شنوایی کارگران برای کارفرمایان به لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه خواهد بود؛ چرا که در این صورت آن‌ها با ادعاهای کمتری نسبت به کاهش شنوایی ناشی از صدا NIHL مواجه خواهند شد و در نهایت، مقدار هزینه پرداختی آن‌ها برای جبران خسارت کاهش خواهد یافت (۱۹، ۱۸). از آن‌جایی که سر و صدای غیر مجاز در محیط کار بر عملکرد شنوایی شاغلان تأثیر بسزایی از لحاظ سلامت جسمی و روحی می‌گذارد، هدف از انجام پژوهش حاضر، اولویت‌بندی و وزن‌دهی شاخص‌های مؤثر بر عملکرد HCP با استفاده از روش AHP و در نتیجه، کاهش بیماری‌های شغلی از جمله افت شنوایی ناشی از صدا بود.

روش‌ها

طراحی: این مطالعه جهت اولویت‌بندی و وزن‌دهی شاخص‌های مؤثر بر عملکرد HCP با روش AHP در یک شرکت معدنی- صنعتی در جنوب شرق ایران در سال ۱۴۰۱انجام شد. جهت اولویت‌بندی و وزن‌دهی شاخص‌های مؤثر بر عملکرد HCP با استفاده از فرایند AHP، چهار معیار شامل «قابلیت اجرایی، کارایی، هزینه، تداخل در فرایند» و ۱۲ گزینه شامل «اندازه‌گیری تراز فشار صدای محیطی، ترسیم نقشه صوتی و ایزوسونیک با نرم‌افزار، محاسبه تراز صدای معادل بر اساس استاندارد ISO ۹۶۱۲، ارزیابی خطر بهداشتی صدای کارکنان، اقدامات کنترل مهندسی، اقدامات کنترل مدیریتی، اقدامات کنترل وسایل حفاظت فردی، تعیین افت شنوایی کارکنان از طریق ادیومتری، تعیین تغییرات آستانه شنوایی استاندارد، آموزش کارکنان، تدوین سند HCP صنعت، پایش کیفیت علمی نتایج اندازه‌گیری افت شنوایی کارکنان» استفاده شد.

AHP: این روش هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبه‌رو است، استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و کیفی باشد. اساس این روش تصمیم‌گیری، بر مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتبی تصمیم آغاز می‌کند. درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد

https://hsr.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-02-11]
[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1634]

ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از شاخص‌ها را در راستای گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم نشان می‌دهد. در نهایت منطق AHP به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه به دست آید (۲۱، ۲۰).

مراحل اولویت‌بندی با استفاده از AHP در ادامه آمده است.

- تجزیه مسأله مورد نظر به صورت تشکیل ساختار سلسله مراتبی
- تعیین ضرایب اهمیت معیارها و زیرمعیارها و گزینه‌ها
- نرمال‌سازی ماتریس مقایسات زوجی با تقسیم مقادیر هر ستون به مجموع ستون
- محاسبه وزن‌های نسبی عناصر با تعیین مقادیر متوسط عناصر هر سطر از ماتریس نرمالیزه
- محاسبه میزان سازگاری ماتریس‌ها
- محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها بر اساس معیارهای مطالعه

محاسبه وزن نهایی با ادغام وزن‌های نسبی از طریق مجموع حاصل‌ضرب وزن هر معیار در وزن گزینه مربوط به آن معیار به دست می‌آید و در نهایت، گزینه‌ها با استفاده از مقایسات زوجی ماتریس‌ها و عملیات ریاضی اولویت‌بندی می‌شوند و گزینه برتر مشخص خواهد شد (۲۴-۲۲).

مراحل اجرای AHP

گام اول: تشکیل درخت سلسله مراتبی (مدل‌سازی)

مدل سازی در این قدم، مسأله و هدف تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط می‌باشند، درآورده می‌شود. عناصر تصمیم شامل «شاخص‌های تصمیم‌گیری» و «گزینه‌های تصمیم» می‌باشد. AHP نیازمند شکستن یک مسأله با چندین شاخص به سلسله مراتبی از سطوح است. سطح بالا بیان‌کننده هدف اصلی فرایند تصمیم‌گیری و سطح دوم، نشان دهنده شاخص‌های عمده و اساسی که ممکن است به شاخص‌های فرعی و جزیی‌تر در سطح بعدی شکسته شود»، می‌باشد. سطح آخر گزینه‌های تصمیم را ارایه می‌کند.

در این روش، هدف مسأله در بالاترین مرحله قرار می‌گیرد و در مرحله بعد، معیارها و در پایین آن زیرمعیارها (در صورت انتخاب زیرمعیار برای معیارهای مورد بررسی) و در انتها نیز گزینه‌های تصمیم‌گیری قرار دارد.

