

محاسبه مقادیر ارتعاش روزانه و زمان‌های مجاز رانندگی در سه تراکتور متداول در ایران

علی بهزادی^۱، علی نجات لرستانی^۲، حکمت ربانی^۲، پیام جوادی کیا^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه

^۲ عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ali.behzadi1987@gmail.com

دریافت: ۹۱/۱۰/۲۰ پذیرش: ۹۳/۰۳/۲۰

چکیده

در این تحقیق با بدست آوردن مقادیر ریشه میانگین مربعات شتاب وارد بر رانندگان در سه تراکتور متداول در ایران، مقادیر ارتعاش روزانه و حدود مجاز رانندگی برای آنها محاسبه و ارزیابی شد. تیمارهای در نظر گرفته شده برای انجام تحقیق عبارت بودند از: نوع تراکتور (تراکتور فرگوسن ۲۸۵، تراکتور فرگوسن ۳۹۹ و تراکتور یونیورسال ۶۵۰)، وزن راننده (۵۸، ۶۹ و ۸۱ kg) و دور موتور (۱۲۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۲۰۰ rpm)، که تأثیر هر یک از این پارامترها بر مقادیر ارتعاش روزانه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقادیر به دست آمده نشان داد که نوع تراکتور، راننده و دور موتور اثر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر میزان مقادیر ریشه میانگین مربعات شتاب وارد بر راننده دارد. با مقایسه مقادیر شتاب وارد بر رانندگان مشخص شد که تراکتور فرگوسن ۳۹۹ ارتعاش کمتری را به بدن راننده منتقل می‌کند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که مقادیر ارتعاش روزانه برای تراکتور یونیورسال ۶۵۰ در وضعیت هشدار قرار گرفته و حدود مجاز رانندگی برای این تراکتور حداقل می‌باشد. این مقادیر برای تراکتور فرگوسن ۲۸۵ در محدوده بین حد هشدار و حد بحرانی قرار دارد. با مقایسه مقادیر ارتعاش روزانه رانندگان با وزن‌های مختلف مشخص شد که رانندگان با وزن کمتر نسبت به سایرین بیشتر در معرض ارتعاش قرار می‌گیرند.

کلمات کلیدی: تراکتور، ارتعاش، $EAV, ELV, A(8)$

۱- مقدمه

کشاورزی یکی از چالش‌های سلامتی این قشر از افراد جامعه می‌باشد. قرار گرفتن بدن به مدت طولانی در معرض ارتعاشاتی با شدت بالاتر از حد مجاز دریافت بدن، تولید اختلالات فیزیولوژیک می‌کند که مقدار آن با شدت ارتعاشات ارتباط دارد. در بعضی از موارد ارتعاشات تولید بیماری‌های ناشی از کار می‌کنند که کیفیت و علائم آن بیماری‌ها به محل تماس بدن با

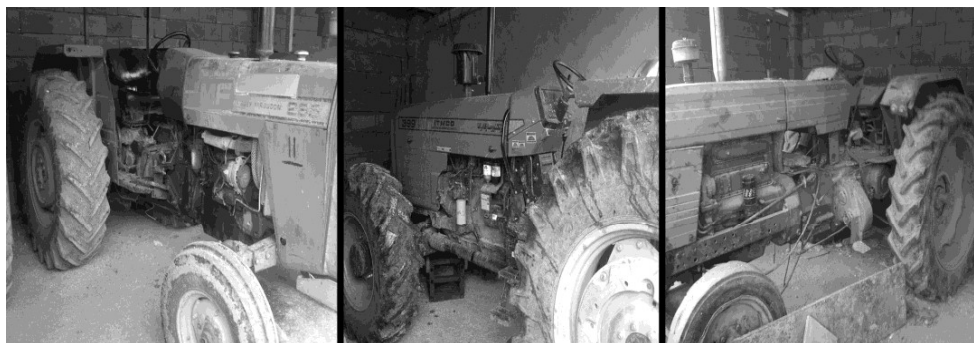
با توجه به رشد چشم‌گیر مکانیزاسیون کشاورزی در سال‌های اخیر و به تبع آن افزایش رابطه ماشین و انسان، چالش‌های عمده‌ای در زمینه سلامتی کشاورزان مشاهده می‌شود. این مواجهه با ماشین آلات در برخی موارد باعث خطرات و عوارضی برای کشاورزان می‌شود. قرارگیری کشاورزان در معرض ارتعاش ناشی از ادوات

ماشین‌های کشاورزی و بخصوص ماشین‌هایی که با دست هدایت می‌شوند، ارتعاش زیادی به بدن انسان منتقل می‌کنند. مخاطرات کاری رانندگی این ادوات شامل سنگینی گوش، اختلالات در ستون فقرات و دستگاه گوارش است. به علاوه این اختلالات کاهش بازدهی و کیفیت کار پایین تر را موجب می‌شوند (Tewari & Prasad, 1999).

تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۵۸، مسی فرگوسن ۳۹۹ و یونیورسال ۶۵۰ سه تراکتور پر کاربرد در کشور می‌باشند بنابراین در این تحقیق ارتعاش وارد بر بدن راننده در هریک از این تراکتورها اندازه گیری و شاخص‌های A(8) و حدود ELV و EAV برای شرایط مختلف رانندگی محاسبه شد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی و مقایسه ارتعاش روزانه وارد بر راننده با استانداردهای بین‌المللی، تعیین اثر عوامل مختلف روی میزان ارتعاش وارد بر رانندگان و تعیین حداکثر زمان رانندگی با هریک از تراکتورها می‌باشد.

