

تعیین و بررسی مدل ریاضی ارتعاشی تراکتور مسی فرگوسن مدل 399

بهرام قمری¹، محمد اسکندری²، عادل براتی²، مصطفی طالقانی²

1- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه ایلام

2- دانشجویان کارشناسی ارشد رشته مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه ایلام

Email: Moh.eskandari11@gmail.com

چکیده

ارتعاشات مکانیکی وارده بر راننده یکی از مهمترین مسائل در هنگام کار با ادوات کشاورزی محسوب می شود. بطوریکه افزایش ارتعاشات می تواند باعث تهدید سلامتی و کاهش میزان راندمان کاری راننده شود. هدف از این تحقیق بدست آوردن مدل ارتعاشی نقاط مختلف تراکتور مسی فرگوسن مدل 399 است. میزان rms شتاب (ریشه میانگین مربعات) ارتعاشات تراکتور در وضعیت ایستگاهی در دورهای 750، 1000 و 1250 دور بر دقیقه بر روی سطح آسفالت در چهار قسمت موتور، گیربکس، صندلی راننده و محور تواندهی تراکتور اندازه گیری شد. بیشترین میزان rms شتاب ارتعاش در دورهای مورد آزمایش مربوط به موتور به ترتیب به میزان 90/48، 69/56 و 41/71 متر بر مجذور ثانیه و کمترین میزان rms شتاب ارتعاش مربوط به محور تواندهی تراکتور به ترتیب به میزان 1/97، 2/75 و 3/71 متر بر مجذور ثانیه بدست آمد. در نهایت مدل پیش بینی میزان rms شتاب ارتعاش در نقاط مختلف تراکتور محاسبه گردید و برای موتور مدل خطی $y = -0/098x - 164/60$ ، $R^2 = 0/99$ برای گیربکس مدل خطی $y = -0/098x - 10/05$ ، $R^2 = 0/99$ برای صندلی راننده مدل خطی $y = 0/003x + 2/98$ ، $R^2 = 0/88$ و برای محور تواندهی تراکتور مدل خطی $y = 0/005x - 2/93$ ، $R^2 = 0/97$ بدست آمد.

کلمات کلیدی: ارتعاشات تراکتور، rms شتاب، مدل پیش بینی

مقدمه

موتورهای احتراق داخلی توان را با استفاده از احتراق های کنترل شده تولید می کنند. این احتراق ها در موتور ضربان های پرانرژی تولید می کنند. هر ضربان از این احتراق شبیه به یک چکش، ضربه ای به بلوک سیلندر وارد می سازد که سبب تولید ارتعاشات در موتور می شوند. تلاش طراحان موتور همواره برای کاهش میزان این ارتعاشات بوده است، اما هنوز نتوانسته اند این مشکل را مرتفع سازند.

تراکتورهای کشاورزی به طور عمده برای حمل و نقل در شرایط جاده و مزرعه و همچنین کارهای مختلف کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند. به طور کلی مشخص شده است که رانندگان تراکتور در معرض ارتعاشات بالا در حین کارهای کشاورزی قرار می گیرند. این ارتعاشات در حین رانندگی باعث ایجاد خستگی و همچنین آسیب به ستون فقرات راننده می شود که به عنوان یک مسئله مهم در خلال سال های 1960 تشخیص داده شد. تقاضا برای سرعت های بالای پیشروی در کارهای کشاورزی باعث افزایش سطح ارتعاشات می شود، در نتیجه عملکرد کاری راننده را کاهش می دهد. در تراکتورهای کشاورزی راه حل هایی به کار گرفته شده که قادر هستند ارتعاشات منتقل شده به راننده را کاهش دهند. نمونه هایی از این راه حل ها شامل سیستم تعلیق صندلی، سیستم

تعليق اکسل های جلو و عقب، کابین معلق و ضرب ه گیرها برای ادوات کشاورزی هستند [Servadio et al., 2007].

