ویژگی های ارتعاشی ادوات مورد استفاده در زراعت ذرت و ارزیابی ایمنی رانندگان

علیرضا توکلی ریشهری[۱]، محمد حسین رئوفت[۲]، سعادت کامگار[۲]

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

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شیراز

* ایمیل نویسنده مسئول: Tavakoli06011008@gmail.com

چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی ارتعاشات وارده به رانندگان حین عملیات گوناگون تولید ذرت علوفه‌ای انجام‌گرفت. آزمایش‌ها بر سه راننده با وزن‌های ۶۱، ۷۹ و ۸۸ کیلوگرم انجام‌شد و برای عملیات تسطیح، شخم و دیسک زنی، کشت، وجین، سمپاشی و برداشت بر حسب مورد از تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵ و ۳۹۹، جاندیر ۳۱۴۰، ۴۲۳۰، ۴۴۵۰ و کمباین کلاس ۸۶۰ استفاده‌گردید. در هر آزمایش مقادیر شتاب بر حسبrms در محور عمودی طبق استاندارد بین المللی در دو مکان کف کابین و سطح صندلیسنجیده‌شد. سپس مقادیر معیارهای قرارگیری روزانه در معرض ارتعاش A(8) توسط داده‌ها محاسبه‌گردید. همچنین نتایج با دو معیار استاندارد تعریف شده برای A(8): حد هشدار و حد مجاز که به ترتیب برابر ۰/۵ m/s^2 و ۱/۱۵ m/s^2 است مقایسه‌گردید. مقایسه مقادیر A(8) رانندگان در عملیات مزرعه ای بدون توجه به نوع ادوات، نشان داد که راننده با وزن کمتر در مقایسه با دیگر رانندگان تحت ارتعاش بیشتری قراردارد.در ادامه مقادیر دوز ارتعاش (VDV) نیز محاسبه‌گردید. برای کلیه فعالیت‌ها مقدار VDV برای تمام رانندگان حین انجام عملیات کشاورزی با فاصله زیادی کمتر از مقدار مرجع ۱۵ m/s^2 قرار داشت. رانندگان تراکتورهای سنگین‌تر حین انجام عملیات مشابه با مقدار A(8)وVDV پایین تری مواجه شدندکه در بسیاری موارد معنی‌دار بود. طبق نتایج حاصله از این تحقیق برای ایمنی و کاهش خستگی رانندگان توصیه می شود برای انجام عملیات مزرعه‌ای از رانندگان سنگین وزن و تراکتورهای سنگین‌تر استفاده شود.

کلمات کلیدی: ارتعاش صندلی تراکتور، دوز ازتعاش، ذرت، مواجهه روزانه ارتعاش

مقدمه

سطح زیر کشت ذرت علوفه ای در ایران در سال جاری حدود ۸۷ هزار هکتار می باشد. بیشترین سطح کشت مربوط به استان فارس در حدود ۲۵ هزار هکتار بوده که تولید آن بیش از یک میلیون ششصد هزار تن ذرت علوفه ای بوده که مقام اول کشوری را دارد. بیشتر کارگران و متصدیان وسائط نقلیه در معرض تماس با سامانه های مرتعش کننده ای هستند که تمام بدن را تحت تاثیر قرار می دهند. در این افراد بروز اختلالات دستگاه گوارش، جریان خون، سیستم عصبی و عضلانی اسکلتی نسبت به افراد عادی بیشتر است. در بین این افراد، کمردرد و آسیب دیسک بین مهره ای شایع است.

بیماری ها و عوارض نا شی از ارتعاش در برخی از م شاغل نظیر کشاورزی هنگام کار کردن با ما شین آلاتی از جمله تراکتور ممکن است قسمتی از عضلات بدن را تحت تاثیر مداوم و طولانی ارتعاش قرار داده و پس از مدتی این عضلات، توانایی خاص خود را به دلیل انقباضات عضلانی شدید در اثر ارتعاشات مکرر و پی در پی از دست بدهند (چون ماهیچه ها فرصت استراحت پیدا نمی‌کند). حد دریافت ارتعا شات به نوع ارتعاش، حـ سا سیت فرد دریافت کننده و و سعت سطح تماس بـ ستگی دارد. قرارگرفتن بدن به مدت طولانی در معرض ارتعاشـاتی با شـدت بالاتر از حد مجاز دریافت بدن، تولید اختلالات فیزیولوژیک می کند که مقدار آن با شـدت ارتعاشات ارتباط دارد.

