تحلیل وضعیت ارتعاش صندلی تراکتور ITM 475

علی محمدی[۱]، کامران خیرعلی‌پور[۱*]، احمد جهان‌بخشی[۲]، رضا شهیدی[۳]

۱- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام (k.kheiralipor@ilam.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (k.kheiralipor@ilam.ac.ir)

۳- دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

چکیده

ارتعاش یکی از مشکلات کاربران بخش صنعت و کشاورزی می باشد و اثرات نامطلوب آن بر بدن افراد زیادی در این حوزه ها اثر گذار است. هدف از تحقیق حاضر، تحلیل ارتعاش صندلی تراکتور ITM 475 با استفاده از یک شتاب‌سنج سه جهته و طرح کاملا تصادفی است. آزمایش‌های صورت گرفته بر روی تراکتور مورد نظر، بر اساس استاندارد بین‌المللی ارتعاش ISO 2631-1 و ISO 5008 انجام گرفت. عامل‌های مورد بررسی شامل دور موتور (در سه سطح ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ دور در دقیقه)، موقعیت دنده (در سه سطح دنده ۱، ۲ و ۳) و جاده (در دو سطح خاکی و آسفالت) بود. اطلاعات به دست آمده بر اساس آزمایش فاکتوریل و بر پایه طرح کاملا تصادفی شامل ۱۸ تیمار و ۳ تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر عامل‌های اصلی دور موتور، موقعیت دنده، و جاده و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱٪ بر میزان ارتعاش کل صندلی تراکتور معنی‌دار بود. بیشترین میزان ارتعاش کل بدن با مقدار ۱/۴۹ متر بر مجذور ثانیه در جاده خاکی مشاهده شده که مربوط به دور موتور ۲۰۰۰ دور بر دقیقه و دنده ۳ بود. نیاز است با اتخاذ تدابیر لازم، حداکثر ارتعاش تمام بدن تراکتور مورد مطالعه به کمتر از این میزان رسانده شود.

کلمات کلیدی:

تراکتور، تحلیل ارتعاش، دور موتور، نسبت دنده، جاده.

***نویسنده مسئول**

رایانامه: k.kheiralipor@ilam.ac.ir، kamrankheiralipour@gmail.com

تحلیل وضعیت ارتعاش صندلی تراکتور ITM 475

مقدمه

تحلیل ارتعاش وسایل، ابزارها، ماشین ها، و خودروها، یکی از حوزه های مهم تحقیقاتی است که در بخش کشاورزی همانند بخش صنعت، دنبال می شود. ارتعاش به دو صورت مطلوب و نامطلوب وجود دارد. برای مثال، ارتعاش ایجاد شده در سامانه کاه پران کمباین برداشت غلات برای جدا کردن خوشه های نیم کوب از کلش و همچنین جداسازی سنگ از گندم در کارخانه های آرد نوع مطلوب ارتعاش است. ارتعاش نامطلوب شامل انواع ارتعاش ایجاد شده در ماشین های مختلف است که به دلیل اثرات نامطلوب آن ها، همواره بشر در کاهش یا حذف خود ارتعاش یا اثرات آن ها تلاش نموده است.

اثر نامطلوب میزان انرژی ارتعاش بر بدن انسان مانند ایجاد اختلال در راحتی یا آسایش و اعمال فیزیولوژیک انسان، بروز ضایعات اسکلتی و برخی بیماری‌ها، افزایش خستگی، و کاهش بازدهی منجر به مطالعه ارتعاش انسانی در دو حوزه ارتعاش تمام بدن و ارتعاش دست- بازو شده است. مطالعه ارتعاش دست- بازو حین کار با ابزارها و وسایل مرتعش دستی مانند چکش، کلنگ، مته، اره، و ...، و مطالعه ارتعاش تمام بدن در حالت هایی که صورت می گیرد که سطح وسیعی از بدن در تماس با جسم مرتعش و یا حتی کل بدن در یک محیط مرتعش مانند رانندگان ماشین‌های کشاورزی و اتومبیل‌ها قرار گیرد [۳].

