Original article

Prioritization of Noise Control in Different units of an Oil Refinery Using Noise Control Priority Index and Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

Seyed Mahdi Mousavi[1]
Mahsa Jahadi Naeini[2]
Mojtaba Hghighat[3*]

1- MSc,Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Iran
2- MSc, Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Iran
3- Instructor, Department of Occupational Health Engineering, Behbahan Faculty of Medical Sciences, Iran

***Corresponding author:** Mojtaba Haghighat, Department of Occupational Health Engineering, Behbahan Faculty of Medical Sciences, Iran

Email: mo.haghighat@behums.ac.ir

Received: 18 April 2021
Accepted: 02 June 2021

ABSTRACT

Introduction and purpose: This study aimed to prioritize noise control in different units of an oil refinery using noise control priority index (NCPI) and technique for order of preference by similarity to ideal solution (TOPSIS).

Methods: This analytical study was conducted based on a descriptive cross-sectional method in the oil storage tanks and transportation unit of an oil refinery, in three stages, 2019. In the first stage, the environmental sound was measured based on the standard of ISO 91612. In the second stage, the values of the NCPI index in different units were calculated using three variables, namely the number of exposed workers, the duration of exposure, and the weighting factor on the sound pressure level. In the third stage, noise control strategies were prioritized using the TOPSIS method.

Results: The highest and lowest sound emissions were observed in the NTA (New Transportation Area) unit (98 dB) and spherical tanks (84 dB), respectively. Among the 10 studied units, the NTA unit with 12 workers had the highest priority of noise control (NCPI=1.25). The results of the TOPSIS method showed that the most ideal method to control noise exposure in the NTA unit was controlling time exposure with the final weight of 0.722.

Conclusion: Based on the results, the employment of the two methods, namely NCPI and TOPSIS, would make it possible to determine the appropriate prioritization in different units and implement the solutions for technical and managerial noise control in order of priority. The model used in this study can also be applied in other similar industries involved with noise pollution.

Keywords: NCPI, Noise control, Oil refinery, Prioritization

▶ **Citation:** Mousavi SM, Jahadi Naeini M, Hghighat M. Prioritization of Noise Control in Different Units of an Oil Refinery Using Noise Control Priority Index and Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution. Journal of Health Research in Community. Spring 2021;7(1): 1-12.

www.SID.ir

مقاله پژوهشی

اولویت‌بندی کنترل صدا در واحدهای مختلف یک پالایشگاه نفت با استفاده از دو شاخص اولویت کنترل صدا (NCPI) و گزینه مشابه به راه حل ایده آل (TOPSIS)

سیدمهدی موسوی[1]
مهسا جهادی نائینی[2]
مجتبی حقیقت[3*]

۱. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳. مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران

* نویسنده مسئول: مجتبی حقیقت، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران

Email: mo.haghighat@behums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۲

چکیده

مقدمه و هدف: مطالعه حاضر با هدف اولویت‌بندی کنترل صدا در واحدهای مختلف یک پالایشگاه نفت با استفاده از دو شاخص اولویت کنترل صدا (NCPI: Noise Control Prioritizing Index) و گزینه مشابه با راه حل ایده‌آل (TOPSIS: Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) انجام شد.

روش کار: مطالعه مقطعی- توصیفی و تحلیلی حاضر در سال ۱۳۹۸ در واحد مخازن و نقل و انتقال مواد نفتی در یک پالایشگاه نفت طی سه مرحله انجام شد. در مرحله اول با استفاده از روش پیشنهاد شده ISO۹۱۶۱۲، صداسنجی محیطی صورت گرفت. در مرحله دوم با استفاده از سه متغیر تعداد افراد در معرض مواجهه، مدت زمان مواجهه و فاکتور وزنی متناظر با تراز فشار صوت مواجهه، مقدار شاخص NCPI برای واحدهای مختلف تعیین گردید و در مرحله سوم، راهکارهای کنترل صدا با استفاده از روش TOPSIS اولویت‌بندی شد.

یافته‌ها: بیشترین انتشار صوت در واحد NTA (New Transportation Area) (۹۸ دسیبل) و کمترین میزان انتشار صوت در واحد مخازن کروی (۸۴ دسیبل) صورت گرفته بود. از میان ۱۰ واحد مورد بررسی، واحد NTA با ۱۲ کارگر، بالاترین شاخص اولویت کنترل صدا (۱/۲۵) را به خود اختصاص داد. نتایج روش TOPSIS نشان دادند که راهکار کنترل زمان مواجهه با وزن نهایی ۰/۷۲۲، ایده‌آل‌ترین راهکار برای کنترل صدا در واحد NTA می‌باشد.

نتیجه‌گیری: با به کارگیری دو شاخص NCPI و TOPSIS می‌توان اولویت‌بندی مناسبی را برای واحدهای مختلف تعیین کرد و پیشنهادات کنترل فنی و مدیریتی صدا را به ترتیب اولویت اجرا نمود. الگوی استفاده شده در این مطالعه می‌تواند برای دیگر صنایع مشابه که دارای آلودگی صدا می‌باشند نیز مورد استفاده قرار بگیرد.

کلمات کلیدی: اولویت‌بندی، پالایشگاه نفت، کنترل صدا، NCPI

◄ **استناد:** موسوی، سیدمهدی؛ جهادی نائینی، مهسا؛ حقیقت، مجتبی. اولویت‌بندی کنترل صدا در واحدهای مختلف یک پالایشگاه نفت با استفاده از دو شاخص اولویت کنترل صدا (NCPI) و گزینه مشابه به راه حل ایده آل (TOPSIS). مجله تحقیقات سلامت در جامعه، بهار ۱۴۰۰؛۷(۱): ۱۲-۱.