جسم مرتعش، شدت ارتعاشات، عوامل نامساعد دیگر از قبیل سروصدای شدید، شرایط حرارتی مشقت بار، کار سنگین، وضعیت نامناسب بدن در موقع کار و غیره مربوط می‌شود. بنابراین بررسی منابع ارتعاش و روش‌های کاهش آن در تراکتورها از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (Golmohammadi, 2007).

قرارگیری کشاورزان در معرض ارتعاش ناشی از ادوات کشاورزی یکی از چالش‌های سلامتی این قشر از افراد جامعه می‌باشد. این مسئله در حالی مهمتر جلوه می‌کند که در دهه‌های اخیر شاهد رشد چشمگیری در سطح مکانیزاسیون کشور بوده‌ایم. در این میان راننده‌های تراکتورهای کشاورزی به دلیل ساعات کار طولانی و مداوم در برخی فصول در معرض آسیب بیشتری قرار دارند. قرارگیری در معرض ارتعاش در حالی اتفاق می‌افتد که راننده بر روی صندلی نشسته است و میزان آسیب به عوامل مختلفی از جمله نوع و میزان کار کشاورزی، سرعت حرکت، پروفیل خاک (بافت خاک)، سرعت موتور و طراحی صندلی بستگی دارد (Bukta, 2002).



شکل ۱. تراکتورهای مورد استفاده برای آزمایش (به ترتیب از راست به چپ: یونیورسال ۶۵۰، فرگوسن ۳۹۹ و فرگوسن ۲۸۵)

Fig 1. Tractors used in testing (From left: Ferguson285, Ferguson399 and Universal650)

۲- مرور منابع

۲-۱- مواجهه با ارتعاش روزانه (A8)

مواجهه با ارتعاش روزانه از اندازه ارتعاش و مدت مواجهه روزانه بدست می‌آید. به منظور تسهیل مقایسه مواجهه روزانه زمان‌های مختلف، مواجهه ارتعاش روزانه بایستی به صورت جمله‌های ۸ ساعته بیان شود که انرژی معادل کل ارتعاش است که برای سهولت به صورت (A8) مشخص می‌شود.

مواجهه با ارتعاش روزانه در حالی که فقط یک فعالیت در حال انجام است:

مرحله اول: تعیین مقادیر شتاب موثر وزن دار

شده فرکانسی (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz})

مرحله دوم: یافتن میزان روزانه در معرض

قرارگرفتن در هر سه جهت x, y, z از طریق روابط زیر:

$$A_x(8) = 1.4a_{wx}\sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (1)$$

$$A_y(8) = 1.4a_{wy}\sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (2)$$

$$A_z(8) = a_{wz}\sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (3)$$

که در آن:

T_0 : مدت زمان قرارگیری روزانه در معرض ارتعاش

و T_{exp} : مدت زمان مرجع ۸ ساعت برای یک روز کاری می‌باشد.

مرحله سوم: بیشترین مقدار

$A_x(8)$, $A_y(8)$ و $A_z(8)$ به عنوان قرارگیری در

معرض ارتعاش روزانه در نظر گرفته می‌شود (Griffin

et al., 2006).

۲-۲- حدود مجاز رانندگی

سطوح خاصی از این شاخص به نام EAV و

ELV قضاوت در مورد میزان صدمه و یا راحتی کار را

آسان می‌کنند که در زیر معرفی می‌شوند.

EAV^1 : (حد هشدار) وقتی که قرارگیری در

معرض ارتعاش از میزان EAV تجاوز می‌کند، فرد مورد

نظر بایستی یک برنامه تکنیکی را در دستور کار قرار

دهد و سنجش‌های سازمان یافته را برای کاهش دادن

قرارگیری در معرض ارتعاشات مکانیکی در نظر داشته

باشد. مقدار EAV برابر 0.5 m/s^2 می‌باشد.

ELV^2 : (حد بحرانی) در هر واقعه، کارگرها نباید

بالاتر از حد ELV در معرض ارتعاشات قرار گیرند.

چنانچه چنین شرایطی حادث شد، کارگرها بایستی فوراً

در جهت کاهش قرارگیری در معرض ارتعاش تا زیر حد

ELV اقدام کنند. مقدار ELV برابر $1/15 \text{ m/s}^2$

می‌باشد (AN21E Application Note, 2002).

با استفاده از فرمول ۱، ۲ و ۳ می‌توان زمان‌های

رسیدن به حدود EAV و ELV را محاسبه کرد. بدین

صورت که با جایگذاری مقدار شتاب بدست آمده برای

راننده به جای پارامتر a_w و همچنین جایگذاری مقادیر

شتاب حدود EAV و ELV، به جای پارامتر (A8)

می‌توان حداکثر زمان کاری را بر اساس مدت زمان

مرجع ۸ ساعت محاسبه کرد. این پارامترها مدت

زمان هایی را مشخص می‌کنند که راننده تراکتور در آن

می‌تواند بدون آسیب دیدگی ناشی از قرارگیری در

معرض ارتعاشات، رانندگی کند.