تقی زاده علی سرایی و همکاران (1389) ارتعاشات تراکتور دو چرخ را در وضعیت ایستگاهی در دورهای مختلف موتور در چهار موقیعت شاسی، دسته تراکتور دو چرخ، بازو و قفسه سینه راننده اندازه گیری کردند . آنها گزارش کردند که با افزایش دور موتور در چهار موقیعت مذکور، مقادیر rms شتاب (جذر میانگین مربعات) در سه راستای عمودی، جانبی و طولی افزایش می یابد. همچنین در تحقیق دیگری، تقی زاده علی سرایی و همکاران (1386) ارتعاشات صندلی تراکتور یونیورسال 650 ام را در دورهای مختلف موتور بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که فرکانس غالب ارتعاش در تمامی دورهای موتور در صندلی تراکتور دو برابر فرکانس دور موتور یا برابر با ضربات پیستون موتور در مرحله احتراق می باشد و با افزایش دور موتور فرکانس ارتعاش صندلی افزایش می یابد.

در تحقیقی که توسط تمرمان¹ و همکاران (2004) انجام گرفت، مشخص شد که بر وفیل زمین، زمان طولانی عملیات با ماشین، سرعت پیشروی ماشین کشاورزی و موقیعت نشستن راننده، جزء فاکتورهای کلیدی هستند که باعث آسیب رساندن به کمر رانندگان ماشین های کشاورزی می شوند. گولگلیا² و همکاران (2003) در تحقیقی که بر روی فرمان تراکتور چهار چرخ محرک کوچک انجام دادند، مشاهده کردند که در کم تر از دو سال در ده درصد کاربرهایی که با ارتعاش مواجه شده اند، حالت پوست پوست شدن در انگشتان روی می دهد.

هوستنز³ و رامون (2003) آزمایش های ارتعاش را در کابین و صندلی کمباین انجام دادند . در این مطالعات در کابین کمباین هنگام رانندگی با سرعت 20 km/h روی سطح آسفالت، فرکانس بالاتر ارتعاش در مقایسه با رانندگی کندتر روی جاده ی مزرعه ای به دست آورده شد . همچنین مشاهده شد که یک صندلی با سیستم تعلیق هوایی فرکانس های بالای 4 هرتر را بهتر تقلیل می دهد و مکان راحتی را برای راننده نسبت به صندلی با سیستم تعلیق مکانیکی فراهم می سازد.

مارسیلی⁴ (2002) ارتعاش صندلی یک تراکتور را که به سیستم تعلیق و جذب کننده شوک مجهز بود، اندازه گرفتند. آنها نتیجه گرفتند که سیستم تعلیق صندلی ، شتاب ارتعاشی را در شرایط مختلف کاری به طور متوسط 15 تا 36 درصد کاهش می دهد.

راگنی⁵ و همکاران (1999) ارتعاش و صدای تعدادی از کولتیواتورهای کوچک را بررسی نمودند. شتاب انتقال یافته از دسته و تراز صدا در موقیعت گوش کاربر در طی خاک ورزی مطابق با استانداردهای بین المللی اندازه گیری شد . نتایج این تحقیق نشان داد که در 10 درصد جمعیت مواجه شده، اختلالات عروق دست می تواند بعد از سه سال استفاده مداوم از این ماشین ها تحت شرایط کاری معمولی ظاهر شود.

سالوک⁶ و همکاران (2002) خواص ارتعاشی تراکتور دو چرخ را در دورهای مختلف موتور در شرایط ایستگاهی و مزرعه ای مورد بررسی قرار دادند و اعلام کردند که اتصال صلب دسته تراکتور دوچرخ به شاسی باعث افزایش شتاب ارتعاشی به دست کاربر می شود.