مقدمه

صدا معمولاً به عنوان صوت ناخواسته و آزاردهنده تعریف گشته و از آن به عنوان شایع‌ترین آلاینده محیط کار یاد می‌شود [۱].

www.SID.ir

Archive of SID

مواجهه با صدا به هیچ عنوان یک پدیده نوین نیست؛ اما با این وجود، طی سال‌های اخیر با شتاب روزافزون، سرعت صنعتی شدن و همچنین گسترش صنایع گوناگون و ماشین‌آلات سنگین به عنوان یکی از مهم‌ترین معضلات صنایع مطرح شده است [۲]. مواجهه با صدا در صنایع مختلفی مانند صنایع آهن و فولاد، ذوب فلز، چوب، نساجی، هوایی، شیمیایی و بسیاری از صنایع دیگر وجود دارد [۶-۳]. مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH: National Institute of Occupational Safety and Health) گزارش کرده است که ۱۴ درصد از کارگران شاغل در کشور آمریکا و ۳۰ درصد از کارکنان شاغل در اروپا در معرض مواجهه با صدای بالاتر از اندازه مجاز قرار دارند [۷]. همچنین بنا بر آمارهای مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت برآورد شده است که در ایران، بیش از ۲ میلیون کارگر با صدای بالاتر از حد مجاز مواجهه دارند [۸]. حد استاندارد مواجهه با این عامل زیان‌آور، ۸۵ دسی‌بل تعیین شده است [۹]. یکی از صنایعی که آلودگی صوتی و مواجهه با صدای بالاتر از حد مجاز در آن گزارش شده است، صنعت نفت می‌باشد. در این راستا، نتایج مطالعات مرادی راد و همکاران، Ferguson و همکاران و Mohammed بیانگر آن بودند که کارکنان عملیاتی شاغل در این صنعت، در معرض مواجهه با صداهای بالاتر از ۸۵ دسی‌بل می‌باشند [۱۲-۱۰]. مواجهه با صدای بالاتر از حد مجاز توصیه شده در کارکنان شاغل در صنعت نفت می‌تواند منجر به ایجاد عوارض و اثرات شناخته شده‌ای از جمله افت موقت و دائم شنوایی، اثرات نامطلوب فیزیولوژی و روحی- روانی از قبیل اختلال خواب و اضطراب، بروز مشکلات قلبی و عروقی، غیبت‌های استعلاجی، اظهار خستگی افراد، کاهش بهره‌وری و افزایش ریسک وقوع حادثه در محیط کار شود [۱۳،۱۴]؛ به همین دلیل، کنترل صدا برای پیشگیری از وقوع پیامدهای نامطلوب مواجهه با آن در بین کارکنان صنعت نفت امری ضروری می‌باشد [۱۵]. در صنایع فرایندی مانند پالایشگاهای نفت و گاز، اغلب واحدهای عملیاتی دارای محیطی روباز با مساحت زیاد می‌باشند. مهم‌ترین منابع مولد صدا در این صنعت شامل: فلر (Flare)، نشت بخار، صدای پمپ و کمپرسور می‌باشد. به دلیل وسعت زیاد و تنوع منابع مولد صدا در این صنعت لازم است با توجه به نوع منبع مولد صدا، راه‌کار کنترلی صدا به منظور کاهش مواجهه با صدا انتخاب شود [۱۶]. به منظور کنترل صدا، راه‌کارهای کنترلی گوناگونی مانند کنترل صدا در منبع، کنترل صدا در مسیر منبع و کنترل صدا در نقطه دریافت‌کننده پیشنهاد شده است. در موقعیت‌های مختلف، برخی از این اقدامات دارای کارایی بهتری می‌باشند و در اکثر مواقع، آمیخته‌ای از این اقدامات به منظور کاهش تراز فشار صوت و رساندن آن به محدوده استاندارد توصیه شده به کار می‌رود [۱۷،۱۸]. همچنین به دلیل اینکه توانایی آزمودن تمام راه‌کارهای کنترلی وجود ندارد و از سوی دیگر به دلیل متنوع بودن معیارهای فنی و اقتصادی مؤثر در کنترل صدا، تصمیم‌گیری درباره نحوه اختصاص منابع موجود و شناسایی اولویت‌ها در کنترل صدا اهمیت دارد [۱۵]. یک راه‌کار برای اولویت‌بندی کنترل صدا در صنایع، به‌کارگیری شاخص اولویت‌بندی کنترل صدا NCPI است. نصیری و همکاران در مطالعه خود در یک صنعت پتروشیمی در سال ۲۰۱۳، این شاخص را معرفی نمودند. این شاخص براساس تعداد افراد در معرض مستقر در هر ناحیه با گستره‌های مورد نظر تراز فشار صوت، زمان مواجهه افراد، مجموع تعداد افراد در کل واحدهای خط تولید و مجموع زمان مواجهه افراد، اولویت کنترل صدا را مشخص می‌کند [۱۹]. گل محمدی و همکاران در سال ۲۰۱۷، شاخص NCPI را به منظور اولویت‌بندی کنترل صدا در یک شرکت تایرسازی معرفی نموده و به کار بردند [۲۰]. این شاخص در مرحله اولویت‌بندی واحدهای گوناگون با توجه به اهمیت کنترل صدا در آن‌ها به کار می‌رود؛ اما همان‌گونه که ذکر گردید، راه‌کارهای متنوعی برای کنترل صدا وجود دارد و نیاز است تا مناسب‌ترین راه‌کار کنترل صدا در واحدهایی که مشکل مواجهه با صدا در آن‌ها وجود دارد، انتخاب شود. انتخاب

www.SID.ir

Archive of SID

یک راه‌کار مناسب کنترل صدا نیازمند توجه به معیارهای مانند کارایی، هزینه و قابلیت روش اجرایی می‌باشد و هنگامی که چند راه‌کار کنترلی و چند معیار انتخاب وجود داشته باشد، به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM: Multi-criteria decision making) می‌تواند در برگزیدن مناسب‌ترین گزینه سودمند باشد [۲۱]. روش‌هایی مانند آنالیز تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP: Analytical Hierarchy Process)، تحلیل شبکه سلسله‌مراتبی (ANP: Analytical Network Process)، راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چند معیاره معادل (VIKOR) نمونه‌هایی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشند که در سال‌های اخیر مورد توجه محققان و پژوهشگران در علوم گوناگون قرار گرفته‌اند [۲۲]. روش گزینه مشابه با راه‌حل ایده‌آل (TOPSIS)، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که در سال ۱۹۸۱ توسط Hwang و Yon پیشنهاد شده است [۲۳]. این روش یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. در این روش m گزینه به وسیله n معیار ارزیابی می‌شود. بنیان این روش بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کم‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت و بیش‌ترین فاصله را با راه‌حل منفی داشته باشد [۲۴]. به دلیل وجود واحدهای مختلف در پالایشگاه نفت و وجود منابع گوناگون مولد صدا و همچنین متنوع بودن وضعیت آلودگی در واحدهای آن، مطالعه حاضر با هدف اولویت‌بندی واحدهای مختلف یک پالایشگاه نفت از نظر اهمیت آلودگی صدا با استفاده از شاخص NCPI و برگزیدن ایده‌آل‌ترین راهکار کنترل صدا با استفاده از روش گزینه مشابه به راه‌حل ایده‌آل (TOPSIS) انجام شد.