تعداد قابل توجهی تحقیق در زمینه اندازه گیری ارتعاش حاصل از تراکتورها و ادوات کشاورزی انجام شده که در ادامه به نمونه ای از آنها اشاره می گردد.

در تحقیقی که توســط ملکی و همکاران (۱۳۸۵) انجام گرفت ارتعاش وارد بر بدن چند راننده تراکتور با جرم های 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 پیشروی را بررسی شد. شتاب کف کابین و صندلی را حین عملیات شخم زنی، چیزل زنی و دیسک زنی توسط سه راننده با وزن های مختلف با استفاده از دو تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و ۳۹۹ اندازه گیری و مقادیر روزانه در معرض ارتعاش A(8) و دوز ارتعاش (VDV) محا سبه شد (Hassanian *et al, 2011*). نتایج حا صله حاکی از عدم وجود اختلاف معنی دار در سرعت های مختلف پیشروی بود. در همه حالات راننده با وزن بیشتر در معرض آسیب کمتری قرار گرفت. برای هر دو تراکتور با سبک تر شدن دنده رانندگان متحمل ارتعاش بیشتری گردیدند.

A(8) مواجهه با ارتعاش روزانه ا ست که از اندازه ارتعاش و مدت مواجهه روزانه به د ست می آید. VDV مقدار دوز ارتعاش ا ست. محاسبه VDV هم زمان با وزن دادن به داده ها انجام می شود و مقادیر با گذشت زمان با هم جمع می‌شوند.

پاسـخ انسـان به ارتعاشـات نه تنها مسـتلزم فرایند های بیومکانیکی بلکه همچنین مسـتلزم فرایند های بیولوژیکی اسـت. پاسـخ بیومکانیکی بدن به ارتعا شات خود یک فرایند خیلی پیچیده ا ست بخاطر اینکه بدن نه تنها شامل بخش های کوچک زیادی ا ست، بلکه شامل دونوع جرم صلب و انعطاف پذیر است. جرم انعطاف پذیر به همه قسمت های غیر صلب بدن مانند عضلات، بافت های نرم، ارگان های داخلی همانند قسمت های سیالی در بدن گفته می شود (Yue and master, 2001). بافت های نرم بدن که جزو جرم های انعطاف پذیر هستند در پاسخ به تحریک مکانیکی به گونه‌ای میرا کننده عمل می کنند. فعالیت عضلانی، خواص ارتعاشی بافت های نرم را با افزایش در نیروی عضــلانی تغییر می دهد که با افزایش در فرکانس و ضــرایب میرایی آن همبســتگی دارد. (Wakeling *et al*., 2002) ماشین های کشاورزی بخصوص ماشین هایی که با دست هدایت می‌شوند، مانند تیلر، ارتعاش زیادی به بدن انسـان منتقل می کنند. مخاطرات کاری رانندگی این ادوات شـامل سـنگینی گوش، اختلالات در سـتون فقرات و دسـتگاه گوارش است. به علاوه این اختلالات کاهش بازده و کیفیت کار پایین تری را موجب می شود. (Tewari *et al*., 2004)

زمان طولانی قرار گرفتن در معرض ارتعاش حین انجام عملیات شخم با گاوآهن برگردان دار و دیسک زنی می تواند سبب ناراحتی شدید، درد و صدمه شود (Mehta *et al*, 2000). بوونزی در سال ۱۹۹۶ افزایش درد در قسمت پایین کمر در میان رانندگان تراکتور نا شی از ادامه قرار گیری کل بدن در معرض ارتعاش را گزارش کرد. نتایج م شابهی تو سط تورن و همکاران (۲۰۰۲) هنگام برر سی کیفی زمان رانندگی تراکتور در میان کشاورزان سوئدی حاصل شد.

ارتعاش نا شی از فرکانس های پایین (کمتر از حدود HZ ۰/۵) می تواند باعث بیماری های حرکتی شود که همراه با رنگ پریدگی، عرق کردن و حالت تهوع است (Barber, 1992).

