چارچوبی برای تعیین کارایی روش کنترل صدا با استفاده از رویکرد فازی

غلامعباس شیرالی[1*]، محمدجواد زارع سخویدی[2]

۱- استادیارگروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای.
۲- استادیارگروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای.

۱- گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۲- گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران.

* نویسندهٔ مسؤول:
غلامعباس شیرالی؛ گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.
تلفن: ۰۰۹۸۹۱۶۱۱۳۵۶۰۲
Email: *g.shirali52@gmail.com*

چکیده

زمینه و هدف: این مقاله سعی دارد تا با استفاده از منطق فازی اقدام به تعیین کارایی روش کنترل صدا بر اساس داده‌های به‌دست آمده نماید.

روش بررسی: از میان روشهای مختلف کنترل صدا در محیطهای صنعتی، شش روش (محصورسازی، نصب جاذب، محصورسازی به همراه نصب جاذب، کنترل اکتیو، استفاده از وسایل حفاظت فردی و مداخلات مدیریتی) بر اساس قضاوت کارشناسان به عنوان نمونه انتخاب گردید. برای هر کدام از روشهای کنترلی انتخاب شده، دامنه‌ای از کاهش صدای ممکن بر اساس نظرات افراد مجرب و استفاده از متون علمی موجود در آن حیطه‌ها انتخاب گردید. علاوه بر این، برای هر روش کنترلی، هزینهٔ احتمالی برای اجرا نیز بر آورد گردید و با استفاده از متغیرهای موجود اقدام به تعیین کارایی روش گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که با دانستن مقدار کاهندگی و هزینهٔ مورد نیاز برای اجرای هر روش، به راحتی می‌توان کارایی آن‌را محاسبه نمود. به‌عنوان مثال با مقدار کاهندگی ۲۰/۳۱۳۲ دسی‌بل و هزینه‌ای معادل۲۴۴۳/۶۱۰۷ میلیون ریال، کارایی ۵۰درصد قابل پیش‌بینی است.

نتیجه‌گیری: در این مقاله از مدل‌سازی مبتنی بر منطق فازی جهت تعیین کارایی روش کنترل صدا استفاده شده است و همچنین مشخص شد که چگونه می‌توان به‌وسیلهٔ اطلاعات اندک نظیر هزینه و میزان کاهش صدا از مناسب بودن و کارا بودن یک روش کنترل آگاه شد.

کلید واژگان: منطق فازی، روش‌های کنترل صدا، کارایی.

دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱/۲۰ دریافت مقالهٔ اصلاح‌شده: ۱۳۹۱/۹/۷ اعلام قبولی: ۱۳۹۱/۹/۸

مقدمه

تماس با های صنعتی و حتی امروزه در محیط‌زیست یکی از موارد اجتناب‌ناپذیر است و عوارض مختلفی را در انسان بر جای صدا در محیط می‌گذارد. امروزه قوانین و استانداردهای متعددی در زمینهٔ حدود مجاز تماس با صدا در فرایندهای صنعتی یا محیط زیست وجود دارد که مسؤولان را مجاب می‌کند تا تراز صدای منتشره از فرایند یا دستگاه خود را در حد مشخصی نگه دارند. برای کاهش تراز صدا در محیط‌های مختلف، راه‌کارهای کنترلی متنوعی تاکنون پیشنهاد گردیده است که در هر مورد پاره-ای از این راه‌کارها بهترین بازدهی را خواهند داشت (۱). از زمان پیدایش منطق فازی توسط لطفی‌زاده در سال ۱۹۷۱ تا به امروز، این منطق کاربردهای فراوانی در مدل-سازی روابط غیرخطی در بین داده‌های ورودی و خروجی در صنایع یافته است. یکی از دلایل اصلی توجه فراوان به این منطق در مدل‌سازی، توانایی آن در تبدیل داده‌های کیفی به داده‌ها و پاسخ‌هایی است که ساختار محاسباتی دارند. به عبارتی دیگر، منطق فازی راه‌کاری جهت رسیدن به یک تصمیم‌گیری روشن از داده‌های مبهم می‌باشد. در این منطق با استفاده از یک‌سری قوانین "اگر- پس" می-توان از داده‌های ناکافی و مبهم به نتایجی مطمئن دست یافت(۲). منطق فازی بر خلاف منطق ارسطویی در مجموعه‌ها به یک عضو اجازه می‌دهد تا به طور هم‌زمان در چندین مجموعه عضویت داشته باشد، به طور مثال اگر حد مجاز تماس با صدا در ایران را ۸۵ دسی‌بل تصور کنیم و مقدار بیش از آن را به عنوان وجود خطر و کمتر از آن را به صورت عدم وجود خطر قلمداد نماییم، در شرایطی که با صدایی برابر با ۸۴ و ۶۰ دسی‌بل در تماس باشیم، طبق منطق ارسطویی در هیچ‌کدام از موارد ذکر شده تخطی از قانون رخ نداده و شرایط در مجموعهٔ عدم وجود خطر قرار می‌گیرند (شکل۱)(۱). اما به وضوح روشن است که دو حالت موجود از لحاظ خطر در یک سطح قرار ندارند. در منطق فازی مفهومی به نام درجهٔ عضویت این خلاء را پر کرده و با استفاده از آن می‌توان هر کدام از شرایط را به خوبی تفسیر کرد (شکل۲).