¹Exposure Action value

²Exposure Limit value

۲-۳- مروری بر تحقیقات پیشین

در این قسمت به مرور تحقیقات انجام گرفته در این زمینه می‌پردازیم:

مهتا و همکاران در سال ۲۰۰۰ آزمایشی را بر روی صندلی تراکتور دو چرخ محرک انجام دادند. آنها مشاهده کردند که شتاب ارتعاشی در سه جهت عمودی، جانبی و طولی با افزایش سرعت حرکت تراکتور افزایش می‌یابد. آزمایش‌ها نشان داد که مقادیر شتاب RMS در زمین شخم نخورده ۲ تا ۲/۵ برابر بیشتر از آن در جاده‌های آسفالت و مزرعه‌ای است. همچنین زمان مواجهه برای این تراکتور نباید از ۲/۵ ساعت تجاوز می‌کرد (Mehta et al., 2000).

در پژوهشی در سال ۲۰۰۳، ارتعاش در کابین و صندلی کمباین اندازه‌گیری شد. در این مطالعات در کابین کمباین هنگام رانندگی با سرعت بالا (۲۰ km/h) روی سطح آسفالت، مقدار فرکانس بالاتری در مقایسه با رانندگی کندتر روی جاده مزرعه‌ای ثبت گردید. این گزارش حاکی از آن است که یک صندلی با سیستم تعلیق پنوماتیکی فرکانس‌های بالای ۴ Hz را بهتر کاهش داده و وضعیت راحتی را برای راننده نسبت به صندلی با سیستم تعلیق مکانیکی فراهم می‌سازد (Hostens & Ramon, 2003).

موزامیل و همکاران (۲۰۰۴)، اثر فیزیولوژیکی ارتعاشات روی رانندگان تراکتور در شرایط مختلف شخم زدن را بررسی کردند. در این تحقیق کاربران تحت شرایط مختلف بررسی شدند. تست‌ها در شرایط زمین خیس و خشک برای تعیین سطح ارتعاش تولید شده در سرعت‌های متفاوت موتور انجام شد. این تحقیق در سه سطح ارتعاش ۲/۵، ۳/۵ و ۵ ms⁻²، پنج

نوع کار، توسط رانندگان زن و بدون تجربه رانندگی با تراکتور در مزرعه انجام شد. نتایج نشان داد که دو اثر اصلی نوع ادوات و سطوح مختلف ارتعاش از نظر آماری معنی‌دار شدند، ولی خیس یا خشک بودن زمین (نوع زمین) معنی‌دار نشد (Muzammil et al., 2004).

تقی زاده در سال ۱۳۸۶ در تحقیقی ارتعاشات صندلی تراکتور یونیورسال ۶۵۰ و تأثیر آن بر راننده در ۵ سطح دور موتور ۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۱۴۰۰، ۱۶۰۰ و ۱۸۰۰ rpm در راستای عمودی و در حالت حمل و نقل بر روی جاده آسفالت را بررسی کرد. همچنین مقادیر RMS (ریشه میانگین مربعات) شتاب و VDV^۱ (اندازه دوز ارتعاش) نیز اندازه‌گیری گردید. نتیجه آزمایش‌ها نشان داد که فرکانس غالب ارتعاش در تمامی دوره‌های موتور در صندلی تراکتور برابر با دو برابر فرکانس دور موتور یا برابر با ضربات پیستون موتور در مرحله توان (انفجار سوخت در سیلندر) است و با افزایش دور موتور فرکانس ارتعاش صندلی افزایش می‌یابد. همچنین مقادیر شتاب برای دوره‌های آزمایشی روند افزایشی داشته و مشخص شد مقادیر VDV نیز در دوره‌های ۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ rpm با دور نسبت مستقیم دارد. با مقایسه نتایج حاصله با استانداردها مشخص شد که زمان مواجهه برای دوره‌های بالای موتور باید کاهش یابد (Taghizadeh et al., 2007).

ارتعاش وارد بر بدن چند راننده تراکتور با جرم‌های متفاوت هنگام رانندگی با سه تراکتور متداول در ایران هنگام انجام عملیات شخم با گاوآهن برگرداندار، دیسک زنی و حرکت روی جاده آسفالت در دو سرعت

^۱Vibration Dose Value

پیشروی بررسی شده است. آزمایش روی سه تراکتور مسی فرگوسن مدل ۱۶۵، جان‌دیر مدل ۳۱۴۰ و یونیورسال مدل ۶۵۱ روی مسیر آسفالت در دو سرعت پیشروی توسط ۶ راننده با جرم‌های مختلف هنگام حمل دستگاه گاوآهن برگرداندار و هرس بشقابی دو زانویی توسط سیستم اتصال سه نقطه طبق استانداردهای جهانی ISO انجام گرفت. تیمارهای مختلف در دو وضعیت سلامتی و آسایش راننده تجزیه و تحلیل گردیدند. نتایج به دست آمده بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سرعت‌های مختلف پیشروی بود. درحالی که میانگین بردارهای شتاب روی تراکتورها و بدن رانندگان اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ نشان دادند به نحوی که با افزایش جرم راننده، میانگین بردار شتاب روی بدن او کاهش می‌یافت. همچنین پس از مقایسه‌ی میانگین‌های شتاب روی بدن رانندگان مختلف با استانداردهای جهانی، سطح آسایش و راحتی این افراد هنگام رانندگی با این تراکتورها فوق‌العاده ناراحت به دست آمد (Maleki et al., 2008).