روش کار

مطالعه مقطعی- توصیفی حاضر طی سال ۱۳۹۸ در واحد مخازن و نقل و انتقالات مواد نفتی یک پالایشگاه نفت صورت گرفت. این واحد مسئولیت دریافت و ذخیره‌سازی نفت خام و رها کردن آن به واحدهای تقطیر و همچنین تأمین خوراک برای واحدهای جانبی را دارد. واحد مخازن متشکل از واحد MTBE (Methyl tertiary-butyl ether)، NTA (New Transportation Area)، KTA (Kerosene Transportation Area)، تلمبه‌خانه‌های نفت خام ۳-۲-۱، کنترل سنتز، بنزین‌رسانی، نفت چرک و مخازن کروی می‌باشد. در مرحله اول مطالعه به منظور تعیین میزان آلودگی صوتی در واحدهای مختلف، اطلاعات اولیه مانند محل استقرار منابع صوتی، شرایط عملیاتی و تعداد نفرات هر واحد با انجام مصاحبه با سرپرستان و کارمندان ارشد هر واحد جمع‌آوری گردید و سپس اندازه‌گیری تراز فشار صوت با استفاده از دستگاه صداسنج مدل CEL۴۹۰ کالیبره شده با کالیبراتور مدل CEL-۱۱۰/۱ براساس استاندارد ISO۹۶۱۲ انجام شد. در مرحله دوم مطالعه، شاخص اولویت‌بندی کنترل صدا برای هر واحد محاسبه گشت و مشخص گردید. در مرحله سوم پژوهش نیز با استفاده از روش گزینه مشابه به راه‌حل ایده‌آل، راه‌کارهای مناسب کنترل صدا در واحدهایی با شاخص اولویت کنترل صدای بالاتر صورت گرفت.

اندازه‌گیری صدای محیطی مطابق با ISO۹۶۱۲

براساس استاندارد ISO۹۶۱۲ و با استفاده از الگوی اندازه‌گیری شبکه منظم، واحدهای مورد بررسی به خانه‌هایی با ابعاد ۵×۵ تقسیم‌بندی شدند و مرکز این خانه‌ها به عنوان نقطه اندازه‌گیری تعیین گردید. شرایط جوی حاکم در زمان انجام اندازه‌گیری تراز فشار صدا عبارت بودند از: آسمان صاف و آفتابی با میانگین دمای ۳۶ درجه، رطوبت نسبی ۵۴ درصد و سرعت وزش باد آرام. مقیاس اندازه‌گیری تراز فشار صوت، شبکه A در نظر گرفته شده بود و فاصله میکروفن دستگاه در زمان اندازه‌گیری تا سطح زمین حدود ۵۵/۱ متر بود. اندازه‌گیری به این صورت بود که در مرکز هر خانه،

www.SID.ir

Archive of SID

حداقل سه مرتبه صدا اندازه‌گیری گردید؛ به طوری که برای هر ایستگاه کاری، حداقل زمان برای ثبت تراز فشار صوت ۱۵ ثانیه در نظر گرفته شد و میانگین این تعداد اندازه‌گیری به عنوان تراز صدا در ایستگاه مورد سنج قرائت گردید [۱۷]. باید خاطرنشان ساخت که به دلیل روباز بودن واحدهای مورد سنجش، محل‌های ساختمان اتاق کنترل و محل‌های غیر قابل سنجش به عنوان نقاط کور مد نظر قرار گرفتند. پس از اتمام و ثبت نتایج اندازه‌گیری، اطلاعاتی در خصوص مقدار حداقل و حداکثر و میانگین تراز فشار صوت در هر واحد به دست آمد و نقشه صوتی برای واحدهای مورد نظر بر حسب سه ناحیه خطر (تراز فشار بالاتر از ۸۵ دسی‌بل)، هشدار (تراز فشار صوت بین ۶۵ تا ۸۴ دسی‌بل) و ایمن (کمتر از ۶۵ دسی‌بل) ترسیم گردید.

محاسبه مقدار شاخص اولویت کنترل صدا (NCPI)

در این مرحله با استفاده از رابطه ۱، مقدار شاخص اولویت کنترل صدا محاسبه گردید. باید توجه داشت که شاخص اولویت کنترل صدا با فاکتور وزنی متناظر با تراز فشار صوت و تعداد افراد در معرض مستقر در هر ناحیه با گستره‌های مورد نظر تراز فشار صوت و مدت زمان مواجهه افراد رابطه مستقیم دارد؛ اما ارتباط آن با مجموع زمان مواجهه افراد معکوس می‌باشد [۱۹].

رابطه ۱

$$NCPI = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i \times P_i \times t_i}{\sum PT}$$

در رابطه مذکور:

NCPI (Noise control Priority Index) شاخص اولویت کنترل صدا

فاکتور وزنی متناظر با تراز فشار صوت= W_i

تعداد افراد در معرض مستقر در هر ناحیه با گستره‌های مورد نظر

تراز فشار صوت= P_i

زمان مواجهه افراد (ساعت)= t_i

مجموع زمان مواجهه افراد (ساعت)= PT

اولویت‌بندی راه‌کارهای کنترل صدا با استفاده از رویکرد TOPSIS

در این مرحله یک پرسشنامه بدون نام در اختیار ۱۰ خبره صنعتی با سابقه کار بالای ۱۰ سال در پالایشگاه نفت و آشنا به اصول کنترل صدا قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد میزان اهمیت راهکار i براساس معیار j را با استفاده از طیف لیکرت نمایش داده شده در جدول ۱ مشخص کنند.

در ادامه با ادغام نظر خبرگان در مورد رویکرد TOPSIS، بهترین راه‌کارها کنترل صدا مشخص گردید. مراحل حل مسئله با استفاده از روش TOPSIS مستلزم شش گام زیر می‌باشد [۲۵].

