انتخاب مناسب ترین روش کنترل صدا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) در یک پالایشگاه

روح الدین مرادی راد[۱]- مجتبی حقیقت[۲]- سعید یزدانی راد[۳]- روح اله حاجی زاده[۴]- زهره شبگرد[۵]- سیدمهدی موسوی[۱]*

mahdi.mousavi90@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۱ *تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۲۱*

چکیده

مقدمه: صدا یکی از مهم ترین عوامل زیان آور صنعتی می باشد که روش های مختلفی جهت کنترل آن وجود دارد. تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) روشی مناسب برای انتخاب بهترین گزینه از بین چندین مورد می باشد. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر انتخاب مناسب ترین روش های کنترل صدا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی بود.

روش کار: مطالعه حاضر از نوع مقطعی در یک پالایشگاه بود. بعد از مشخص نمودن منابع اصلی مولد صدا در پالایشگاه، با استفاده از پرسش نامه و روش دلفی ۵ معیار و ۱۰ روش کنترل صدا انتخاب گردید. سپس برای انتخاب مناسب ترین روش برای کنترل صدا از روش تحلیل سلسله مراتب فازی استفاده شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که معیار کارایی با وزن نهایی ۰/۲۷۷ به عنوان مهم ترین معیار و معیار عدم تداخل در فرایند با وزن نهایی ۰/۰۶ به عنوان کم اهمیت ترین معیار می باشد. هم چنین از بین روش های کنترلی روش احداث پناهگاه صوتی بالاترین نمره (۰/۲۰۷) را به خود اختصاص داد.

نتیجه گیری: نتایج به طور کلی نشان داد که بهترین معیار جهت انتخاب روش مناسب برای کنترل صدا، کارایی آن می باشد. هم چنین بر اساس نتایج روش ساخت یک پناهگاه صوتی به عنوان بهترین روش کنترل صوت در پالایشگاه انتخاب گردید.

کلمات کلیدی: *صدا، تحلیل سلسله مراتب فازی ، روش های کنترل صدا، مقایسه زوجی*

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲- مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران
۳- کارشناس ارشد، مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۴- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده پیراپزشکی و بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران
۵-کارشناس، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

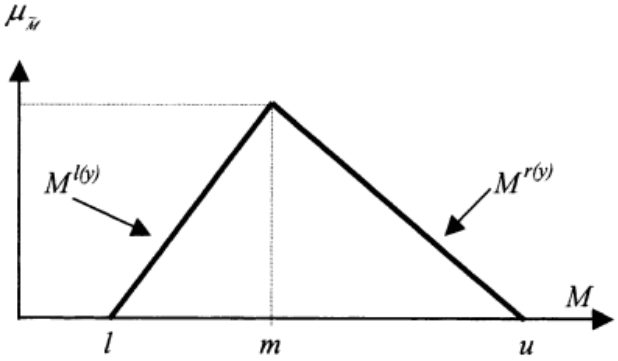
مقدمه

صدا ناشی از فعالیت های انسانی می باشد(۱). در گذشته تعداد افراد کم تری با سطح بالای صدا مواجهه داشتند، ولی با توجه به گسترش صنعت و افزایش منابع تولید صدا تعداد افراد بیش تری در معرض صدای زیاد قرار گرفتند(۲-۴). مواجهه با صدای زیاد در بسیاری از مشاغل وجود داردکه از جمله این مشاغل صنعت نفت می باشد. با توجه به هزینه های زیاد و پیامدهای نامطلوب مواجهه با صدا، لزوم داشتن برنامه ای جهت کنترل آن در محیط کار احساس می شود (۵-۷). راه کارهای گوناگونی به منظور کنترل صدا وجود دارد و توصیه شده است که اقدامات کنترل صدا به ترتیب الویت بندی شوند. الویت اول با کنترل صدا در منبع، الویت دوم کنترل صدا در مسیر منبع و الویت سوم کنترل صدا در نقطه دریافت کننده می باشد. در بیش تر موارد، ترکیبی از این اقدامات به منظور کاهش تراز فشار صوت به کار می رود (۸, ۹) .به منظور انتخاب بهترین گزینه راه کار کنترلی از بین چندین گزینه موجود، استفاده از مدل های تصمیم گیری چند معیاره(MCDM)[1] توصیه شده و در بین مدل های تصمیم گیری چند معیاره استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[2] مرسوم تر می باشد(۱۰). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اولین بار توسط ساعتی (Saaty) به کار گرفته شد. این روش بیش تر در تصمیم گیری های بر مبنای کیفی به کار می رود. در این روش می توان برای تصمیم گیری از نظرات افراد خبره مختلف استفاده نمود. هر چند هدف از به کاربردن این روش به دست آوردن نظر خبرگان می باشد با وجود این، روش تحلیل سلسله مراتبی مرسوم به درستی نحوه تفکر انسانی را منعکس نمی کند. به خصوص اگر شرایط عدم اطمینان باشد و مسایل دارای داده های مبهم باشند. زیرا در مقایسه های زوجی این روش از اعداد دقیق استفاده می شود. از دیگر ایرادات وارد به این روش، عدم قطعیت و نا دقیق بودن مقایسه های زوجی است. تصمیم گیرندگان اغلب به علت طبیعت فازی و عدم قطعیت مقایسه های زوجی قادر نیستند به صراحت نظرشان را در مورد برتری ها اعلام کنند. به همین دلیل استفاده از منطق فازی در روش تحلیل سلسله مراتبی شکل گرفت(۱۱) .تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)[3] روشی مناسب برای مواجهه با شرایط عدم اطمینان و فازی می باشد .در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، از خبرگان خواسته می شود که عناصر هر سطح را نسبت به هم مقایسه و اهمیت نسبی عناصر را با استفاده از اعداد فازی بیان کنند(۱۱, ۱۲). با توجه به لزوم مقابله با عدم قطعیت در تصمیم گیری، هدف مطالعه حاضر استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) جهت انتخاب بهترین راه کار کنترل صدا و الویت بندی راه کارهای موجود می باشد.

