تعیین منحنیهای پوش حداقل و حداکثر طیف ۱/۳ اکتاو تراز فشار سروصدای تراکتور دوچرخ در حالت حمل و نقل

سید رضا حسن بیگی بید گلی [۱]- برات قباد یان[۲]

چکیده

از تراکتورهای دوچرخ در کشور ما، علاوه بر کاربردهای زراعی برای حمل و نقل بار و مسافر در جاده‌های آسفالت و خاکی روستایی و مزارع استفاده می‌شود. علی‌رغم تاثیرات سوء سروصدای این تراکتورها بر راننده و مسافران، تاکنون تحقیقاتی در این مورد انجام نگرفته است. از این‌رو، مقاله حاضر نتیجه تحقیقی است که به منظور تعیین منحنیهای پوش حداقل و حداکثر طیف ۱/۳ اکتاو تراز فشار صدای دستگاه در حالت حمل و نقل بر روی تراکتور دوچرخ با توان ۱۳ اسب بخار صورت گرفته است. مکان آزمون براساس استانداردهای بین المللی مهیا گردید و سیگنالهای صدای ساطع شده از دستگاه در حوزه زمان اندازه‌گیری و ضبط شد سپس با استفاده از روش تبدیل فوریه سریع به حوزه فرکانس تبدیل گردید. تعیین منحنیهای پوش در موقعیت گوش راننده نشان داد که فرکانسهای بحرانی دستگاه در مراکز فرکانسی ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۱۵ هرتز می‌باشند که حداکثر شدت صدا در آنها به ۹۲ dB می‌رسد. منحنیهای پوش علاوه بر درک بهتر و ساده‌تر تفاوتهای موجود در طیف فرکانسی ۱/۳ اکتاو، در انتخاب روشهای موثر کنترل و کاهش صدا و طراحی محافظهای گوش کاربرد دارند.

۱- دانشجوی دوره دکتری مهندسی ماشی نهای کشاورزی دانشگاه تربی ت مدرس
۲- استادی ار گزوه مهندسی ماشی نهای کشاورزی دانشگاه تربی ت مدرس

واژه‌های کلیدی : سروصدا ، تراکتور دو چرخ، طیف ۱/۳ اکتاو تراز فشار صدا، منحنیهای پوش

مقدمه

پیشرفتهای فناوری باعث شده تا توان مکانیکی جایگزین نیروی انسانها و حیوانات در انجام کارهای مزرعه شود، به طوری که امروزه تراکتورها و ماشینهای کشاورزی جزء جدایی ناپذیر کشاورزی می‌باشند. از طرف دیگر ورود تراکتورها و ماشینهای کشاورزی به مزرعه مشکلات عدیده‌ای در ارتباط با ایمنی و سلامت شغلی حاصل از کار این دستگاهها برای کاربران آنها و نیز کارگران مشغول به کار در مزرعه به وجود آورده است که از آن جمله می‌توان به سروصدای حاصل از کار این ادوات اشاره نمود (۸ ، ۱۶ و ۱۷).

مهمترین اثرات نامطلوب سروصدا بر روی انسان مواردی از قبیل افت شنوایی دایم و موقت، اثر بر سیستم تعادلی بدن (ایجاد حالتهای گیجی، تهوع و اختلال در راه رفتن)، ایجاد ناراحتیهای عصبی، ایجاد ناراحتیهای روانی، کاهش بازده کار و افزایش ریسک حوادث می‌باشد (۱۰، ۱۳ و ۱۵).