مهم‌ترین وظیفه تصمیم گیرندگان، تعیین شاخص‌های اختصاصی (گزینه‌ها و معیارهای مسأله مورد نظر و در صورت نیاز استفاده از زیرمعیارها) در ساختار AHP می‌باشد. از آن‌جا که کارایی و اثربخشی و صحت و پذیرش نتایج اولویت‌بندی، به میزان قابل توجهی تحت تأثیر گزینه‌ها و معیارهای ارزیابی قرار دارد، اطلاعات کافی جهت ارایه صحیح مسأله باید در نظر گرفته شود (۲۵-۲۳).

گام دوم: مقایسات زوجی

مقایسه دو به دویی گزینه‌ها بر اساس هدف مشخص شده و مقایسه گزینه‌ها نیز با توجه به معیارهای مشخص شده با توجه به اعداد پیشنهادی ساعتی (۲۱) (جدول ۱) توسط کارشناسان خبره انجام می‌شود.

در نهایت، بر اساس مقایسه زوجی، ارجحیت گزینه‌ها و معیارها نسبت به عنصر مربوطه خود در ماتریس به صورت وزن‌دهی مشخص می‌گردد (۲۶).

ماتریس تصمیم شامل ارزیابی‌های هر گزینه با توجه به معیار تصمیم‌گیری است. اگر مسأله تصمیم‌گیری، دربرگیرنده n معیار و m گزینه باشد، ماتریس تصمیم به صورت رابطه ۱ می‌باشد (۲۷).

رابطه ۱

$$D = \begin{bmatrix} d11 & d12 & d1n \\ d21 & d22 & d2n \\ dm1 & dm2 & dmn \end{bmatrix}$$

جدول ۱. امتیازدهی مقایسات زوجی

درجه ارجحیت در مقایسه زوجی	مقدار عددی
ترجیحاً مساوی	۱
ترجیحاً مساوی تا متوسط	۲
ترجیحاً متوسط	۳
ترجیحاً متوسط تا قوی	٤
ترجیحاً قوی	٥
ترجیحاً قوی تا خیلی قوی	٦
ترجیحاً خیلی قوی	۷
ترجیحاً خیلی قوی تا بی نهایت قوی	۸
ترجیحاً بی نهایت قوی	۹

در صورت اهمیت تقارن از معکوس اعداد فوق استفاده شود.

به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم، در این مرحله باید وزن نسبی هر عنصر را در وزن عناصر بالاتر ضرب کرد تا وزن نهایی آن به دست آید. با انجام این مرحله برای هر گزینه، مقدار وزن نهایی حاصل می‌شود (۲۱).

گام سوم: محاسبات وزن‌های نسبی (استخراج وزن‌ها از ماتریس تصمیم)

تعیین وزن «عناصر تصمیم» نسبت به هم از طریق مجموعه‌ای از محاسبات عددی، قدم بعدی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام محاسبات لازم برای تعیین اولویت هر یک از عناصر تصمیم با استفاده از اطلاعات ماتریس‌های مقایسات زوجی است. خلاصه عملیات ریاضی در این مرحله در ادامه آمده است (۳۰-۲۸).

مجموع اعداد هر ستون از ماتریس مقایسات زوجی محاسبه و سپس هر عنصر ستون بر مجموع اعداد آن ستون تقسیم می‌گردد. ماتریس جدیدی که به این صورت بدست می‌آید، «ماتریس مقایسات نرمال شده» نامیده می‌شود.

میانگین اعداد هر سطر از ماتریس مقایسات نرمال شده محاسبه می‌شود. این میانگین وزن نسبی عناصر تصمیم با سطرهای ماتریس را ارایه می‌کند (۲۹).

رابطه ۲

$$\begin{bmatrix} a11 & a12 & a1n \\ a21 & a22 & a2n \\ an1 & an2 & ann \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w1/w1 & w1/w2 & w1/wn \\ w2/w1 & w2/w2 & w2/wn \\ wn/w1 & wn/w2 & wn/wn \end{bmatrix}$$

در ماتریس مقایسات، a_{ij} به عنوان درجه ترجیح معیار iام بر معیار jام تفسیر می‌شود. وزن معیارها هنگامی که از طریق مقایسات زوجی حاصل شود، قابل اعتمادتر از مقایسه مستقیم آن‌هاست؛ چرا که مقایسه بین دو ویژگی، آسان‌تر از یک تخصیص وزن کلی است، اما در پژوهش حاضر به دلیل حجم زیاد مقایسات زوجی و در نتیجه، خستگی و بی‌دقتی تصمیم گیرندگان که باعث عدم اعتبار نظرات می‌گردد و از طرف دیگر، ملموس و واضح بودن معیارها در ذهن تصمیم گیرنده، از روش مقایسه مستقیم معیارهای هم‌گروه استفاده گردید (۳۰، ۲۷، ۲۱).

