ارزیابی و تحلیل آلایندگی صوتی تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ در کابین راننده حین عملیات خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی

محمد رحمتیان[۱]، مهدی مرادی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شیراز

۲- عضو هئیت علمی بخش مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شیراز

* ایمیل نویسنده مسئول:moradih@shirazu.ac.ir

چکیده

امروزه به ایمنی شغلی کشاورزان در کشورهای در حال توسعه کمتر توجه می‌شود. این مسئله برای رانندگان که در معرض شرایط بسیار نامناسب محیط کار و آلودگی صوتی ناشی از ماشین‌های کشاورزی قرار دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. افزایش آلودگی صوتی باعث افت شنوایی دائم و موقت؛ اثر منفی بر روی سیستم تعادلی بدن؛ ایجاد ناراحتی‌های عصبی و غیره می‌شود. از این رو تحقیق حاضر، به ارزیابی و تحلیل آلایندگی صوتی در تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ حین عملیات خاکورزی با گاوآهن قلمی می پردازد. مکان آزمون بر اساس استانداردهای بین‌المللی مهیا گردید. سطح صدا در سه دور موتور ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ دور در دقیقه و در سه سطح دنده ۱، ۲ و ۳ (در حالت سنگین) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش دور موتور و نسبت دنده میانگین مقادیر RMS آلودگی صوتی تراکتور افزایش یافت. میانگین مقادیر RMS صوت با سنگین شدن دنده کاهش یافت که دلیل آن احتمالا کمتر شدن دور خروجی می باشد. همچنین نتایج نشان داد که با دنده ۱ و دور موتور ۱۰۰۰ دور بر دقیقه، کاربر می‌تواند بطور استاندارد ۸ ساعت کار کند ولی در بقیه‌ی دورها و دنده‌ها که سطح صدا از حالت استاندارد بالاتر است بهتر است راننده از وسایل حفاظت گوش استفاده نماید.

کلمات کلیدی :آلودگی صوتی، ارگونومی، تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹، دور موتور، گاوآهن قلمی، نسبت دنده