1- Temmerman
2- Goglia
3- Hostens
4- Marsili
5- Ragni
6- Salokhe

مواد و روشها

در این تحقیق از یک دستگاه تراکتور مسی فر گوسن مدل 399 استفاده شد. آزمایشها بر روی سطح آسفالت در حالت ایستگاهی در سه دور موتور 750، 1000 و 1250 دور بر دقیقه در چهار نقطه تراکتور شامل موتور، گیربکس، صندلی و محور توندهی انجام گرفت. سرعت دورانی موتور از روی عقربه دورسنج موجود بر روی صفحه داشبورد تراکتور خوانده شد.

برای اندازه گیری شتاب از دستگاه VIBRATIONMETER مدل VB-8203 ساخت شرکت لوترون استفاده شد. دستگاه دارای یک مبدل شتاب پیزوالکتریک با دامنه فرکانسی 10 HZ تا 1 KHZ برای تبدیل حرکت ارتعاشی به سیگنال الکتریکی بود. این دستگاه قابلیت داده برداری در فاصله زمانی 1 ثانیه را دارا می باشد. دستگاه دارای یک حافظه داخلی جهت ذخیره کردن داده ها است. برای انتقال داده ها از دستگاه به کامپیوتر از یک کابل RS232 مدل USB-01 استفاده شد که خروجی دستگاه را به ورودی کامپیوتر وصل می کرد. داده ها توسط نرم افزار DL-2005 به اکسل انتقال یافتند.

اتصال شتاب سنج به سه روش استفاده از چسب، پیچ کردن یا آهن ربا است که استفاده از مغناطیس ساده ترین روش است و در این تحقیق از آن استفاده شده است. اتصال شتاب سنج باید به گونه ای باشد که هیچگونه لقی ما بین شتاب سنج و بدنه جسم وجود نداشته و محل اتصال تمیز و عاری از هرگونه آلودگی باشد. جهت اتصال شتاب سنج بر روی مکان های مذکور در راستای عمودی است.

برای داده برداری در حالت ایستگاهی و در سه دور موتور مذکور ابتدا با تنظیم گاز دستی دورهای مورد نظر تنظیم گردید و تراکتور در حالت دنده خلاص قرار گرفت تا تنها منبع ارتعاش، موتور باشد. بعد از قراردادن پراب در نقطه مورد نظر و پس از رسیدن به حالت تعادل داده برداری برای هر تکرار به مدت 20 ثانیه انجام گرفت. آزمایشها برای هر نقطه در سه تکرار انجام شد. باتوجه به این که منبع ارتعاش موتور می باشد، موتور به عنوان مبدا فاصله انتخاب شد و فاصله دیگر نقاط از موتور اندازه گیری شد.

متداول ترین کمیت مورد استفاده برای ارتعاشات، ریشه میانگین مربعات است به این دلیل که م همترین خواص یک ارتعاش محتوای انرژی آن است؛ زیرا انرژی با دامنه ارتعاش متناسب است. بنابراین یک میانگین بر اساس توان دوم ایده بهتری را از محتوای توانی هنگام مقایسه ارتعاشات خواهد داد.

$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2 dt} \quad (1)$$

در رابطه بالا a_{rms} مقدار rms شتاب، T مدت زمان اندازه گیری و a مقدار شتاب در مدت زمان t است. برای سیگنال های تصادفی و رقمی a_{rms} از رابطه (2) محاسبه می شود که $a(t_k)$ مقدار دامنه در زمان t_k و N تعداد نمونه گیری ها از 1 تا N می باشد.

$$a_{rms} = \sqrt{\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N a^2(t_k)} \quad (2)$$

