

مواجهه شغلی رانندگان و مجاورین تراکتور با صدا به‌هنگام عملیات با دور موتور و دنده‌های مختلف

محمدرضا منظم^۱ PhD، فرشاد ندری^{*} MSc، نرگس خانجانی^۲ PhD، محمدرضا قطبی راوندی^۳ PhD، حامد ندری^۳ BSc،

طیبه برسوم^۲ MSc، محسن شمس^۴ PhD، حسام اکبری^۵ MSc، حامد اکبری^۶ MSc

^{*} دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
^۱ دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
^۲ دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
^۳ دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
^۴ مرکز تحقیقات بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی بقیه... (عج)، تهران، ایران
^۵ گروه HSE، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

اهداف: تراکتورها به‌عنوان مهم‌ترین منبع تولید صدا در کشاورزی شناخته شده‌اند. این مطالعه به‌منظور تعیین میزان مواجهه رانندگان و مجاورین تراکتورهای رومانی با صدای این وسیله در دنده‌ها و دور موتورهای مختلف انجام شد.

روش‌ها: این مطالعه مقطعی در سال ۱۳۹۰، روی یک تراکتور رومانی سالم مدل (ام-۶۵۰) موجود در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. بر طبق استانداردهای بین‌المللی، پیستی به طول ۲۰ و عرض ۳ متر تعریف و اندازه‌گیری تراز صدا در دو حالت ثابت (خلاص) و متحرک (با دنده و دور موتورهای مختلف) و در دو موقعیت گوش راننده و مجاورین انجام شد. تراز صدا اندازه‌گیری شد و برای تعیین مشخصات صدای تولیدی در موقعیت گوش راننده، آنالیز فرکانس انجام شد. داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری توصیفی و به‌کمک نرم‌افزار Excel تحلیل شد.

یافته‌ها: در حالت ثابت در اطراف تراکتور موقعیت خروجی آگزوز دارای بالاترین میانگین تراز صدا و در حالت متحرک نیز با افزایش دور موتور از ۸۵۰ به ۱۷۰۰ دور بر دقیقه، میانگین تراز فشار صوت در موقعیت گوش راننده از ۵/۸ دسی‌بل تا ۹/۳ دسی‌بل و در موقعیت اطرافیان نیز از ۲/۳ دسی‌بل تا ۱۰/۳ دسی‌بل افزایش یافت. میانگین تراز فشار صوت در فرکانس‌های پایین بالاتر از فرکانس‌های میانی و بالا بود.

نتیجه‌گیری: در حالت متحرک در موقعیت گوش راننده تراکتور در دور موتور ۸۵۰ دور بر دقیقه میانگین تراز صدا در تمامی دنده‌ها پایین‌تر از حد استاندارد است، ولی در دور موتور ۱۷۰۰ تراز صدا از استاندارد ایران و ACGIH فراتر است و بایستی اقدامات کنترلی برای محافظت رانندگان در مقابل صدا اعمال شود.

کلیدواژه‌ها: تراکتور رومانی، تراز صدا، دور موتور، دنده

Tractor drivers and bystanders noise exposure in different engine speeds and gears

Monazzam M. R.¹ PhD, Nadri F.^{*} MSc, Khanjani N.² PhD, Ghotbi Ravandi M. R.² PhD, Nadri H.³ BSc,
Barsam T.² MSc, Shamsi M.⁴ PhD, Akbari H.⁵ MSc, Akbari H.^{5,6} MSc

^{*}Faculty of Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

¹Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

²Faculty of Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

³Faculty of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

⁴Agriculture College, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

⁵Health and Nutrition Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁶Department of HSE, Faculty of Energy & Environment, Science & Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Aims: Tractors are one of the most important sources of noise exposure in agriculture. This study aimed to investigate noise exposure in Romanian tractor drivers and bystanders' when it's operating at different engine speeds and gears.

Methods: This cross-sectional study was carried out on Romanian tractor (M-650) available in agriculture college field of Bahonar University of Kerman in 2011. According to international standards a 20m×3m field was chosen and then the noise levels for two positions, the driver's ear and bystanders, were measured in two conditions, static (neutral) and moving (at different gears and engine speeds). To define the characteristics of the tractor's noise, frequency analysis was also performed. Data analysis was done by descriptive statistical methods using Excel software.

Results: While working in place, bystanders near the exhaust had the highest noise exposure and an increase in motor speed from 850 to 1700 rounds per minute led to an increase in noise for the driver's ear from an average of 5.8 to 9.3db and for the bystanders from an average of 2.3 to 10.3 db. The mean sound level at lower frequencies was higher than middle and high frequencies.

Conclusion: When the tractor is moving, at 850 rounds per minute the driver's exposure to noise in all gears is less than standard, but at 1700 rounds per minute the noise level is higher than the Iranian and ACGIH standard and controlling measures seems to be necessary.

Keywords: Romanian Tractor, Sound Level, Engine Speed, Gear

نویسنده مسئول: فرشاد ندری. تمام درخواست‌ها باید به نشانی nadrifarshad64@gmail.com فرستاده شوند.