روش کار

مطالعه حاضر در واحد تقطیر یک پالایشگاه انجام گرفت و از نوع مقطعی، توصیفی – تحلیلی می باشد. هدف مطالعه حاضر الویت بندی روش های کنترل صدا در واحد مذکور پالایشگاه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی بود. در ابتدا اطلاعات اولیه شامل محل استقرار منابع صوتی و شرایط عملیاتی تجهیزات در واحد تقطیر جمع آوری گردید. با توجه به نتایج اندازه گیری صدا در واحد تقطیر منابع اصلی مولد صدا شامل الکتروموتورهای گرم و

1- Multiple criteria decision making (MCDM)
2- Analytical Hierarchy Process(AHP)
3- Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)



شکل (۱) - نمایش یک عدد فازی مثلثی

$$\tilde{A}=\begin{bmatrix} 1 & M_{12} & \dots & M_{1n} \\ M_{21} & 1 & \dots & M_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ M_{n1} & M_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

شکل(۲)- ماتریس وجی براساس اعداد فازی

سرد، استیم جت، کوره ها، وسایل خنک کننده (فن ها) مشخص شد. اندازه گیری صدا براساس استاندارد ISO9612 به روش شبکه بندی (۱۳) و تهیه نقشه صوتی و سپس مشخص شدن ایستگاه های تراز فشار صوت بالاتر از ۸۵ دسی بل با استفاده از صدا سنج مدل SLM CEL490 و کالیبراتور مدل CEL-110/1 در فرکانس های ۶۳ تا ۸۰۰۰ هرتز در شبکه یک سوم اکتاو باند انجام شد.

روش FAHP

شخصی با نام چانگ (Chang) در سال ۱۹۹۶ روش آنالیز توسعه[۴] برای اجرای روش تحلیل سلسله مراتبی به روش فازی را ارایه نمود. در این روش برای وزن دهی به نظرات خبرگان و تعیین وزن معیار ها و گزینه ها از اعداد فازی مثلثی استفاده می گردد. در شکل (۱) عدد مثلثی فازی M= (l, m, u) نمایش داده شده است.

4- Extent Analysis

مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی به روش چانگ به شرح زیر می باشد(۱۱) :

مرحله اول: رسم نمودار سلسله مراتبی

مرحله دوم: تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه های زوجی

مرحله سوم: تشکیل ماتریس مقایسه های زوجی $(\tilde{A})$ با به کار گیری اعداد فازی

مرحله چهارم: محاسبه S_i برای هریک از سطرهای مقایسات زوجی

S_i که خود یک عدد فازی مثلثی است از رابطه (۱) به دست می آید.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=l}^{n}\sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} \qquad (۱)$$

ر این رابطه i بیان گر شماره سطر و j بیان گر شماره ستون است. M_{gi}^{j} در این رابطه اعداد فازی ماتریس های زوجی می باشند.

مقادیر $\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ و $\sum_{i=l}^{n}\sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}$ و $\left[\sum_{i=l}^{n}\sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$ را می توان از روابط زیر به دست آورد.

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j \cdot \sum_{j=1}^{m} m_j \cdot \sum_{j=1}^{m} u_j\right) \qquad (۲)$$

$$\sum_{i=l}^{n}\sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{n} l_j \cdot \sum_{j=1}^{n} m_j \cdot \sum_{j=1}^{n} u_j\right) \qquad (۳)$$

$$\left[\sum_{i=l}^{n}\sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right) \qquad (۴)$$