مقدمه

قابلیت شنوایی یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین مواهبی است که انسان از آن برخوردار می‌باشد که حفاظت از آن امری ضروری است. یکی از عواملی که باعث آسیب رساندن به حس شنوایی می‌شود، آلودگی‌های صوتی است. صوت هنگامی تولید می‌شود که هوای نزدیک به منبع صدا متراکم شده و به شکل موج درآید. شدت و ضعف صدا با واحدی به نام دسی بل(dB) سنجیده می‌شود و شدیدترین صوتی که انسان قادر به درک آن است ۱۸۰ dB است (گلمحمدی، ۱۳۸۹). منابع متعددی برای ایجاد صدا در یک محیط صنعتی و کشاورزی وجود دارد. وسایل نقلیه مانند کامیون‌ها، ترن‌ها، هواپیماها و ماشین‌های کشاورزی مانند تراکتورها و کمباین‌ها از منابع تولید کننده صدا هستند. تراز صدای ماشین‌ها تأثیر زیادی بر روی سیستم‌های بیولوژیکی و روانی کاربر و اطرافیان دارد و همچنین باعث افت شنوایی دائم و موقت، اثر منفی بر روی سیستم تعادلی بدن، ایجاد ناراحتی‌های عصبی، کاهش بازده کار و آثار فیزیولوژیکی روی بدن مانند افزایش ضربان قلب، فشار خون و تعداد تنفس می‌شود (Durgut and Celen, 2004). از دیگر عوارض سر و صدای محیطی می توان به آثار آن به روح و روان اشاره کرد که به طور غیرمستقیم عوارض جسمانی را به همراه دارد. تحقیقات انجام شده، مشخص نموده است که ۲۱٪ از رانندگان تراکتور مشکل افت شنوایی دارند و از بین ۲۲۰۴ راننده تراکتور معاینه شده ٪ ۳۳ دارای اختلال در سیستم شنوایی بوده اند (Crocker, 1998). در تحقیق دیگری بیان شد که اکثر تراکتورهای امروزی، سطح صدایی بالاتر از dB ۹۰ تولید می‌کنند در حالیکه سایر ماشین‌های مزرعه مانند کمباین‌ها و خشک کن‌ها صدایی بالاتر از dB ۱۰۰ تولید می‌کنند (Bean, 1995). در پژوهش دیگری، بیان شد که سطح صدای ایجاد شده توسط تراکتورهای دو چرخ سبب شده که محققان به تحقیق پیرامون استفاده از موتورهای برقی به جای موتورهای احتراق داخلی در این گونه تراکتورها بپردازند (Fiala and Bordia, 1995) و همچنین در پژوهشی دیگر بیان گردید که سطح صدا در موقعیت گوش راننده در تراکتورهای با اتاقک با پنجره باز یا بدون اتاقک، بیش از حد استاندارد بوده و در مواردی سطح صدا بالاتر از dB ۹۵ بوده است (Broste *et al.*, 1989). پژوهشی دیگر پیرامون مسائل ارگونومیکی حاصل از تراکتورهای دو چرخ (تیلر) با توان kW ۶ در بین ۲۰۰ کشاورز و ۱۰۰ آموزش دهنده ماشین‌های کشاورزی انجام شد و نتیجه آن شد که ارتعاش و صدا سهم عمده‌ای در ایجاد صدمات به افراد تحت بررسی داشته‌اند (Kang *et al.*,1988). در تحقیقی، ویژگی‌های نویز و آثار آن بر سلامتی راننده تراکتور مورد بررسی قرار گرفت و دو تراکتور با توان بالا و دو تراکتور کوچک مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سطح صدا با افزایش دور موتور و سرعت پیشروی زیاد می‌گردد و همچنین SPL[1] برای عملیاتی که به کشش بیشتری نیاز دارند، بالاتر خواهد بود. آن‌ها دریافتند که سطح صدای تراکتورهای مورد مطالعه بیشتر از مقداری بود که یک کارگر بتواند در طول ۸ ساعت کاری، که به وسیله استانداردهای ISO و OSHA[2] توصیه شده، تحمل نماید. این امر ممکن است در دراز مدت اثرات زیان بار جدی بر کشاورزان وارد کند (Dewangan *et al.*, 2005). همچنین در پژوهشی دیگر سطوح صدا در ۳۷ نوع کمباین مختلف

[1] Sound Pressure Level
[2] Occupational Safety and Health Administration

بررسی شد. در این پژوهش سطح صدا برای فرکانس‌های ۵۰۰ – ۳۱/۵ هرتز را برابر ۱۰۲ – ۷۵ دسی بل با شبکه توزیع A و برای فرکانس‌های ۸۰۰۰ – ۵۰۰ هرتز ۸۹ – ۴۶ دسی بل با شبکه توزیع A گزارش شد. نتایج نشان داد که با افزایش فرکانس، میزان سطح صدا در کمباین‌ها روند کاهشی داشت. در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز سطح صدا برای کمباین‌های دارای کابین، ۱۷ – ۶ دسی بل با شبکه توزیع A و برای کمباین‌ها با کابین اصلی ۲۵ – ۹ دسی بل با شبکه توزیع A در مقایسه با کمباین‌های بدون کابین پایین‌تر گزارش شد (Sumer *et al., 2006*). در تحقیق دیگری، صدای دو نوع تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ و والترا T 170 و اثرات آن بر روی سلامتی راننده‌ها، سطح صدا در دورها و دنده‌های مختلف موتور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین سطح صدا در موقعیت گوش راننده بیشتر از حد مجاز است در حالیکه بیشینه‌ی سطح صدا برای تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹، ۹۴/۵ dB(A) و برای والترا ۹۲/۷ dB(A) گزارش شد (BehrooziLar *et al.*, 2011). در تحقیق دیگری، سطح صدای دو نوع تیلر ۸ و ۱۰ اسب بخار را در هنگام تردد بر روی سطوح مختلف جاده‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد، بالاترین سطح صدایی که برای تیلرهای بررسی شده بر روی سطوح آسفالت و راه روستایی بدست آمد، به ترتیب برابر بودند با ۹۸/۲ و ۹۲ dB (A) در دور موتور ۱۳۵۰rpm، که این مقدار بیش از حد استاندارد تعیین شده است (Sehsah *et al.*, 2010).