در تحقیق دیگری که در رابطه با عدم سلامت در میان رانندگان تراکتور انجام شد اختلالات ستون مهره ها خصوصاً در ناحیه های لومبار و قفسه سینه و نیز دردهای شکمی که ناشی از دوره های طولانی مدت عملیات با تراکتور می شد در میان آن ها رایج بود (Rosseger, R. and Rosseger SS. 1960). همچنین م شخص شد که رانندگان تراکتور در معرض بیماری بوا سیر ه ستند (Grandjean, 1988). در واقع حساسیت انسان نسبت به ارتعاش به خواص مختلف آن یعنی دامنه، دور، شتاب و یا نرخ تغییر شتاب بستگی دارد (Mehta *et al*, 2000) مواجهه با ارتعاش می تواند مزاحم سیستم عصبی مرکزی شود و بر عملکرد سیستم های گردش خون و ادرار نیز تأثیر بگذارد(Yue and Mester, 2001and Wakeling *et al*, 2002).

با توجه به صنعت نوپای تراکتورسازی در ایران و رشد مکانیزاسیون در کشور و نیز تعداد زیاد رانندگان تراکتورها که در بخش های کشاورزی و صنعت در مواجهه مستقیم با ارتعاشات حاصله از رانندگی با این تراکتورها هستند، بررسی میزان ارتعاشات این وسائط نقلیه و مقایسه آن با استانداردها و اثرات آن بر بدن انسان جزو اهداف مهم این تحقیق به شمار می‌رود.

بطور خلا صه هدف از انجام این تحقیق برر سی عملکرد ارتعا شی (سنجش شاخص های مرتبط با ارتعا شات وارد بر تمام بدن) در تراکتورهای مورد اســتفاده حین کلیه عملیات تولید ذرت علوفه ای بر ســه راننده با وزن های متفاوت می باشــد. همچنین در این تحقیق معیارهای قرارگیری روزانه در معرض ارتعاش A(8) و مقدار دوز ارتعاش (VDV) محاسبه شده و تاثیرات احتمالی آن بر راننده تراکتور در مقایسه با استانداردهای جهانی بررسی گردید.

مواد و روش ها

برای انجام این تحقیق میزان ارتعاشات وارد به کابین و صندلی راننده تراکتورها حین عملیات تسطیح، شخم با گاوآهن برگردان دار، دی سک زنی، ک شت، کودکاری، سم پا شی و بردا شت اندازه گیری گردید. تراکتورهای مورد ا ستفاده این تحقیق عبارتند ازم سی فرگوســن ۲۸۵ و ۳۹۹، جاندیر ۳۱۴۰، ۴۲۳۰، ۴۴۵۰ و کمباین کلاس ۸۶۰. . تیمارهای این تحقیق عبارتند از نوع ادوات (لولر، گاوآهن برگردار سوار شونده، گاوآهن برگردان دار نیمه سوار و دیسک با استفاده از دو تراکتور متفاوت، ماشین کشت ذرت، ماشین وجین، سمپاش، چاپر و کمباین ذرت)، راننده با سه وزن مختلف (۶۱ و ۷۹ و ۸۸ کیلوگرم) و دو محل سنجش ارتعاش (سطح صندلی و کف کابین) انتخاب گردید. ارتعاشات در دو محل کف کابین و سطح صندلی توسط شتاب سنج اندازه گیری گردید تا تأثیر صندلی در میرا کردن ارتعاش مشخص شود. شتاب سنج ابزاری است که شتاب جسم ارتعاش کننده را اندازه می گیرد. شتاب سنج ها بطور

و سیعی برای اندازه گیری های ارتعاش و همچنین ثبت زمین لرزه ها ا ستفاده می شوند. از شتاب ثبت شده، سرعت و جابجایی بدست آورده می شود.

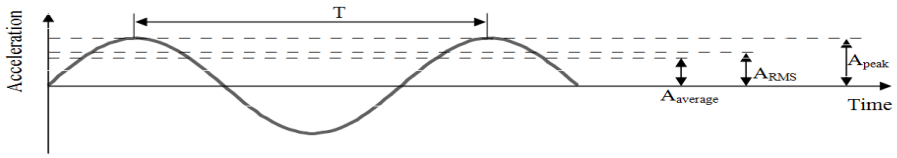
برای اجرای این پژوهش از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کاملاً تصـــادفی اســـتفاده گردید. همچنین پارامترهایی که حین انجام آزمایش ها سنجیده شد شامل : شتاب وارد به کف کابین و همچنین صندلی راننده بر حسب a_{rms} در جهت Z (محور عمود) حین کار در مزرعه در عملیات کشاورزی تسطیح، شخم با گاوآهن برگردان دار، دیسک زنی، کشت، کودکاری، سم پا شی و برداشت بودند.