تحقیقات مختلفی جهت بررسی وضعیت ارتعاش تراکتور به عنوان منبع توان صورت گرفته است. مارسیلی و همکاران ارتعاش صندلی یک تراکتور را اندازه گرفتند که به سامانه تعلیق و جذب‌کننده شوک مجهز بود. نتایج آن‌ها نشان داد که سامانه تعلیق صندلی، شتاب ارتعاش را در شرایط مختلف کاری به‌طور متوسط ۱۵ تا ۳۶ درصد کاهش می‌دهد [۱۰]. میرزایی و محمدی در تحقیقی میزان مواجهه با ارتعاش و اختلالات اسکلتی عضلانی رانندگان تراکتور را مورد بررسی قراردادند. بیشترین فراوانی درد در بین رانندگان را کمردرد (۵۶/۸ درصد) اعلام نمودند [۱۲]. در تحقیقی ارتعاش صندلی تراکتور در طول عملیات خاک‌ورزی در رطوبت ثابت خاک (۲۰- ۱۸ ٪) با دو عمق شخم (۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر) و سه سرعت تراکتور (۲، ۳/۵ و ۶/۸ کیلومتر بر ساعت) مورد ارزیابی قرار گرفته است. گزارش شده است که بیشترین ارتعاش صندلی تراکتور در سطح عمودی اتفاق افتاده که از چرخ به صندلی منتقل می‌شود. سطح ارتعاش عمودی در طول عملیات میدانی معمولاً از سطح استانداردهای ISO فراتر رفته و با افزایش سرعت پیشروی شتاب منتقل شده به صندلی تراکتور افزایش می‌یابد [۹]. فریدونی و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی ارتعاش دست و بازوی کاربر تراکتورهای مسی‌فرگسن ۲۸۵ و یونیورسال ۶۵۰ در شهرستان کنگاور پرداختند و گزارش نمودند که اختلاف ارتعاش ایجاد شده بر روی دست و بازوی کاربر تراکتورهای مورد بررسی معنی‌دار نمی‌باشد [۵]. احمدیان و همکاران در تحقیقی به بررسی ارتعاش دسته و صندلی تراکتور دو چرخ در حالت حمل‌ونقل پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که ارتعاش با افزایش سرعت موتور در تمامی سطوح دنده و در تمام جهات افزایش می‌یابد. آن‌ها همچنین گزارش نمودند که مقدار ارتعاش در جهت عمودی در تمام آزمایش‌ها بیشتر می‌باشد [۴]. جهان‌بخشی و همکاران در تحقیقی به ارزیابی وضعیت ارتعاشی صندلی کمباین جاندیر مدل 1055I در حوزه زمان و فرکانس

پرداختند. آن‌ها گزارش نمودند، اثر عامل‌های اصلی دور موتور و موقعیت دنده در سطح احتمال ۱٪ بر سطح ارتعاش منتشرشده از صندلی کمباین اختلاف معنی‌داری از نظر آماری نشان داد. با به دست آوردن مدت زمان مجاز مواجهه کاربر با ارتعاش صندلی مشخص نمودند، که در دنده ۱ و ۲ با سرعت موتور ۱۸۰۰ دور در دقیقه و دنده ۱ با سرعت موتور ۲۵۰۰ دور دقیقه راننده می‌تواند بدون هیچ مشکلی به مدت ۸ ساعت در روز، با کمباین مزکور رانندگی نماید [۲].