مانیو و همکاران در سال ۲۰۱۰ در تحقیقی ارتعاش تمام بدن (WBV) را روی ۸ کفی کامیون در سه گروه (۳۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ تن) سنجیدند. ارتعاش در بین صندلی و اپراتور بر طبق استاندارد ISO 2631-1 در طول یک ساعت عملیات نرمال سنجیده شد. بیشترین شتاب خوانده شده در محور عمودی (Z-axis) مشاهده شد. مقادیر قرارگیری روزانه در معرض ارتعاش در معیار (A8) برابر $0.44-0.82 \text{ m/s}^2$ و در معیار مقدار دوز ارتعاش معادل 1.75 m/s^2 بود. ارزیابی با استفاده از استانداردهای ISO 2631-1 و ISO 2631-5 انجام شد. اپراتورهای کامیون‌های یدک

کش مرتباً در معرض سطوحی از ارتعاش تمام بدن قرار دارند که بر اساس استاندارد ISO 2631-1 از محدوده‌های ایمن فراتر هستند. اگرچه، بر اساس استاندارد ISO 2631-5 احتمال اینکه اثر مضر بر سلامتی باقی‌گذار کم است. این یافته‌ها ناسازگاری بین دو روش آنالیز را تأیید می‌کنند (Mani et al., 2010).

فرکانس‌های غالب اندام‌های بدن راننده تراکتور توسط ملکی و محتسبی آنالیز شد. به همین منظور در راس‌های مختلف طولی، جانبی و عمودی روی سه راننده با وزن‌های ۵۵، ۷۰، ۸۵ کیلوگرم و چهار شتاب تحریک ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ متر بر مجذور ثانیه آزمایش انجام گرفت که با تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده، مقادیر فرکانس‌های طبیعی اندام‌های بدن راننده در سه راستا با استفاده از رگرسیون چند متغیره با عامل‌های جرم راننده و فرکانس تحریک، برازش شد که روش محاسبه فرکانس‌های طبیعی اندام‌های بدن راننده از طریق جرم راننده و فرکانس تحریک، بیشترین تطابق را با نتایج حاصل از آزمایش‌های ایستگاهی داشت (Maleki & Mohtasebi, 2010).

۳- مواد و روش‌ها

برای محاسبه‌ی ارتعاش روزانه لازم است تا مقادیر ارتعاش وارد بر رانندگان را در قالب ریشه میانگین مربع شتاب (a_{rms}) اندازه‌گیری شود. لذا در ابتدا مقادیر شتاب وارد به راننده از طریق سطح صندلی تراکتورهای MF285، MF399 و U650 برای سه راننده با شرایط وزنی مختلف اندازه‌گیری شد. مشخصات سه تراکتور مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. آزمون اندازه‌گیری ارتعاش در شرایط عملیات جاده در زمینی خاکی

یکنواخت و هموار انجام گرفت. تیمارهای این تحقیق
 نوع تراکتور، وزن راننده (۵۸، ۶۹، ۸۱ کیلوگرم) (جدول
 ۲) و دور موتور (۱۲۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۲۰۰ دور در دقیقه)
 می‌باشند. تأثیر پارامتر وزن راننده بر ارتعاش وارده، از
 طریق انتخاب رانندگان با سه وزن متفاوت مشخص
 می‌شود. همچنین انجام این آزمایش در دورهای مختلف
 حرکت تراکتور، تأثیر آن را بر میزان ارتعاش وارد شده
 بر راننده مشخص می‌کند.

جدول ۱. مشخصات سه راننده انتخاب شده برای انجام آزمایشات اندازه‌گیری ارتعاش

Table 1. Specification of three selected drivers for testing of vibration measurement

مشخصات	راننده ۱	راننده ۲	راننده ۳
سن (سال)	۴۹	۵۳	۲۶
وزن (کیلوگرم)	۵۸	۶۹	۸۱

جدول ۲. مشخصات تراکتورهای مورد استفاده

Table 2. The specifications of tractors

مشخصات	MF285	MF399	U650
قدرت موتور (hp)	70hp	104hp	65hp
تعداد سیلندر	۴	۶	۴
سال ساخت	۱۳۸۰	۱۳۷۷	۱۳۶۰
وزن تراکتور (kg)	۲۸۴۰	۴۰۱۱	۳۴۰۰
سوخت	دیزل	دیزل	دیزل

دستگاهی که جهت اندازه‌گیری ارتعاشات به کار
 برده شد از نوع Seat-pad بوده که با استفاده از
 شتاب‌سنج سه محوره ارتعاشات بدن را بر روی صندلی
 اندازه‌گیری می‌کند (شکل ۲). ارائه نتایج به
 صورت RMS، VDV Peak Peak-to-Peak،
 MTVV به همراه کلیه فیلترهای وزنی جهت
 اندازه‌گیری کلیه ارتعاشات بدن شامل فیلترهای
 اندازه‌گیری حرکت‌های خسته‌کننده بدن، از
 قابلیت‌های این دستگاه می‌باشد.



شکل ۲. ارتعاش سنج مورد استفاده (مدل SV100) و نحوه قرارگیری آن روی صندلی تراکتور
Fig 2. Triaxial accelerometer (model SV100) and its placement on the tractor seat

برای محور عمود بر صندلی راننده (Z) طبق استاندارد بین المللی ایزو ۲۶۳۱-۱ آنالیز گردید. مقادیر ریشه میانگین مربعات وزن دار شده برای هر آزمایش جهت محاسبه شاخص مهم قراگیری در معرض ارتعاش روزانه (A8) به کار می‌رود.