مرحله پنجم: محاسبه درجه بزرگی S_i ها نسبت به هم دیگر

به‌طور کلی اگر $M_1=(l_1,m_1,u_1)$ و $M_2=(l_2,m_2,u_2)$ دو عدد مثلثی فازی باشند مطابق شکل ۳ درجه بزرگی M_1 نسبت به M_2 به صورت زیر تعریف می گردد:

$$V(M_2 \geq M_1) = \mathrm{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) =$$

$$\begin{cases} 1 & if\ m2 \geq m1 \\ 0 & if\ l1 \geq u2 \\ \frac{l1-u2}{(M_2-u2)-(m1-l1)} & other\ wise \end{cases} \qquad (۵)$$

از طرف دیگر میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از K عدد فازی مثلثی دیگر از رابطه ۶ به دست می آید:

$$V(M \geq M1, M2, \ldots M_k) = V[(M \geq M1)\ and\ (M \geq M2)\ and \ldots\ldots and\ (M \geq M_k)\ ] = \mathrm{Min}\ V\ (M \geq M_i)\ ,\ i=1,2,3,\ldots,k \qquad (۶)$$

مرحله ششم: محاسبه وزن معیارها و گزینه ها در ماتریس های مقایسه زوجی

بدین منظور از رابطه (۷) استفاده می گردد:

$$\acute{d}(Ai) = \mathrm{Min}\ V\ (S_i \geq S_k) \quad k = 1,2,\ldots,n\ ,\ k \neq i \qquad (۷)$$

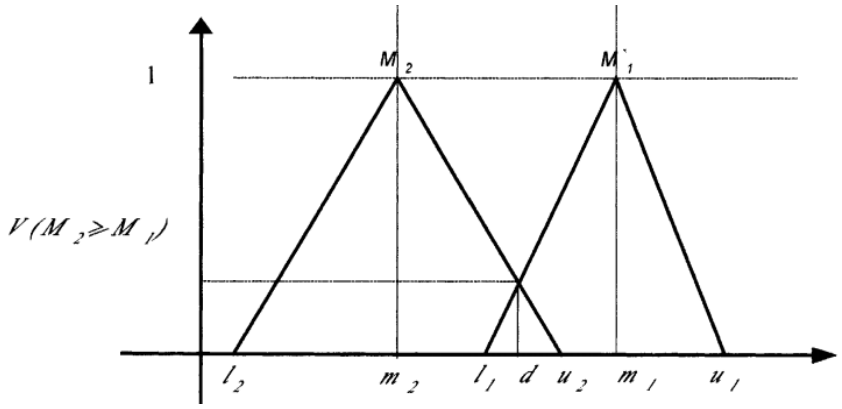
بنابراین بردار وزن نرمال نشده به صورت زیر خواهد بود:

$$w = (\acute{d}(A_l).\acute{d}(A_l) \ldots . \acute{d}(A_n))^T \quad A_l = (i= 1,2,\ldots,n) \qquad (۸)$$

مرحله ۷: محاسبه بردار وزن نهایی

برای محاسبه بردار وزن نهایی باید بردار وزن محاسبه شده در مرحله قبل را نرمال سازی کرد، بنابراین وزن نهایی از رابطه (۹) محاسبه می گردد.

$$w = d(A_l).d(A_l) \ldots . d(A_n))^T \qquad (۹)$$



شکل (۳)- درجه بزرگی دو عدد فازی نسبت به هم

مرحله ۸: محاسبه میزان ناسازگاری (CR):

در این مرحله برای اطمینان از قابل اعتماد بودن نتایج به دست آمده با استفاده از روش گوگوس و بوچر، میزان ناسازگاری هر ماتریس از حاصل تقسیم شاخص سازگاری (CI) بر شاخص تصادفی محاسبه گردید. حاصل مقدار ناسازگاری همه ماتریس ها کم تر از ۰/۱ به دست آمد، بنابرین نتایج قابل اعتماد تلقی گردیدند(۱۴).

به منظور ترکیب نظرات N تعداد خبره از روش میانگین گیری هندسی استفاده می گردد که خروجی آن یک ماتریس مقایسه است که برآیند قضاوت های خبرگان است(۱۵).

$$a_{ij} = (\prod_{k=1}^{k} \tilde{a}_{ijk})^{\frac{1}{k}} \qquad (۱۰)$$

$$k = 1.2 \dots . k$$

به منظور تعیین معیار ها و گزینه های مناسب در جهت الویت بندی روش های کنترل صدا در واحد تقطیر پالایشگاه با به کار گیری روش پرسش نامه ای دلفی از ۲۰ کارشناس خبره شامل کارشناسان واحد و سرپرستان واحد با سابقه کار بالای ۱۰ سال در واحد و آشنا با فرآیند کاری واحد و روشه های کنترل صدا خواسته شد که در مورد ۱۵ روش کنترل صدا و ۸ معیار پیشنهادی در این خصوص اظهار نظر کنند. روش دلفی یک روش سیستماتیک برای استخراج نظرات از یک گروه خبرگان در مورد یک موضوع یا یک سوال خاص یا رسیدن به یک اجماع گروهی از طریق یک سری پرسش نامه بدون نام پاسخ دهندگان و بازخورد نظرات به اعضا است. مهم ترین شرایط مورد نیاز برای کاربرد روش دلفی، نیاز به قضاوت خبرگان و توافق گروهی در رسیدن به نتایج و در دسترس بودن متخصصین باتجربه می باشد(۱۶, ۱۷). در نهایت با اجماع نظر خبرگان ۵ روش کنترلی و ۳ معیار پیشنهادی که دارای اهمیت کم تری نسبت به بقیه بودند از مطالعه حاضر حذف گردید و در مجموع ۱۰ روش کنترلی صدا و ۵ معیار مورد بررسی قرار گرفت. معیارهای مشخص شده شامل کارایی، هزینه، قابلیت اجرایی، عدم تداخل در فرآیند و ایمنی بود و روش های کنترلی پیشنهادی در جدول (۱) نشان داده شده است.