گام اول: کمی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری (N)

برای بی‌مقیاس‌سازی از رابطه ۲ بهره گرفته شد:

$$n_{ij} = \frac{a_j}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a^2 ij}}$$

گام دوم: به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V)

در این مرحله، ماتریس بی‌مقیاس شده (N) در ماتریس قطری وزن‌ها (W_{n*n}) ضرب می‌شود.

گام سوم: تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت (Vj^+) و راه‌حل ایده‌آل منفی (Vj^-) منظور از بهترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت در این مرحله،

جدول ۱: جدول مقایسه ارزش راهکار i نسبت به معیار j در روش TOPSIS

ارزش	وضعیت مقایسه i نسبت به j	توضیح
۱	یکسان	عنصر i و j اهمیت برابر دارند.
۳	کمی مرجح	عنصر i از j کمی مهمتر است.
۵	خیلی مرجح	عنصر i از j مهمتر است.
۷	خیلی زیاد مرجح	عنصر i از j خیلی مهمتر است
۹	کاملا مرجح	عنصر i از j کاملا مهمتر است.
۸-۶-۴-۲	بینابین	ارزش‌های بینابین را نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

بزرگ‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر است. همچنین منظور از بدترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، بزرگ‌ترین مقادیر می‌باشد.

گام چهارم: به دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی

فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت (dj^+) با استفاده از رابطه ۳ و فاصله هر گزینه تا ایده‌آل منفی (dj^-) با استفاده از رابطه ۴ محاسبه گردید:

$$di^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - \mathrm{Vj}^+)^2}\ \mathrm{i} = 1,2,\dots,m$$

$$di^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - \mathrm{Vj}^-)^2}\ \mathrm{i} = 1,2,\dots,m$$

گام پنجم: تعیین نزدیکی نسبی (CL^*) یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل

جدول ۲: نتایج اندازه گیری تراز فشار صوت (SPL) در واحدهای عملیاتی مخازن و نقل و انتقال موادنفتی

ردیف	نام واحد	تراز فشار صوت (دسی بل)		میانگین تراز فشار صوت (دسی بل)	انحراف معیار
		حداکثر	حداقل		
۱	نفت کوره	۸۵	۶۴	۸۱	۹/۶۳
۲	مخازن کروی	۸۴	۶۴	۷۷/۷۷	۷/۱۵
۳	نفت چرک	۹۲	۷۶	۸۲/۲۱	۵/۴۵
۴	بنزین رسانی	۸۷	۶۵	۷۸/۸۲	۷/۳۵
۵	NTA	۹۸	۷۵	۸۹/۳۲	۹/۱۲
۶	MTBE	۹۲	۶۴	۸۸/۳	۱/۸۸
۷	تلمبه خانه نفت خام ۱	۹۰	۷۰	۸۶/۶	۷/۲۵
۸	تلمبه خانه نفت خام ۲	۹۳	۶۸	۷۸	۶/۶۲
۹	تلمبه خانه نفت خام ۳	۹۲	۷۲	۷۷	۶/۵۲
۱۰	KTA	۸۸	۶۴	۸۰/۷۹	۴/۲۵

دراین مرحله با استفاده از رابطه ۵، نزدیکی نسبی هرکدام از گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل محاسبه گردید.

$$CL^* = \frac{di^-}{di^- + di^+}$$

گام ششم: رتبه‌بندی گزینه

در این مرحله هر گزینه که CL (Closeness to the Ideal) آن بزرگتر باشد، به عنوان بهترین گزینه انتخاب شده و سایر گزینه‌ها نسبت به آن اولویت‌بندی می گردند.

در این مطالعه از نرم‌افزار SPSS ۲۲ به منظور توصیف داده‌ها و از نرم‌افزار MATLAB R۲۰۱۶a در محاسبات مربوط به روش TOPSIS استفاده شد.

یافته ها

در مجموع، در این مطالعه ۱۰ واحد مطابق با استاندارد ISO۹۶۱۲ مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفتند. نتایج اندازه‌گیری میزان انتشار صدا در واحدهای عملیاتی مخازن و نقل و انتقال مواد نفتی در جدول ۲ نشان داده شده است. بر پایه نتایج به دست آمده، بیشترین انتشار صوت در واحد NTA (۹۸ دسی‌بل) و کمترین میزان انتشار صوت در واحد مخازن کروی (۸۴ دسی‌بل) بوده است.

نتایج نشان دادند که ۸/۰۹ درصد از مجموع ایستگاه‌های مورد سنجش در ناحیه ایمن، ۶۲/۲۴ درصد در ناحیه هشدار و ۲۹/۶۶ درصد در ناحیه خطر قرار دارند. نتایج تقسیم‌بندی ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده در واحد مختلف بر پایه میزان تراز فشار صوت در سه ناحیه هشدار، احتیاط و ایمن در جدول ۳ نشان داده شده است.

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهند که از کل ۵۲۳ ایستگاه اندازه‌گیری شده در این مطالعه، ۱۴۳ ایستگاه دارای تراز فشار صوت بیش از ۸۵ دسی‌بل، ۳۰۰ ایستگاه دارای تراز فشار صوت

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: نتایج اندازه‌گیری تراز فشار صوت (SPL) در واحدهای عملیاتی مخازن و نقل‌وانتقال مواد نفتی برحسب نوع ایستگاه

ردیف	نام واحد	تعداد ایستگاه های دارای SPL<۶۵ dBA	تعداد ایستگاه های دارای ۶۵≤SPL≤۸۵dBA	تعداد ایستگاه های دارای ۸۵<SPL dBA	کل ایستگاه‌ها
۱	نفت کوره	۶	۳۰	۱۰	۴۶
۲	مخازن کروی	۸	۴۲	۲	۴۸
۳	نفت چرک	۰	۱۰	۱۸	۲۸
۴	بنزین رسانی	۱۰	۲۴	۴	۳۸
۵	NTA	۰	۲۴	۴۶	۷۰
۶	MTBE	۱۲	۳۰	۶	۴۸
۷	تلمبه خانه نفت خام ۱	۰	۳۰	۲۰	۵۰
۸	تلمبه خانه نفت خام ۲	۰	۵۰	۱۴	۶۴
۹	تلمبه خانه نفت خام ۳	۰	۳۰	۱۵	۴۵
۱۰	KTA	۵	۳۰	۱۰	۴۵
۱۱	کل واحدها	۳۹	۳۰۰	۱۴۳	۴۸۲