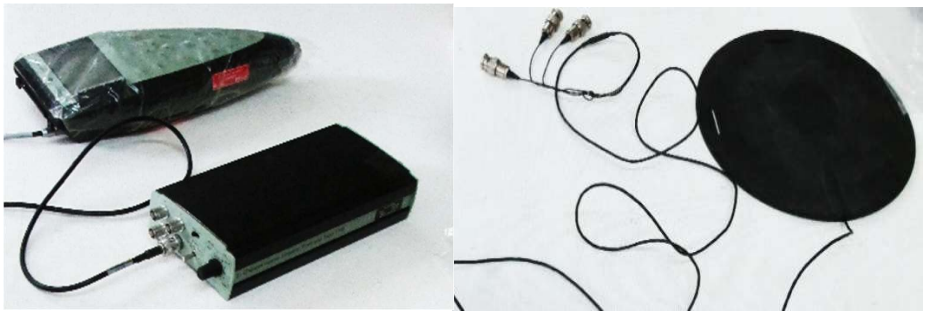
نظر به اهمیت و جایگاه تراکتور در بخش کشاورزی، مضرات ارتعاش نامطلوب آن، و با توجه این که تا اکنون مطالعه ای در مورد ارتعاش تراکتور ITM 475 مشاهده نشده است، هدف از تحقیق حاضر تحلیل ارتعاش تمام بدن تراکتور مورد نظر در شرایط مختلف رانندگی با آن اشت.

مواد و روش ها

آزمایش‌های صورت گرفته در پژوهش حاضر در قالب آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی، در دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، اجرا گردید. تراکتور مورد نظر، مدل ITM475 ساخت تراکتور سازی ایران، تبریز، ایران، با توان hp ۷۵ و جرم kg ۳۱۷۰ بود. سال ساخت تراکتور مورد آزمایش ۱۳۹۳ بود.

سه عامل اصلی که بر روی ارتعاش تراتور تاثیر می گذارند، دور موتور، سرعت پیشروی، و نوع جاده است. بنابراین اثر این عامل ها بر ارتعاش تراکتور مورد نظر بررسی شد. عامل دور موتور در سه سطح شامل: ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ دور در دقیقه، عامل نسبت دنده در سه سطح شامل: دنده ۱، ۲ و ۳، و عامل جاده در دو سطح شامل: جاده خاکی و آسفالت، مورد بررسی قرار گرفت.

ارتعاش صندلی تراکتور مطابق با استاندارد ISO 2631-1 و ISO 5008 [۶ و ۷] و در محدوده بسامد HZ ۱-۸۰ مورد مطالعه قرار گرفت [۳]. صندلی طبق دستور کارخانه سازنده بر حسب جرم شخص مورد آزمایش تنظیم شد. از آن جا که جرم‌های متفاوت نتایج آزمون‌های ارتعاش را تحت تأثیر قرار می‌دهند [۷]، برای انجام آزمون‌ها در این تحقیق از یک کاربر با جرم ۷۵ کیلوگرم استفاده شد. برای اندازه‌گیری سیگنال‌های ارتعاش، از یک دستگاه ارتعاش‌سنج سه جهته B&K۲۲۶۰ ساخت کشور دانمارک، با دقت $1 \mu m.s^{-2}$ و محدوده بسامد HZ ۱۰۰ – ۰/٤استفاده شد (شکل ۱). محدوده رطوبت و دمای کاری ارتعاش سنج به ترتیب RH ٪۹۰ و ^{0}C۷۰ می باشد. پس از اتصال حسگر ارتعاش سنج بر روی صندلی تراکتور مورد بررسی، با استفاده از چسب (شکل ۲)، آزمون‌های لازم جهت استخراج سیگنال‌های ارتعاش صندلی در سه جهت X، Y و Z ثبت شد (شکل۳).



شکل ۱. ارتعاش سنج سه جهته B&K۲۲٦۰.

شکل ۲. اتصال حسگر ارتعاش سنج به صندلی تراکتور مورد بررسی.

شکل ۳. اندازه‌گیری ارتعاش صندلی تراکتور مورد بررسی حین حرکت بر روی جاده آسفالت (راست) و خاکی (چپ).