در پژوهشی دیگر که آلایندگی صوتی تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ در موقعیت گوش راننده مورد ارزیابی قرار گرفته بود بیان شده که با افزایش دور موتور و دنده، مقادیر سطح صدا در تراکتور افزایش یافت. در موقعیت گوش راننده سطح صدا با دور ۲۰۰۰ دور بر دقیقه و در دنده ۳ بیشترین مقدار را داشت و برابر با ۸۹/۷ dB بود که این مقدار بیش از حد مجاز ۸۵ dB می باشد. (رحمتیان و همکاران، ۱۳۹۴).

با توجه به موارد بیان شده، اهمیت توجه به سر و صدای تولید شده در کشاورزی مشخص است. از آنجا که عملیات شخم‌زنی عملیات مهم در کشاورزی محسوب می‌شود و تراکتور در هنگام انجام این عملیات، سر و صدای زیادی را برای کاربر تولید می کند، سطح صدای آن در این پژوهش، تعیین و بررسی گردیده است تا بتوان ساعت کاری غیر مضر تراکتور در این عملیات را افزایش داد.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمون در این مطالعه، فضای بازی مطابق با استانداردهای ایزو ۵۱۳۱ و ایزو ۷۲۱۶ در نظر گرفته شد (Standard, 1996). برای این کار، هیچ مانعی از قبیل ساختمان، حصار فلزی، درخت یا وسیله نقلیه که موجب انعکاس صدا شود، در مکان فوق وجود نداشت. علاوه بر این، ممنوعیت اندازه‌گیری در هنگام باریدن برف یا باران یا رعد و برق و اینکه تراز صدای محیط باید حداقل ۱۰dB کمتر از تراز صدای مورد اندازه‌گیری باشد، رعایت شد. در این آزمون از تراکتور ساخت شرکت تراکتورسازی ایران، با

مشخصات موجود در جدول (۱) و از یک گاوآهن قلمی با هفت ساقه استفاده شد. تحلیل‌های آماری این پژوهش با استفاده از آزمون فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد.

جدول (۱) مشخصات فنی تراکتور مورد آزمایش

مدل تراکتور	شرکت سازنده	تعداد دنده	تعداد سیلندر	وزن (Kg)	توان (hp)
MF 399	تراکتورسازی ایران	۱۲F ,۴r	۶	۲۳۱۷	۱۱۰