https://hsr.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-02-11]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1634]

گام چهارم: سازگاری در قضاوت‌ها

تقریباً تمامی محاسبات مربوط به فرایند AHP بر اساس قضاوت اولیه تصمیم گیرنده که در قالب ماتریس مقایسات زوجی ظاهر می‌شود، صورت می‌پذیرد و هرگونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها نتیجه نهایی به دست آمده از محاسبات را مخدوش می‌سازد. نرخ ناسازگاری که در ادامه نحوه محاسبه آن آمده است، وسیله‌ای است که سازگاری را مشخص می‌کند و نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد. به عنوان مثال، اگر گزینه A نسبت به B مهم‌تر (ارزش ترجیحی ۵) و B نسبتاً مهم‌تر (ارزش ترجیحی ۳) باشد، آنگاه باید انتظار داشت A نسبت به C خیلی مهم‌تر (ارزش ترجیحی ۷ یا بیشتر) ارزیابی گردد و یا اگر ارزش ترجیحی A نسبت به B، ۲ و B نسبت به C، ۳ باشد، آنگاه ارزش A نسبت به C باید ارزش ترجیحی ۴ را ارایه کند. شاید مقایسه دو گزینه امر ساده‌ای باشد، اما هنگامی که تعداد مقایسات افزایش یابد، اطمینان از سازگاری مقایسات به راحتی میسر نیست و باید با به کارگیری نرخ سازگاری به این اعتماد دست یافت. تجربه نشان داده است که اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱۰ باشد، سازگاری مقایسات قابل قبول است و در غیر این صورت مقایسه‌ها باید تجدید نظر شود (۲۸).

برای محاسبه نرخ ناسازگاری مراحلی به کار گرفته می‌شود (۲۹، ۲۸) که در ادامه آمده است.

مرحله ۱. محاسبه بردار مجموع وزنی: ماتریس مقایسات زوجی در بردار ستونی «وزن نسبی» ضرب می‌گردد و بردار جدیدی که به این طریق به دست می‌آید، بردار مجموع وزنی نامیده می‌شود.

مرحله ۲. محاسبه بردار سازگاری: عناصر بردار مجموع وزنی بر بردار اولویت نسبی تقسیم می‌گردد. بردار حاصل بردار سازگاری نامیده می‌شود.

مرحله ۳. به دست آوردن λmax: میانگین عناصر برداری سازگاری λmax را ارایه می‌نماید.

مرحله ۴. محاسبه شاخص سازگاری: شاخص سازگاری به صورت رابطه ۳ تعریف می‌شود که در آن n تعداد گزینه‌های موجود در مسأله است و هرچه این شاخص ناسازگاری به صفر نزدیک‌تر باشد، سازگاری بیشتر خواهد بود.

$$CI = \frac{\lambda max - n}{n-1}$$ رابطه ۳

اگر تساوی $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$ برای همه معیارها برقرار باشد، سازگاری مقایسات تضمین می‌گردد. برای پذیرفتن سازگاری نتایج AHP، شاخص مربوطه باید کمتر از ۰/۱۰ به دست آید و اگر چنین نباشد، تصمیم گیرنده باید به مراحل ۲ و ۳ بازگردد و ارزیابی‌ها و مقایسات را مجدد انجام دهد (۲۷، ۲۱).

مرحله ۵. محاسبه نسبت سازگاری: نسبت سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفی به دست می‌آید (رابطه ۴). نسبت سازگاری ۰/۱ یا کمتر، سازگاری در مقایسات را بیان می‌کند.

$$CR = \frac{CI}{CR}$$ رابطه ۴

شاخص تصادفی از جدول ۲ استخراج می‌شود.

گام پنجم: نرمال‌سازی ماتریس مقایسات

قبل از هرگونه محاسبه بردارهای وزن، ماتریس مقایسات باید نرمال شود و درایه‌های هر ستون باید بر مجموع درایه‌های ستون متناظرشان تقسیم شود. در این صورت، یک ماتریس نرمال شده حاصل می‌گردد که در آن مجموع درایه‌های هر بردار ستونی ۱ است.