بین ۶۵ تا ۸۵ دسی‌بل و ۳۹ ایستگاه دارای تراز فشار صوت کمتر از ۶۵ دسی‌بل می‌باشند. بر مبنای نتایج، واحد NTA دارای بیشترین ایستگاه بیش از ۸۵ دسی‌بل و واحد مخازن کروی دارای کمترین ایستگاه کمتر از ۸۵ دسی‌بل بوده‌اند. با توجه به نتایج اندازه‌گیری صدا در واحدهای مختلف واحد مخازن و نقل و انتقال مواد نفتی، شاخص NCPI برای کلیه واحدها محاسبه گردید که مقدار آن در جدول ۴ قابل مشاهده می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهند که واحد NTA با شاخص ۱/۲۵ دارای

جدول ۴: نتایج مربوط به مقدار شاخص NCPI برای واحدهای مختلف ارزیابی شده

نام واحد	زمان مواجهه	تعداد کارکنان	فاکتور وزنی (میانگین)		$\sum_{i=1}^{n} w_i \times P_i \times t_i$	$\sum PT$	NCPI
			کمترین	بیشترین			
NTA	۶	۱۲	۰/۱۸	۵	۸۳۲	۶۶۴	۱/۲۵
KTA	۷	۱۲	۰/۳۲	۲/۳۱	۷۱۲	۶۶۴	۱/۰۷
تلمبه خانه نفت خام ۱	۷	۸	۰/۵۴	۲/۳۱	۶۸۴	۶۶۴	۱/۰۳
تلمبه خانه نفت خام ۲	۵	۸	۰/۵۴	۳	۶۷۳	۶۶۴	۱/۰۱
تلمبه خانه نفت خام ۳	۵	۸	۰/۸۳	۳	۶۵۴	۶۶۴	۰/۹۸
نفت کوره	۶	۱۰	۳/۲	۱/۷	۶۲۳	۶۶۴	۰/۹۳
نفت چرک	۶	۱۰	۰/۸۳	۳	۶۱۱	۶۶۴	۰/۹۲
بنزین رسانی	۸	۸	۰/۳۲	۲/۳۱	۶۰۱	۶۶۴	۰/۹۰
MTBE	۶	۱۲	۰/۳۲	۳	۵۹۰	۶۶۴	۰/۸۸
مخازن کروی	۶	۱۰	۰/۳۲	۱/۷	۵۶۰	۶۶۴	۰/۸۴

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵: اولویت بندی راهکارهای کنترل صدا در واحد NTA براساس نتایج روش TOPSIS

راهکار کنترل مواجه با صدا			CL	اولویت
کنترل زمان مواجهه	۰/۵۲	۰/۰۱۹	۰/۷۳۲	۱
استفاده از وسایل حفاظت فردی	۰/۰۴۱	۰/۰۱۸	۰/۶۴۹	۲
تعمیرات و بازرسی منظم از پمپ های مولد صدا	۰/۰۳۵	۰/۰۱۶	۰/۶۸۶	۳
رفع نشتی بخار	۰/۰۲۹	۰/۰۱۵	۰/۶۵۹	۴
استفاده از سایلنسر در خروجی بخار	۰/۰۲۵	۰/۰۱۴	۰/۶۴۱	۵
مقاوم سازی فونداسیون به منظورپیشگیری از ایجاد ارتعاش و تولید صدا	۰/۰۱۹	۰/۰۱۳	۰/۵۹۳	۶
احداث اتاقک روی منابع مولد صدا	۰/۰۱۷	۰/۰۱۲	۰/۵۸۶	۷
جایگزینی تجهیزات جدید با قدیم	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۵۴۱	۸

بالاترین آلودگی صوتی بوده و اولویت نخست کنترل می‌باشد. پس از واحد NTA به ترتیب واحدهای KTA و نفت خام ۱ در رتبه دوم و سوم اولویت کنترل صدا قرار دارند. واحد مخازن کروی نیز به عنوان اولویت آخر کنترل صدا مشخص گردید. نتایج روش TOPSIS نیز حاکی‌از آن بودند که راهکار کنترل زمان مواجهه با وزن نهایی ۰/۷۳۲، مناسب‌ترین راه‌کار کنترل صدا و اولویت نخست و راه‌کار جایگزینی تجهیزات قدیم با تجهیزات جدید با وزن نهایی ۰/۵۴۱ به عنوان آخرین راه‌کار کنترل می‌باشد. اولویت‌بندی راه‌کارهای کنترل صدا براساس نتایج روش TOPSIS در جدول ۵ نشان داده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف اولویت‌بندی کنترل صدا در واحدهای مختلف مخازن و نقل و انتقال مواد نفتی در یک پالایشگاه نفت با استفاده از شاخص اولویت کنترل صدا (NCPI) و مشخص کردن مناسب‌ترین راه‌کار کنترل صدا با استفاده از روش TOPSIS صورت گرفت. به منظور محاسبه مقدار شاخص اولویت کنترل صدا، مشخصات کلی واحدها از قبیل تعداد کارکنان، شیفت کاری، مدت زمان حضور در واحد و تعیین محل‌های پرتردد کارکنان با استفاده از مصاحبه با سرپرستان و کارمندان ارشد هر واحد انجام شد. سپس با استفاده از راهنمای ISO۹۶۱۲، میزان انتشار صوت در واحدهای مختلف اندازه‌گیری شد و در پایان، مقدار شاخص NCPI برای واحدهای موجود محاسبه گردید. نتایج ارزیابی محیطی میزان انتشار صوت نشان دادند که بیشترین انتشار صوت در واحد NTA (۹۸ دسی‌بل) و کمترین میزان انتشار صوت در واحد مخازن کروی (۸۴ دسی‌بل) بوده است. اختلاف بین کمینه و بیشینه تراز فشار صوت، ۳۴ دسی‌بل و میانگین تراز فشار صوت در واحد مخازن و نقل و انتقال مواد نفتی، ۸۹ دسی‌بل برآورد گردید.