ارتعاش کل (برآیند سه جهت) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید [٦].

$$a_t = \sqrt{(1.4a_x)^2 + (1.4a_y)^2 + a_z{}^2} \quad (۱)$$

که a_x، a_y، a_z و a_t به ترتیب میانگین ریشه مربع‌های شتاب در جهت طولی، عرضی، عمودی و شتاب کلی بر حسب متر بر مجذور ثانیه می‌باشد.

برای تحلیل ارتعاش در تحقیق حاضر از نرم‌افزارهای Excel 2013 و SAS 9.1 استفاده شد. برای تعیین سطوح معنی‌داری اثرات عوامل اصلی مورد مطالعه بر ارتعاش از تجزیه واریانس و برای مقایسه میانگین سطوح عوامل اصلی و اثرات متقابل آن ها از آزمون چند دامنه دانکن بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس میانگین سطوح عامل‌های اصلی مورد بررسی، یعنی دور موتور، موقعیت دنده، و نوع جاده، و اثرات متقابل آن‌ها بر ارتعاش تمام بدن کاربر تراکتور ITM 475 در جهت‌های X، Y، Z و ارتعاش کل (برآیند جهت-های سه گانه X، Y و Z) در جدول (۱) گزارش شده است. همان‌طور که در این جدول آمده است، اثر عامل‌های اصلی و اثر متقابل آن‌ها بر ارتعاش منتشر شده از صندلی تراکتور در جهت‌های X، Y، Z و شتاب برآیند، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر عامل‌های مورد بررسی بر ارتعاش تمام بدن در جهت X، Y، Z و ارتعاش کل ($m.s^{-2}$).

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		X	Y	Z	شتاب برآیند
دور موتور	۲	۰/۰۶۹**	۰/۰۱٤**	۰/۵۳۷**	۰/٦۱٤**
موقعیت دنده	۲	۰/۲۳۷**	۰/۰۲٦**	۰/۷۱۱**	۱/۱۱۲**
جاده	۱	۰/٤۱۳**	۰/٤۳۵**	۱/٤۵٦**	۳/۲٤۱**
دور موتور × موقعیت دنده	٤	۰/۰۰۱۵**	۰/۰۰۱۲**	۰/۰٤۹**	۰/۰۲۳**
دور موتور × جاده	۲	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۹۸**	۰/۰٤۱**	۰/۰۱۵**
موقعیت دنده × جاده	۲	۰/۰۳۸**	۰/۰۰۰۸$^{n.s}$	۰/۰٤٤**	۰/۰۸٤**
دور موتور × موقعیت دنده × جاده	٤	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۲۱**	۰/۰۲۸**	۰/۰۳٤**
خطا	۳٦	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۷
کل	۵۳	–	–	–	–

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و $^{n.s}$ عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

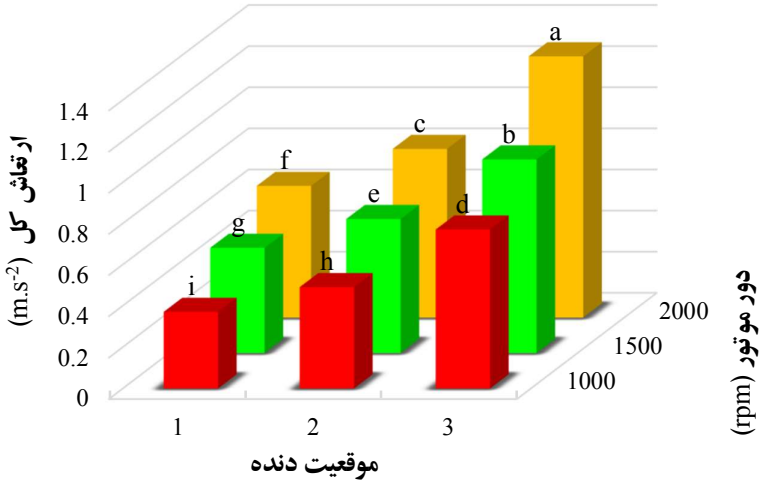
ارتعاش کل یعنی برآیند ارتعاش در جهت های x، y و z در حوزه زمان در دورها و موقعیت دنده‌های مختلف حین حرکت تراکتور بر روی جاده آسفالت و خاکی در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲. ارتعاش کل صندلی تراکتور ITM475.