جدول ۲. شاخص تصادفی

N	شاخص تصادفی
۱	۰
۲	۰
۳	۰/۵۸
٤	۰/۹۰
٥	۱/۱۲
٦	۱/۲٤
۷	۱/۳۲
۸	۱/٤۱
۹	۱/٤٥
۱۰	۱/٥۱

گام ششم: محاسبه وزن یا اولویت‌بندی نهایی هر گزینه

در این مرحله، به محاسبه مقادیر ویژه ماتریس نیاز است؛ چرا که این مقادیر، وزن‌های نسبی معیارها را خواهد داد. این رویه در ریاضیات معمول است. به هر حال، از نرم‌افزار Expert Choice استفاده گردید که یک ابزار پشتیبانی تصمیم چند هدفه است. وزن‌های نسبی به دست آمده در مرحله سوم باید بررسی شوند (رابطه ۵). در رابطه ۵، A ماتریس مقایسات زوجی، W بردار ویژه و λ_{max} بزرگ‌ترین مقدار ویژه را نشان می‌دهد. اگر در سطوح بالاتر سلسله مراتب عناصری وجود دارند، بردار وزن به دست آمده، در ضرایب وزنی عناصر سطوح بالاتر ضرب می‌شود تا هنگامی که به رأس سلسله مراتبی برسیم. گزینه‌ای که بالاترین ارزش ضریب وزنی را دارد، باید به عنوان بهترین گزینه انتخاب گردد.

$$A.W = \lambda max.W$$ رابطه ۵

طراحی پرسش‌نامه با استفاده از AHP

ابتدا لیستی از تمام معیارها و گزینه‌ها (جدول ۳) بر اساس دستورالعمل‌های پیشنهادی OSHA تهیه گردید. سپس لیست مذکور در قالب پرسش‌نامه طراحی و در نهایت، ۴ معیار و ۱۲ گزینه برای انجام انتخاب شد. معیارهای این برنامه دربردارنده مواردی همچون قابلیت اجرایی، کارایی، هزینه و تداخل در فرایند می‌باشد. همچنین، گزینه‌های پیشنهادی شامل موارد ارایه شده در جدول ۳، غربال و انتخاب و بر اساس اهداف، معیارها و گزینه‌ها به روش Delphi توسط ۵۰ نفر از کارشناسان خبره رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای تهیه گردید و سپس پرسش‌نامه AHP طراحی و سرانجام تکمیل گردید.

در نهایت، اولویت‌بندی و وزن‌دهی نهایی معیارها و گزینه‌ها به روش AHP و از طریق نرم‌افزارهای Expert Choice نسخه ۱۱ و Excel انجام شد.

یافته‌ها

در این بخش، نتایج حاصل از اولویت‌بندی و وزن‌دهی شاخص‌های مؤثر بر عملکرد برنامه حفاظت شنوایی در صنعت ارایه شده است.

https://hsr.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-02-11]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1634]

جدول ۳. گزینه‌های مؤثر بر عملکرد برنامه حفاظت شنوایی (HCP) Hearing conservation program

گزینه	نماد
اندازه‌گیری تراز فشار صدای محیطی	A
ترسیم نقشه صوتی و ایزوسونیک با نرم‌افزار	B
محاسبه تراز صدای معادل بر اساس استاندارد ISO 9612	C
ارزیابی خطر بهداشتی صدای کارکنان	D
اقدامات کنترل مهندسی	E
اقدامات کنترل مدیریتی	F
اقدامات کنترل وسایل حفاظت فردی	G
تعیین افت شنوایی کارکنان از طریق ادیومتری	H
تعیین تغییرات آستانه شنوایی استاندارد	I
آموزش کارکنان	J
تدوین سند برنامه حفاظت شنوایی صنعت	K
پایش کیفیت علمی نتایج اندازه‌گیری افت شنوایی کارکنان	L

محاسبه وزن نسبی معیارهای اصلی پژوهش

جدول ۴ میزان اهمیت هر یک از معیارهای اصلی را بر اساس وزن آن‌ها نشان می‌دهد. بر این اساس، از میان معیارهای اصلی، «قابلیت اجرایی» بیشترین اهمیت را داشت و کارایی، هزینه و تداخل در فرایند در رتبه‌های بعدی قرار گرفت.