دریافت مقاله: ۹۰/۵/۱۰ پذیرش مقاله: ۹۰/۱۲/۲۲

مقدمه

شناخته شده است [۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳]. تراکتور رومانی (ام-۶۵۰) در زمره تراکتورهای با قدرت ۴۵ تا ۸۰ اسب بخار قرار می‌گیرد و در ایران، در حال حاضر با وجود پاره‌ای از مشکلات، از جمله قدرت خرید پایین کشاورزان، کوچکی زمین‌های زراعتی و غیره، از تراکتورهای بزرگ با قدرت بالا نمی‌توان استفاده کرد. این مطالعه به منظور بررسی میزان تراز صدای تولیدی تراکتور رومانی مدل ام-۶۵۰ در هر دو حالت ثابت و متحرک در دو موقعیت گوش راننده و اطرافیان انجام شد.

روش‌ها

در این مطالعه مقطعی در سال ۱۳۹۰، از تراکتور رومانی (ام-۶۵۰) سالم ساخت کارخانه تراکتورسازی ایران- تبریز موجود در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر که دارای جعبه دنده‌ای شامل ۵ دنده جلو و یک دنده عقب مجهز به سیستم کمک برای تامین ۱۰ سرعت جلو و ۲ سرعت عقب بود، استفاده شد که مشخصات کامل آن در جدول ۱ ذکر شده است. با توجه به این موضوع که برای انجام کارهای کشاورزی عمدتاً از دنده‌های بدون کمک تراکتور فوق استفاده می‌شود، لذا در این مطالعه از ۵ سرعت جلو تراکتور در حالت بدون کمک استفاده شد. همچنین به دلیل آنکه استفاده از دنده عقب نیز در حین انجام کارهای کشاورزی اندک است، از آن صرف نظر شد و به بررسی دنده‌های بدون کمک در دور موتورهای انتخابی پرداخته شد. قبل از اندازه‌گیری، فشار باد لاستیک‌های تراکتور طبق کاتالوگ کارخانه سازنده برای انجام کارهای کشاورزی تنظیم شد. بدین صورت که فشار باد لاستیک‌های جلو و عقب تراکتور به ترتیب برابر ۲/۲ و ۱ اتمسفر بود. قبل از شروع اندازه‌گیری، تراکتور به مدت حداقل ۲۰ دقیقه روشن بود تا موتور آن گرم شود [۱۴].

جدول ۱) مشخصات تراکتور رومانی (ام-۶۵۰) مورد استفاده در این مطالعه

مدل موتور	دیزل چهارزمانه - سیستم انژکتور
توان	مستقیم نوع D-110
حداکثر دور موتور	۶۵ اسب بخار
سوخت مصرفی	۱۸۰۰ دور بر دقیقه
سیستم خنک‌کننده	گازوئیل
وزن کل تراکتور	آبی با پمپ سانتریفوژ و پروانه خنک‌کننده
	با روغن و گازوئیل ۲۹۸۰ کیلوگرم

اندازه‌گیری صدا در محیطی آرام و به دور از مناطق مسکونی و درختان (در شعاع ۱۰۰ متری) و داخل دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. برای این منظور، پیستی در داخل مزرعه دانشکده فوق تعریف شد که طول و عرض آن به ترتیب برابر ۲۰ متر و ۳ متر بود و در زمان اندازه‌گیری تراز صدا، تراکتور روی آن حرکت می‌کرد (شکل ۱).