اولین کاربرد این روش در صنعت به دهه ۸۰ و کاربرد آن توسط ژاپنی‌ها بر می‌گردد. تا به امروز کاربردهای بسیار گسترده‌ای از این روش گزارش شده است. در زمینهٔ بهداشت حرفه‌ای و محیط زیست نیز در سال‌های اخیر مطالعات متعددی بر اساس این منطق صورت پذیرفته است . کاربرد این منطق در زمینهٔ کنترل صدا، ارزیابی تأثیرات زیست محیطی و ایمنی، بیش از همه به چشم می‌خورد. نمونه‌ای از کاربرد این روش در مسائل آلودگی صوتی را می‌توان در منابع ۱،۲ و۴ یافت. البته مطالعات معدودی نیز در زمینهٔ کاربرد این روش جهت ارزیابی آلودگیهای شیمیایی و انتشار گازهای آلاینده و همچنین روشنایی صورت پذیرفته است (۴). هدف این مقاله این است که بر اساس داده‌های کیفی به‌دست آمده از قضاوت‌های کارشناسان چارچوبی را برای تعیین کارایی روش کنترل صدا در صنایع ارایه نماید. البته در این مدل تمام پارامترهای موجود ارائه نگردیده و مهمترین آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی

از میان روش‌های مختلف کنترل صدا در محیط‌های صنعتی، شش روش به عنوان نمونه انتخاب گردید و مطابق منطق فازی به تصمیم‌گیری در خصوص کارایی آنها با توجه به اطلاعات موجود اقدام شد. روش‌های انتخابی شامل:

۱- محصورسازی ، ۲- نصب جاذب، ۳- کنترل اکتیو، ۴- تغییرات مدیریتی و ۵- استفاده توأم از محصورسازی و نصب جاذب و وسایل حفاظت فردی می‌باشند. ملاک انتخاب روش‌های مورد بررسی دامنه و گستردگی کاربرد آنها به عنوان گزینهٔ کنترلی صدا در صنعت می‌باشد. برای هر کدام از روش‌های کنترلی انتخاب شده، دامنه‌ای از کاهش صدای ممکن بر اساس نظرات افراد مجرب و سایر متون علمی موجود در آن حیطه‌ها انتخاب گردید

(۵) (جدول۱). علاوه بر این، برای هر روش کنترلی هزینه‌های اجرایی با نظر متخصصان و با توجه به هزینهٔ ساخت هر متر مربع محصور کننده، نوع و هزینهٔ هر متر مربع جاذب، هزینهٔ نصب و حمل و نقل نیز برآورد گردید. برآورد انجام شده بر روی هزینه و مقدار کاهش صدا در هر روش در چهار دسته کم، متوسط و زیاد و خیلی‌زیاد تقسیم‌بندی شد. تمام محاسبات ریاضی فازی این مطالعه با نرم‌افزار تخصصی "Fuzzy Tech 5.72a" صورت پذیرفت.