محاسبه وزن نسبی گزینه‌های پژوهش نسبت به معیارها: پس از محاسبه وزن معیارهای مطالعه، باید به محاسبه وزن نسبی گزینه‌های پژوهش نسبت به معیارها پرداخت. برای محاسبه وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به معیارهای پژوهش، باید ابتدا ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها را نسبت به معیارها تشکیل داد و در نهایت، در صورت سازگاری پرسش‌نامه‌های مقایسه زوجی، به انجام سایر محاسبات پرداخته شود. از این‌رو، ابتدا ماتریس اولیه مقایسات زوجی بر اساس چهار معیار «قابلیت اجرایی، کارایی، هزینه و تداخل در فرایند» انجام شد و در قالب جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۴. وزن معیارهای اصلی تحقیق

معیار	وزن عوامل
قابلیت اجرایی	۰/۶۵۸
کارایی	۰/۲۲۹
هزینه	۰/۰۵۷
تداخل در فرایند	۰/۰۵۷

وزن و ترتیب اهمیت گزینه‌های پژوهش: بر اساس شکل ۱، گزینه A (اندازه‌گیری تراز فشار صدای محیطی) با وزن ۰/۱۸۹دارای رتبه اول و گزینه L (پایش کیفیت علمی نتایج اندازه‌گیری افت شنوایی کارکنان) با وزن ۰/۰۱۷رتبه آخر را بین گزینه‌های پیشنهادی کسب کردند. گزینه B (ترسیم نقشه صوتی و ایزوسونیک با نرم‌افزار) نیز با وزن ۰/۱۸۰ رتبه دوم را به خود اختصاص داد. گزینه D (ارزیابی خطر بهداشتی صدای کارکنان) نیزبا وزن ۰/۱۳۲ رتبه سوم را کسب کرد.

بحث

پژوهش حاضر با هدف اولویت‌بندی و وزن‌دهی شاخص‌های مؤثر بر عملکرد HCP در صنعت با استفاده از فرایند AHP اجرا گردید. بدین منظور، از یک فرایند سیستماتیک و علمی استفاده گردید. نتیجه محاسبات میزان سازگاری معیار و گزینه‌ها نشان داد که میزان سازگاری در تمام موارد کمتر از ۱۰ درصد و و در نتیجه، اولویت‌بندی مقایسه زوجی ماتریس‌ها قابل قبول بود و سازگاری پاسخ‌ها مورد تأیید می‌باشد و می‌توان به ضرایب اختصاص داده شده اعتماد نمود و مقایسه‌های زوجی را به دست آورد.

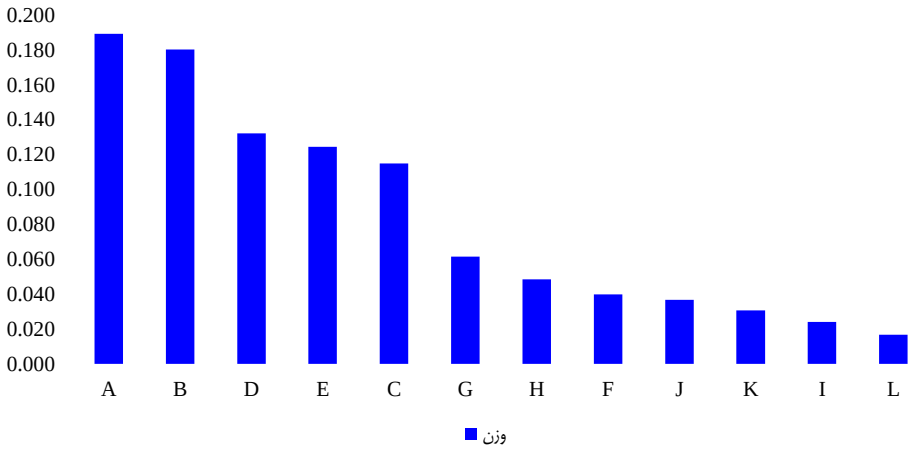
جدول ۵. وزن نسبی هر یک از گزینه‌های پژوهش نسبت به هر یک از معیارها

گزینه	وزن گزینه‌ها بر اساس معیارها			
	قابلیت اجرایی	کارایی	هزینه	تداخل در فرایند
اندازه‌گیری تراز فشار صدای محیطی	۰/۲۰۲	۰/۱۷٤	۰/۰٤۲	۰/۲۵۱
ترسیم نقشه صوتی و ایزوسونیک با نرم‌افزار	۰/۲۳۵	۰/۰۷۹	۰/۱۲۱	۰/۰۲۱
محاسبه تراز صدای معادل براساس استاندارد ISO 9612	۰/۱۳۱	۰/۰۸٦	۰/۱۰۸	۰/۰۵۷
ارزیابی خطر بهداشتی صدای کارکنان	۰/۱٤۰	۰/۰۹٦	۰/۱۲۹	۰/۱۹۱
اقدامات کنترل مهندسی	۰/۰۷۵	۰/۲۹۲	۰/۰۱۱	۰/۱۳٦
اقدامات کنترل مدیریتی	۰/۰۳۰	۰/۰۳٦	۰/۱۲۷	۰/۰۷۹
اقدامات کنترل وسایل حفاظت فردی	۰/۰۵٦	۰/۰۹۷	۰/۰۳۲	۰/۰۱۵
تعیین افت شنوایی کارکنان از طریق ادیومتری	۰/۰۵٤	۰/۰٤٤	۰/۰۲۰	۰/۰۳۸
تعیین تغییرات آستانه شنوایی استاندارد	۰/۰۱۹	۰/۰۱٦	۰/۰٦۳	۰/۰۷٦
آموزش کارکنان	۰/۰۳٤	۰/۰٤۷	۰/۰۲۵	۰/۰٤۳
تدوین سند برنامه حفاظت شنوایی صنعت	۰/۰۱٤	۰/۰۱٦	۰/۲۵۸	۰/۰۵٦
پایش کیفیت علمی نتایج اندازه‌گیری افت شنوایی کارکنان	۰/۰۱۱	۰/۰۱۷	۰/۰٦۳	۰/۰۳۵