سروصدا عموماً به‌صورت ناخواسته ایجاد می‌شود. این صوت می‌تواند ناشی از صدای تولیدشده از موتور هواپیما، پرس ضربه‌ای، سیستم‌های صوتی استریو و غیره باشد [۱]. بین تمام آلاینده‌های شغلی، سروصدا بیشترین میزان انتشار را داشته و تقریباً در هر محیط و صنعتی وجود دارد و به‌عنوان یکی از استرسورهای عمومی برای بیماری‌های قلبی-عروقی محسوب می‌شود [۲]. سطح بالای صدا، برای قرن‌های متمادی به‌عنوان یک عامل تهدیدکننده برای سلامت انسان شناخته شده است. در گذشته، منابع تولید صدا اندک بودند و در نتیجه اثرات تولیدی آنها نیز کمتر بود و گروه اندکی از افراد در معرض قرار می‌گرفتند. اما بعد از جنگ جهانی دوم به دلیل رشد سریع صنعت و گسترش منابع مولد صدا در سراسر جهان، مردم عادی نیز در معرض اثرات مضر صدا قرار گرفتند [۳]. در ایالات متحده، حدود ۱۱ میلیون کارگر با ترازهای صدای بالقوه خطرناک در محیط‌های کاری مواجه هستند و در سال ۱۹۹۰، ۲۰۰ میلیون دلار به علت آفت شنوایی ناشی از صدا، غرامت پرداخته شد [۴]. کاهش شنوایی وابسته به صدا، از شایع‌ترین و قابل پیشگیری‌ترین بیماری‌های شغلی در بیشتر کشورهای آسیایی است. منابع تولید صدا در این کشورها شامل صنایع، صنعت کشاورزی، بهره‌برداری از منابع طبیعی و ترافیک شهرها است [۵]. کشاورزی از جمله صناعی است که کارگران (کشاورزان) با طیف وسیعی از عوامل زیان‌آور مواجه هستند. خطرات فیزیکی ناشی از ماشین‌آلات کشاورزی و حیوانات منجر به جراحت در کشاورزان می‌شود، اما بسیاری از کارهای کشاورزی همراه با سروصدا است و منجر به کاهش شنوایی خواهد شد [۶]. کشاورزی به‌عنوان یکی از ۳ شغل دارای مواجهه بالا با تراز صدا در جهان شناخته شده است. استفاده از وسایل حفاظت شنوایی میان کشاورزان مرسوم نیست. اینکه در چه سنی کاهش شنوایی وابسته به صدا در کشاورزان شروع می‌شود، تاکنون ناشناخته باقی‌مانده است اما شیوع آن میان مردانی که در مزرعه در حال کار هستند، زیاد است [۷]. در مطالعه تروس‌تر که به منظور تعیین کاهش شنوایی مرتبط با مواجهه با صدا روی ۶۰ راننده تراکتور انجام شد، مشخص شد که تراز صدا در تمامی رانندگان تراکتور بالاتر از ۸۵ دسی‌بل بوده و کاهش شنوایی در آنها با افزایش تعداد سال‌های کار با تراکتور افزایش می‌یابد [۸]. مطالعه برسته و همکاران نشان داد که تراز فشار صوت در موقعیت گوش راننده تراکتورهای بدون اتاقک یا با اتاقک با پنجره‌های باز، بسیار بیشتر از استاندارد بوده و در مواردی تراز سروصدا بالاتر از ۹۵ دسی‌بل بوده است [۹]. در مطالعه‌ای که تحت عنوان "خصوصیات صدای تراکتور و اثرات آن بر سلامتی رانندگان" انجام شد، مشخص شده است که میزان تراز فشار صدا در موقعیت راننده و کمک راننده، از استانداردهای پیشنهادی (NIOSH & OSHA) برای ۸ ساعت کاری فراتر رفته و این ممکن است مشکلاتی را در درازمدت به دنبال داشته باشد [۱۰]. دور موتور تراکتور، از عوامل تاثیرگذار بر تراز صدای تولیدی از تراکتور

راننده تراکتور، آنالیز فرکانس در طیف یک اکتاوباند و در دو دور موتور انتخابی در حال حرکت انجام شد [۱۶]. کلیه شرایط محیطی در زمان اندازه‌گیری از قبیل دما، سرعت باد و میزان شیب پیست یکسان در نظر گرفته شد. در ضمن، جهت باد در محیط با جهت حرکت تراکتور در پیست یکسان اختیار شد. قبل از شروع هر اندازه‌گیری میزان تراز صدای محیط (صدای زمینه) نیز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

قبل از هر نوبت اندازه‌گیری، دستگاه ترازسنج مدل CEL450 برای اطمینان از صحت کار با کالیبراتور مدل CEL450 در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز کالیبره و برای جلوگیری از تاثیر باد روی تراز صدا اندازه‌گیری شده، یک بادگیر اسفنجی روی میکروفون ترازسنج نصب شد. برای اندازه‌گیری تراز صدا از شبکه A و سرعت پاسخگویی Slow دستگاه ترازسنج استفاده شد. میزان سرعت باد و دما در محیط، در زمان اندازه‌گیری صدا به‌ترتیب به‌وسیله بادسنج مدل ISA-6-3D و دماسنج معمولی تعیین شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری توصیفی و نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

قبل از اندازه‌گیری میزان سرعت باد، دما و تراز صدای محیط (زمینه)، به‌ترتیب برابر 2.1 ± 0.2 ، 20 ± 2 درجه سانتی‌گراد و 51.2 dB بود.

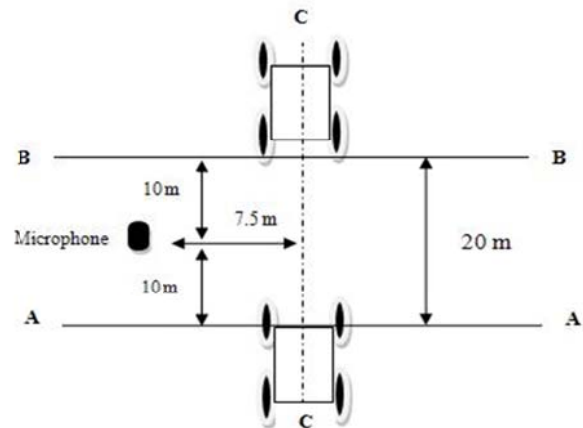
جدول ۲) نتایج میانگین‌های تراز صدا در اطراف تراکتور رومانی در حالت ثابت در دور موتورهای مختلف (بدون دخالت دنده)