چگونگی سنجش شتاب

شتاب متناوب دائماً بین مثبت و منفی تغییر می کند و به صورت موجی تکرار می شود. به نحوی که در موج سینوسی یک ارتعاش، فرکانس از صفر شروع و به پیک مثبت می رسد و دوباره به صفر رسیده و سپس به پیک منفی می رسد و لذا در بیشتر اوقات، مقدار شتاب از مقدار پیک شتاب کمتر ا ست. لذا از یک مقدار مؤثر ا ستفاده می کنیم که همان RMS ا ست. مقدار شتاب RMS برابر با ۰/۷ پیک شتاب ا ست. در واقع RMS (میانگین مربع شتاب)، متو سط مربع شتاب در طول زمان ا ست. با ا ستفاده از مقدار میانگین مربع، شتاب همواره مثبت می ماند. در واقع arms ریشه میانگین مربع شتاب (یا شتاب rms) می باشد. برای محاسبه ریشه میانگین مربعات توابع متناوب از فرمول زیر استفاده می شود (Barber, 1992).

$$a_{rms} = \sqrt{{}^{1}/_{T} \int_{0}^{T} a(t)^2 dt} \qquad (۱)$$

که a_{rms} مقدار rms شتاب، T مدت زمان اندازه گیری و a مقدار شتاب در زمان t است.



شکل ۱- مقادیر مختلف شتاب

شتاب سنج مورد ا ستفاده در این تحقیق طوری تنظیم شده ا ست که ارتعاش خروجی آن در قالب مقادیر ری شه میانگین مربعات شتاب (rms) می باشد.

حسگر شتاب سنج توسط اتصال آهنربایی به مکعب واسط و مکعب نیز به صندلی راننده و کف کابین از طریق پیچ متصل شد.

شکل ۲- (A) محل قرارگیری سنسور شتاب سنج روی صندلی (B) محل قرارگیری سنسور

(A) (B)

آزمایشات در زمین زراعی با مساحت تقریباً ۲ هکتار که دارای بافت و ساختمان خاک یکسان بود انجام شد. آزمایش ها در خاک با رطوبت ۱۱ ٪ (Dry Base) انجام شد. بافت خاک لومی-رسی با ترکیب ۴۰٪ شن، ۲۲٪ سیلت، و ۳۸٪ رس و ساختمان خاک گرانوله بود. قبل از انجام آزمایش ها وضعیت ظاهری لاستیک های تراکتورها از نظر سالم بودن سطح بیرونی، فشار باد و آج های آن بررسی گردیدند. فشار باد لاستیک تراکتورها طبق توصیه کارخانه سازنده تنظیم شد که چرخ های جلو 20 psi و چرخ های عقب 15 psi تنظیم گردید.

با توجه به نتایج تحقیقات گذشته غالب ارتعاش‌های تراکتور در صفحه عمودی واقع می شود که از طریق چرخ انتقال می‌یابد و رانندگان تراکتور نسبت به آن حساسیت بیشتری دارند. بررسی نتایج این تحقیق نیز داده های مربوط به مقدار شتاب برای محور عمود بر صندلی راننده (Z) مطابق با استاندارد بین المللی ایزو (ISO 2631 – 1) جمع آوری و سپس تجزیه و تحلیل گردید.

آزمایشات مزرعه ای حین انجام کار با ۱۱ قلم ادوات کشاورزی انجام پذیرفت. این ادوات عبارتند از لولر، گاوآهن سه خیش سوار بر تراکتور فرگوسن ۲۸۵، گاوآهن چهارخیش نیمه سوار بر تراکتور جاندیر ۴۴۵۰، گاوآهن چهارخیش نیمه سوار بر تراکتور جاندیر ۳۱۴۰، عملیات دیسک زنی با استفاده از تراکتور جاندیر ۴۴۵۰، عملیات دیسک زنی توسط تراکتور جاندیر ۳۱۴۰، عملیات کشت، وجین، سمپاشی با استفاده از سمپاش پشت تراکتوری، عملیات برداشت توسط چاپر و کمباین ذرت علوفه ای. آزمایش ها توسط سه راننده با دو تکرار و دو موقعیت نصب حسگر انجام شد. مشخصات رانندگان به شرح زیر می باشد:

جدول ۱- مشخصات رانندگان شرکت کننده در تحقیق حاضر

مشخصات	راننده ۱	راننده۲	راننده ۳
سن (سال)	۲۹	۵۰	۲۳
قد (سانتیمتر)	۱۶۱	۱۷۴	۱۸۱
وزن (کیلوگرم)	۶۱	۷۹	۸۸