با توجه به مخاطرات سروصدا بر سلامتی انسان، انجمنها و سازمانهای ایمنی و بهداشت حرفه‌ای درکشورهای مختلف قوانینی را برای محدود کردن ساعت کار افراد در چنین محیطهایی وضع نموده‌اند که از جمله این مقررات می‌توان به قوانین $NIOSH$[1] اشاره نمود (۴). بنا به تعریف در معرض تراز سروصدای $dB(A)$ ۸۵ به مدت ۸ ساعت در روز یا در معرض تراز سروصدای $dB(A)$ ۸۸ به مدت ۴ ساعت در روز را یک دوز سروصدا می‌گویند (۱۰ و ۱۳). تحقیقات سلکی مشخص کرد که متوسط سروصدای روزانه در ماههای مختلف سال در محدوده ۱/۸ الی ۵/۷ دوز می‌باشد (۱۷). بنابر این با توجه به این که مدت زمان فعالیتهای زراعی بیشتر از ۸ ساعت در روز می‌باشد، توصیه شده است که تراز صدا بیشتر از $dB(A)$ ۸۰ نباشد و حتی برخی کشورها برنامه کنترل و کاهش صدایی را در حال اجرا دارند تا میزان تراز صدا را به $dB(A)$ ۷۵ برسانند (۹). مطالعات برسته و همکاران همچنین دنیس و می نشان می‌دهد که تراز صدا در موقعیت گوش راننده تراکتورهای بدون اتاقک یا با اتاقک با پنجره‌های باز، در مواردی بالاتر از $dB(A)$ ۹۵ بوده است (۷ و ۱۱). تراز سروصدای اکثر تراکتورهای امروزی، بالاتر از $dB(A)$ ۹۰ گزارش شده است و این در حالی است که تراز سروصدای سایر ماشینهای مزرعه نظیر کمباینهای خود محرک، ماشین ذرت چین، آسیاب چکشی و خشک کنها بالاتر از $dB(A)$ ۱۰۰ گزارش گردیده است (۵). تحقیقات سلکی افت شنوایی ۵۶٪ از رانندگان تراکتور تحت مطالعه در حدود $dB(A)$ ۲۰ کمتر از گروه شاهد با همان سن می‌باشد و این مساله بیشتر مربوط به رانندگان با سن بالای ۳۰ سال بوده است (۱۶ و ۱۷).

در تحقیقی که پیرامون استفاده از تراکتورهای دوچرخ با توان ۸ اسب در بین ۲۰۰ کشاورز و ۱۰۰ آموزش دهنده ماشینهای کشاورزی انجام گرفت، معلوم شد که ارتعاش و سروصدا سهم عمده‌ای در ایجاد صدمات در افراد تحت مطالعه داشته است (۱۴)، همچنین تراز بالای سروصدای ایجاد شده توسط تراکتورهای دوچرخ

1- National Institute for Occupational Safety and Health

سبب شده است که محققان به تحقیق پیرامون استفاده از موتورهای الکتریکی به جای موتورهای دیزلی در این گونه تراکتورها بپردازند (۶).

تولید سروصدا در ماشینهای دارای موتورهای کوچک که وزن، فضا و محدودیتهای دیگر، اجازه نصب تجهیزات کافی جاذب سروصدا بر روی آنها را نمی‌دهد کار را مشکلتر می‌کند و تراکتورهای دوچرخ کشاورزی در این گروه از ماشینها قرار دارند، زیرا محدودیتهای تراکتورهای دوچرخ اجازه نصب اتاقک راننده را نیز نمی‌دهد (۸).

در ایران بیشتر از ۱۲۰۰۰۰ تراکتور دوچرخ وجود دارد (۱) که از آنها علاوه بر کاربردهای زراعی، برای حمل و نقل بار و مسافر در جاده‌های آسفالت، خاکی روستایی و مزراع استفاده می‌شود. اندازه‌گیریهای اولیه در تحقیق حاضر نشان داد که تراز صدای کلی تراکتور دوچرخ با توان ۱۳ اسب در سرعت موتور ۲۲۰۰ دور بر

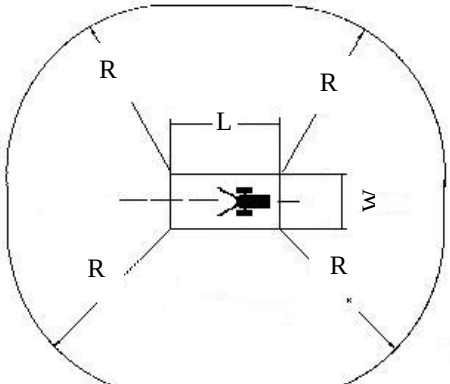
دقیقه در موقعیت گوش راننده به $dB(A)$ ۹۲ می‌رسد که با توجه به حد استاندارد $dB(A)$ ۸۵ نگران کننده است. از طرفی مطالعات موجود نشان می‌دهد که پیرامون تولید سروصدای تراکتورهای دوچرخ اطلاعات دقیقی در دست نیست. از این‌رو اندازه‌گیری و تعیین منحنیهای پوش حداقل و حداکثر طیف ۱/۳ اکتاو تراز فشار صدا در حالت حمل و نقل در موقعیت گوش راننده در سرعتهای مختلف موتور و نسبت دنده‌های مختلف جعبه دنده در جاده‌های آسفالت و خاکی روستایی و دارای پوشش گیاهی از اهداف این تحقیق بوده و موضوع اصلی این مقاله می‌باشد. تعیین منحنیهای پوش ابزار مناسبی جهت شناسایی فرکانسهای بحرانی صدای منتشر شده از این نوع تراکتور دوچرخ را به دست خواهد داد تا با استفاده از آن بتوان روشهای صحیح و کارآمد کنترل و کاهش سروصدا را انتخاب نمود.