موقعیت اندازه‌گیری	دور موتور ۸۵۰	دور موتور ۱۷۰۰	تفاوت تراز (دسی‌بل)
اطرافیان (فاصله ۷/۵ متر)	۷۰/۱	۸۱/۸	۱۱/۷
پشت تراکتور	۷۶	*۸۷/۱	۱۱/۱
جلو تراکتور	۸۲/۵	*۹۶/۱	۱۳/۶
گوش راست راننده	۷۹/۴	*۹۱/۲	۱۱/۸
سمت چپ تراکتور	*۸۷/۲	*۹۷/۶	۱۰/۴
سمت راست تراکتور	*۸۵/۹	*۹۸/۶	۱۲/۷
خروجی آگزوز تراکتور	*۹۴/۷	*۱۰۷/۹	۱۳/۲

*تراز صدا از استاندارد ملی و ACGIH فراتر است

در زمانی که تراکتور در حالت ثابت و روشن بود، نتایج اندازه‌گیری تراز صدا در دور موتورهای ۸۵۰ و ۱۷۰۰ دور بر دقیقه انجام شد که در جدول ۲ آمده است.

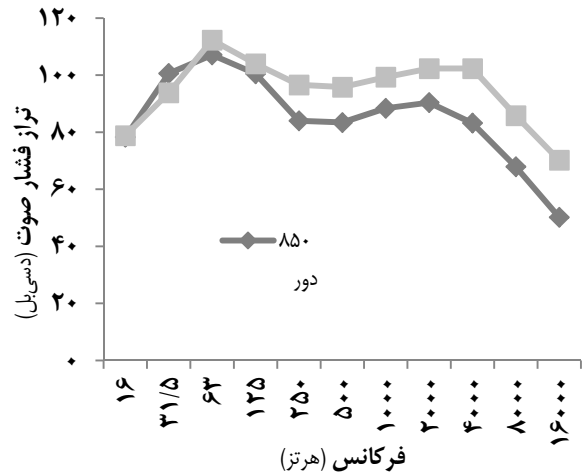
طبق جدول ۲، در موقعیت‌های اندازه‌گیری شده در حالت ثابت، در هر دو دور موتور انتخابی موقعیت اطرافیان دارای کمترین میزان تراز صدا و پس از آن موقعیت پشت تراکتور است. بیشترین میزان تراز نیز مربوط به خروجی آگزوز است که به‌ازای افزایش دور موتور از ۸۵۰ به ۱۷۰۰ دور بر دقیقه، ۱۳/۲ دسی‌بل افزایش تراز صدا دارد که بر همین



شکل ۱) اندازه‌گیری تراز صدا در موقعیت اطرافیان تراکتور رومانی (م-۶۵۰)

در این مطالعه، دور موتورهای ۸۵۰ و ۱۷۰۰ دور بر دقیقه برای تراکتور رومانی (م-۶۵۰) انتخاب شد. در مطالعات قبلی از دور موتورهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ دور بر دقیقه برای اندازه‌گیری تراز صدا در تراکتورها استفاده کرده بودند [۱۲، ۱۳]. اما به‌دلیل این که حداکثر دور موتور تراکتور رومانی ۱۸۰۰ دور بر دقیقه است، این دور موتورها انتخاب شد (جدول ۱). اندازه‌گیری تراز صدا در هر دو موقعیت گوش راست راننده و اطرافیان انجام شد. بدین‌صورت که در موقعیت گوش راست راننده، میکروفون صداسنج در فاصله ۲۵ سانتی‌متری از گوش راست راننده قرار گرفته و این کار برای هر دنده و دو دور موتور انتخابی ۴ بار تکرار و درنهایت میانگین لگاریتمی این اندازه‌گیری‌ها به‌عنوان تراز معادل مواجهه صوتی راننده در طول پیست گزارش شد. برای اندازه‌گیری تراز صدا در موقعیت اطرافیان تراکتور، براساس روش استاندارد (ISO 362) میکروفون صداسنج در فاصله ۱۰ متری از نقطه شروع CC و ۷/۵ متر از خط مرکزی (وسط محور چرخ‌های تراکتور) و در ارتفاع ۱/۲ متری از سطح زمین، از نقطه شروع و در سمت چپ راننده تراکتور نصب شد (شکل ۱) [۱۵]. اندازه‌گیری با دنده و دور موتور انتخابی از زمانی که چرخ‌های جلوی تراکتور از نقطه AA شروع به حرکت کرده تا زمانی که چرخ‌های عقب تراکتور از نقطه BB عبور می‌کند، انجام و این کار برای هر دنده و دو دور موتور انتخابی، ۴ بار تکرار و درنهایت میانگین لگاریتمی این اندازه‌گیری‌ها به‌عنوان تراز کلی در موقعیت اطرافیان گزارش شد. در دنباله تراز صدا در اطراف تراکتور (در دور موتورهای ۸۵۰ و ۱۷۰۰ دور بر دقیقه) در حالت ثابت، اندازه‌گیری شد که برای این منظور دستگاه صداسنج به فاصله ۵۰ سانتی‌متری از محور چرخ‌ها موازی با زمین در جلو، پشت، سمت راست و چپ راننده تراکتور در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری قرار گرفت. اندازه‌گیری در موقعیت خروجی آگزوز نیز در فاصله ۲۰ سانتی‌متری از آگزوز انجام شد که برای این منظور زاویه بین میکروفون صداسنج با محور عمودی آگزوز ۴۵ درجه اختیار شد. در حالت ثابت نیز در هر دو دور موتور تراز صدا در موقعیت گوش راننده اندازه‌گیری شد. در خاتمه برای آگاهی از مشخصات صدای تولیدی در موقعیت گوش راست

اساس آنالیز فرکانس در خروجی آگروز طبق روش ذکر شده انجام و نتایج آن در نمودار ۱ خلاصه شده است.