دور موتور (rpm)	نوع جاده	موقعیت دنده	ارتعاش کل ($m.s^{-2}$)
۱۰۰۰	آسفالت	۱	۰/۲۳
		۲	۰/۳۲
		۳	۰/٤۳
	خاکی	۱	۰/۵۰
		۲	۰/٦۵
		۳	۱/۱۱
۱۵۰۰	آسفالت	۱	۰/۳۳
		۲	۰/٤۰
		۳	۰/۵٦
	خاکی	۱	۰/٦۹
		۲	۰/۹۰
		۳	۱/۳۱
۲۰۰۰	آسفالت	۱	۰/٤۳
		۲	۰/٤۹
		۳	۱/۰٤
	خاکی	۱	۰/۸۵
		۲	۱/۱۵
		۳	۱/٤۹

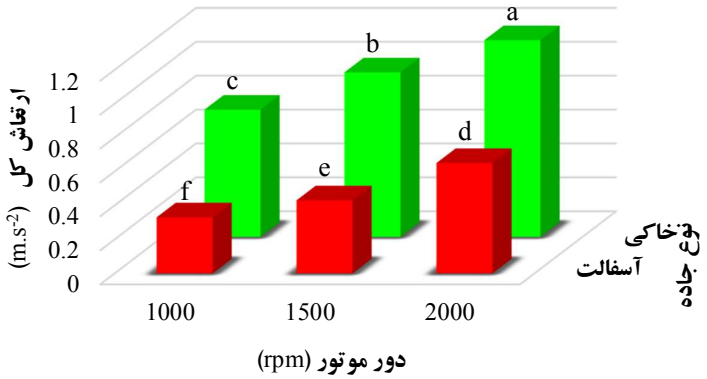
با توجه به جدول (۲)، برآیند ارتعاش کل صندلی تراکتور با افزایش سرعت موتور از ۱۰۰۰ به ۲۰۰۰ دور بر دقیقه، افزایش می‌یابد. اسکارلت و همکاران [۱۳]، سروادیو و همکاران [۱٤]، استینر و همکاران [۱۵] نیز چنین نتایجی را گزارش نموده اند. علت این افزایش ارتعاش، افزایش تعداد کورس‌های احتراق و ضربات پیستون و نیروهای اینرسی موتور در واحد زمان می باشد. علت افزایش شتاب ارتعاش با تغییر دنده از ۱ تا ۳ می‌تواند افزایش سرعت پیشروی باشد. این نتایج مشابه نتایجی است که احمدیان و همکاران [٤] و تقی‌زاده علی‌سرایی و همکاران [۱] گزارش نموده‌اند.

نتایج آزمون دانکن مربوط به اثر متقابل عامل‌های دور موتور و موقعیت دنده بر ارتعاش کل در حوزه زمان در شکل (٤) آمده است. عدم وجود حروف مشترک بر روی میانگین تیمارها در شکل (٤) بیانگر اختلاف معنی‌دار بین آن ها در سطح احتمال ۱٪ است. با افزایش سرعت موتور از ۱۰۰۰ به ۲۰۰۰ دور بر دقیقه و نسبت دنده از ۱ تا ۳، برآیند ارتعاش کل صندلی تراکتور افزایش یافته است که علت آن افزایش تعداد کورس‌های احتراق و ضربات پیستون و نیروهای اینرسی موتور در واحد زمان، افزایش سرعت پیشروی و اثرات سطح جاده می باشد. این نتایج با نتایج تحقیقات سروادیو و همکاران [۱٤] و مهتا و همکاران [۱۱] مشابه است.