مواد و روشها

در این‌جا به طور خلاصه مشخصات تراکتور مورد آزمون، تجهیزات مورد استفاده، مکان آزمون و روش پردازش سیگنالها تشریح می‌گردد. موتور تراکتور دوچرخ میتسوبیشی مورد آزمون از نوع دیزلی چهار زمانه، پاشش مستقیم، تک سیلندر، آب خنک و دارای نسبت تراکم ۲۰:۱ بوده که قابلیت تولید توان ۱۳ اسب بخار در سرعت اسمی ۲۲۰۰ دور بر دقیقه را دارا می‌باشد. سرعت حرکت این تراکتور دوچرخ ۶ مرحله حرکت رو به جلو و ۲ مرحله رو به عقب است.

ویژگیهای مکان آزمون تراکتور دوچرخ بر اساس استانداردهای سازمان بین المللی استانداردها (۲) و انجمن مهندسان خودرو (۳) انتخاب گردید. در این مقاله فقط روش اندازه‌گیری طیف تراز صدای ساطع شده از تراکتور دوچرخ در موقعیت گوش راننده که تقریبا می‌توان آن را به سرنشینان تعمیم داد، مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ زیرا راننده و سرنشینان در معرض بیشترین آسیبها و صدمات حاصل از صدا قرار دارند. در اندازه‌گیری طیف تراز سروصدای تراکتور دوچرخ در موقعیت گوش راننده، میکروفن در ارتفاع ۱/۷ متر از سطح مسیر آزمون به صورت افقی و به فاصله ۱۰۰ میلی متر از گوش راست راننده نصب گردید (۳). در ناحیه اندازه‌گیری سطوح منعکس کننده بزرگ نظیر ساختمانها، ماشینهای دیگر، تابلوها و درختان وجود نداشت. برای به حداقل رساندن اثر عوامل محیطی سرعت باد در هنگام اندازه‌گیریها کمتر از m/s ۵ بود و اندازه‌گیریها در هنگام بارندگی و رعد و برق انجام نگرفت، همچنین تراز صدای محیط حداقل $dB(A)$ ۳۰

کمتر از تراز صدای مورد اندازه‌گیری بود (۱ و ۳). شکل (۱) ابعاد ناحیه اندازه‌گیری صدا و تجهیزات اندازه‌گیری صدای نصب شده روی تراکتور دوچرخ در حال انجام آزمایش را نشان می‌دهد که در این شکل، فاصله $\mathcal{R}$ حداقل ۱۵ متر، $\mathcal{L}$ حداقل ۱۰ متر و $\mathcal{W}$ حداقل ۲ متر می‌باشد.



شکل ۱ـ الف ـ ابعاد ناحیه اندازه‌گیری صدا و ب ـ تراکتور دوچرخ و تجهیزات اندازه‌گیری صدا در موقعیت گوش راننده.

تجهیزات، وسایل، ابزارهای اندازه‌گیری و ضبط طیف سروصدای تراکتور دوچرخ در حوزه زمان که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت در جدول (۱) نشان داده شده است. جهت واقعی‌تر بودن آزمایشها باری به میزان ۹۰۰ کیلوگرم درون تریلر تراکتور دوچرخ قرار داده شد.