نمودار ۱) نتایج آنالیز فرکانس در موقعیت خروجی آگروز تراکتور رومانی (م-۶۵۰) در حالت ثابت در دور موتورهای انتخابی

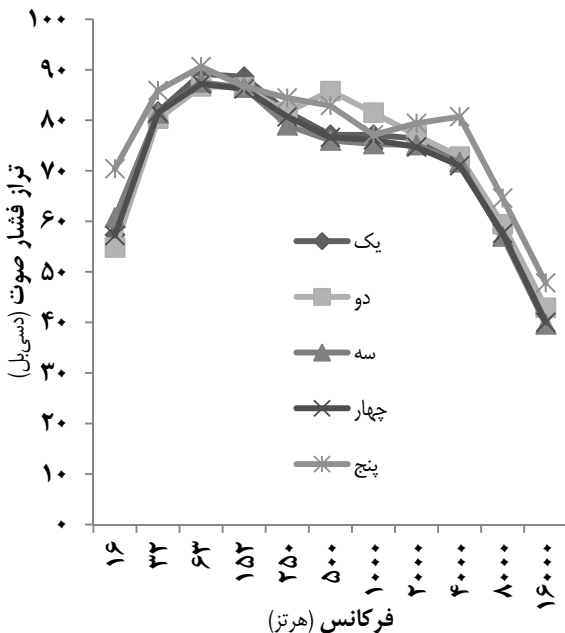
طبق جدول ۵ در دور موتور ۸۵۰، اختلاف میانگین‌های تراز صدا بین دو موقعیت گوش راننده و اطرافیان برابر ۱۶/۴-۱۱/۹ دسی‌بل و این میزان در دور موتور ۱۷۰۰ برابر ۱۷/۱-۱۲ دسی‌بل است. بنابراین با افزایش دور موتور اختلاف تراز بین گوش راننده و اطرافیان نیز افزایش یافته است.

جدول ۵) تفاوت میانگین‌های تراز صدا در دنده و دور موتورهای مختلف در موقعیت اطرافیان و گوش راننده در تراکتور رومانی در حال حرکت

نسبت دنده	تفاوت تراز صدای اطرافیان در دور موتور ۸۵۰	تفاوت تراز صدای گوش راننده و اطرافیان در دور موتور ۱۷۰۰
	دوره بر دقیقه (دسی‌بل)	دقیقه (دسی‌بل)
یک	۱۳/۷	۱۳/۵
دو	۱۶/۴	۱۲
سه	۱۳/۳	۱۲/۱
چهار	۱۱/۹	۱۴
پنج	۱۳/۶	۱۷/۱

در دنباله نتایج آنالیز فرکانس در طیف اکتاوبانده، در موقعیت گوش راننده تراکتور رومانی در حال حرکت در دور موتور ۸۵۰ و ۱۷۰۰ دور بر دقیقه در دنده‌های مختلف در نمودارهای ۲ و ۳ آمده است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری تراز صدا در موقعیت گوش راننده و اطرافیان، در حالی که تراکتور رومانی (م-۶۵۰) روی پیست با دنده‌ها و دور موتورهای مختلف در حال حرکت بود، در جداول ۳ و ۴ خلاصه شده است.



نمودار ۲) نتایج آنالیز فرکانس در موقعیت گوش راننده در دنده‌های مختلف در دور موتور ۸۵۰ دور بر دقیقه در تراکتور رومانی در حال حرکت

جدول ۳) نتایج میانگین‌های تراز صدا در دنده و دور موتورهای مختلف در موقعیت گوش راست راننده در تراکتور رومانی در حال حرکت

نسبت دنده	دور موتور ۸۵۰	دور موتور ۱۷۰۰	تفاوت تراز
یک	۸۱/۵	۹۰/۸*	۹/۳
دو	۸۴/۵	۹۰/۴*	۵/۹
سه	۸۱/۵	۹۰/۴*	۸/۹
چهار	۸۱/۶	۹۱/۲*	۹/۶
پنج	۸۴/۹	۹۰/۷*	۵/۸