جدول۲- مشخصات تراکتورهای مورد استفاده در این تحقیق

مشخصات	MF 285	MF 399	John Deere 3140	John Deere 4230	John Deere 4450	Class Combine Harvester
تعداد سیلندر	4	6	6	6	6	8
حداکثر قدرت	75 hp (at 2000 rpm)	110 hp (at 2200 rpm)	97 hp (at 2200 rpm)	100 hp (at 2200 rpm)	140 hp (at 2200 rpm)	435 hp (at 2100 rpm)
وزن کل	2812 kg	4011 kg	3991 kg	4898 kg	6985 kg	10200 kg

در هر مرحله سنسور شتاب سنج یک بار به کف کابین و یک مرتبه به پشت صندلی راننده توسط مکعب واسط (شکل۱) متصل گردیده و داده برداری انجام شد.

معرفی A(8) و VDV

مواجهه با ارتعاش روزانه از اندازه ارتعاش و مدت مواجهه روزانه به دست می آید. به منظور تسهیل مقایسه مواجهه روزانه زمان های مختلف، مواجهه ارتعاش روزانه بایستی به صورت جمله های ۸ ساعته بیان شود که انرژی معادل مقدار کل ارتعاش $a_{\mathrm{hv(eq.=h)}}$ است که برای سهولت به صورت A8 مشخص می شود.

VDV مقدار دوز ارتعاش است. محاسبه VDV هم زمان با وزن دادن به داده ها انجام می شود و مقادیر با گذشت زمان باهم جمع می شوند. در محاسبه VDV با توجه به اینکه داده ها به توان چهار می رسند به طور خودکار به پیک های ناگهانی (شوک ها) در طی حرکت و سیله وزن بیشتری داده می شود. یعنی اندازه ارتعاش از شوک ها بیشتر تأثیر می پذیرد. ما شین های خارج جاده ای مانند ماشین های کشاورزی در اثر ناهمواری های زمین مقادیر زیادی شوک به کاربر وارد می کنند. چون در محاسبه VDV با گذ شت زمان شوک ها از اهمیت زیادی در محا سبات برخوردار هستند، پس مقدار VDV بهترین معیار سنجش راحتی راننده می باشد.

مقادیر ریشه میانگین وزن دار شده ($\mathrm{rms_w}$) برای هر آزمایش برای محا سبه دو شاخص مهم ارتعاش : مقدار قرارگیری در معرض ارتعاش روزانه (A8) و مقدار دوز ارتعاش (VDV) بکار می رود. (ISO 2631-1:1997)

محاسبه مقادیر قرارگیری در معرض ارتعاش (A8) در سه جهت صورت می گیرد که طبق مطالب ذکر شده فقط در جهت عمودی (Z) در این تحقیق مورد بررسی قرارگرفته است.

$$A_z(8) = a_{wz}\sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \qquad (۲)$$

T_{exp} مدت زمان قرارگیری روزانه در معرض ارتعاش و T_0 مدت زمان مرجع ۸ ساعت برای یک روز کار. a_{wx} مقدار شتاب وزن دار شده فرکانسی که از دستگاه شتاب سنج به دست می آید.

سطوح خاصی از این شاخص به نام Action Value و Limit Value لقب گرفته اند که قضاوت در مورد میزان صدمه و یا راحتی را آسان می کند. ذیلاً مجدداً به معرفی این دو شاخص می پردازیم.

Action Value: وقتی که قرارگیری در معرض ارتعاش از میزان حد هشدار تجاوز می کند، کارگر باید یک برنامه تکنیکی را جهت کاهش احتمال بروز آسیب در دستور کار قرار دهد و سنجش های سازمان یافته را برای کاهش دادن قرارگیری در معرض ارتعاشات مکانیکی در نظر داشته باشد. مقدار Action Value استاندارد برابر $0.5\ m/s^2$ می باشد.

Limit Value: در هر واقعه کارگران نباید بالاتر از حد بحرانی در معرض ارتعاشات قرار گیرند. چنانچه چنین شرایطی برقرار گردید، کارگران باید فوراً در جهت کاهش قرارگیری در معرض ارتعاش تا زیر حد Limit Value اقدام کنند. مقدار Limit Value برابر $1.15\ m/s^2$ می باشد. (AN21E Application Note)

چون با گذشت زمان شوک ها از اهمیت زیادی در محاسبات برخوردار هستند، پس مقدار VDV بهترین معیار سنجش راحتی راننده می باشد (۲۰۰۳ و Hostens).