شکل ٤. نتایج اثر متقابل دور موتور و موقعیت دنده بر ارتعاش کل منتشر شده از صندلی تراکتور.

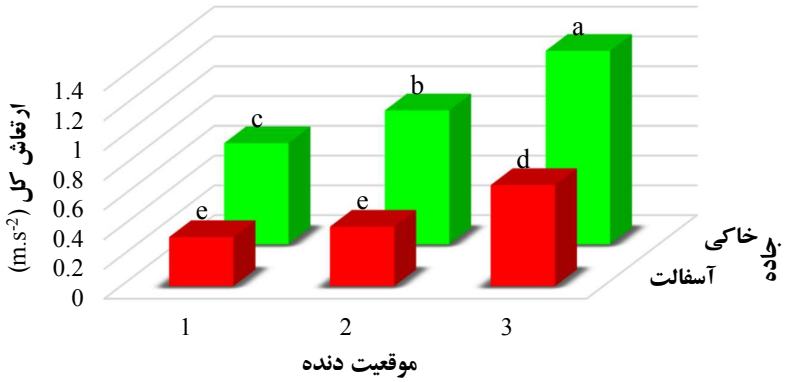
مقادیر ارتعاش کل ایجاد شده توسط سرعت‌های مختلف موتور بیشتر از دنده‌های مختلف جعبه دنده می‌باشد که علت اصلی آن افزایش تعداد کورس احتراق و ضربات پیستون در واحد زمان که عامل اصلی تولید ارتعاش است. نتایج آزمون دانکن مربوط به تأثیر دورهای مختلف موتور بر ارتعاش کل منتشرشده از صندلی تراکتور در حوزه زمان بر روی سطوح مختلف جاده در شکل (٥) نشان داده شده است.



شکل ٥. نتایج اثر متقابل دور موتور و سطوح مختلف جاده بر ارتعاش کل منتشر شده از صندلی تراکتور.

همان طور که در شکل (٥) نشان داده شده است، حروف مشترکی بر روی میانگین تیمارها وجود ندارد که نتایج بیانگر اختلاف معنی‌دار بین آن ها در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد. با افزایش سرعت موتور از ۱۰۰۰ به ۲۰۰۰ دور در دقیقه، ارتعاش کل صندلی تراکتور حین حرکت بر روی سطوح مختلف جاده (آسفالت و خاکی) به دلیل افزایش تعداد کورس‌های احتراق و ضربات پیستون در واحد زمان افزایش یافت. در تمام دورهای موتور بسامد غالب با ضربات

پیستون مطابقت دارد. این نتایج مشابه نتایجی است که تقی‌زاده علی‌سرایی و همکاران [۱۶]، مهتا و همکاران [۱۱]، تقی‌زاده سرایی و همکاران [۱]، جهانبخشی و همکاران [۲] گزارش نموده‌اند. با توجه به شکل (۵)، ارتعاش کل منتشر شده از صندلی تراکتور حین حرکت بر روی جاده خاکی بیشتر از جاده آسفالت بوده است که علت آن اثرات سطح جاده خاکی نسبت به جاده آسفالت باشد. نتایج مقایسه میانگین تأثیر عوامل جاده و نسبت دنده بر ارتعاش کل صندلی تراکتور در حوزه زمان بر در شکل (٦) نشان داده شده است.



شکل ٦. نتایج اثر متقابل موقعیت دنده و سطوح مختلف جاده بر ارتعاش کل منتشر شده از صندلی تراکتور.