*تراز صدا از استاندارد ملی و ACGIH فراتر است

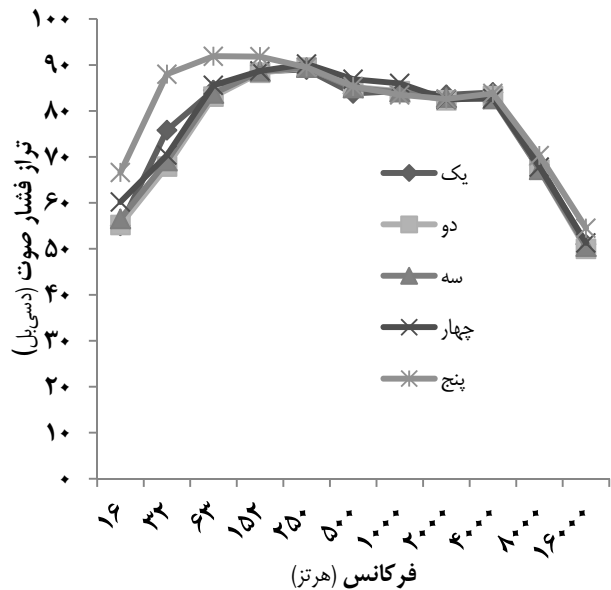
جدول ۴) نتایج میانگین‌های تراز صدا در دنده و دور موتورهای مختلف در تراکتور رومانی در موقعیت اطرافیان در تراکتور در حال حرکت

دنده	دور موتور ۸۵۰	دور موتور ۱۷۰۰	تفاوت تراز
دنده ۱	۶۷/۸	۷۷/۳	۹/۵
دنده ۲	۶۸/۱	۷۸/۴	۱۰/۳
دنده ۳	۶۸/۲	۷۸/۳	۱۰/۱
دنده ۴	۶۹/۷	۷۷/۲	۷/۵
دنده ۵	۷۱/۳	۷۳/۶	۲/۳

تراز فشار صوت در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز که گوش انسان حساسیت بیشتری به تراز صدا دارد، در دور موتور ۸۵۰ در دنده‌های مختلف بین ۸۰/۷-۷۱ دسی‌بل و در دور موتور ۱۷۰۰ میزان اختلاف کمتر شده و برابر ۸۴-۸۲/۴ دسی‌بل است که این افزایش دور موتور باعث

برای مقایسه میزان کاهش تراز صدا به واسطه وجود فاصله بین موقعیت گوش راننده و اطرافیان وجود دارد، نتایج تراز صدا در دور موتور و دنده‌های مختلف در جدول ۵ خلاصه شده است.

نزدیک‌تر شدن مقادیر تراز صدا به حد مجاز استاندارد (۸۵ dB) شده است.



نمودار ۳) نتایج آنالیز فرکانس در موقعیت گوش راننده در دنده‌های مختلف در دور موتور ۱۷۰۰ دور بر دقیقه در تراکتور رومانی در حال حرکت

بحث

هدف از انجام این پژوهش، بررسی میزان تراز صدای تولیدی از تراکتور رومانی مدل ام-۶۵۰ در هر دو حالت ثابت (بدون دخالت عامل دنده) و متحرک در موقعیت گوش راننده و اطرافیان بود. در تراکتور ثابت، در کلیه موقعیت‌ها با افزایش دور موتور از ۸۵۰ به ۱۷۰۰ دور بر دقیقه، میانگین تراز صدا افزایش یافت. در دور موتور ۸۵۰ موقعیت اطرافیان (فاصله ۷/۵ متری از تراکتور) دارای کمترین میانگین تراز ۷۰/۱ دسی‌بل و خروجی اگزوز، دارای بالاترین میزان میانگین تراز ۹۴/۷ دسی‌بل است. همچنین بیشترین و کمترین تراز صدای اضافه شده به دلیل افزایش دور موتور در موقعیت‌های جلوی تراکتور و سمت چپ تراکتور به ترتیب برابر ۱۳/۶ و ۱۰/۴ دسی‌بل است. در موقعیت گوش راننده با افزایش دور موتور از ۸۵۰ به ۱۷۰۰ دور بر دقیقه، تراز فشار صوت افزایش یافت. بیشترین و کمترین تفاوت تراز به ترتیب در دنده‌های چهار و پنج برابر با ۹/۳ و ۵/۸ دسی‌بل بود. با مشاهده تراز صدا در موقعیت گوش راست راننده تراکتور رومانی در حالت ثابت و متحرک، مشخص می‌شود که در دور موتور ۱۷۰۰ دور بر دقیقه، تراز صدا در حالت ثابت برابر تراز صدا در دنده چهار تراکتور در حالت متحرک است و این نشان دهنده این مطلب است که تراز صدای تولیدی در این تراکتور به نسبت دنده، ارتباط چندانی ندارد. در موقعیت گوش راننده در تراکتور متحرک، با افزایش دور موتور از ۸۵۰ به ۱۷۰۰ دور بر دقیقه، تراز فشار صوت افزایش یافت. بیشترین و کمترین میزان افزایش به ترتیب در دنده‌های دو و پنج برابر ۱۰/۳ و ۲/۳ دسی‌بل بود.