جدول ۱ـ مشخصات ابزارهای اندازه‌گیری

ردیف	نام ابزار اندازه‌گیری	حساسیت	گستره / ظرفیت	دقت	مدل و ساخت
۱	میکروفن	*mV/Pa* ۵۰	۲۰-۱۴۶ *dB*	-	*B&K 4415* دانمارک
۲	صداسنج	-	۳۰-۱۴۰ *dB*	۰/۱ *dB*	*B&K 2230* دانمارک
۳	دورسنج	-	۰/۵-۱۹۹۹۹ *rpm*	۱ *Rpm* بیشتر از ۱۰۰۰ *rpm*	*Lutron DT-2236* تایوان
۴	دماسنج	-	−۵۰ *0C* -۱۰	۰/۱ *0C*	*Testo* آلمان
۵	بادسنج	-	۰-۱۵ *m/s*	۰/۰۱ *m/s*	*Testo* آلمان
۶	کامپیوتر قابل حمل با مشخصات	-	-	-	*Toshiba Satelite D 2235* مالزی
	کارت صدا	-	-	۱۶ بیت	*Yamaha OPL3-SAX* ژاپن

	حافظه *RAM*	-	۶۴ مگا بایت	-	ژاپن *NEC*
	دیسک سخت	-	۸ گیگا بایت	-	ژاپن *NEC*

محدوده تغییرات متغیرها طوری انتخاب شد که بیشترین حالتهای کار عادی تراکتور دوچرخ در حالت حمل و نقل روی جاده‌های آسفالت و خاکی روستایی و دارای پوشش چمن را در بربگیرد تا بدین وسیله منحنیهای پوش حداقل و حداکثر تراز صدای تعیین شده واقعی باشند. سطوح تغییرات متغیرها در جدول (۲)، آمده‌اند.

جدول ۲ ـ ماتریس اندازه‌گیری سیگنالهای سروصدای تراکتور دوچرخ

متغیرها	سطوح متغیرها			
	۱	۲	۳	۴
سرعت موتور (دور بر دقیقه)	۱۳۰۰	۱۶۵۰	۲۰۰۰	۲۲۰۰
نسبت دنده در جعبه دنده	۲ سبک	۲ سنگین	۳ سبک	۳ سنگین
نوع جاده	آسفالت روستایی	خاکی روستایی	دارای پوشش چمن	-

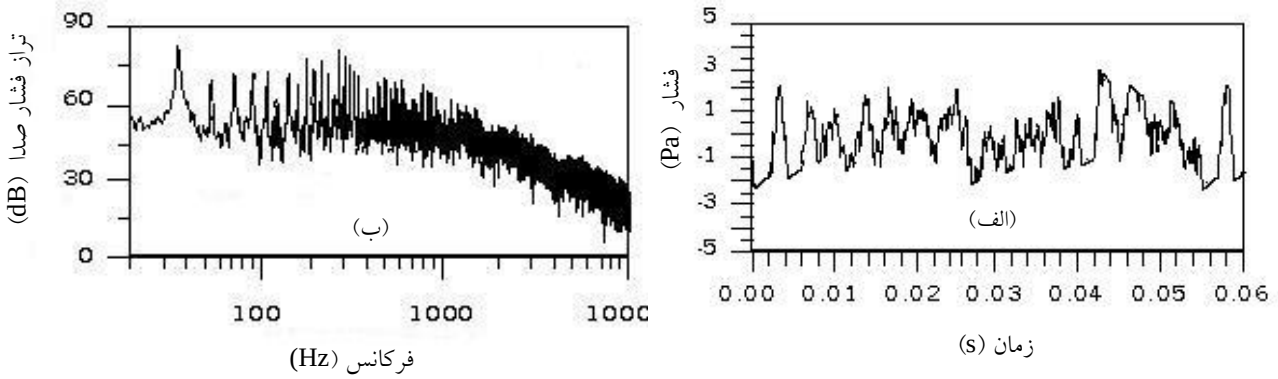
برای به دست آوردن منحنیهای پوش حداقل و حداکثر طیف ۱/۳ اکتاو تراز فشار صدا در هر کدام از جاده‌های آسفالت و خاکی روستایی و دارای پوشش چمن در موقعیت گوش راننده در حالت حمل و نقل از ترکیب ۴ سطح سرعت دورانی موتور با ۴ سطح نسبت دنده جعبه دنده مطابق با جدول (۲) استفاده گردید. بنابر این، با احتساب ۴ تکرار، از ۶۴ آزمایش برای به دست آوردن هریک از منحنیهای پوش استفاده شد. در هر آزمایش حداقل ۱۰ ثانیه سیگنال صدا ضبط شد. در مرحله تحلیل اولیه داده‌ها در حوزه زمان از ۱۰ ثانیه سیگنال ضبط شده، بین ۱/۵ تا ۳ ثانیه سیگنالی انتخاب گردید که تقریبا یکنواخت بوده، کمترین تغییرات ممکن در بین قله‌های سیگنال مورد انتخاب وجود داشته باشد تا دقت آزمایشها بیشترین مقدار ممکن باشد.