مراحل اصلی در طراحی مدل فازی اخیر را می‌توان با استفاده از الگوریتم زیر بیان کرد:

۱- انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی؛

۲- تعیین دامنهٔ متغیرهای ورودی و خروجی؛

۳- تعیین درجهٔ عضویت هر کدام از متغیرهای ورودی و خروجی؛

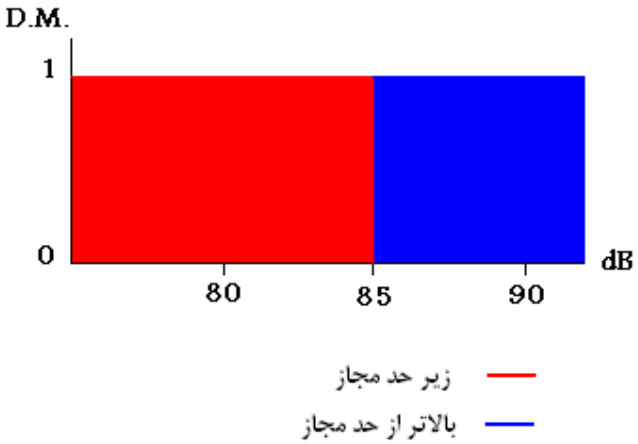
۴- ایجاد مجموعه قواعد یا متغیرهای زبانی (متغیرهایی هستند که مقادیر آنها کلمات و جملاتی هستند که در زبان طبیعی وجود ندارد) بیانگر ارتباط میان ورودی‌ها و خروجی‌ها؛ و

۵- ارزیابی کفایت چارچوب ارایه شده(۶).

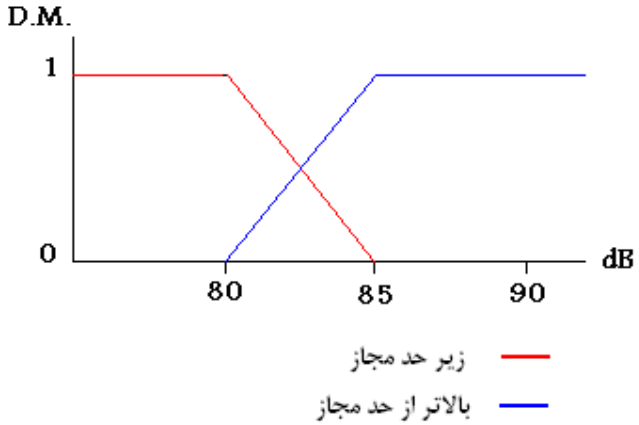
وضعیت متغیرهای ورودی و خروجی مدل و همچنین مقادیر فازی که به هریک اختصاص داده شده در جدول ۲ ارایه شده است.

یافته‌ها

نتایج به‌دست آمده در این مطالعه همان‌گونه که در شرح روش آورده شده است، تعیین کارایی روش به‌کار رفته در کنترل صدا با توجه به هزینه و کاهندگی روش مذکور می‌باشد. الگوی مذکور با استفاده از دو متغیر ورودی هزینه و میزان کاهش صدا و متغیر خروجی (کارایی روش) پی‌ریزی شد و بر اساس آن بلوک قاعده (بلوک تصمیم‌گیری) مطابق شکل ۳ ایجاد گردید. سپس با توجه به متغیر زبانی هزینه و کاهش صدا مجموعه فازی برای این دو پارامتر ایجاد شد که نتیجه آن به ترتیب در شکل ۴ و ۵ ارایه شد. نتایج مربوط به متغیر زبانی کارایی و مقادیر آن را می‌توان به ترتیب در شکل ۶ و جدول ۳ مشاهده نمود. در نهایت، تمام اطلاعات موجود با استفاده از نرم-افزار FuzzyTech مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند (۱و۷)، که نتیجه آن را می‌توان در شکل ۷ مشاهده نمود.



شکل۱: دیدگاه منطق ارسطویی درخصوص صدای کمتر از حد استاندارد



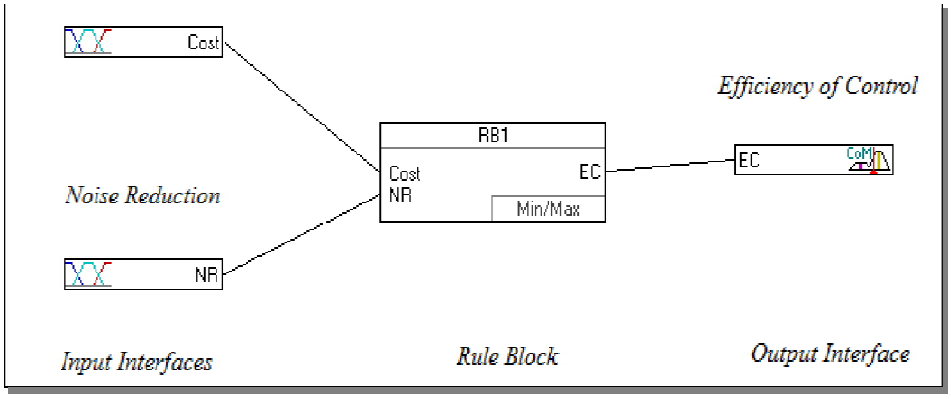
شکل۲: دیدگاه فازی در خصوص صدای کمتر از حد استاندارد