در شکل (٦) نشان داده شده است که اختلاف معنی‌داری بین ارتعاش ایجاد شده در صندلی تراکتور مورد بررسی حین حرکت بر روی جاده آسفالت در نسبت دنده های ۱ و ۲ وجود ندارد؛ اما در سایر نسبت دنده‌ها حین حرکت تراکتور چه بر روی جاده آسفالت و چه جاده خاکی، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. نتایج نشان می‌دهد که با تغییر موقعیت دنده از ۱ تا ۳، برآیند ارتعاش کل صندلی تراکتور حین حرکت بر روی هر دو نوع جاده افزایش می‌یابد. همچنین ارتعاش کل صندلی تراکتور حین حرکت بر روی جاده خاکی بیشتر از جاده آسفالت است که دلیل آن افزایش نوسانات تراکتور در اثر تغییر سرعت پیشروی و سطح جاده می باشد. این نتایج مشابه نتایجی است که کبیر و همکاران [۸]، احمدیان و همکاران [٤]، و تقی‌زاده علی‌سرایی و همکاران [۱] گزارش نموده‌اند.

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر میزان ارتعاش تراکتور ITM 475 بر اساس استاندارد بین‌المللی ارتعاش ISO 2631-1، با استفاده از یک ارتعاش سنج سه جهته اندازه گیری شد. میزان ارتعاش در سه جهت X، Y، و Z ثبت، میزان ارتعاش کل محاسبه، و سپس با استفاده از روش های تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تحلیل شد. اثر عامل‌های اصلی دور موتور، موقعیت دنده، و جاده و اثر متقابل آن‌ها بر میزان ارتعاش در جهت‌های X، Y، Z و ارتعاش کل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. با افزایش سرعت موتور از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ دور بر دقیقه و نسبت دنده از ۱ تا ۳، ارتعاش کل بدن افزایش یافت. کمترین میزان ارتعاش کل بدن در جاده آسفالت، دور موتور ۱۰۰۰ دور بر دقیقه، و دنده ۱ بوده که برابر ۰/۲۳ متر بر

مجذور ثانیه بود. بیشترین میزان ارتعاش کل بدن در جاده خاکی، دور موتور ۲۰۰۰ دور بر دقیقه، و دنده ۳ بوده که مقدار آن برابر با ۱/٤۹ متر بر مجذور ثانیه بود. در همه دورهای موتور و نسبت دنده‌های مورد بررسی، ارتعاش کل بدن در جاده آسفالت از جاده خاکی بیشتر بود. پیشنهاد می‌شود دور موتور و نسبت دنده پایین‌تری برای رانندگی بر روی جاده خاکی انتخاب شود. نیاز است در طراحی تراکتور شرایطی لحاظ شود که حداکثر ارتعاش به کمتر از این میزان رسانده شود.

تقدیر و تشکر

از دانشگاه ایلام و دانشگاه علوم پزشکی همدان به خاطر حمایت از پژوهش حاضر قدردانی می‌شود. همچنین از جناب آقای دکتر رستم گلمحمدی استاد دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان به خاطر کمک‌ها و راهنمایی‌های ارزشمندشان در پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

مراجع:

۱. **تقی‌زاده علی‌سرایی، ا.، توکلی هشتچین، ت.، قبادیان، ب. ۱۳۸٦. بررسی ارتعاش صندلی تراکتور یونیورسال ٦۵۰ ام. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۸ (٤): ۵۸۰ - ۵۷۱.**

۲. **جهان‌بخشی، ا. قمری، ب. حیدربیگی، ک. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت ارتعاشی صندلی کمباین جاندیر مدل** 1055I **در حوزه زمان و فرکانس. نشریه نامه مکانیک شریف، ۱۸ (٤٦).**

۳. **گلمحمدی، ر. ۱۳۸۹. مهندسی صدا و ارتعاش. ویرایش چهارم، انتشارات دانشجو، همدان، ایران.**