در این تحقیق از میکروفنی با پاسخ فرکانسی تخت[1] در کل محدوده شنوایی انسان (۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز) به همراه دستگاه صداسنج با مشخصات ذکر شده در جدول (۱) برای اندازه‌گیری فشار صدا استفاده شد. سرعت نمونه برداری داده‌ها بنا بر معیار نایکویست[2] لازم بود حداقل ۲ برابر حداکثر فرکانس باشد تا عمل تبدیل سیگنالهای آنالوگ خروجی دستگاه صداسنج به رقمی صحیح صورت پذیرد (۱۲و۱۳)، بنابراین با توجه به طیف شنوایی انسان، سرعت نمونه برداری در این تحقیق ۴۸۰۰۰ هرتز در نظرگرفته شد. سپس سیگنالهای رقمی شده توسط مبدل کارت صدای کامپیوتر قابل حمل با استفاده از نرم افزار نصب شده *CoolEdit 2000* بر روی دیسک سخت کامپیوتر ذخیره گردید. شکل (۲- الف)، نمونه‌ای از سیگنال صدا در حوزه زمان را نشان می‌دهد ولی با توجه به این که بررسی و تحلیل سیگنالهای صدای ساطع شده از

1 - Flat Frequency Response

2 - Nyquist Criteria

دستگاه در حوزه زمان اطلاعات محدودی را مشخص می‌کند و در نظر داشتن این اصل که پاسخ گوش و احساس صدا در انسان بستگی زیادی به فرکانس دارد، لذا لازم است تا سیگنالهای صدا از حوزه زمان به حوزه فرکانس تبدیل گردند تا محتوای فرکانسی سیگنالهای صدا به دست آیند (۹ و ۱۰). جهت تبدیل سیگنالهای حوزه زمان به حوزه فرکانس از روش تبدیل فوریه سریع[1] استفاده شد. به همین جهت برنامه کامپیوتری برای انجام این کار نوشته شد و با استفاده از آن طیف باند باریک فشار صدا در حوزه فرکانس به دست آمد. شکل (۲- ب) نمونه‌ای از سیگنال صدا در حوزه فرکانس را نشان می‌دهد. سیگنالهای باند باریک حوزه فرکانس صدا با اضافه نمودن زیر برنامه کامپیوتری به طیف ۱/۳ اکتاو تبدیل گردیدند. سیگنالهای طیف۱/۳ اکتاو تراز فشار صدا در حین دارا بودن پایداری، جزئیات زیادی را مشخص می‌کنند (۹و۱۰و۱۳)؛



بنابراین در این تحقیق منحنیهای پوش حداقل و حداکثر طیف ۱/۳ اکتاو تراز فشار

شکل ۲ـ الف ـ نمونه‌ای از سیگنال فشار صدا در حوزه زمان و ب ـ نمونه‌ای از طیف باند باریک تراز فشار صدا در حوزه فرکانس.