جدول ۱: روش های کنترلی مورد بررسی در مطالعه و هزینه و کاهندگی هر کدام از آنها بر اساس نظر متخصصین

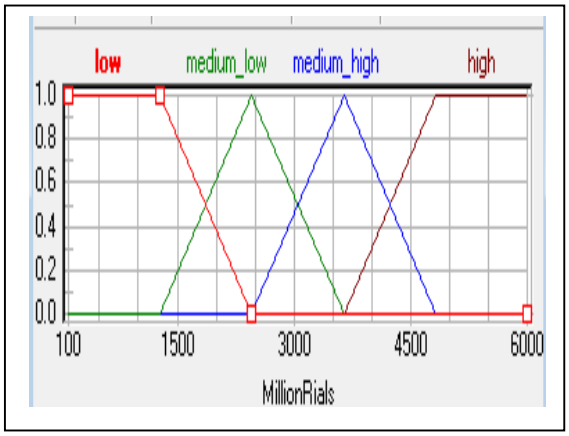
رو ش های کنترلی	کاهندگی(دسی بل)	هزینه(میلیون ریال)
محصورسازی	۲۸	۶۰۰
نصب جاذب	۱۰	۳۰۰
کنترل اکتیو	۲۵	۵۰۰۰
مداخلات مدیریتی	۸	۲۳۰
استفاده از روش های توأم (محصور سازی + نصب جاذب)	۳۵	۷۰۰
وسایل حفاظت فردی	۱۵	۴۰

جدول ۲: متغیر های ورودی و خروجی مدل همراه با مقادیر فازی هر یک

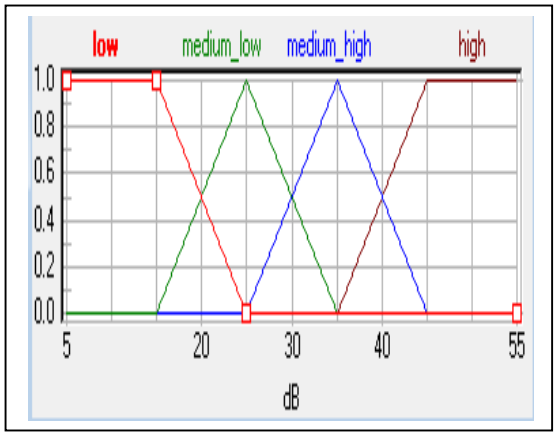
شماره	متغیرها	متغیر زبانی	مقادیر زبانی	محدوده فازی
۱	ورودی	هزینه	خیلی کم	≥۱۲۰میلیون ریال
۲			کم	۱۰۰-۳۰۰
۳			متوسط	۲۵۰-۱۰۰۰
۴			زیاد	۸۰۰ -۴۰۰۰
			خیلی زیاد	≥۳۰۰۰
۵		میزان کاهش صدا	کم	≥۷ دسی بل
۶			متوسط	۵-۲۰
۷			زیاد	۱۵-۳۵
۸			خیلی زیاد	≤۳۰
۹			ضعیف	≥۱۰درصد
۱۰	خروجی	ارزیابی روش کنترل	متوسط	۸-۵۵
۱۱			مؤثر	≥ ۵۰درصد



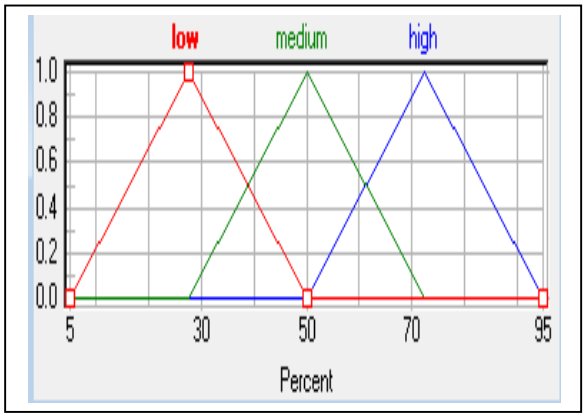
شکل۳: نحوه‌ی ایجاد بلوک قاعده براساس متغیرهای ورودی و خروجی