VDV بوسیله معادله زیر تعریف می شود: (Griffin, 1998 and Hostens and Ramons , 2003)

$$VDV = \left[\frac{T_s}{N}\sum a^4(i)\right]^{1/4} \qquad (۳)$$

T_s : دوره زمانی اندازه گیری N : تعداد نقاط در یک دوره زمانی a(i) : داده های ارتعاشی وزن دار فرکانسی

با توجه به استاندارد بریتانیا مقدار VDV در نواحی $15\ m/s^{1.75}$ و بالاتر از آن معمولا باعث ناراحتی شدیدی خواهد شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز تجزیه واریانس داده های ارتعاشات تولید شده در طول عملیات مزرعه ای در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که اثرات فاکتورهای اصلی بر مقادیر ریشه میانگین مربعات شتاب از لحاظ آماری معنی داری شده است. نتایج جدول ۳ همچنین نشان داد موقعیت نصب سنسور شتاب سنج، نوع ادوات و جرم راننده اندازه گیری شده در سطح یک درصد بر مقادیر شتاب معنی دار هستند.

جدول ۳- جدول آنالیز واریانس مقادیر شتاب

منابع متغیر	درجه آزادی	میانگین مربع ها	F
موقعیت نصب	۱	۴/۷۴۲۴	۱۵۸/۰۴۲۶**
نوع ادوات	۱۰	۳/۳۶۹۹	۱۱۲/۳۰۴۹**

تغییر رانندگان	۲	۶/۳۴۴۸	۲۱۱/۴۴۵۲**
خطا	۱۱۸	۰/۰۳۰۰	

** وجود تفاوت معنی دار در سطح ۱٪

نتایج مقایسه میانگین داده های جدول ۴ نشان داد بیشترین میانگین ارتعاش مربوط به راننده اول (با وزن کمتر) و موقعیت نصب حسگر در کف کابین بدست آمده. کمترین میانگین ارتعاش نیز مربوط به راننده سوم (با وزن بیشتر) در موقعیت نصب حسگر روی صندلی حاصل شده. با مقایسه میانگین کلی داده های شتاب سنج در دو مرحله نصب حسگر کف کابین و صندلی تراکتور مشاهده می کنیم که نقش صندلی در میرا کردن ارتعاش بصورت میانگین ۲۰/۲ درصد می باشد.

جدول ٤- مقایسه مقادیر میانگین شتاب برای رانندگان موقعیت مختلف نصب حسگر

موقعیت نصب حسگر / راننده	کف کابین	صندلی	میانگین
راننده ۱	۲/۲۷^{aA}	۱/۹۷^{e*B}	۲/۱۲^{mC}
راننده ۲	۱/۸۱^{bD}	۱/۳۴^{fE}	۱/۵۸^{nF}
راننده ۳	۱/۵۶^{cG}	۱/۲۰^{gH}	۱/۳۸^{pK}
میانگین	۱/۸۸^{dM}	۱/۵۰^{hN}	

*حروف مشابه کوچک و بزرگ به ترتیب در هر ستون و ردیف برای هر صفت تفاوت معنی دار ندارند (در سطح ۵ درصد)

در جدول ۵ داده ها بصورت یکجا مقایسه شده اند.

جدول ۵ – مقایسه مقادیر شتاب برای رانندگان و ابزارهای مختلف به تفکیک

ادوات / راننده	راننده ۱	راننده ۲	راننده ۳	میانگین
لولر	۱/۹۸^{eA}	۱/۳۸^{efB}	۱/۱۹^{deB}	۱/۵۲^{d}
گاوآهن سه خیش سوار بر تراکتور فرگوسن ۲۸۵	۳/۱۸^{aA}	۲/۴۰^{aB}	۲/۱۲^{aC}	۲/۵۷^{a}
گاوآهن چهار خیش نیمه سوار بر تراکتور جاندیر ۴۴۵۰	۲/۸۱^{bA}	۲/۰۳^{bB}	۱/۷۸^{bC}	۲/۲۱^{b}
گاوآهن چهار خیش نیمه سوار بر تراکتور جاندیر ۳۱۴۰	۲/۹۸^{abA}	۲/۱۴^{bB}	۱/۹۹^{abB}	۲/۳۸^{ab}