در مطالعه موسوی و همکاران که به منظور تعیین میزان اثربخشی اقدامات کنترلی در یک پالایشگاه نفت انجام شد، مشخص گردید که واحد NTA با میانگین تراز فشار صوت ۹۲، بالاترین مقدار آلودگی صوتی را در بین واحدهای مورد بررسی به خود اختصاص داده است که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد [۲۶]. در پژوهش حاضر نتایج مقدار عددی شاخص NCPI در محدوده ۰/۸۴-۱/۲۵ محاسبه گردید. مطابق با جدول ۳، در این مطالعه واحد NTA با امتیاز ۱/۲۵ دارای اولویت نخست کنترل صدا در بین سایر واحدها بود. منابع اصلی مولد صدا در این واحد، صدای پمپ‌های سانتریفیوژی و تلمبه‌خانه‌های موجود در واحد می‌باشند. همچنین نشت بخار و معیوب بودن ساختمان پمپ‌ها و لرزش پی در پی آن‌ها، عامل اصلی انتشار صوت از این منابع است.

مرادی و همکاران نیز در مطالعه خود که در واحد تقطیر یک پالایشگاه نفت انجام شد، منابع اصلی مولد در پالایشگاه نفت، صدای ناشی از نشت بخار، صدای پمپ و ارتعاش ناشی از دستگاه‌ها معرفی گردید [۱۲]. همچنین در مطالعه Hang

www.SID.ir

Archive of SID

و همکاران که در کشور تایوان انجام شد، مشخص گردید که کارگران شاغل در پالایشگاه نفت در معرض صدای بالای حد مجاز ۸۵ دسی‌بل قرار دارند. در این مطالعه منابع مولد صدا در پالایشگاه نفت عبارت بودند از: نشست استیم، صدای ناشی از فلرها و کمپرسورهای موجود در واحدهای عملیاتی که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد؛ دلیل اصلی این همخوانی ناشی از مشابه بودن صنعت مورد مطالعه می‌باشد [۲۷].

تاکنون از شاخص NCPI در محیط کاری پالایشگاهی برای اولویت‌بندی کنترل صدا استفاده نشده است؛ به همین دلیل، امکان مقایسه نتایج مطالعه حاضر با دیگر مطالعات انجام شده در داخل و خارج از کشور وجود ندارد. با این وجود، این شاخص در اولویت‌بندی کنترل صدا در واحدهای مختلف یک مجتمع پتروشیمی و همچنین یک صنعت لاستیک‌سازی استفاده شده است. در این راستا، دهقان و همکاران از شاخص کنترل صدا برای اولویت‌بندی کنترل صدا در یک مجتمع پتروشیمی استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که واحد فشرده‌سازی با امتیاز ۰/۳۲ به عنوان اولویت نخست کنترل صدا مطرح می‌باشد [۲۸]. همچنین گل محمدی و همکاران در مطالعه خود از روش NCPI به منظور اولویت‌بندی کنترل صدا در یک شرکت تایرسازی استفاده کردند و گزارش نمودند که از بین ۱۱ واحد مورد مطالعه در این شرکت تایرسازی، واحد پخت با ۲۰ فرد شاغل، اولویت نخست کنترل صدا با امتیاز ۱/۳۶۹ را به خود اختصاص داده است. شاخص اولویت کنترل صدا با تلفیق معیارهای تأثیرگذار بر تعیین اهمیت آلودگی صدا، الگویی را برای رتبه‌بندی و اولویت کنترل صدا مشخص می‌کند [۲۰].

در شرایطی که راه‌کارهای مختلفی به منظور انتخاب مناسب‌ترین راهکار کنترل صدا با توجه به محدودیت‌های موجود وجود دارد، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند بسیار سودمند باشد. در حقیقت، با استفاده از روش‌های آهنگ‌گیری چند معیاره مانند روش TOPSIS می‌توان راه‌کارهای کنترل صدا را برای واحدهای گوناگون اولویت‌بندی کرد و به عنوان تکمیل‌کننده روش NCPI به کار گرفت [۱۵]. نتایج روش TOPSIS نشان دادند که راه‌کار کنترل زمان مواجهه کارگران با صدا با وزن نهایی ۷۲۲/۰ به عنوان ایده‌آل‌ترین راه‌کار کنترل صدا در واحد NTA در بین گزینه‌های موجود می‌باشد. به نظر می‌رسد به دلیل روباز بودن واحد و همچنین وسعت زیاد آن، کارکنان مستقر در این واحد نیازمند حضور در نقاط مختلف می‌باشند که این مهم موجب افزایش زمان حضور در سایت و افزایش زمان مواجهه با صدا می‌شود. انجام فعالیت‌های کاری مانند باز و بسته کردن ولو، چک کردن پارامترهای عملیاتی (دما و فشار) پمپ‌های سانتریفیوژی و حضور در ایستگاه‌هایی که مجوز کار گرم یا سرد روی آن‌ها صادر شده است، مهم‌ترین موارد افزایش زمان حضور کارکنان واحد NTA در محوطه واحد و مواجهه با صدای ناخواسته می‌باشند. در این راستا، در مطالعه موسوی و همکاران که در واحد تقطیر یک پالایشگاه نفت انجام شد، با استفاده از روش TOPSIS مشخص گردید که احداث اتاقک محصورکننده برای کارکنان پالایشگاه، مناسب‌ترین راه‌کار کنترل صدا از بین ۱۰ راه‌کار موجود می‌باشد که با نتایج مطالعه حاضر متفاوت است [۱۶]. همچنین اسحاقی و همکاران در مطالعه خود که در یک شرکت شیشه‌سازی انجام دادند، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی AHP به اولویت‌بندی معیارها و راه‌کارهای کنترل صدا در این صنعت پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها مشخص کرد که معیار اجرایی بودن روش با وزن نهایی ۰/۷۲۲ و راه‌کار استفاده از دیواره جداکننده کامل بین دو بخش اصلی شرکت مورد مطالعه با وزن نهایی ۰/۱۱۳، مناسب‌ترین راه‌کار کنترل صدا از بین ۱۱ راه‌کار موجود است [۲۹]. متفاوت بودن ماهیت عملیاتی واحد تقطیر در مطالعه موسوی و همکاران و همچنین صنعت مورد مطالعه در پژوهش اسحاقی و همکاران، دلیل ایجاد تفاوت در نتایج اولویت‌بندی راه‌کارهای کنترل صدا می‌باشد.