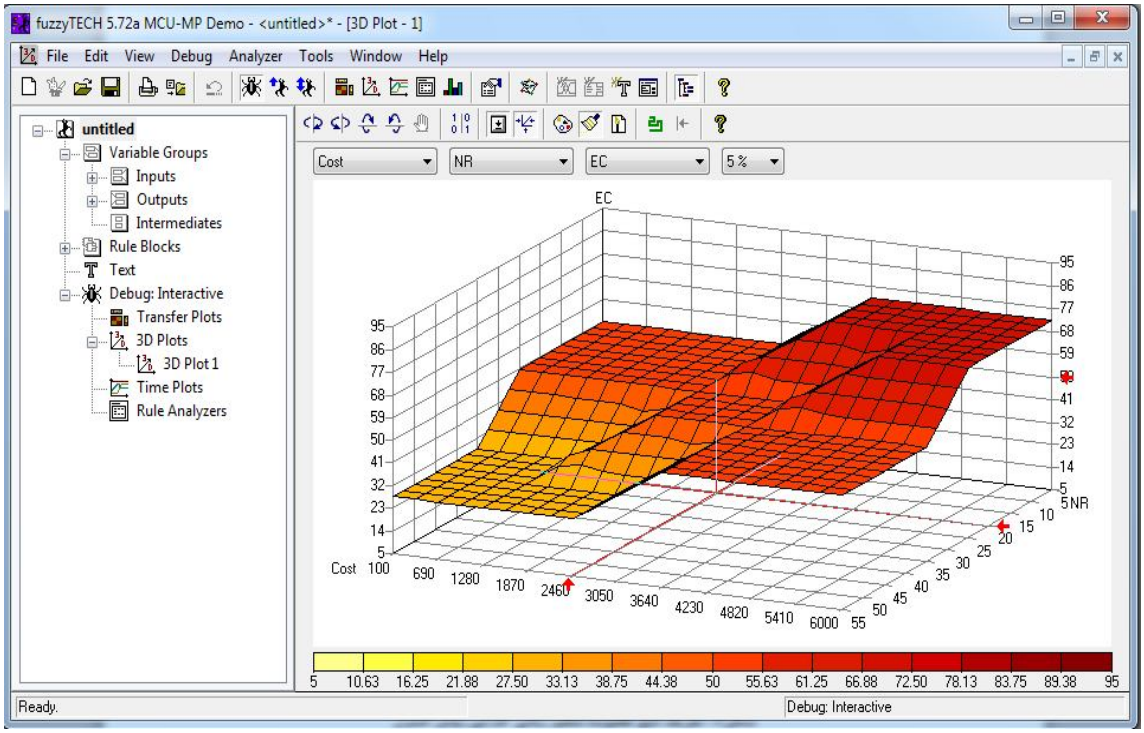
شکل ۴: تعریف تابع عضویت متغیر زبانی هزینه



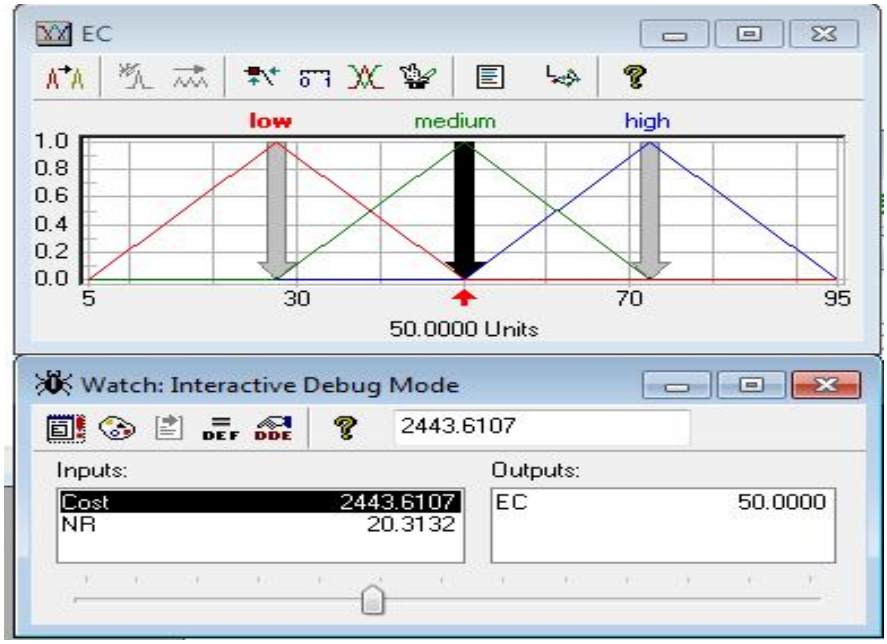
شکل۵: تعریف تابع عضویت متغیر زبانی میزان کاهش صدا