4. Ahmadian, H., Hassan-Beygi, S. R., Ghobadian, B. 2014. Investigating a power tiller handle and seat vibration on transportation mode. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 16(4), 194-206.
5. Fereydooni, M., Lorestani, A. N., Rabbani, H., & Javadikia, P. 2012. Measurement and Analysis of Vibration of Operator in Universal 650, Massey Ferguson 285 & MF 299 Tractors. International Journal of Mechanics and Applications, 2(5), 88-92.
6. ISO 2631-1. 1997. Mechanical vibration and shock evaluation of human exposure to whole-body vibration, ISO International standard.
7. ISO 5008. 1979. Agricultural wheeled tractors and field machinery-Measurement of whole-body vibration of the operator. International Organization for Standardization, Geneva.
8. Kabir, M. S. N., Chung, S. O., Kim, Y. J., Sung, N. S., & Hong, S. J. 2017. Measurement and evaluation of whole body vibration of agricultural tractor operator. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 10(1), 248-255.
9. kareem Abdullah, M. Abd Ali Hamid, A. 2011. Measurement of Transmited Vibration to Tractor Seat, Journal of Engineering, 17(5), 1260 – 1268.
10. Marsili, A., Ragni, L., Santoro, G., Servadio, P., & Vassalini, G. 2002. PM-Power and Machinery: Innovative Systems to reduce Vibrations on Agricultural Tractors: Comparative Analysis of Acceleration transmitted through the Driving Seat. Biosystems Engineering, 81(1), 35-47.

11. Mehta, C. R., Shyam, M., Singh, P., & Verma, R. N. 2000. Ride vibration on tractor-implement system. Applied ergonomics, 31(3), 323-328.
12. Mirzaei, R., & Mohammadi, M. 2010. Survey of Vibration Exposure and Musculoskeletal Disorder of Zahedan City Tractor Drivers by Nordics Questionnaire. International Journal of Occupational Hygiene, 2(2), 46-50.
13. Scarlett, A. J., Price, J. S., & Stayner, R. M. 2007. Whole-body vibration: Evaluation of emission and exposure levels arising from agricultural tractors. Journal of terramechanics, 44(1), 65-73.
14. Servadio, P., Marsili, A., & Belfiore, N. P. 2007. Analysis of driving seat vibrations in high forward speed tractors. Biosystems engineering, 97(2), 171-180.
15. Stayner, R. M., Collins, T. S., & Lines, J. A. 1984. Tractor ride vibration simulation as an aid to design. Journal of Agricultural Engineering Research, 29(4), 345-355.
16. Taghizadeh-Alisaraei, A., Ghobadian, B., Tavakoli-Hashjin, T., & Mohtasebi, S.S. 2012. Vibration analysis of a diesel engine using biodiesel and petrodiesel fuel blends. Fuel, 102, 414-422.

Analysis of seat vibration of ITM 475 Tractor

Ali Mohammadi[1], Kamran Kheiralipour[1*] Ahmad Jahanbakhshi[2], Reza Shahidi[3]

[1]Mechanical Engineering of Biosystems Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
[2]Mechanical Engineering of Biosystems Department, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[3]Occupational Health Engineering Department, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Abstract:

Vibration is one of the problems of users in industry and agriculture and it adversely effects on the body of many people in these areas. The aim of the present study was to analyze the vibration of the ITM 475 Tractor seat using a three-direction accelerometer and via a completely randomized design. The tests were performed on the tractor according to the international vibration standard ISO 2631-1 and ISO 5008. The studied factors included engine speed (at three levels of 1500, 1000 and 2000 rpm), gear position (at three levels of gear 1, 2 and 3) and road (at two levels of soil and asphalt). The obtained data were analyzed via a factorial experiment based on a completely randomized design consisting of 18 treatments and 3 replications. The results showed that the effect of the main factors of engine speed, gear position, and road and their interactions on the total vibration of the tractor seat was significant at 1% probability level. The highest vibration of the whole body was observed on the dirt road as 1.49 $m.s^{-1}$ which was related to the engine speed of 2000 rpm and 3rd gear ratio. This amount should be delivered. It is necessary to take the required measurements to reduce the maximum vibration of the whole body of the studied tractor to less than this amount.

Key words: Tractor, Vibration analysis, Engine speed, Gear ratio, Road.

*Corresponding author
E-mail: k.kheiralipor@ilam.ac.ir, kamrankheiralipour@gmail.com