بعد از مشخص شدن معیار و روش های کنترلی که گزینه های موجود تلقی می گردند، اکنون با توجه به مراحل روش سلسله مراتبی فازی جهت

جدول (۱)- روش های کنترلی پیشنهادی برای واحد تقطیر

روش های کنترلی پیشنهاد شده
۱. تعمیر و تعویض قطعات معیوب دستگاه ها
۲. استفاده از محفظه صوتی بر منبع
۳. استفاده از پناهگاه صوتی برای افراد
۴. اصلاح یا تغییر فرآیند کاری برای کاهش صدای خروجی استیم جت ها
۵. استفاده از مواد میرا کننده ارتعاش بر وسایل مرتعش
۶. نصب سایلنسر بر روی ایرجت ها
۷. ایجاد حصارهای ایزوله کننده صدا
۸. استفاده از کرکره های صوتی بر روی الکتروموتورها
۹. جایگزینی دستگاه های قدیمی با دستگاه های جدید
۱۰. استفاده از وسایل حفاظت فردی

تعیین بهترین روش کنترلی با توجه به معیارها و تجمیع نظرات خبرگان مراحل زیر انجام گرفت.

مرحله اول، رسم ساختار سلسله مراتبی: در ساختار سلسله مراتبی، هدف (در این مطالعه کنترل صدا) در بالاترین سطح قرار می گیرد. در سطح میانی معیارها و در قسمت انتهایی ساختار هم گزینه های پیشنهادی قرار می گیرند. تجزیه یک مساله بزرگ تر به عناصر کوچک تر، روابط و مفاهیم موجود در مساله تصمیم گیری و ارتباط بین هر عنصر با سایر عناصر، به دقت و سهولت قابل درک خواهد بود. با انجام این عمل، درخت ساختار سلسله مراتبی به وجود می آید که به درک و حل مساله کمک شایانی می نماید(۱۸).

مرحله دوم، تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه های زوجی

بعد از ترسیم ساختار سلسله مراتبی برای مطالعه حاضر پرسش نامه ای مربوط به مقایسات زوجی در اختیار خبرگان قرار گرفت و از آن ها خواسته شد تا معیار ها و گزینه ها را نسبت به هم به صورت زوجی مقایسه کنند. در مطالعه حاضر به منظور مقایسه معیارها و گزینه ها از واژه های زبانی و اعداد فازی مثلثی بر اساس جدول (۲) استفاده گردید(۱۹).

مرحله سوم، تشکیل ماتریس مقایسه های زوجی ($\tilde{A}$) با به کار گیری اعداد فازی

بعد از پاسخ دهی نخبگان به پرسش نامه مقایسات زوجی بین معیارها و گزینه ها، مقایسات زوجی به وسیله ماتریس های تصمیم گیری انجام گرفت. در نهایت بر اساس مقایسات زوجی برتری و ارجحیت معیارها و گزینه ها به صورت وزن نهایی آن ها محاسبه گردید. برای محاسبات مربوط به مقایسات زوجی و اعداد فازی از روابط ۱ تا ۹ که قبلا به آن اشاره گردید، استفاده شد. به منظور ترکیب نظرات خبرگان از رابطه ۱۰ استفاده شد. پس از پاسخ گویی نخبگان به پرسش نامه های مقایسه ای، جهت محاسبات و تحلیل از نرم افزار اکسل (EXCEL version 2016) استفاده گردید.

یافته ها

بعد از جمع آوری پرسش نامه ۲۰ خبره و ترکیب نظرات آن ها به وسیله روش میانگین هندسی، وزن نهایی معیار ها در جدول (۳) آورده شد.