https://hsr.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-02-11]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1634]



شکل ۱. وزن و ترتیب نهایی گزینه‌های پژوهش

بر اساس داده‌های جدول ۵، از نظر معیار قابلیت اجرایی، گزینه ترسیم نقشه صوتی و ایزوسونیک با نرم‌افزار با وزن ۰/۲۳۵ رتبه اول، از نظر معیار کارایی، اقدامات کنترل مهندسی با وزن ۰/۲۹۲ رتبه اول و از نظر معیار هزینه، گزینه تدوین سند برنامه حفاظت شنوایی صنعت با وزن ۰/۰۲۶ رتبه اول و همچنین، از نظر معیار تداخل در فرایند، گزینه اندازه‌گیری تراز فشار صدای محیطی با وزن ۰/۲۵۱ رتبه اول را به خود اختصاص داد.

وزن و ترتیب اهمیت گزینه‌های پژوهش به ترتیب شامل اندازه‌گیری تراز فشار صدای محیطی (A) با وزن ۰/۱۸۹، ترسیم نقشه صوتی و ایزوسونیک با نرم‌افزار (B) با وزن ۰/۱۸۰، ارزیابی خطر بهداشتی صدای کارکنان (D) با وزن ۰/۱۳۲، اقدامات کنترل مهندسی (E) با وزن ۰/۱۲۵، محاسبه تراز صدای معادل بر اساس استاندارد ISO 9612 (C) با وزن ۰/۱۱۵، اقدامات کنترل وسایل حفاظت فردی (G) با وزن ۰/۰۶۲، تعیین افت شنوایی کارکنان از طریق ادیومتری (H) با وزن ۰/۰۴۹، اقدامات کنترل مدیریتی (F) با وزن ۰/۰۴۰، آموزش کارکنان (J) با وزن ۰/۰۳۷، تدوین سند برنامه حفاظت شنوایی صنعت (K) با وزن ۰/۰۳۱، تعیین تغییرات آستانه شنوایی استاندارد (I) با وزن ۰/۰۲۴، پایش کیفیت علمی نتایج اندازه‌گیری افت شنوایی کارکنان (L) با وزن ۰/۰۱۷ بود.

در مطالعه سخاوتی و همکاران که با هدف اولویت‌بندی روش‌های کنترل و کاهش آلودگی صدا با استفاده از روش AHP در کارخانه سیمان لارستان صورت گرفت، با اجماع نظر کارشناسان و متخصصان، ۸ معیار و ۹ گزینه برای این روش انتخاب گردید. بدین ترتیب، معیار هزینه سرمایه‌گذاری اولیه با وزن نسبی ۰/۲۴۷ دارای بالاترین اهمیت و معیار میزان رضایتمندی از به کارگیری روش با وزن ۰/۰۳۵ دارای پایین‌ترین اهمیت نسبت به سایر معیارها بود. همچنین، نتایج مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به هدف انتخاب روش کنترلی مناسب، نشان داد که گزینه کنترل زمان مواجهه فردی با سر و صدا با وزن نهایی ۰/۲۲۴، اولویت اول و گزینه عایق‌بندی ساختمان‌ها با وزن نهایی ۰/۰۶۴، اولویت آخر را به خود اختصاص داد (۳۱).