نتایج و بحث

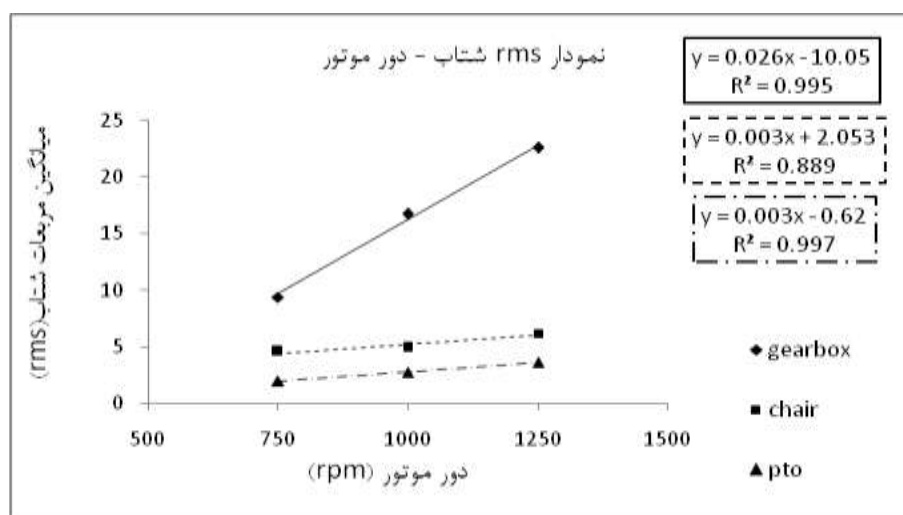
با نتایج بدست آمده از آزمایشها مطابق جدول شماره 1 مشاهده شد که با افزایش سرعت دورانی موتور تراکتور از 750 تا 1250 دور بر دقیقه (RPM) میزان ارتعاش موتور کاهش یافت. که این امر می تواند ناشی از افزایش تعداد

کورس های قدرت در واحد زمان و یکنواختی کارکرد موتور در دورهای بالاتر باشد. داده های این جدول همچنین نشان می دهد که با افزایش سرعت دورانی موتور میزان rms ارتعاش در نقاط دیگر تراکتور شامل گیربکس، صندلی و محور تواندهی افزایش یافته است. با توجه به این که در سرعت های دورانی بالاتر فرکانس کاری موتور تراکتور افزایش می یابد لذا به فرکانس طبیعی سیستم نزدیک شده و باعث افزایش میزان rms ارتعاش نقاط دیگر تراکتور می شود.

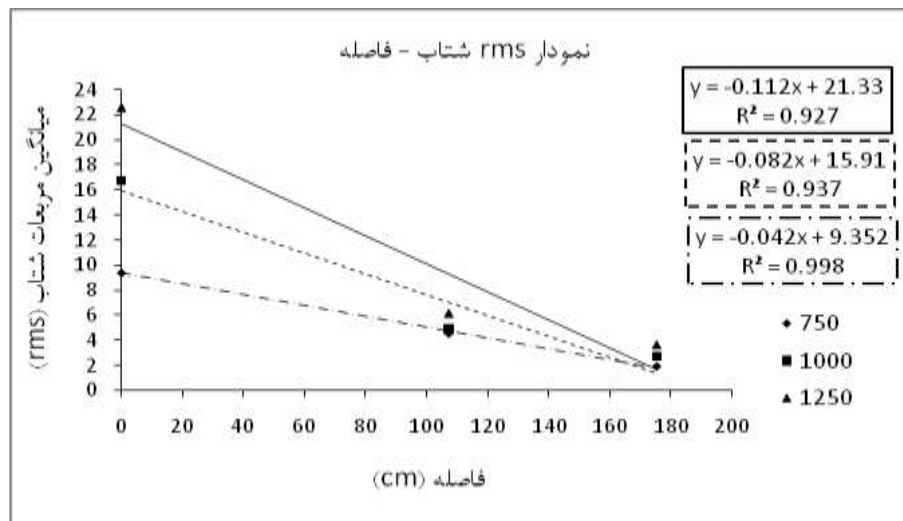
جدول 1- میزان rms شتاب در دورها و نقاط مختلف تراکتور بر حسب m/s^2

موقعیت				
موتور				
موتور گیربکس				
صندلی				
محور تواندهی				
دور موتور (RPM)				
۷۵۰	۹۰	۹/۴۲	۴/۶	۱/۹۷
۱۰۰۰	۶۹	۱۶/۷۵	۴/۹۱	۲/۷۵
۱۲۵۰	۴۱	۲۲/۵۷	۶/۱۹	۳/۶۸