جدول (۲)- تبدیل واژه های زبانی به اعداد فازی

درجه اهمیت	واژه زبانی اهمیت نسبی	اعداد فازی	معکوس فازی
۱	برابر(Equal)	(۱،۱،۱)	(۱،۱،۱)
۲	برتری خیلی کم(Weak advantage)	(۱،۲،۳)	(۰،۳۳ ، ۰،۵ ،۱)
۳	کمی برتر(Not bad)	(۲،۳،۴)	(۰،۲۵،۰،۳۳،۰،۵)
۴	خوب(Preferable)	(۴،۵،۶)	(۰،۱۶،۰،۲،۰،۲۵)
۵	نسبتا خوب(Fairly good)	(۵،۶،۷)	(۰،۱۴،۰،۱۶،۰،۲)
۶	خیلی خوب(Very good)	(۶،۷،۸)	(۰،۱۲،۰،۱۴،۰،۱۶)
۷	عالی(Absolute)	(۷،۸،۹)	(۰،۱۱،۰،۱۲،۰،۱۴)
۸	برتری مطلق(Perfect)	(۸،۹،۱۰)	(۰،۱۰،۰،۱۱،۰،۱۲)

جدول (۳)- نمونه ای از ماتریس تصمیم گیری در جهت مقایسه زوجی بین معیار ها

ایمن بودن			قابلیت اجرایی			عدم تداخل در فرآیند			هزینه			کارایی			معیار
۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۶	۵	۴	۸	۷	۶	۱	۱	۱	کارایی
۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۴	۱	۲	۳	۵	۴	۳	۱	۱	۱	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۲	هزینه
۶	۵	۴	۳	۴	۵	۱	۱	۱	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۶	عدم تداخل در فرآیند
۷	۶	۵	۱	۱	۱	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۰	۱	۰/۵۰	۰/۳۳	۴	۳	۲	قابلیت اجرایی
۱	۱	۱	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۶	۷	۶	۵	۶	۵	۴	ایمن بودن

جدول (۴)- نمونه ای از ماتریس تصمیم گیری در جهت مقایسه زوجی بین معیار ها

راهکار ۱۰				راه کار۹			راه کار۸			راه کار۷			راه کار۶			راه کار۵			راه کار۴			راه کار۳			راه کار۲			راه کار ۱			کارایی
۱۰	۹	۸	۷	۹	۸	۷	۷	۶	۵	۸	۷	۶	۷	۶	۵	۵	۴	۳	۶	۵	۴	۴	۳	۲	۳	۲	۱	۱	۱	۱	راهکار۱
۱۰	۹	۸	۷	۹	۸	۷	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۵	۴	۳	۷	۶	۵	۵	۴	۳	۶	۵	۴	۱	۱	۱	۱	۵۰	۰/۳۳	راهکار۲
۱۰	۹	۸	۸	۷	۷	۳	۳	۲	۱	۱	۰/۵۰	۰/۳۳	۰/۵۰	۰/۳۳	۰/۲۵	۵	۴	۳	۷	۶	۵	۱	۱	۱	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۵۰	۰/۳۳	۰/۲۵	راهکار۳
۹	۸	۷	۷	۸	۷	۶	۷	۶	۵	۶	۵	۴	۱	۰/۵	۰/۳۳	۶	۵	۴	۱	۱	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۴	راهکار۴
۹	۸	۷	۸	۷	۶	۱	۰/۵۰	۰/۳۳	۸	۷	۶	۶	۵	۴	۱	۱	۱	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۰	راهکار۵
۹	۸	۷	۷	۶	۵	۱	۰/۵۰	۰/۳۳	۸	۷	۶	۱	۱	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۶	۳	۲	۱	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۶	۴	۳	۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۴	راهکار۶
۹	۸	۷	۹	۸	۷	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۶	۱	۱	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۶	۳	۲	۱	۱	۰/۵	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۲	راهکار۷
۷	۶	۵	۱	۰/۵۰	۰/۳۳	۱	۱	۱	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۶	۱	۰/۵۰	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۱۴	راهکار۸
۷	۶	۵	۱	۱	۰/۵۰	۰/۳۳	۲	۱	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۱	راهکار۹
۱	۱	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۲۵	۰/۱۱	۰/۱	راهکار۱۰

جدول (۵)- وزن نرمال و غیر نرمال معیارها براساس مقایسات زوجی

معیار	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده و نهایی
کارایی	۱	۰/۲۷۷
هزینه	۰/۸۷	۰/۲۴
ایمنی	۰/۸۳	۰/۲۲۹
قابلیت اجرایی	۰/۶۶	۰/۱۸
عدم تداخل در فرآیند	۰/۲۵	۰/۰۶

جدول (۶)- وزن نهایی گزینه ها نسبت به معیارها و الویت بندی با توجه به ادغام وزن گزینه ها در وزن نهایی معیارها