پس از اندازه‌گیری مقادیر شتاب در راستای z، این مقادیر توسط فرمول ۳ که بدان اشاره شد، به مقادیر ارتعاش روزانه تبدیل شدند. در محاسبه مقادیر (A8) مدت زمان عملیات در یک روز، ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شد. بنابراین مقدار ارتعاش وارده به راننده در یک روز در حالی که ۳۰ دقیقه کار می‌کند بر اساس مدت زمان مرجع ۸ ساعت کاری معادل‌سازی شد. مقادیر (A8) با استفاده از مقادیر شتاب RMS در هریک از دور موتورهای مختلف (۱۲۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۲۰۰rpm) و در حالت دنده ۳ سبک برای هریک از رانندگان سه تراکتور محاسبه شد.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- نتایج بررسی ارتعاش در تراکتور MF285

مقادیر ارتعاش روزانه برای هریک از رانندگان و در دوره‌های موتور ۱۲۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۲۰۰rpm در جدول

طبق استاندارد ISO 2631-1 برای شتاب‌های ایستگاهی تصادفی، دقت سنجش به مدت زمان اندازه‌گیری بستگی دارد. برای مثال برای حصول خطای سنجش در سطح ۹۰٪، برای محدوده فرکانس پایین ۱ Hz، ۱۰۸ ثانیه و برای محدوده فرکانس پایین ۰/۵ Hz حداقل دوره سنجش ۲۲۷ ثانیه توصیه گردیده است (ISO 2631-1 1997). در این تحقیق برای حصول سطح اطمینان کافی از داده برداری، دوره سنجش معادل ۲۴۰ ثانیه در نظر گرفته شد و شتاب ارتعاش طی ۳ بار تکرار اندازه‌گیری شد. شتاب سنج مورد استفاده در این تحقیق طوری تنظیم شده است که ارتعاش خروجی آن در قالب مقادیر ریشه میانگین مربعات شتاب (RMS) حاصل می‌شود.

غالب ارتعاش‌های تراکتور در صفحه عمودی واقع می‌شود که از طریق چرخ انتقال می‌یابد. طبق نتایج حاصل از تحقیقات گذشته، در اکثر موارد خطرات ناشی از ارتعاشات عمودی برای بدن مهم‌تر و زیانبارتر تشخیص داده شده و رانندگان تراکتور نسبت به ارتعاش‌های عمودی حساسیت بیشتری دارند. بنابراین در این تحقیق صرفاً داده‌های مربوط به مقدار شتاب

۳ آورده شده است. میانگین مقادیر $A(8)$ برای راننده ۲، ۱ و ۳ در بازه زمانی ۳۰ دقیقه‌ای به ترتیب برابر ۰/۷۵، ۰/۷۱ و ۰/۶۶ m/s^2 می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر $A(8)$ برای همه رانندگان در تراکتور فرگوسن ۲۸۵ در محدوده‌ی بین EAV و ELV قرار دارند.

جدول ۳. مقادیر $A(8)$ برای رانندگان و دور موتورهای مختلف حرکت تراکتور MF285 ($m.s^{-2}$)
Table 3. the $A(8)$ values in different drivers and engine speed at MF285 ($m.s^{-2}$)

دور موتور	راننده ۱	راننده ۲	راننده ۳
۱۲۰۰ rpm	۰/۷۱	۰/۶۷	۰/۶۳
۱۸۰۰ rpm	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۶۶
۲۲۰۰ rpm	۰/۸	۰/۷۵	۰/۷۱
میانگین	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۶۶

حدود مجاز رانندگی با استفاده از فرمولی که در قبل بدان اشاره شد برای هریک از رانندگان و تمامی شرایط محاسبه شد که مقادیر آن برای تراکتور فرگوسن ۲۸۵ در جدول ۴ آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که حداکثر زمان رانندگی (حد بحرانی) طبق استاندارد BS 6841 برای رانندگان با وزن‌های ۵۸، ۶۹ و ۸۱ به ترتیب برابر ۶۹، ۷۷ و ۹۱ دقیقه می‌باشد. لذا

جدول ۵. مقادیر $A(8)$ برای رانندگان و دور موتورهای مختلف در حالت دنده سه تراکتور MF 399 ($m.s^{-2}$)
Table 5. the $A(8)$ values in different drivers and engine speed at MF399 ($m.s^{-2}$)

دور موتور	راننده ۱	راننده ۲	راننده ۳
۱۲۰۰ rpm	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۳۸
۱۸۰۰ rpm	۰/۵۱	۰/۴۶	۰/۴۳
۲۲۰۰ rpm	۰/۶	۰/۵۴	۰/۴۵
میانگین	۰/۵۳	۰/۴۸	۰/۴۲

رانندگان ۱، ۲ و ۳ به ترتیب با وزن‌های ۵۸، ۶۹ و ۸۱

جدول ۴. محدوده‌های مجاز زمانی EAV و ELV برای رانندگان تراکتور MF285

Table 4. The time to reach EAV and ELV limits for drivers of MF285 tractor

حدود $A(8)$	راننده ۱	راننده ۲	راننده ۳
EAV ($0.5 m/s^2$)	۰:۱۳	۰:۱۴	۰:۱۷
ELV ($1.15 m/s^2$)	۱:۰۹	۱:۱۷	۱:۳۱

زمان بر حسب (دقیقه:ساعت) بیان شده است

کیلوگرم

۲-۴- نتایج بررسی ارتعاش در تراکتور MF 399

همانند تراکتور فرگوسن ۲۸۵، شتاب وارد بر راننده رابطه معنی‌داری با دور موتور و وزن رانندگان دارد به طوریکه، رابطه‌ی مستقیم با دور موتور و رابطه عکس با وزن رانندگان دارد. میانگین مقادیر A(8) برای رانندگان ۱، ۲ و ۳ تراکتور MF399 در بازه‌ی زمانی ۳۰ دقیقه‌ای به ترتیب برابر ۰/۵۳، ۰/۴۸ و ۰/۴۲ می‌باشد.