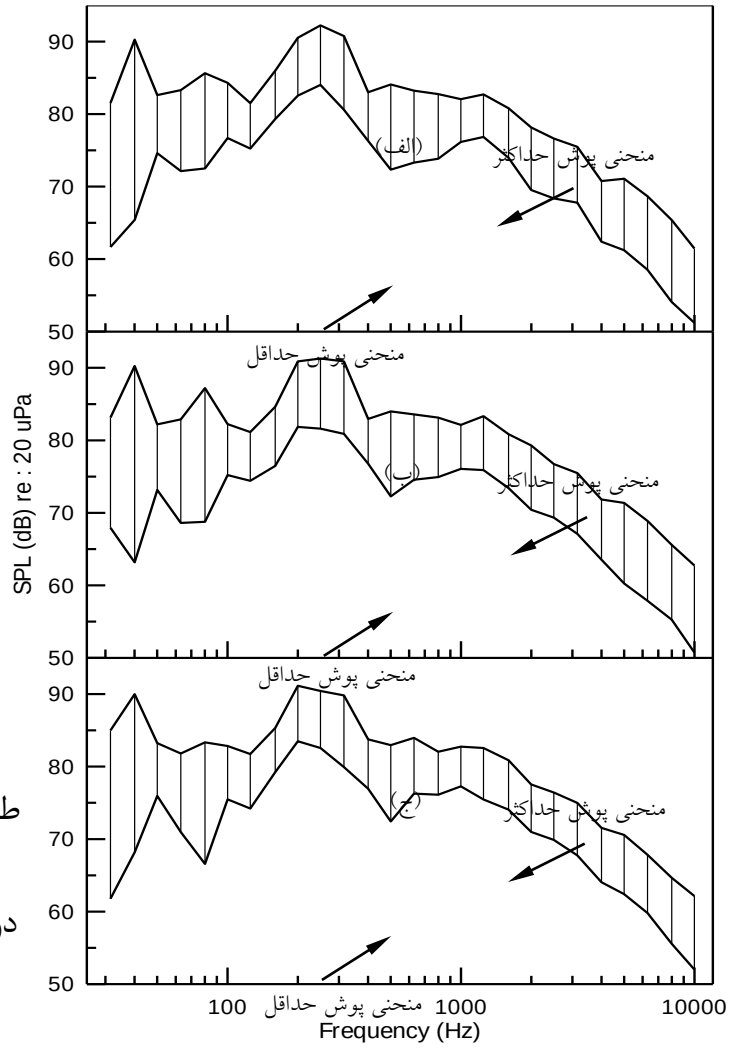
صدا تعیین شدند.

نتایج و بحث

شکل (۳) نمونه‌ای از منحنیهای پوش حداقل و حداکثر طیف ۱/۳ اکتاو تراز فشار صدای تراکتور دوچرخ در موقعیت گوش راننده در حالت حمل و نقل را نشان می‌دهد که قسمتهای الف تا ج این شکل به ترتیب مربوط به جاده‌های آسفالت و خاکی روستایی و جاده دارای پوشش چمن می‌باشند. در قسمتهای الف تا ج این شکل مشاهده می‌شود که در فرکانسهای ۲۰۰ هرتز و بیشتر حداکثر شدت صدا در مراکز فرکانسی ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۱۵ هرتز وجود دارد که این پدیده با نتیجه تحقیقات محققان دیگر نظیر بران و ساکس همخوانی دارد (۹ و ۱۸)، همچنین مشاهده می‌شود با وجود این که شدت صدا در مراکز فرکانسی مذکور در جاده‌های مختلف حداکثر است؛ اما توزیع فرکانسی آن در جاده‌های مختلف یکسان نیست، برای مثال حداکثر شدت صدا در جاده‌های آسفالت و خاکی روستایی در فرکانس ۲۵۰ هرتز حداکثر، با میزان به ترتیب $d\mathcal{B}$ ۹۲ و $d\mathcal{B}$ ۹۱ می‌باشد، در صورتی که شدت صدا در جاده دارای پوشش چمن در فرکانس ۲۰۰

1 - Fast Fourier Transform

هرتز حداکثر است که میزان آن dB ۹۱ می‌باشد. در محدوده فرکانسهای ۴۰۰ هرتز تا ۱۰۰۰۰ هرتز با افزایش فرکانس، شدت صدا در اکثر مراکز فرکانسی روند کاهشی نسبتا منظمی را نشان می‌دهد؛ با وجود این تغییرات شدت تراز فشار صدا در جاده‌های مختلف یکسان نمی‌باشد. علت توزیع فرکانسی نایکسان در جاده‌های مختلف به احتمال زیاد مربوط به اثر نوع پوشش سطح جاده بر طیف ۱/۳ اکتاو تراز فشار صدا در ترکیبهای مختلف تیماری سرعت دورانی موتور و نسبت دنده جعبه دنده می‌باشد. در قسمتهای مختلف شکل (۳) همچنین مشاهده می‌شود که تفاوت بین منحنیهای پوش حداقل و حداکثر در محدوده فرکانسهای ۱۶۰ هرتز و کمتر بسیار بیشتر از محدوده فرکانسهای ۲۰۰ هرتز و بیشتر می‌باشد که علت این پدیده می‌تواند مربوط به اثر اگزوز موتور باشد (۱۸).