وزن معیار	۰/۲۷۷	۰/۲۴	۰/۲۲۹	۰/۱۸	۰/۰۶		
معیار / راهکار	کارایی	هزینه	ایمنی	قابلیت اجرایی	عدم تداخل در فرآیند	امتیاز نهایی	الویت
۱	۰/۰۱۶	۰/۱۶۸	۰/۱۲۶	۰/۰۱۸	۰/۱۱۲	۰/۰۸۳	۹
۲	۰/۲۲۵	۰/۱۸۶	۰/۲۰۵	۰/۱۸۶	۰/۱۷۷	۰/۱۹۸	۲
۳	۰/۲۳۶	۰/۱۹۳	۰/۲۱۳	۰/۱۹۸	۰/۱۸۶	۰/۲۰۷	۱
۴	۰/۱۴۳	۰/۱۲۲	۰/۰۳۱	۰/۱۳۲	۰/۱۰۳	۰/۱۰۵	۸
۵	۰/۱۵۳	۰/۱۶۸	۰/۱۸۳	۰/۱۴۵	۰/۱۶۱	۰/۱۶۰	۳
۶	۰/۱۶۳	۰/۱۳۶	۰/۱۳۸	۰/۱۴۶	۰/۲۳۵	۰/۱۴۹	۶
۷	۰/۱۸۶	۰/۱۵۶	۰/۱۲۸	۰/۱۶۲	۰/۱۲۳	۰/۱۵۴	۵
۸	۰/۱۳۱	۰/۱۱۳	۰/۱۷۰	۰/۱۳۴	۰/۰۱۸	۰/۱۲۷	۷
۹	۰/۱۵۴	۰/۰۱۷	۰/۰۱۲	۰/۱۵۱	۰/۰۱۴	۰/۰۷۷	۱۰
۱۰	۰/۱۹۳	۰/۱۴۱	۰/۱۲۸	۰/۱۷۶	۰/۱۷۳	۰/۰۱۵۸	۴

با توجه به مقایسات زوجی بین گزینه نسبت به معیار ها وزن نسبی گزینه ها به دست می آید و با ترکیب وزن نسبی گزینه ها با وزن نرمال شده معیار وزن نهایی گزینه ها حاصل می شود و با توجه به وزن نهایی الویت بندی گزینه ها مشخص می گردد. وزن نسبی گزینه با توجه به معیار های مطالعه و هم چنین وزن نهایی آن ها در جدول (۷) نمایش داده شده است.

بحث

مطالعه حاضر با هدف الویت بندی و انتخاب بهترین روش کنترلی صدا به منظور کاهش مواجهه کارگران با صدا در واحد تقطیر یک پالایشگاه با استفاده از روش سیستماتیک دلفی و روش تحلیل سلسله مراتبی فازی اجرا گردید. جهت الویت بندی روش های کنترل مواجهه با صدا از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی که یک روش علمی و تایید شده از سوی کارشناسان است استفاده گردید تا به عنوان یک راهنما در خصوص انتخاب یک روش مناسب کنترل صدا در واحد تقطیر یک پالایشگاه به کار گرفته شود. نتایج حاصل شده از ادغام نظر خبرگان نشان داد که معیار کارایی روش با وزن نهایی ۰/۲۷۷ دارای بیش ترین اهمیت و معیار عدم تداخل در فرآیند با وزن نهایی ۰/۱۶ دارای

کم ترین اهمیت از بین معیارهای حاضر در مطالعه می باشد. هم چنین با توجه به نتایج استفاده از اتاقک صوتی با وزن نهایی ۰/۲۰۷ به عنوان بهترین روش و اولین الویت و هم چنین جایگزینی دستگاه های قدیم با جدید با وزن نهایی ۰/۰۷ به عنوان آخرین الویت مشخص گردید. به طور کلی عوامل موثر برای مشخص نمودن میزان کارایی روش های موجود در خصوص کنترل صدا کاری دشوار است که نیازمند به پارامترهای مختلفی می باشد که از طریق مدل های سنتی مرسوم نمی توان اثرات آن ها بر یک دیگر را بررسی نمود. برای رفع این مشکل استفاده از منطق فازی که از اصلاحات زبانی برای توصیف متغیر های سیستم استفاده می نماید، توصیه شده است که به طور وسیعی در بحث بررسی و کنترل آلودگی های ناشی از صوت مورد استفاده قرار می گیرد. شیرالی و زارع در مطالعه خود تحت عنوان چارچوبی برای تعیین کارایی روش کنترل صدا با استفاده از رویکرد فازی یک مدل ارایه نمودند که بین کارایی روش کنترل و هزینه یک رابطه مستقیم وجود دارد و هر چه مقدار کارایی روش بالاتر باشد، هزینه آن هم بالا می رود. در مطالعه ما هم با توجه به نظرات خبرگان بحث کارایی و هزینه به عنوان دو معیار مهم با وزن نسبی بالاتر نسبت به بقیه معیارها شناخته شدند(۲۰). طی مطالعه اسحاقی و همکارانش در یک شرکت شیشه سازی در همدان تحت عنوان الویت بندی روش های کنترل صدا با روش AHP از بین ۴ معیار و ۱۱ روش کنترلی پیشنهادی، مشخص گردید که معیار کارایی بودن روش به عنوان مهم ترین معیار و معیار هزینه هم به عنوان آخرین معیار شناخته شد و از بین روش های کنترلی موجود در مطالعه استفاده از دیوار جدا کننده به همراه مواد جاذب به عنوان اولین اولویت مشخص گردید(۱۰). در مطالعه دیگری که توسط سخاوتی و همکاران در یک شرکت سیمان واقع در شهر لارستان استان فارس با عنوان الویت بندی روش های کنترل و کاهش آلودگی صدا با روش AHP انجام شد، از بین ۸ معیار و ۹ راه کار، معیار هزینه اولیه سرمایه گذاری به عنون مهم ترین معیار و راه کار کنترل زمان مواجهه به عنوان بهترین راه کار مشخص گردید(۲۱). در هر دو مطالعه اسحاقی و سخاوتی از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مرسوم استفاده گردید که در این روش برای مقایسات زوجی از اعداد دقیق استفاده می شود. از دیگر ایرادات وارد به این روش عدم قطعیت و نادقیق بودن مقایسه های زوجی است. تصمیم گیرندگان اغلب به علت طبیعت فازی و عدم قطعیت مقایسه های زوجی قادر نیستند به صراحت نظرشان را در مورد برتری ها اعلام کنند. نکته قوت این مطالعه استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی بود. به منظور مقابله با عدم قطعیت ها و منعکس شدن بهتر نظر خبرگان از اعداد فازی مثلثی استفاده گردید و مقایسات زوجی بین معیار ها و بین گزینه ها نسبت به معیار و هدف با استفاده از ماتریس های تصمیم گیری با اعداد فازی انجام شد. تا به امروز مطالعات زیادی در خصوص آلودگی صوتی در خصوص صنعت نفت در کشور انجام شده است و نقطه مشترک در نتایج این مطالعات ضرورت کاهش مواجه و کنترل صدا در این صنعت می باشد. در اکثر مطالعات، بعد از مشخص نمودن منابع مولد صدا و ارایه راه کارهای کنترلی، الویت بندی راه کارهای کنترلی صدا