در تحقیق اسحاقی و همکاران که با هدف اولویت‌بندی روش‌های کنترل صدا با استفاده از روش AHP در شرکت شیشه همدان انجام گرفت، با استفاده از پرسش‌نامه و روش Delphi، چهار معیار شامل «هزینه، کارایی، قابلیت اجرا و عدم تداخل در فرایند» و ۱۱ گزینه روش کنترلی انتخاب گردید. اولویت‌بندی گزینه‌ها بر اساس معیارهای مورد بررسی و تعیین ضرایب اهمیت انجام گرفت و نتایج نشان داد که معیار اجرایی بودن روش با امتیاز ۰/۲۷۷ و گزینه استفاده از دیواره جداکننده کامل بین دو بخش اصلی با امتیاز ۰/۱۳۳ بالاترین اولویت را به ترتیب در بین معیارها و روش‌های کنترلی به دست آورده است (۳۲). همچنین، نتایج پژوهش احمدی و همکاران که با هدف اولویت‌بندی روش‌های کنترل آلودگی صدا در کارخانه آلام صنعت لامرد فارس با استفاده از AHP فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام گرفت، نشان داد که معیار کارایی و اثربخشی روش با وزن نسبی ۰/۵۷۶ دارای بالاترین اهمیت و معیار هزینه با وزن نسبی ۰/۰۷۳ دارای کمترین میزان اهمیت بود. همچنین، از بین روش‌های کنترل آلودگی صدا، روش نصب لایه‌های جاذب صدا در کف، سقف و دیوارها با وزن نهایی ۰/۲۴۳ بالاترین اولویت و مناسب‌ترین روش کنترل آلودگی صدا گزارش گردید. نامناسب‌ترین روش، «قرار دادن دیوار صوتی بین کارگر و دستگاه» با وزن نهایی ۰/۱۳۵ از بین روش‌های پیشنهادی کنترل و کاهش آلودگی صدا در کارخانه آلام صنعت لامرد فارس بود (۳۳).

از نقاط قوت مطالعه حاضر می‌توان به جدید بودن و به‌روز بودن ابزار طراحی شده ارزیابی عملکرد HCP اشاره کرد و از محدودیت‌های اصلی تحقیق این بود که پژوهش‌های مشابه در این زمینه بسیار اندک بود و به همین جهت در مقایسه با سایر متون محدودیت وجود داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که معیار قابلیت اجرایی دارای بیشترین اهمیت و معیار عدم تداخل در فرایند دارای کمترین اهمیت می‌باشد. بر اساس نتایج، گزینه اندازه‌گیری تراز فشار صدای محیطی دارای رتبه اول و گزینه پایش کیفیت علمی نتایج اندازه‌گیری افت شنوایی کارکنان، رتبه آخر در بین گزینه‌های پیشنهادی را کسب کردند. همچنین، این ابزار، ابزار مناسبی جهت ارزیابی عملکرد HCP بر اساس روش AHP در صنعت می‌باشد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود از این ابزار برای عملکرد HCP در صنایع استفاده گردد.

https://hsr.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-02-11]
[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1634]