دیسک با استفاده از تراکتور جاندیر ۴۴۵۰	۲/۲۵^{dA}	۱/۶۷^{cB}	۱/۴۵^{cB}	۱/۷۹^{c}
دیسک با استفاده از تراکتور جاندیر ۳۱۴۰	۲/۳۶^{cA}	۱/۷۵^{cB}	۱/۵۴^{cB}	۱/۸۸^{c}
ماشین کشت	۲/۱۳^{deA}	۱/۵۷^{cdB}	۱/۳۶^{cdB}	۱/۶۹^{cd}
وجین	۱/۳۴^{fgA}	۱/۰۵^{gB}	۰/۸۹^{fB}	۱/۰۹^{ef}
سمپاش	۱/۱۷^{fgA}	۰/۹۷^{gAB}	۰/۸۵^{fB}	۰/۹۹^{f}
چاپر	۱/۵۶^{fA}	۱/۲۰^{fgB}	۱/۰۵^{efB}	۱/۲۷^{e}
کمباین ذرت	۱/۵۳^{fA}	۱/۱۸^{fgB}	۱/۰۱^{edB}	۱/۲۴^{ef}
میانگین کلی	۲/۱۲^{A}	۱/۵۸^{B}	۱/۳۸^{B}	

حروف مشابه کوچک و بزرگ به ترتیب در هر ستون و ردیف برای هر صفت تفاوت معنی دار ندارند (در سطح ۵ درصد)

نتایج مقایسه میانگین داده های جدول ۵ نشان می دهد کمترین شتاب که رانندگان در معرض آن قرار می گیرند از بین هفت عملیات تسطیح، شخم زنی(با استفاده از سه مدل تراکتور)، دیسک زنی (با استفاده از دو نوع تراکتور) کشت، وجین، سمپاشی، بردا شت (با استفاده از چاپر و کمباین ذرت) برای عملیات سمپاشی ثبت گردید. با مقایسه شتاب سنجیده شده برای کلیه ادوات آزمایش شده نتیجه می شود که میزان شتاب برای سمپاشی در مقایسه با شش عملیات دیگر کمترین مقدار را دارا می باشد. بیشترین شتاب سنجیده شده مربوط به گاوآهن سه خیش سوار بر تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ می باشد.

همچنین شتاب rms سنجیده شده متوسط برای راننده اول از همه بزرگ تر بوده و تفاوت معنی داری با راننده دوم دارد. شتاب میانگین سنجیده شده برای راننده دوم از راننده سوم بیشتر است اما تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد ندارد. بیشترین مقدار شتاب rms متوسط سنجیده شده برای عملیات شخم زنی با گاوآهن سه خیش سوار بر تراکتور فرگوسن ۲۸۵ اندازه گیری شده و تفاوت معنی داری با شتاب اندازه گیری شده بقیه ادوات دارد. کمترین مقدار شتاب rms متوسط سنجیده شده برای عملیات سمپاشی ثبت شده که تفاوت معنی داری با عملیات وجین و برداشت با استفاده از کمباین ندارد. برای عملیات شخم زنی استفاده از گاوآهن چهارخیش نیمه سوار بر تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ و ۴۴۵۰ ارتعاش کمتری نسبت به گاواهن سه خیش سوار بر تراکتور فرگوسن ۲۸۵ دارد. میزان ارتعاش در استفاده از گاوآهن نیمه سوار در دو تراکتور سنگین تفاوت معنی داری با هم ندارد اما با گاوآهن سوار بر تراکتور فرگوسن ۲۸۵ تفاوت معنی داری دارد. میزان ارتعاش اندازه گیری شده برای عملیات دیسک زنی با تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ و ۴۴۵۰ تفاوت معنی داری را نشان نمی دهد. همچنین rms شتاب اندازه گیری شده برای بردا شت با استفاده از چاپر و کمباین نیز تفاوت معنی داری نشان نمی دهد.

بررسی مقادیر A(8) و VDV

شتاب بدست آمده از آزمایش ها در مرحله اندازه گیری روی صندلی به منظور بررسی اثرات آن بر رانندگان توسط روابط مربوطه به دو معیار A8 و VDV تبدیل گردید. نتایج آنالیز واریانس داده ها نشان داد که ارتعاشات تولید شده هنگام عملیات مزرعه ای به میزان زیادی بر مقادیر A8 اثرات معنی دار دارد. (جدول ۶)