شاخص A(8) برای راننده ۱ (با وزن کمتر) نسبت به دو راننده دیگر بیشتر و در وضعیت هشدار قرار دارد. راننده بایستی در این وضعیت یک بازنگری از نحوه قرارگیری در معرض ارتعاشات انجام دهد و حتی‌المقدور در فواصل زمانی حداکثر ۳۰ دقیقه‌ای رانندگی کند. بدون توجه به پارامتر وزن رانندگان، مقادیر ارتعاش

روزانه در حالت رانندگی با دور موتور ۲۲۰۰ rpm در مدت زمان کاری ۳۰ دقیقه در مقایسه با دیگر حالات بیشتر می‌باشد. نتایج نشان داد، مقادیر ارتعاش روزانه A(8) راننده ۱ حین رانندگی با دور موتورهای ۱۸۰۰ و ۲۲۰۰ rpm و راننده ۲ حین رانندگی در دور موتور ۲۲۰۰ rpm از حد هشدار گذشته و این رانندگان بایستی جهت کاهش قرارگیری در معرض ارتعاشات، زمان رانندگی خود را به کمتر از ۳۰ دقیقه محدود کنند.

حداکثر زمان مجاز رانندگی برای رانندگان ۱، ۲ و ۳ برای تراکتور فرگوسن ۳۹۹ به ترتیب برابر ۲:۲۱ (دقیقه:ساعت)، ۲:۵۰ و ۳:۳۴ می‌باشد (جدول ۶).

جدول ۶. محدوده‌های مجاز زمانی EAV و ELV برای رانندگان تراکتور MF399

Table 6. The time to reach EAV and ELV limits for drivers of MF399 tractor

حدود A(8)	راننده ۱	راننده ۲	راننده ۳
EAV (0.5 m/s^2)	۰:۲۶	۰:۳۲	۰:۴۲
ELV (1.15 m/s^2)	۰:۲۱	۲:۵۰	۳:۴۴

زمان بر حسب (دقیقه:ساعت) بیان شده است

۳-۴- نتایج بررسی ارتعاش در تراکتور U 650

در این تراکتور نیز شتاب وارد بر راننده رابطه‌ی مستقیم با دور موتور و رابطه عکس با وزن رانندگان دارد. میانگین مقادیر A(8) برای راننده ۱، ۲ و ۳ در بازه زمانی ۳۰ دقیقه‌ای به ترتیب برابر ۰/۵۳، ۰/۴۸ و ۰/۴۲ می‌باشد (جدول ۷). شاخص A(8) برای هر سه راننده و تمامی شرایط رانندگی در وضعیت هشدار قرار

دارد. لذا ضروری به نظر می‌رسد که رانندگان این تراکتور یک بازنگری از نحوه قرارگیری در معرض ارتعاشات انجام دهند و حتی‌المقدور مدت رانندگی آنها کمتر از ۳۰ دقیقه باشد. بدون توجه به پارامتر وزن رانندگان، مقادیر ارتعاش روزانه برای آنها در حالت رانندگی با دور موتور ۲۲۰۰ rpm در مدت زمان کاری ۳۰ دقیقه در مقایسه با دیگر حالات حداکثر می‌باشد. نتایج نشان داد، مقادیر ارتعاش روزانه A(8) برای راننده

۱ با وزن کمتر نسبت به سایرین بالاتر بوده و در طی مدت کاری، بیشتر در معرض ارتعاش روزانه قرار می‌گیرد. لذا برای این تراکتور پیشنهاد می‌شود که رانندگانی با وزن بیشتر به منظور کاهش اثرات قرارگیری در معرض ارتعاشات استفاده شوند.

جدول ۷. مقادیر $A(8)$ برای رانندگان و دور موتورهای مختلف در حالت دنده سه، تراکتور $U 650 (m.s^{-2})$
 Table 7. the $A(8)$ values in different drivers and engine speed at $U650 (m.s^{-2})$

دور موتور	راننده ۱	راننده ۲	راننده ۳
۱۲۰۰ rpm	۰/۹۵	۰/۸۹	۰/۸۳
۱۸۰۰ rpm	۰/۹۹	۰/۹۱	۰/۸۶
۲۲۰۰ rpm	۱/۰۱	۰/۹۵	۰/۸۶
میانگین	۰/۹۸	۰/۹۱	۰/۸۵

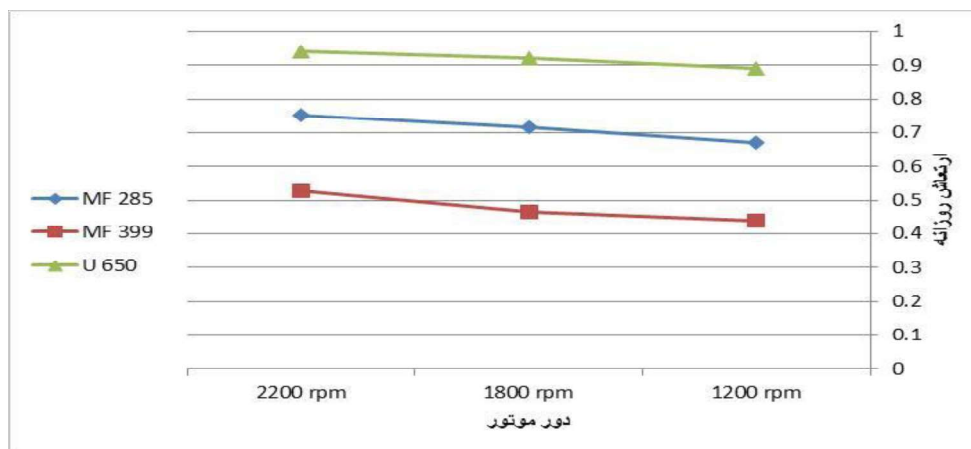
رانندگان ۱، ۲ و ۳ به ترتیب با وزن‌های ۵۸، ۶۹ و ۸۱ کیلوگرم