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از طرح تحقیقاتی با شماره ۴۰۳۰۰۰۴۲۳ و کد اخلاق IR.KMU.REC.1403.281، مصوب دانشگاه علوم پزشکی کرمان می‌باشد که با حمایت مالی کمیته تحقیقات این دانشگاه انجام شد. تمام مراحل انجام مطالعه توسط کمیته اخلاق معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمان تأیید گردید. بدین وسیله از کلیه افرادی که در انجام این تحقیق همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Nassiri P, Zare S, Monazzam MR, Pourbakht A, Azam K, Golmohammadi T. Evaluation of the effects of various sound pressure levels on the level of serum aldosterone concentration in rats. Noise and Health. 2017; 19(89): 200-6.
2. Safary VA, Ahmadi S, Zare S, Zaroushani V, Ghorbanideh M. Water pump noise control using designed acoustic curtains in a residential building of Qazvin city.
3. Hemmatjo R, Hajaghazadeh M, Allahyari T, Zare S, Kazemi R. The effects of live-fire drills on visual and auditory cognitive performance among firefighters. Annals of global health. 2020; 86(1): 144.
4. Esmaeili R., et al., Predicting and classifyng hearing loss in sailors working on speed vessels using neural networks: a field study. La Medicina del Lavoro, 2022. 113(3).
5. Aluclu I, A. Dalgic, and Z. Toprak, A fuzzy logic-based model for noise control at industrial workplaces. Applied Ergonomics, 2008; 39(3): 368-78.
6. Motalebi Kashani, M., et al., Effect of simultaneous noise and carbon monoxide exposure on rabbits' auditory brain stem response. Feyz Medical Sciences Journal. 2010; 13(4): 261-70.
7. Moroe NF. Occupational noise-induced hearing loss in South African large-scale mines: Exploring hearing conservation programmes as complex interventions embedded in a realist approach. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2020; 26(4): 753-61.
8. Nassiri P, Zare S, Monazzam MR, Pourbakht A, Azam K, Golmohammadi T. Modeling signal-to-noise ratio of otoacoustic emissions in workers exposed to different industrial noise levels. Noise and Health. 2016; 18(85): 391-8.
9. Zhou J, et al., Occupational noise-induced hearing loss in China: A systematic review and meta-analysis. BMJ open. 2020; 10(9): e039576.
10. Madvari RF. et al., Evaluating the Effects of a Training Intervention on Increasing the Workers' Use of Hearing Protective Equipment by Kirk Patrick Model in Yazd Persepolis Tile Industry. Archives of Occupational Health. 2018; 2(2): 102-7.
11. Flamme GA. et al. Population-based age adjustment tables for use in occupational hearing conservation programs. International journal of audiology. 2020; 59(sup1): S20-S30.
12. Monazzam Esmaielpour MR, et al. Investigating the effect of increasing duration time of using the protective device on hearing loss among tile industry workers: Application of the BASNEF education model. Journal of Health and Safety at Work. 2017; 7(4): 319-28.
13. Naderzadeh, M., et al., Comparative analysis of ahp-topsis and fuzzy ahp models in selecting appropriate nanocomposites for environmental noise barrier applications. Fluctuation and Noise Letters. 2017; 16(04): 1750038.
14. Kirchner D.B., et al., Occupational noise-induced hearing loss: ACOEM task force on occupational hearing loss. Journal of occupational and environmental medicine. 2012; 54(1): 106-8.
15. Helfer TM, et al. Epidemiology of hearing impairment and noise-induced hearing injury among US military personnel, 2003–2005. American journal of preventive medicine. 2010; 38(1): S71-S77.
16. Basner, M., et al., Auditory and non-auditory effects of noise on health. The lancet. 2014; 383(9925): 1325-32.
17. Chaudhury H, Mahmood A, Valente M. The effect of environmental design on reducing nursing errors and increasing efficiency in acute care settings: a review and analysis of the literature. Environment and Behavior. 2009; 41(6): 755-786.
18. Arenas JP, Suter AH. Comparison of occupational noise legislation in the Americas: an overview and analysis. Noise and Health. 2014; 16(72): 306-319.
19. Fuente A. Hickson L. Noise-induced hearing loss in Asia. International journal of audiology. 2011; 50(sup1): S3-S10.
20. Meixner O. Fuzzy AHP group decision analysis and its application for the evaluation of energy sources. in Proceedings of the 10th International Symposium on the Analytic Hierarchy/Network Process, Pittsburgh, PA, USA. 2009.
21. Yousefi A. The reliability and quantitative decision making techniques, in Proceeding of First Risk Management International Conference, institute of productivity and human resource studies. 18-19 December 2007: Tehran, Iran.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-02-11]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1634]

22. Budak A., Studies on the taxonomy and distribution of Lacerta laevis, L. anatolica and L. danfordi in Anatolia. Scientific Reports of the Faculty of Science, Ege University. 1976(214): 59.
23. Saaty, T.L. and L.G. Vargas, The seven pillars of the analytic hierarchy process, in Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. 2001; Springer. 27-46.
24. Gass, S.I. and T. Rapcsák, Singular value decomposition in AHP. European Journal of Operational Research. 2004; 154(3): 573-84.
25. Çimren, E., B. Çatay, and E. Budak, Development of a machine tool selection system using AHP. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2007; 35(3): 363-76.
26. Saaty, T.L., How to make a decision: the analytic hierarchy process. European journal of operational research. 1990. 48(1): 9-26.
27. Yousefi A. Which automobile do you select? A group- MCDM approach by mixed model of AHP & TOPSIS, in World Congress on Engineering and Computer Science 2007. 24-26 October 2007: San Francisco, USA.
28. Mehregan MR. Advanced Operational Research. First Edition, ed. 2004, Iran-Tehran: Academic Publishing.
29. Ghodsi Pour H. Analytical Hierarchy Process (AHP),. 2006, Iran-Tehran: Amirkabir University Publications.
30. Hassanvand D, et al. Prioritizing the noise control methods by using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method in an Iranian tire factory. Work. 2021(Preprint): 1-10.
31. Sekhavati E, et al. Prioritizing Methods Of Control And Reduce Noise Pollution In Larestan Cement Factory Using Analytical Hierarchy Process (AHP). 2014; 156-67.
32. Eshaqi M, Riahi Khorram M. Prioritizing of Noise Control Methods in the Hamadan Glass Company by the Analytical Hierarchy Process (AHP). Journal of Health and Safety at Work. 2012; 2(1): 75-84.
33. Ahmadi S, Sorkolian Z, Generosity A. Prioritizing Noise Pollution Control Methods at Alam Lamard Fars Alum Factory Using Analytical Hierarchy Process (AHP), in Third National Conference on Health, Environment and Sustainable Development. 2013: Islamic Azad University of Bandar Abbas.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-02-11]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1634]