عوامل مؤثر مورد بررسی و تأثیرگذار در این پژوهش عبارتند از: دور موتور (در سه سطح ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ دور در دقیقه)، نسبت دنده (در سه سطح دنده ۱، ۲ و۳ در حالت سنگین) و موقعیت دستگاه صوت‌سنج (در موقعیت گوش راننده). برای اندازه‌گیری صوت در این پژوهش از دستگاه صوت سنج مدل SL4013 با دقت ۰/۱ dB استفاده گردید که برای اندازه‌گیری سطح صدای تراکتور در هنگام عملیات خاکورزی در موقعیت گوش کاربر، میکروفن در فاصله ۱۰ cm از گوش چپ شخص کاربر با استفاده از یک پایه، ثابت قرار گرفت. مسافت طی شده توسط تراکتور برابر با ۱۰۰ m در نظر گرفته شد. تراکتور مورد نظر قبل از شروع آزمون‌ها مورد بازرسی فنی قرار گرفت و تعمیرات دوره‌ای روی آن انجام پذیرفت. دمای هوا و سرعت باد با استفاده از دستگاه دبی‌سنج دیجیتالی هوا، مدل AM4206 اندازه‌گیری شد که دمای هوا در هنگام انجام پژوهش، در محدوده‌ی ۲۰ درجه‌ی سلسیوس بود و سرعت باد در مکان انجام پژوهش کمتر از ۵ m/s (۱۸ Km/h) اندازه‌گیری شد که این سرعت باد مطابق استانداردهای یاد شده، بود. بعد از مطابقت دادن شرایط آزمایش با شرایط استاندارد، گاوآهن به تراکتور متصل گردید و از لحاظ طولی و عرضی تراز شد. برای ارزیابی صوت از شدت نوع (A) که حد استاندارد آن ۸۵ dB برای ۸ ساعت کار مفید در طول روز می‌باشد، استفاده گردید؛ زیرا بر اساس گزارش تنظیم شده توسط کمیسیون اروپایی در سال ۱۹۹۲، پیشنهاد شد که سطوح شدت صوت در واحد dB باید از نوع A به کار برده شود. برای به حداقل رساندن خطا در اندازه گیری، سه مرتبه تکرار عمل صورت گرفت و سیگنال‌های صوت از سنسور به دیتالاگر و سپس با استفاده از کابل RS232 به لپ تاپ انتقال داده شده و ذخیره شدند (شکل ۱). جهت تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده؛ از نرم افزار Excel2013 استفاده شد.

شکل (۱) نحوه انتقال و ذخیره داده، سیگنال‌های صوت به لپ تاپ با استفاده از کابل RS232 و نرم افزار لترون

(جدول ۲)، که مقادیر این زمان‌ها با استفاده از رابطه‌ی (۱) که توسط سازمان بهداشت جهانی ارائه شده، محاسبه گردید و بر اساس این استانداردها، با افزایش سطح صدا این زمان کاهش می‌یابد.

$$T(hr) = \frac{8}{2^{\left(\frac{L-85}{3}\right)}} \qquad (۱)$$

که T میزان ساعت مجاز و L سطح صدای اندازه‌گیری شده می‌باشد. ساعاتی که از این فرمول بدست می‌آید بر اساس ساعت کاری ممتد است.

جدول (۲) ساعات پیشنهادی در معرض آلایندگی صوتی

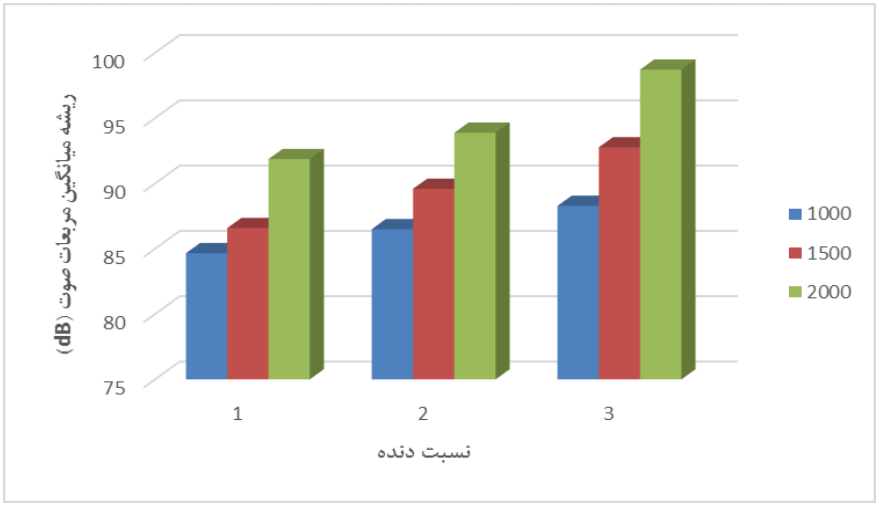
سطح صدا dB (A)	۸۵	۸۸	۹۱	۹۴	۹۷
ساعات پیشنهادی	۸	۴	۲	۱	۰/۵