براساس نتایج روش TOPSIS، راه‌کار استفاده از وسایل

www.SID.ir

Archive of SID

حفاظت فردی به عنوان راه‌کار ایده‌آل دوم در کاهش مواجهه با صدا در واحد NTA است. در مطالعه حقیقت و همکاران از روش ویکور فازی (Fuzzy VIKOR) برای اولویت‌بندی راه‌کارهای کنترل صدا در واحد تبدیل کاتالیستی یک پالایشگاه نفت استفاده گردید. نتایج روش ویکور فازی نشان دادند که استفاده از وسایل حفاظت فردی به عنوان یکی از آخرین اولویت‌های کنترل مواجهه با صدا در این واحد می‌باشد که این مهم با نتایج مطالعه حاضر تفاوت دارد. مهم‌ترین دلیل این تفاوت می‌تواند برآمده از یکسان نبودن واحد مورد مطالعه و همچنین متفاوت بودن وزن‌دهی در روش ویکور و TOPSIS باشد [۱۵].

علاوه‌براین، نتایج روش TOPSIS نشان دادند که سومین راه‌کار مناسب برای کنترل مواجهه با صدا در واحد NTA، تعمیرات منظم و سرویس دوره‌ای پمپ‌های مولد صدا با وزن نهایی (۰/۶۸۶) می‌باشد. تعمیرات منظم و سرویس دوره‌ای پمپ‌های مولد صدا یکی از ساده‌ترین راه‌کارهای کاهش تراز فشار صوت ایجاد شده می‌باشد. در مطالعه موسوی و همکاران که به منظور تعیین اثربخشی اقدامات اصلاحی در کاهش میزان صدا در واحد نقل و انتقالات نفتی شرکت پالایش نفت آبادان انجام شد، مشخص گردید که انجام تعمیرات و سرویس منظم دوره‌ای پمپ‌های مولد صدا می‌تواند موجب کاهش میزان تراز فشار صوت ایجاد شده و در نتیجه کاهش میزان مواجهه با صدا گردد که این مهم با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد [۱۷]. بر پایه نتایج به دست آمده از روش TOPSIS، ساخت اتاقک آکوستیک و جایگزینی تجهیزات به عنوان آخرین راه‌کارهای ایده‌آل کنترل صدا در واحد NTA می‌باشند. همان‌گونه که ذکر گردید، با توجه به روباز بودن واحد NTA و وسیع بودن آن، ایستگاه‌های کاری کارکنان واحد NTA بسیار متنوع بوده و کارکنان این واحد مدت زمان زیادی از شیفت کاری را در محوطه سپری می‌کنند. جایگزین تجهیزات به دلیل وجود محدودیت‌های مالی و همچنین نبود نمونه های مشابه، مستلزم ایجاد توقف در فرایند تولید و تغییر ماهیت فرایند می‌باشد؛ به همین دلیل به نظر می‌رسد که احداث اتاقک و جایگزینی تجهیزات با توجه به شرایط موجود در واحد، از نظر خبرگان به عنوان آخرین راه‌کار ایده‌آل برای کنترل مواجهه با صدا در این واحد می‌باشد. از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به این موارد اشاره کرد که واحدهای عملیاتی پالایشگاه نفت، غالباً واحدهای روباز و با مساحت وسیع می‌باشند؛ از این رو تعیین دقیق ایستگاه‌های کاری در این واحدها امکان‌پذیر نبوده و بر حسب شرایط کاری متفاوت می‌باشد؛ از این رو برای رفع این محدودیت، با انجام مصاحبه با سرپرستان و کارمندان ارشد باسابقه در واحدها، ایستگاه‌های کاری متداول برای انجام مطالعه شناسایی شدند و شاخص NCPI براساس این زمان حضور کارکنان در این ایستگاه‌های کاری محاسبه گردید. علاوه‌براین، مطالعه حاضر تنها به صورت موردی در واحد نقل و انتقال مواد نفتی یک پالایشگاه نفت انجام شد؛ به همین دلیل واحدهای عملیاتی متنوعی که در پالایشگاه‌های نفت وجود دارند؛ مانند واحدهای تقطیر و آب و بخار، در اولویت‌بندی کنترل صدا وجود ندارند؛ از این رو برای انجام مطالعات بعدی پیشنهاد می‌گردد پژوهشی مشابه در پالایشگاه‌های دیگر با تعداد واحدهای عملیاتی متنوع‌تری انجام شود و نتایج با یافته‌های مطالعه حاضر مقایسه گردد. همچنین توصیه می‌شود به منظور بهبود تصمیم‌گیری در انتخاب مناسب‌ترین راهکار کنترل صدا، ارتباط درونی بین معیارها و راه‌کارهای کنترل صدا با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه ANP تعیین گردد و با استفاده از روش TOPSIS، بهترین راه‌کار کنترل صدا انتخاب و اولویت‌بندی شود.

به‌طور کلی، نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که میانگین انتشار صوت در واحدهای مخازن و نقل و انتقال مواد نفتی بالاتر از حد مجاز ۸۵ دسی‌بل می‌باشد؛ به طوری که از ۱۱ واحد ارزیابی شده، کارگران شاغل در واحد NTA در معرض بالاترین میزان مواجهه با صدا قرار داشتند. نتایج روش NCPI نیز حاکی از آن بودند که واحد NTA اولویت نخست برای انجام اقدامات اصلاحی به

www.SID.ir

Archive of SID

منظور کاهش میزان مواجهه با صدا می‌باشد. همچنین نتایج روش TOPSIS نشان دادند که کاهش زمان مواجهه کارکنان NTA با صدا به عنوان ایده‌آل اول راه‌کار کنترل صدا و جایگزینی تجهیزات به عنوان آخرین راه‌کار ایده‌آل کنترل صدا می‌باشند؛ از این رو نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توانند به عنوان یک راهنما جهت شناسایی و اولویت‌بندی راه‌کارهای کنترل صدا توسط کارشناسان بهداشت حرفه‌ای، سرپرستان و سایر افراد مرتبط با بحث کنترل صدا در پالایشگاه نفت مورد استفاده قرار گیرند.

قدردانی

بدین‌وسیله از مدیران، کارمندان ارشد و کارکنان عملیاتی واحد مخازن و نقل و انتقال مواد نفتی که پژوهشگران را در اجرای این طرح یاری نمودند، تشکر می‌گردد.

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی با کد اخلاق IR.BEH.REC.1397.021می‌باشد.