با مقایسه مقادیر میانگین شتاب RMS برای رانندگان در سه تراکتور مورد بحث مشخص شد که، تراکتور فرگوسن ۳۹۹ نسبت به سایرین ارتعاش کمتری را به راننده منتقل می‌کند و برای رانندگی در مدت زمان‌های طولانی مناسب‌تر است. برای هر سه راننده و تمامی حالات دور موتور، تراکتور یونیورسال نسبت به دو تراکتور دیگر ارتعاش بیشتری را به راننده وارد می‌کند. همچنین بیشترین مقادیر $A(8)$ مربوط به تراکتور یونیورسال می‌باشد. از عمده دلایل آن می‌توان به عمر بالای این تراکتور اشاره کرد، چرا که موتور آن به علت فرسودگی ارتعاش بیشتری را به تراکتور و متعاقباً به راننده انتقال می‌دهد. همچنین این نتایج نشان داد که دور موتور تراکتورها رابطه مستقیمی بر مقادیر شتاب و ارتعاش روزانه دارد چراکه با افزایش دور موتور این مقادیر این نیز افزایش پیدا می‌کند (شکل ۳).

مدت زمان رسیدن به حدود EAV (حد هشدار) و ELV (حد بحرانی) نیز با توجه به مقادیر میانگین شتاب RMS برای هر راننده محاسبه و در جدول ۸ نشان داده شده است. زمان‌های رسیدن به حد بحرانی برای رانندگان ۱، ۲ و ۳ برای تراکتور یونیورسال به ترتیب برابر ۰:۴۱ (دقیقه:ساعت)، ۰:۴۷ و ۰:۵۵ می‌باشد. همانطور که از این مقادیر مشخص است، تراکتور یونیورسال دارای مقادیر هشدار پایینی می‌باشد یعنی اینکه مدت زمان مجاز رانندگی با این تراکتور محدود بوده و بایستی رانندگی با این تراکتور به صورت منقطع انجام شده یا اینکه از صندلی‌هایی با میراکنندگی بیشتر ارتعاشات در آنها استفاده کرد.

۴-۴- مقایسه وضعیت ارتعاشات در سه تراکتور

MF 285، MF 399 و U 650



شکل ۳. مقایسه مقادیر ارتعاش روزانه در سه تراکتور MF285، MF399 و U650

Fig 3. Comparing the A(8) values in three MF285, MF399 and U650 tractors

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقادیر بدست آمده مشخص گردید که، تأثیر تراکتور، راننده، دور موتور اثر معنی داری در سطح ۱٪ بر میزان مقادیر RMS دارد. در حالیکه تأثیر متقابل تراکتور × راننده، تراکتور × دور موتور، راننده × دور موتور و تراکتور ×

راننده × دور موتور اثر معنی داری بر میزان RMS ندارد. بطوری که شاهد هستیم افزایش دور موتور تراکتور رابطه مستقیم با مقدار شتاب RMS وارد بر راننده دارد (جدول ۹).

جدول ۸. محدوده‌های مجاز زمانی EAV و ELV برای رانندگان مختلف تراکتور U 650

Table 8. The time to reach EAV and ELV limits for drivers of U650 tractor

حدود A(8)	راننده ۱	راننده ۲	راننده ۳
EAV (0.5 m/s^2)	۰:۰۷	۰:۰۸	۰:۱۰
ELV (1.15 m/s^2)	۰:۴۱	۰:۴۷	۰:۵۵

زمان به صورت (دقیقه:ساعت) بیان شده است

جدول ۹. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مقادیر شتاب RMS
 Table 9. Analysis of variance the RMS acceleration values

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
تراکتور	۸۷/۶۴۴	۲	۴۳/۸۲۲	**۱۹۳۰/۸۰۱
راننده	۵/۰۸۲	۲	۲/۵۴۱	**۱۱۱/۹۵۸
دور موتور	۴/۳۴۳	۲	۲/۱۷۲	**۹۵/۶۸۵
تراکتور×راننده	۰/۱۶۳	۴	۰/۰۴۱	ns۱/۷۹۰
تراکتور×دور موتور	۰/۱۶۳	۴	۰/۰۴۱	ns۱/۸۰۰
راننده×دور موتور	۰/۱۲۳	۴	۰/۰۳۱	ns۱/۳۴۹
تراکتور×راننده×دور موتور	۰/۰۶۳	۸	۰/۰۰۸	ns۰/۳۴۶
خطا	۳/۶۷۷	۱۶۲	۰/۰۲۳	
کل	۱۶۷۶/۱۳۳	۲۴۳		