نتایج

مقادیر میانگین تراز صوت در موقعیت گوش راننده در نسبت دنده و دورهای مختلف موتور در شکل (۲) نمایش داده شده است و همچنین میزان ساعت مجاز کار در دورها و دنده‌های مختلف در جدول (۳) آورده شده است. بر اساس این داده‌ها می‌توان نتیجه گرفت در هنگام عملیات خاکورزی با گاوآهن قلمی در دنده ۱ با دور ۱۰۰۰ به دلیل اینکه میزان سطح صدا پایین‌تر از استاندارد جهانی است کاربر میتواند به مدت ۸ ساعت براساس استاندارد به طور ممتد کار انجام دهد ولی در دیگر دورها و دنده‌ها به دلیل اینکه میزان سطح صدا از استاندارد جهانی بالاتر است لذا برای اینکه کاربر تراکتور بتواند از حداکثر ساعت کاری مفید (۸ ساعت) در طول روز استفاده نماید، باید در دنده و دورهای ذکر شده جهت حفظ سلامتی و ایمنی خود از وسایل حفاظت گوش استفاده نماید و سازندگان تراکتور جهت کاهش شدت صدا در وهله نخست با اتخاذ تدابیر مهندسی در اتاقک راننده سیگنال‌های ساطع شده از تراکتور را کاهش داده و عملی سازند. با افزایش دور موتور از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ دور بر دقیقه و نسبت دنده از ۱ تا ۳، میانگین مقادیر RMS صوت تراکتور افزایش می‌یابد که علت آن افزایش تعداد کورس‌های احتراق و ضربات پیستون در واحد زمان می‌باشد که منجر به تولید صوت در تراکتور می‌شود. تأثیر میانگین مقادیر RMS صوت در دورهای مختلف موتور نسبت به دنده‌های مختلف جعبه دنده، سیگنال‌های صوت ساطع شده از دستگاه بیشتر می‌باشد چون با افزایش دنده، گشتاور افزایش و دور موتور کاهش می‌یابد و از طرف دیگر دلیل اصلی افزایش تعداد کورس احتراق و ضربات پیستون در واحد زمان که عامل اصلی تولید صوت است، دورهای مختلف موتور می‌باشد، بنابراین مقادیر میانگین سیگنال‌های صوت ایجاد شده توسط دورهای مختلف موتور بیشتر از دنده‌های مختلف جعبه دنده می‌باشد.

جدول (۳) ساعات مجاز قرارگیری کاربر در معرض صدای تراکتور حین انجام عملیات خاکورزی با گاوآهن قلمی

دور موتور	دنده	میزان سطح صدا (dB)	ساعت مجاز کار (h)
۱۰۰۰	۱	۸۴/۶۷	۸/۶۰
۱۰۰۰	۲	۸۶/۵۰	۵/۶۷
۱۰۰۰	۳	۸۸/۲۹	۳/۷۳
۱۵۰۰	۱	۸۶/۵۹	۵/۵۵
۱۵۰۰	۲	۸۹/۵۹	۲/۷۷
۱۵۰۰	۳	۹۲/۷۷	۱/۳۲
۲۰۰۰	۱	۹۱/۸۷	۱/۶۳
۲۰۰۰	۲	۹۳/۸۹	۱/۰۲
۲۰۰۰	۳	۹۸/۷۲	۰/۳۳



شکل (۲) تغییرات مقادیر RMS سطح صدا در موقعیت گوش کاربر به ازای نسبت دنده و دورهای مختلف موتور