شکل۶: تعریف تابع عضویت متغیر زبانی کارایی روش کنترل



شکل ۷: نمودار سه بعدی رفتار سیستم با توجه به متغیرهای ورودی و خروجی



شکل۸: تحلیل مدل با استفاده از متغیرهای ورودی و خروجی

بحث

مدل فازی به راحتی قابل فهم بوده و مفاهیم ریاضیاتی کاربردی در آن بسیار ساده است. بنابراین به طور گسترده و ساده‌ای می‌توان از آن استفاده کرد. به طور کلی از منطق فازی جهت مدل‌سازی مفاهیم پیچیده و همچنین روابط غیر خطی استفاده می‌شود (۸و۹). پارامترهای مؤثر در تعیین کارایی روش‌های کنترل صدا نیز بسیار پیچیده بوده و به پارامترهای مختلفی وابسته است که از طریق مدل‌های سنتی نمی‌توان تعاملات آنها را بررسی نمود. به‌عنوان مثال یکی از معایب رویکردهای سنتی در ارزیابی صدا این است که تنها یک پارامتر (تراز صوت) برای تعیین ناحیهٔ خطر مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین برای غلبه بر مشکل موجود در روش‌های مذکور، رویکرد فازی که از اصطلاحات زبانی برای توصیف متغیرهای سیستم استفاده می‌نماید، به‌طور گسترده‌ای در بررسی و کنترل آلودگی‌های صوتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰). بررسی‌ها نشان داد که مطالعه‌ای با این سبک و سیاق تا به حال انجام نشده است، اما نتایج مطالعات مشابه نشان داده است که استفاده از منطق فازی در مقابل منطق سنتی (ارسطویی)، به‌عنوان رویکردی مؤثر در ارزیابی صدا با توجه به متغیرهای کیفی و کمی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (۱۱، ۱۲). بر این اساس، نتایج این مطالعه نشان داد که تعیین کارایی روش‌های کنترل صدا با توجه به دو پارامتر هزینه و کاهندگی روش، کار بسیار آسان و دقیقی است (البته لازم به ذکر است که در این مقاله تجزیه و تحلیل داده‌ها تنها با استفاده از دو پارامتر انجام شد، هدف از این‌کار نیز معرفی رویکردی جدید در مبحث صدا می‌باشد. اما در صورتی‌که تعداد متغیرهای ورودی افزایش یابد، در بیشتر موارد نیز چنین خواهد بود، کار تصمیم‌گیری، کاری پیچیده خواهد بود). با این توصیف، نتایج نشان داده‌اند که برای رسیدن به کارایی ۵۰درصد در مبحث کنترل صدا به مقدار کاهندگی ۲۰/۳۱۳۲ دسی‌بل و هزینه‌ای معادل ۲۴۴۳/۶۱۰۷ میلیون ریال نیاز می‌باشد (شکل ۸). به‌عبارت دیگر، در نمودار مذکور هرچه به سمت ناحیهٔ قرمز پیش می‌رویم کارایی روش بیشتر می‌شود و برعکس در ناحیهٔ زرد، هزینه کم می‌شود که به تبع آن کاهش کارایی نیز محتمل می‌گردد.