مدل پیش بینی میزان rms ارتعاش نقاط گیربکس، صندلی و محور تواندهی همراه با ضرایب همبستگی آن ها در شکل 1 نشان داده شده است. همان طور که از این شکل مشاهده می شود مقادیر rms شتاب با افزایش دور موتور روند صعودی دارد. همچنین شکل 2 مدل پیش بینی میزان rms ارتعاش تراکتور در دورهای 1000، 750 و 1250 دور بر دقیقه در راستای طولی تراکتور همراه با ضرایب همبستگی آن نشان می دهد. همان طور که از این شکل مشاهده می شود با افزایش فاصله از موتور تراکتور به علت میراشدن ارتعاشات میزان rms شتاب روند نزولی دارد. به طوری که بیشترین و کمترین میزان rms در دورهای مذکور به ترتیب در گیربکس و محور تواندهی مشاهده گردید. بیشترین میزان rms ارتعاش در موتور و به مقدار $90 (m/s^2)$ در دور 750 دور بر دقیقه و کمترین میزان rms ارتعاش مربوط به محور تواندهی در دور RPM 750 به میزان $1.97 (m/s^2)$ می باشد.



شکل 1- مدل پیش بینی میزان rms ارتعاش نقاط گیربکس، صندلی و محور تواندهی



شکل 2- مدل پیش‌بینی میزان rms ارتعاش نقاط مختلف تراکتور

میزان ارتعاش موتور در دور 750 تا 1000 دور بر دقیقه به میزان 24٪ و در دور 1000 تا 1250 به میزان 40٪ کاهش یافت. بنابراین نرخ کاهش ارتعاشات در سرعت‌های دورانی بالاتر نسبت به سرعت‌های دورانی پایین‌تر بیشتر بود.

منابع

- تقی زاده علی سرایی، الف.، توکلی هشتجین، ت.، قبادیان، ب. 1389. تحلیل و بررسی ارتعاشات تراکتور دو چرخ در وضعیت ایستگاهی. مجله مهندسی بیوسیستم ایران، 41، 27-35.
- تقی زاده علی سرایی، الف.، توکلی هشتجین، ت.، قبادیان، ب. 1389. بررسی ارتعاش صندلی تراکتور یونیورسال 650 ام. مجله علوم کشاورزی ایران، 38، 571-580.
- De Temmerman, J., Deprez, K., Anthonis, J. & Ramon, H. (2004). Conceptual cab suspension system for a self-propelled agricultural machine, Part 1: Development of a linear mathematical model. *Biosystems Engineering*, 89, 409-416.
- Goglia, V., Gospodaric, Z., Kosutic, S. & Filipovic, D. (2003). Hand-transmitted vibration from the steering wheel to drivers of a small four-wheel drive tractor. *Applied Ergonomics*, 34, 45-49.
- Hostens, I. & Ramon, H. (2003). Descriptive analysis of combine cabin vibrations and their effect on the human body. *Journal of Sound and Vibration*, 266, 453-464.
- Marsili, A., Ragni, L., Santoro, G., Servadio, P. & Vassalini, G. (2002). Innovative systems to reduce vibrations on agricultural tractors: Comparative analysis of acceleration transmitted through the driving seat. *Biosystems Engineering*, 81, 35-47.
- Ragni, L., Vassalini, G., Xu, F. & Zhang, L. B. (1999). Vibration and noise of small implements for soil tillage. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74, 403-409.
- Salokhe, V. M., Majumder, B. & Islam, M. S. (1995). Vibration characteristics of a power tiller. *Journal of Terramechanics*, 32, 181-197.

Servadio, P., Marsili, A. & Belfiore, N. P. 2007. Analysis of driving seat vibrations in high forward speed tractors. *Biosystems Engineering*, 97, 171-180.