بررسی ریشه میانگین مربعات تراز صدای سطوح مختلف تیمارهای مورد آزمایش نشان داد که تأثیر دور موتور تراکتور چشمگیر بوده و هنگام استفاده از این وسیله باید مدنظر گرفته شود. در موقعیت گوش کاربر به دلیل بالاتر بودن سطح صدا تراکتور از سطح استاندارد (A) ۸۵ dB لذا استفاده از وسایل حفاظت گوش جهت کاهش صدمات صوتی امری کاملاً ضروری است. همچنین نتایج حاصله نشان داد که در دنده ۱ با دور موتور ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ و دنده ۲ در دورهای ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ و در دنده ۳ در دورهای ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ شدت صدا از حد استاندارد بالاتر بوده و راننده تراکتور باید از وسایل حفاظت گوش استفاده نماید. میانگین مقادیر RMS صوت در دورهای مختلف موتور نسبت به دنده‌های مختلف جعبه دنده در سیگنال‌های صوت ساطع شده از دستگاه بیشتر بود چون با افزایش دنده،گشتاور افزایش و دور موتور کاهش یافت و از طرف دیگر دلیل اصلی افزایش تعداد کورس احتراق و ضربات پیستون در واحد زمان که عامل اصلی تولید صوت است دورهای مختلف موتور می‌باشد.

برای رفع این مشکلات، می توان چند راه حل پیشنهاد نمود :

۱- تا جایی که امکان دارد از دور موتور کم استفاده گردد.

۲- راحت‌ترین و شاید مؤثرترین راه، استفاده از وسایل حفاظتی گوش می‌باشد. به طور معمول این وسایل سطح صوت را ۵ تا ۱۰dB کاهش می‌دهند و این مقدار برای افزایش ساعت مجاز کاری و نزدیک کردن آن به ساعات معمول کاری در روز مناسب می‌باشد.

منابع

رحمتیان، م.، براتی، م.ر.، یگانه، ر. ۱۳۹۴. ارزیابی آلایندی صوتی تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ در موقعیت گوش راننده. دومین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران. گرگان، ایران.

گلمحمدی، ر، مهندسی صدا و ارتعاش، انتشارات دانشجو، ۱۳۸۹، ص ۵۳۶.

Crocker, M.J. 1998. Handbook of acoustics. 1st ed., John Wiley & Sons, New York.

Durgut, M.R., I.H. Celen. 2004. Noise levels of various agricultural machineries. Journal Biologically Sciences, 7(5): 895-901.

Bean, T.L. 1995. Noise on the farm can cause hearing loss, Ohio cooperative extension service report AEX-590, Columbus, Ohio, USA

Fiala, M., L. Bordia. 1995. Design and testing of electric-powered walking tractor. Journal Agriculture Engineering Research, 60: 57-62.

Broste, S.K., D.A.R.L. Hansen., and D.T. Strand. 1989. Hearing loss among high school farm students. Journal Pub Health, 55: 619-622.

Kang, C.II., N.J. Park., and I.S. Lee. 1988. Study on the handling of power tiller in view of ergonomics Research Reports of the Rural Development Administration. Journal Agriculture Engineering Research, 30: 67-71.

Dewangan, K., G. Kumar., and V. Tewari. 2005. Noise characteristics of tractors and health effect on farmers. Applied Acoustics, 66: 1049-1062.

Sumer, S.K., S.M. Say., F. Ege., and A. Sabanci. 2006. Noise exposed of the operators of combine harvesters with and without a cab. Applied Ergonomics. 37:749-756.

BehrooziLar, M., Z. Khodarahm pour., M. Payandeh., and J. Bagheri. 2011. Noise level of two types of tractor and health effect on drivers. Journal of American science, 7(5): 382-387.

Sehsah, E., M. Abass Helmy., and H.M. Sorour. 2010. Noise test of two manufactured power tillers during transport on different local road conditions. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 3(4): 19-27.

Standard. 1996. Acoustics: Tractors and machinery for agriculture and forestry measurement of noise at operator’s position. ISO 5131 & ISO 7216.