در مطالعات دورگات و کلن در ترکیه در سال ۲۰۰۴، کلن و آرین در ترکیه در سال ۲۰۰۳ به‌ازای افزایش دور موتور از ۱۰۰۰ به ۲۰۰۰ دور بر دقیقه، تراز صدای تراکتور به‌طور متوسط ۶ دسی‌بل افزایش یافت [۱۲، ۱۳]. در مطالعه حاضر، در موقعیت گوش راننده در دور موتور ۸۵۰ دور بر دقیقه، حداقل و حداکثر میانگین تراز صدا به ترتیب برابر ۸۱/۵ و ۸۴/۹ دسی‌بل بود که این میزان در دور موتور ۱۷۰۰ برابر ۹۰/۴ تا ۹۱/۲ دسی‌بل است. در مطالعه‌ای در نیوزیلند مشخص شد که تراز صدا در تراکتورهای بدون کابین بالاتر از ۱۰۰ دسی‌بل است [۶]. در مطالعه‌ای در شوشتر که توسط لار و همکاران انجام شده است، مشخص شد که میانگین تراز صدا در تراکتورهای بدون کابین، تراکتورهای دارای کابین با پنجره‌های باز و در تراکتورهای دارای کابین با پنجره‌های بسته، به ترتیب برابر ۸۶/۶-۸۵/۶ و ۷۶/۳-۷۵/۳ دسی‌بل است و این در حالی است که در همان تراکتورها در حین عملیات شخم‌زدن، میانگین تراز صدا در حالات فوق به ترتیب برابر ۹۱/۷-۹۰/۸، ۸۷/۷-۸۶/۳ و ۷۶/۵-۷۶/۱ دسی‌بل است [۱۷]. طبق جدول ۵، با زیاد شدن فاصله از منبع تولید صدا (تراکتور)، میزان میانگین تراز صدا کاهش می‌یابد که این کاهش تراز صدا معلول افزایش فاصله و خاصیت جذب صوتی سطح مزرعه است. در دور موتور ۸۵۰، بیشترین و کمترین تفاوت میانگین تراز مربوط به دنده‌های دو و چهار است و همین‌طور در دور موتور ۱۷۰۰ نیز دنده‌های پنج و دو به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تفاوت تراز صدا هستند. همان‌طور که از شکل‌های ۳ و ۴ استنتاج می‌شود، در فرکانس‌های پایین‌تر از ۲۵۰ هرتز، تراز فشار صوت با افزایش فرکانس افزایش می‌یابد، اما بعد از فرکانس ۲۵۰ هرتز این روند افزایشی به روند کاهشی تبدیل می‌شود و در کل نیز میزان تراز فشار صوت در فرکانس‌های پایین، بالاتر از فرکانس‌های بالاست و این خود مشکلی برای موارد کنترلی خواهد بود زیرا اکثر موانع کنترلی در فرکانس‌های پایین، کارایی کمتری نسبت به فرکانس‌های بالاتر دارند. با افزایش دور موتور از ۸۵۰ به ۱۷۰۰، افزایشی در تراز فرکانس‌های طیف اکتاوباند دیده می‌شود. نتایج آنالیز فرکانس این مطالعه با مطالعات آبیگ و همکاران و همچنین سامر و همکاران همخوانی دارد [۱۸]. در دور موتور ۱۷۰۰، میانگین تراز صدا در فرکانس‌های پایین‌تر از ۲۵۰ هرتز در دنده‌های مختلف، دارای اختلاف بیشتری نسبت به فرکانس‌های بالاتر از ۲۵۰ هرتز است و این در حالی است که در دور موتور ۸۵۰ در فرکانس‌های بالاتر از ۲۵۰ هرتز، اختلاف میانگین تراز بیشتر است. همان‌طور که از شکل ۲ استنتاج می‌شود، تراز صدا در موقعیت خروجی اگزوز تا فرکانس ۶۳ هرتز با افزایش فرکانس در هر دور موتور افزایش و بعد از آن تا فرکانس ۵۰۰ هرتز، این روند افزایشی، به روند کاهشی تبدیل و از فرکانس ۵۰۰ تا حدود ۲۰۰۰ هرتز دوباره به روند افزایشی تبدیل و سپس بعد از آن تا فرکانس ۱۶۰۰۰ هرتز به روند کاهشی تبدیل شده است. در مطالعه‌ای که توسط خونین و همکاران انجام شد، مشخص شد که در آنالیز فرکانس

exposure to noise and hearing function among electro production workers. *Auris Nasus Larynx*. 2006;33(4):381-5.

5- Fuente A, Hickson L. Noise-induced hearing loss in Asia. *Int J Audiol*. 2011;50(S1):3-10.

6- McBride DI, Firth HM, Herbison GP. Noise exposure and hearing loss in agriculture: A survey of farmers and farm workers in the Southland region of New Zealand. *J Occup Environ Med*. 2003;45(12):1281.

7- Ehlers JJ, Graydon PS. Noise-induced hearing loss in agriculture: Creating partnerships to overcome barriers and educate the community on prevention. *Noise Health*. 2011;13(51):142.

8- Winters M. Noise and hearing loss in farming F.a.R.S.a.H. Association. Vancouver: School of Occupational and Environmental Hygiene University of British Columbia; 2005.

9- Broste SK. Hearing loss among high school farm students. *Amer J Public Health*. 1989;79(5):619-22.

10- Dewangan KN, Kumar GVP, Tewari VK. Noise characteristics of tractors and health effect on farmers. *Appl Acoust*. 2005;66(9):1049-62.