نتیجه‌گیری

به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی می‌توان به این نکته اشاره نمود که با استفاده از این الگو می‌توان با حداقل اطلاعات لازم اقدام به محاسبه و برآورد شاخص‌های مهمی که در مبحث کنترل صدا مطرح می‌باشند، مبادرت نمود. بنابراین، محققان در کارهای آینده می‌توانند با وارد نمودن پارامترهای مهم دیگر نظیر: ضریب جذب، ضریب انعکاس، پارامترهای جوی، تراز کلی فشار صوت، زمان در معرض صدا بودن و غیره، این چارچوب را تبدیل به یک مدل کامل برای استفاده در فرایند کنترل صدا نمایند.

قدردانی

در پایان نویسندگان کمال تشکر و قدردانی خود را از جناب آقای دکتر گل‌محمدی به‌خاطر راهنمایی‌های ارزنده-شان در تهیه و تدوین این مقاله به‌عمل می‌آورند.

منابع

1-Aluclu I. Dalgic A, Toprak ZF. A fuzzy logic-based model for noise control at industrial workplaces. Appl Ergon 2008;39(3):368-78.
2- Hayward G, Davidson V. Fuzzy logic applications. Analyst 2003;128(11).1304-6.
3- Park GY, Park J, Seong PH. Application of wavelet noise-reduction technique to water-level controller. Nucl Technol 2004;145(2):177-88.
4-Smith PN. Environmental project evaluation: a fuzzy logic based method. Int J Syst Sci1997;28(5):467-81.
5- Bell, L. H. and D. H. Bell. Industrial noise control: Fundamentals and applications, CRC, 1993.

6- Muneyasu M, Asou K, Wada Y, Taguchi A, Hinamoto A. An implementation of tunable fuzzy filters for mixed noise reduction. Ieice Transactions on Fundamentals of Electronics Communications and Computer Sciences 2001;E84a (2):482-4.
7- Zhang QZ, Gan WS, Zhou YL. Adaptive recurrent fuzzy neural networks for active noise control. J Sound Vib 2006;296(4):935-48.
8- da Costa Sousa JM, Silva CA, da Costa JMGS. Fuzzy active noise modeling and control. Int J App Reasoning 2003;33(1):51-70.
9- Chang CY, Shyu KK, Chuang TN. Active noise controller with fuzzy filtered-U algorithm. Electron Lett 2001;37(8):543-5.
10-Golmohammadi R, Eshaghi M, Reyahi Khoram M. Fuzzy logic method for assessment of noise exposure risk in an industrial workplace. Int J Occup Hygiene 2011;3(2):49-55.
11-Benetto E, Dujet C, Rousseaux P. Fuzzy-Sets Approach to Noise Impact Assessment. Int J Life Cycle Assess 2006;11(4):222-8.
12-Peng W, Mayorga RV. Assessing traffic noise impact based on probabilistic and fuzzy approaches under uncertainty. Stoch Environ Res Risk Assess 2008;22(4):541-50.

The Framework for Determining Efficiency of Noise Control Method Using Fuzzy Approach

Gholam Abbas Shirali[1*], Mohammad Javad Zareh Sakhvidi[2]

1, 2-Assistant Professor of Occupational Health Engineering.

1- Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Ahvaz JundishapurUniversity of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
2- Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Shahid Sadoughi Yazd ,University of Medical Sciences, Hamedan, Iran.

**Corresponding author:*
Gholam Abbas Shirali; Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Ahvaz JundishapurUniversity of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
Tel: +989161135602
Email: g.shirali52@gmail.com

Abstract

Introduction: This paper tries to determine efficiency of noise control method using fuzzy logic and based on collected data.

Methods and Materials: from among various methods of noise control in workplace, sex methods (enclosure, installing noise absorber, enclosure and absorber, active, and administrative control, and personal protective equipment) were typically selected based on experts' judgment. For each of selected control methods, a possible rate of noise reduction was estimated based on experts' opinion and literature review. Moreover, cost of accomplishment was also estimated for each of control methods, and with regard of existing variables the efficiency of any method was determined.

Results: The results showed that we are able to calculate the efficiency of any method with knowing cost and noise reduction rate of the method. For example, with noise reduction 20.3132 dB and the cost equal to 2443.6107 mRials, the efficiency 50% is expected.

Conclusion: In this paper was used from modeling based on fuzzy logic for determining the efficiency of noise control method, and there was also specified which how can be recognized to be suitable and efficient a noise control method using slight data such as cost and noise reduction rate.

Keyword: Fuzzy Logic, Noise Control Methods, Efficiency.

Received: 8.4.2012 **Revised: 27.11.2012** **Accepted: 28.11.2012**