References

1. Bello JP, Silva C, Nov O, Dubois RL, Arora A, Salamon J, et al. Sonyc: a system for monitoring, analyzing, and mitigating urban noise pollution. Communicat ACM 2019; 62(2): 68-77.
2. Yang W, He J, He C, Cai M. Evaluation of urban traffic noise pollution based on noise maps. Transport Res Part D Transport Environ 2020; 87: 102516.
3. Yuan M, Yin C, Sun Y, Chen W. Examining the associations between urban built environment and noise pollution in high-density high-rise urban areas: a case study in Wuhan, China. Sustainable Cit Soc 2019; 50: 101678.
4. Ejigu MA. Excessive sound noise risk assessment in textile mills of an Ethiopian-Kombolcha textile industry share company. Int J Res Ind Eng 2019; 8(2): 105-14.
5. Homola D, Boril J, Smrz V, Leuchter J, Blasch E. Aviation noise-pollution mitigation through redesign of aircraft departures. J Aircraft 2019; 56(5): 1907-19.
6. Owoyemi MJ, Falemara B, Owoyemi AJ. Noise pollution and control in wood mechanical processing wood industries. Environ Sci 2016; 31: 1-11.
7. Stokholm ZA, Hansen ÅM, Grynderup MB, Bonde JP, Christensen KL, Frederiksen TW, et al. Recent and long-term occupational noise exposure and salivary cortisol level. Psychoneuroendocrinology 2014; 39: 21-32.
8. Hojati M, Golmohammadi R, Aliabadi M. Determining the noise exposure pattern in a steel company. J Occup Hyg Eng 2016; 2(4): 1-8.
9. Alabdulhadi A, Devey P, Boggess M, Guest M. Personal noise exposure assessment of Kuwaiti printing industry workers. Int J Occup Saf Ergon 2019; 27(2): 578-88.
10. Ali SM. Measurement of vibration and noise level at power plant and refinery companies that represents a condition monitory for the health of machines. International Conference on Environmental Impacts of the Oil and Gas Industries: Kurdistan Region of Iraq as a Case Study (EIOGI), Koya-Erbil, Iraq; 2017.
11. Ferguson MA, Tomlinson KB, Davis AC, Lutman ME. A simple method to estimate noise levels in the workplace based on self-reported speech communication effort in noise. Int J Audiol 2019; 58(7): 450-3.
12. Moradirad R, Haghighat M, Yazdanirad S, Hajizadeh R, Shabgard Z, Mousavi SM. Selection of the most suitable sound control method using fuzzy hierarchical technique. J Health Saf Work 2019; 8(4): 371-82.
13. Basner M, McGuire S. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep. Int J Environ Res Public Health 2018; 15(3): 519.
14. Teixeira LR, Pega F, Dzhambov AM, Bortkiewicz A, da Silva DTC, de Andrade CA, et al. The effect of occupational exposure to noise on ischaemic heart disease, stroke and hypertension: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-Related Burden of Disease and Injury. Environ Int 2021; 154: 106387.
15. Mousavi SM, Jahadi Naeini M, Yazdani Rad S,

www.SID.ir

Archive of SID

Haghighat M. Identification and ranking of noise control solutions by using fuzzy delphi approach, fuzzy analytic hierarchy analysis (FAHP) and fuzzy vikor in an oil refinery. Arch Occup Health 2021; 5(1): 913-20.
16. Mousavi SM, Abbasi M, Yazdanirad S, Yazdanirad M, Khatooni E. Fuzzy AHP-TOPSIS method as a technique for prioritizing noise control solutions. Noise Control Eng J 2019; 67(6): 415-21.
17. Mousavi SM, Moradirad R, Beheshti MH, Hajizadeh R, Taheri F, Khodaparast I, et al. Evaluation of noise pollution levels before and after corrective actions in the operational units of tanks and petroleum products transportation in Abadan Oil refining Company. Iran Occup Health 2019; 16(4): 72-82.
18. Tuli V, Siddiqui NA, Nandan A, Gautam A. Noise control mechanisms for industry operations-a review. Adv Air Pollut Profil Control 2020; 17: 229-35.
19. Nassiri P, Dehghan SF, Monazzam MR. A prioritization approach for noise risk management in a petrochemical complex. J Occup Health 2013; 55(3): 204-10.
20. Golmohammadi R, Moazaz F, Aliabadi M. The noise control prioritizing index in a tire manufacturing company. J Occup Hyg Eng 2017; 4(3): 41-8.
21. Ghotbi-Ravandi MR, Hassanvand D, Zare S, Beytollahi M. Weighing and prioritizing noise control methods using the delphi technique and the technique for order of preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) in an Iranian tire manufacturing factory. Sound Vibration 2020; 54(3): 201-13.
22. Wang B, Song J, Ren J, Li K, Duan H. Selecting sustainable energy conversion technologies for agricultural residues: A fuzzy AHP-VIKOR based prioritization from life cycle perspective. Resources Conservat Recyc 2019; 142: 78-87.
23. Handamari EW, Andawaningtyas K, Karim C. Selection of ideal contraceptive tool using hybrid entropy-topsis method. CAUCHY 2018; 5(2): 67-72.
24. Ginting G, Fadlina M, Siahaan AP, Rahim R. Technical approach of TOPSIS in decision making. Int J Recent Trends Eng Res 2017; 3(8): 58-64.
25. Dixit JK, Agrawal V, Agarwal S, Gerguri-Rashiti S, Said DS. Competencies development for women edupreneurs community–an integrated AHP-TOPSIS approach. J Enterprising Communit People Places Global Econ 2020; 15(1): 5-25.
26. Hassanvand D, Zare S, Ghotbi-Ravandi MR. Noise assessment and sound map projection using Surfer and Noise At Work tools in a tire manufacturing complex in Iran, 2018. J Occup Health Epidemiol 2019; 8(2): 109-17.
27. Huang FJ, Hsieh CJ, Young CH, Chung SH, Tseng CC, Yiin LM. The assessment of exposure to occupational noise and hearing loss for stoneworkers in taiwan. Noise Health 2018; 20(95): 146.
28. Dehghan SF, Nassiri P, Monazzam MR, Aghaei HA, Moradirad R, Kafash ZH, et al. Study on the noise assessment and control at a petrochemical company. Noise Vibrat Worldwide 2013; 44(1): 10-8.
29. Mahboobe E, Golmohamadi R, Riahi-Korram M. Prioritizing of noise control methods in the Hamadan glass company by the analytical hierarchy process (AHP). J Occup Health Saf 2012; 2(1): 75-84.

www.SID.ir