شکل ۳ــ منحنیهای پوش حداقل و حداکثر طیف ۱/۳ اکتاو تراز فشار صدای تراکتور دوچرخ در موقعیت گوش راننده در جاده‌های، الف ـ آسفالت، ب ـ خاکی و ج ـ دارای پوشش چمن.

به طور کلی استفاده از منحنیهای پوش حداقل و حداکثر شکل (۳)، سبب درک بهتر و ساده‌تر تفاوتهای موجود در

طیف ۱/۳ اکتاو تراز فشار صدای دستگاه می‌شود، همچنین مشخص می‌کند که فرکانسهای بحرانی (فرکانسهایی که شدت صدا در آنها حداکثر می‌باشد) دستگاه، مراکز فرکانسی ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۱۵ هرتز می‌باشد. با توجه به این‌که روشهای مختلف کاهش سروصدا تنها در محدوده‌های فرکانسی خاص قادر به کاهش موثر سروصدا هستند (۹ و ۱۰)، استفاده از ترکیب روشهای کنترل و کاهش صدای منابع تولید صدای دستگاه با توجه به منحنیهای پوش داده شده توصیه می‌گردد. از منحنیهای پوش داده شده همچنین می‌توان در طراحی محافظهای گوش با کارآیی موثر در فرکانسهای بحرانی دستگاه برای راننده و سرنشینان استفاده نمود.

منابع

۱. بی‌نام .(۱۳۸۲). آمارگیری کشاورزی سال ۱۳۸۲، مرکز توسعه مکانیزاسیون، وزارت جهاد کشاورزی.

2. *Anonymous. (1996). Acoustics: Tractors and machinery for agriculture and forestry measurement of noise at operator's position. ISO 5131.*
3. *Anonymous. (1985). Operator ear sound level measurement procedure for small engine powered equipment. SAE J1174.*
4. *Anonymous. (1996). Criteria for a recommended standard occupational noise exposure revised criteria. NIOSH.*
5. *Bean, T.L. (1995). Noise on the farm can cause hearing loss. Ohio Cooperative Extension Service Report AEX-590.Columbus, Ohio, USA.*
6. *Bordia, L. and M. Fiala. (1995). Design and testing of electric-powered walking tractor. Journal of Agricultural Engineering Research, 60:57-62.*
7. *Broste, S.K., Hansen, D.A., Stand, R.L. and D.T., Stueland. (1989). Hearing loss among high school farm students. American Journal of Public Health, 619-622.*
8. *Brown, R.H. (1988). Handbook of Engineering in Agriculture, Volume (2). 1st edn. London:Prentice – Hall, Inc, U.K.*
9. *Crocker,M.J. and I.N.,Ivanov. (1993). Noise and Vibration Control in Vehicles.1st edn. St.Petersburg: Interpublish Ltd, Russia.*
10. *Crocker, M.J.(1998). Handbook of acoustics. 1st edn. New York: John Wiley & Sons, USA.*
11. *Dennis, J.W., and J.J. May. (1995). Occupational noise exposure in dairy farming. Agricultural Health and Safety.*
12. *Ghobadian,B., Singh, N., Bhattacharya, M., Mehta, P.S. and S.C. Jain .(1992). An efficient instrumentation scheme for noise and vibration study in an I.C. engine. All India Applied Instrumentation Conference. Roorkee, India.*
13. *Irwin, J.D. and E.R., Graf. (1979). Industrial Noise and Vibration Control.1st edn.London: Prentice-Hall,Inc,U.K.*
14. *Kang, C.II. Park, N.J., Oh ,I.S., and Y.B., Lee. (1988). Study on the handling of power tiller in view of ergonomics. Research Reports of the Rural Development Administration Agricultural Engineering and Farm Management, 30: 67-71.*
15. *Roth, O.L. and L.H., Field. (1991). Introduction to Agricultural Engineering. 2nd edn.New York: Van Nostrand Reinhold, U.S.A.*

16. *Solecki, L.(1998). Occupational hearing loss among selected farm tractor operators employed on large multi-production farm in poland. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, Vol. 11, No 1, 69-80.*
17. *Solecki, L.(2000). Duration of exposure to noise among farmers as an important factor of occupational risk, Ann Agric Environ Med, 7, 89-93.*
18. *Suggs, C.W. (1987). Noise characteristics of field equipment. ASAE Paper No.87-1598.21.*