ns اختلاف غیر معنی دار

** اختلاف معنی دار در سطح ۱٪

۵- نتیجه‌گیری

رانندگانی با وزن بالاتر استفاده شود چراکه با مقایسه مقادیر شاخص A(8) رانندگان با وزن‌های مختلف مشخص شد که، رانندگان با وزن کمتر نسبت به سایرین بیشتر در معرض ارتعاش قرار می‌گیرند. لذا به نظر ضروری می‌رسد که رانندگان با وزن کمتر ملاحظات بیشتری را حین رانندگی با این تراکتورها به-ویژه تراکتور یونیورسال ۶۵۰ انجام دهند. بطوریکه زمان قرارگیری در معرض ارتعاش را کاسته و در محدوده زمان‌های مجاز (حدود EAV و ELV)، رانندگی کنند. پرهیز از رانندگی به صورت مستمر در ساعات طولانی و ایجاد فواصل استراحت می‌تواند از اثرات زیانبار ارتعاش کم کند.

با مقایسه‌ی ارتعاش وارده به راننده در هر سه تراکتور مشخص شد که تراکتور فرگوسن ۳۹۹ نسبت به سایرین ارتعاش کمتری را به راننده منتقل می‌کند و برای رانندگی در مدت زمان طولانی تر مناسب‌تر از دو تراکتور دیگر است. همچنین برای هر سه راننده و تمامی شرایط دور موتور و حالات رانندگی، شاخص A(8) برای هر سه راننده در تراکتور یونیورسال در وضعیت هشدار قرار دارد، لذا بایستی مدت رانندگی مداوم آنها کمتر از ۳۰ دقیقه باشد. در رانندگی با تراکتورهای قدیمی که در معرض ارتعاشات بیشتری قرار دارند، توصیه می‌شود از

۶- فهرست مطالب

1. AN21E, Application Note Human Vibration Measurement. 2002. EC Directive 2002/44/EC. http://www.mmf.de/product_literature.htm. [Last accessed: 2013/11/23].

2. Bukta, A. J., Sakai, K., Sasao, A. and Shibusawa, S. 2002. Free play as a source of non linearity in tractor-implement systems during transport. **Appl Eng Agric**, 45(3): 503-508.
3. Golmohammadi, R. 2007. **Vibration and sound engineering**, hamadan. Daneshjoo press.
4. Griffin, M.J., Howarth, H.V.C., Pitts, P.M., Fischer, S., Kaulbars, U., Donati, P.M. and Bereton, P.F. 2006. Guide to good practice on whole-body vibration. Non-binding guide to good practice with a view to implementation of Directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibrations). **Luxembourg, European Commission**, 65pp. (EU Good Practice Guide WBV, (V6.7g)).
5. Hostens, I. and Ramon H. 2003. Descriptive analysis of combine cabin vibrations and their effect on the human body. **J Sound Vib**, 266, 453-464.
6. ISO 2631. 1997. Evaluation of human exposure to whole-body vibration. (**International Standard Organization**). www.iso.org. [Last accessed: 2013/02/14].
7. ISO 5349. 2001. Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. (**International Standard Organization**). www.iso.org. [Last accessed: 2013/02/14].
8. Maleki, A. and Mohtasebi, S. 2010. **6th National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization** (In Persion), September, 15-16.
9. Maleki, A., Mohtasebi, S., Akram, A. and Esfahanian, V. 2008. Effect of Driver Mass on His Health and Comfort, and Permissible Riding Hours/Day in Three Commonly Used Tractors in Iran. **JWSS - Isfahan University of Technology**. 12 (44) :213-221
10. Mani, R., Milosavljevic, S. and Sullivan, S. J. 2010. The effect of occupational whole-body vibration on standing balance: A systematic review. **Int J Ind Ergonom**, 40(6), 698-709.
11. Mehta, C. R., Shyam, M., Singh, P. and Verma, R. N. 2000. Ride vibration on tractor-implement system. **Appl Ergon**. 31, 323–328.
12. Muzammil, M., Siddiqui, S. and Hasan, F. 2004. Physiological effect of vibrations on tractor driver under variable ploughing conditions. **J Occup Health** 46, 403–409.
13. Taghizadeh, A., TavakoliHashjin, T. and Ghobadian, B. 2007. Evaluation of Vibrations of Two wheel tractor on operator. **J Iran Agr Sci** (In Persian). 4: 571-580
14. Tewari, V. K. and Prasad N. 1999. Three-DOF modeling of tractor seat-operator system. **J Terramech**. 36:207-219.

Calculate the Daily Vibration and Allowable Driving Time on Conventional Tractors in Iran

A. Behzadi^{1*}, A. Nejat Lorestani¹, H. Rabbani¹, P. Javadikia¹

1. Mechanics of Agricultural Machinery Department, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, I. R. Iran.

Corresponding author E-mail: ali.behzadi1987@gmail.com

Received: January 09, 2013 Accepted: June 10, 2014

Abstract

In this study evaluate and measure the daily vibration and allowable driving time on conventional tractors in Iran by measure the root mean square acceleration of drivers. The variables used in this study are: operator's weight and tractor's engine speed. The results of this study show that, the main effects of variables on vibration level were statistically significant. The tractor MF399 transmitted lower level of vibration to the operator's body than others. The daily vibration is in the state of alert for all operators of the tractor U650, and the allowable driving times have a least values. The results showed that the daily vibration values for all drivers of Ferguson 285 tractors were in the range between EAV and ELV. Also, the daily vibration is less among the drivers with higher weights.

Keywords: vibration, tractor, $A(8)$, ELV, EAV