انجام نگرفته است. به دلیل این که از نظر عملیاتی و جنبه های اقتصادی اجرای همه راه کارهای کنترلی صدا مقرون به صرفه نمی باشد، نیاز به الویت بندی راه کارهای کنترلی صدا احساس می شود(۲۲). از نقطه قوت دیگر این مطالعه این است که در ابتدا منابع مولد صدا به وسیله اندازه گیری صدا براساس استاندارد ISO9612 به روش شبکه بندی و تهیه نقشه صوتی، منابع مولد صدا در واحد تقطیر مشخص گردید و سپس به منظور الویت بندی راه کاری کنترلی از روش سلسله مراتبی فازی استفاده شد.

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر به طور کلی نشان داد که معیار کارایی روش با وزن نهایی ۰/۲۷۷ دارای بیش ترین اهمیت و معیار عدم تداخل در فرآیند با وزن نهایی ۰/۱۶ دارای کم ترین اهمیت می باشد. بر اساس نتایج، استفاده از اتاقک صوتی با وزن نهایی ۰/۲۰۷ به عنوان بهترین روش و اولین الویت جهت کنترل صدا در پالایشگاه انتخاب گردید. با توجه به ویژگی های مطلوب روش تحلیل سلسله مراتب فازی می توان از این روش جهت فرآیند تصمیم گیری و الویت بندی راه کارهای کنترل صدا به عنوان یک روش علمی و قابل اعتماد در صنایع نفت و سایر صنایع استفاده نمود و ایرادات وارد بر روش تحلیل سلسله مراتب مرسوم را رفع کرد. از آن جایی که یک نکته مهم در تصمیم گیری در خصوص انتخاب بهترین معیار می تواند ارتباط بین معیارها باشد که در روش FAHP مورد توجه قرار نمی گیرد، بنابراین پیشنهاد می شود که برای مطالعات بعدی از روش ANP که روش بهبود یافته AHP می باشد (روشANP روابط پیچیده تر بین سطوح مختلف تصمیم گیری را بصورت شبکه ای نشان می دهد و تعاملات و بازخوردهای میان معیارها و گزینه ها را نشان می دهد) و هم چنین روش TOPSIS که روش شناسایی گزینه دارای بیش ترین شباهت به راه حل ایده آل می باشد، استفاده گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان در انتهای این پژوهش برخود لازم می دانند که از کلیه کارکنان محترم پالایشگاه که در انجام این مطالعه همکاری نموده اند قدردانی و تشکر نمایند.

REFERENCES

1.Singh N, Davar S. Noise pollution-sources, effects and control. Journal of Human Ecology. 2004;16(3):181-7.

2.Monazzam M, Nadri F, Khanjani N, MR GR, Nadri H, Barsam T, et al. Tractor drivers and bystanders noise exposure in different engine speeds and gears. Journal Mil Med. 2012;14(2):149-54.

3.Nassiri P, Koohpaei A, Zeraati H, Shalkouhi PJ. Evaluation of exposure to whole-body vibration and its health effects on train operators in Tehran-Andimeshk line, Iran. Journal of low frequency noise, vibration and active control. 2009;28(4):285-94.