11- Bidgoli SHB. Investigation, analysis and presentation of prediction models of a power Illinois, pulling a trailer at rural Asphalt road. *Isfahan Univ Technol J*. 2005;8(4):225-40.

12- Celen IH, Arin S. Noise levels of agricultural tractors. *Pakistan J Biol Sci*. 2003;6(19):1706-11.

13- Durgut MR, Celen IH. Noise levels of various agricultural machineries. *Pakistan J Biol Sci*. 2004;7(6):895-901.

14- Kechayov D, Trifonov A. Noise effect tractor stayer 942 upon the subsidiary agricultural workers. *J Environ Protect Ecol*. 2003;4(4):831-5.

15- International Organization for Standardization. Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles engineering method. Switzerland: International Organization for Standardization; 1998.

16- International Organization for Standardization. Acoustics-Preferred frequencies. Switzerland: International Organization for Standardization; 1997.

17- Lar MB. Noise level of two types of tractor and health effect on drivers. *J Am Sc*. 2011;7(5):382-7.

18- Aybek A, Kamer HA, Arslan S. Personal noise exposures of operators of agricultural tractors. *Appl Ergon*. 2010;41(2):274-81.

19- Sumer S. Noise exposed of the operators of combine harvesters with and without a cab. *Appl Ergon*. 2006;37(6):749-56.

20- Khavanin A. Noise emitted from motorcycle exhaust and its control. *Kermanshah Univ Med Sci J*. 2008;12(1):38-48. [Persian]

21- Hassan-Beygi S. Prediction of power tiller noise levels using a back propagation algorithm. *J Agric Sci Technol*. 2009;11:147-60.

22- Meyer R, Schwab E, Bern C. Tractor noise exposure for bean bar riders. *Trans ASAE*. 1993;36(4):1049-56.

23- Hussain D. Impact of power tiller operation on operators hearing. Hohenheim: University of Hohenheim; 2005.

24- Gulyas K. Active noise control in agricultural machines. Belgium: Kuleuven University Press; 2002.

25- Field B. Safety with farm tractors. Indiana: Purdue University; 2000.

26- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. New York; American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1994.

خروجی آگروز موتورسیکلت با افزایش دور موتور، تراز صدا در فرکانس‌های بالا بیشتر می‌شود و توزیع انرژی صوتی، بیشتر در فرکانس‌های پایین است و در فرکانس ۶۳ هرترز به حداکثر مقدار خود می‌رسد [۲۰]. در این مطالعه، متغیر دنده تاثیر چندانی در تراز صدای تولیدی تراکتور نداشت و این مهم با نتایج مطالعات حسن‌بیگی و همکاران و مایر همخوانی دارد [۲۱، ۲۲]. در مطالعه‌ای دیگر که مشکلات مرتبط با سلامتی رانندگان تیلر و کشاورزان مورد مقایسه قرار گرفت، مشخص شد که رانندگان تیلر دارای مشکلات بهداشتی بیشتری نسبت به کشاورزان هستند و بیش از ۸۰٪ رانندگان تیلر از کاهش شنوایی، ضعف، درد انگشت و کمردرد رنج می‌بردند و این در حالی است که کشاورزان دارای کاهش شنوایی به میزان ۲۴٪ بودند [۲۳]. ماشین‌آلات کشاورزی صدایی ترکیبی، اغلب در ناحیه فرکانس‌های پایین تولید می‌نمایند. راه‌های غیرفعال کنترل صدا قادر نیستند که به صورت موثری صدای داخل کابین را کاهش دهند [۲۴]. سرکوب کردن صدا در منبع تراکتور، کاری مشکل و هزینه‌بر است؛ اما عایق کردن و استفاده از کابین، تراز صدایی مجاز را برای راننده فراهم می‌نماید [۲۵]. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میانگین تراز صدا در موقعیت گوش راننده در دور موتور ۸۵۰ کمتر از حد مجاز ولی در دور موتور ۱۷۰۰ فراتر از حد مجاز ۸۵dB است (سازمان ACGIH) [۲۶].

نتیجه‌گیری

با مواردی همچون نصب کابین روی تراکتور و نصب مافلر در داخل آگروز تراکتور و همچنین استفاده از وسایل حفاظت فردی، می‌توان رانندگان را که قشر عظیمی از جامعه را تشکیل می‌دهند، در برابر اثرات زیان‌آور صدا محافظت نمود.

تشکر و قدردانی: از همکاری گروه ماشین‌آلات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان علی‌الخصوص آقای مهندس فیضی و همکارانشان کمال تشکر و قدردانی را داریم. این طرح در کمیته تحقیقاتی پزشکی محیطی دانشکده بهداشت مورد تصویب و تایید قرار گرفت.

منابع

- 1- Monazzam M. Noise control technology in industry. Hamadan: Fanavaran Publication; 2007. [Persian]
- 2- GHazaei S. Diseases caused by physical factors at work. 2nd ed. Tehran: Tehran University Press; 2000. [Persian]
- 3- Bostani M, Mazarei R. Noise pollution and its control of the Abadan refinery. Mashhad; First National Conference on Noise, Health and Development, 2003. [Persian]
- 4- Rachiotis G, Alexopoulos C, Drivas S. Occupational