4.Nassiri P, Koohpaei A, Zeraati H, Shalkouhi PJ. Train passengers comfort with regard to whole-body vibration. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control. 2011;30(2):125-36.

5.Golbabaei F, Zare M, Nassiri P. Evaluation of noise pollution in oil extracting region of Lavan and the effect of noise enclosure on noise abatement. Salāmat-i kār-i Īrān. 2007;4(3):49-56.

6.Nadri F, MONAZZAM M, Khanjani N, GHOTBI M, RAJABIZADE A, NADRI H. An investigation on occupational noise exposure in kerman metropolitan bus drivers. International Journal of Occupational Hygiene. 2015;4(1):1-5.

7.Golmohammadi R, Eshaghi M, Khoram MR. Fuzzy logic method for assessment of noise exposure risk in an industrial workplace. International Journal of Occupational Hygiene. 2011;3(2):49-55.

8.South T. Managing noise and vibration at work: Routledge; 2013.

9.Golmohamadi R, Aliabadi M, Darvishi E. Enclosure design fornoise control of air blowerin a typical steel industry. Iran Occupational Health Journal. 2014;11(2):1-12.

10.Mahboobe E, Golmohamadi R, Riahi-Korram M. Prioritizing of Noise Control Methods in the Hamadan Glass Company by the Analytical Hierarchy Process (AHP). Journal of Occupational Health and Safety. 2012;2(1):75-84.

11.Shaverdi M, Heshmati MR, Ramezani I. Application of fuzzy AHP approach for financial performance evaluation of Iranian petrochemical sector. Procedia Computer Science. 2014;31:995-1004.

12.Mardani A, Jusoh A, Zavadskas EK. Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications–Two decades review from 1994 to 2014. Expert Systems with Applications. 2015;42(8):4126-48.

13.DIN E. 9612: Acoustics-Determination of occupational noise exposure-Engineering method (ISO 9612: 2009). German version EN ISO. 2009;9612:2009.

14.Gogus O, Boucher TO. Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons. Fuzzy Sets and Systems. 1998;94(1):133-44.

15.Forman E, Peniwati K. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. European journal of operational research. 1998;108(1):165-9.

16.Hsu C-C, Sandford BA. The Delphi technique: Use, considerations, and applications in the conventional, policy, and on-line environments. Online research methods in urban and planning studies: Design and outcomes: IGI Global; 2012. p. 173-92.

17.Keeney S, Hasson F, McKenna HP. A critical

review of the Delphi technique as a research methodology for nursing. International journal of nursing studies. 2001;38(2):195-200.

18.Saaty TL. Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world: RWS publications; 1990.

19.Gumus AT. Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology. Expert systems with applications. 2009;36(2):4067-74.

20.Shirali GA, Zareh Sakhvidi MJ. The Framework for Determining Efficiency of Noise Control Method Using Fuzzy Approach. Jundishapur Journal of Health Sciences. 2013;4(4):59-68.

21.Sekhavati E, Zadeh MM, Fam EM, Zarandi AF. Prioritizing methods of control and reduce noise pollution in Larestan cement Factory using analytical hierarchy process (AHP). Toloo-e-behdasht. 2014;13(2):156-67.

22.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 & Vibration Worldwide. 2013;44(1):10-8.

Selection of the most suitable sound control method using fuzzy hierarchical technique

Rouhaldin Moradirad[1], Mojtaba Haghighat[2], Saeid Yazdanirad[3], Rouhalah Hajizadeh[4], Zohre Shabgard[5], Seyed Medi Mousavi[1,*]

[1] M.Sc., Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[2] Instructor, Department of Occupational Health Engineering, Behbahan Faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran

[3] M.Sc., Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[4] M.Sc., Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health and Paramedical Sciences, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran

[5] B.Sc., Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Ahvaz Joundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

Abstract

Introduction: Noise is one of the most harmful industrial agents and there are different methods to control it. Fuzzy analytical hierarchy process is an appropriate technique for selecting the best choice among several control methods. Therefore, the aim of this study was the selection of the most suitable sound control method using fuzzy hierarchical analysis (FAHP) technique in a refinery plant.

Material and Method: The present study was a cross-sectional research in a refinery plant. After identifying the main sources of the noise in the studied palnt, five criteria and ten noise control methods were selected using a questionnaire and Delphi methods. Then, Fuzzy hierarchy analysis was applied for the selection of the best noise control alternative.

Result: The results showed that the performance with a final weight of 0.277 and the non-interference in the process with a final weight of 0.06 were most and least important criteria, respectively. Meanwhile, worker enclosure had highest score (0.207) of the control methods.

Conclusion: In general, the results showed that best criterion for selection of the suitable noise control method is performance. What's more, based on the results, worker enclosure was selected as best noise control method in the refinery.

Key words: *Noise, Fuzzy Hierarchical Analysis Process, Noise Control Methods, Paired Comparison*

* Corresponding Author Email: *mahdi.mousavi90@yahoo.com*