جدول٦- جدول آنالیز واریانس شاخص A(8) مرتبط با اطلاعات جمع شده در این تحقیق

منابع متغیر	درجه آزادی	میانگین مربع ها	F
نوع ابزار	۱۰	۲/۹۴	۳۶/۶۶**
رانندگان	۲	۱/۸۱	۱۱۳/۳۶**
خطا	۲۰	۰/۱۶	

** وجود تفاوت معنی دار در سطح ۱٪

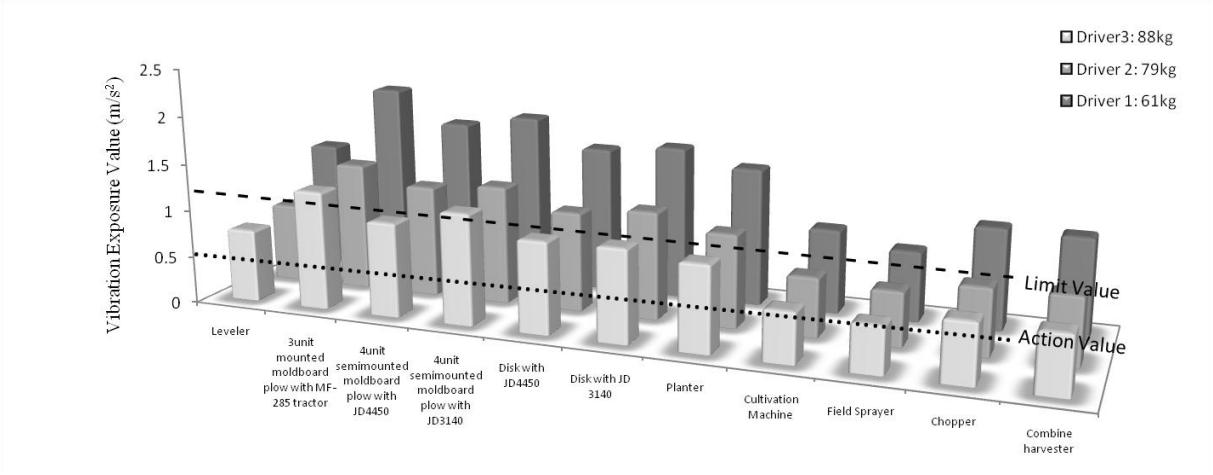
از جدول ۷ و شکل 3 می توان استنباط کرد که به جز عملیات سمپاشی توسط راننده با وزن ۸۸ کیلوگرم که راننده با بیشترین وزن می باشد، هنگام انجام بقیه عملیات شتاب وارده به صندلی تراکتور در یک روز کاری برای تمامی رانندگان از سطح Action Value فراتر می رود. حین عملیات شخم زنی با تراکتور فرگوسن ۲۸۵ کلیه نتایج A8 برای تمامی رانندگان از سطح Limit Value بالاتر می رود حال آنکه در عملیات سم پاشی با همین تراکتور کلیه نتایج برای تمامی رانندگان از سطح Limit Value و حتی برای راننده ۳ از حد Action Value کمتر است. هر یک از مقادیر این دو عملیات تفاوت معنی داری با هم دارند. همچنین تمامی رانندگان حین عملیات شخم زنی با استفاده از تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ در زمان یک روز کاری مقادیر بیشتر از Limit Value تجربه می کنند. در حالی که حین استفاده از همین تراکتور برای عمیات وجین هیچ یک از رانندگان مقادیر بالاتر از Limit Value را تجربه نمی کنند. در عملیات دیسک زنی با استفاده از تراکتور ۳جاندیر ۳۱۴۰ نیز تنها راننده شماره یک با وزن ۶۱ کیلوگرم با ارتعاش بالاتر از حد Limit Value مواجه شد. تنها راننده دوم با تغییر این ابزار حین کار با تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ تفاوت معنی دار نشان نداد.

جدول۷ - مقایسه مقادیر A8

ادوات / راننده	راننده اول	راننده دوم	راننده سوم	میانگین
لولر	۱/۳۳^{Ea}	۰/۸۳^{efB}	۰/۷۷^{cdC}	۰/۹۸^{e}
گاوآهن سه خیش سوار بر تراکتور فرگوسن ۲۸۵	۲/۰۴^{aA}	۱/۳۵^{aB}	۱/۲۵^{aC}	۱/۵۵^{a}
گاوآهن چهار خیش نیمه سوار بر تراکتور جاندیر ۴۴۵۰	۱/۷۰^{bA}	۱/۱۵^{bcB}	۱/۰۰^{bC}	۱/۳۰^{bc}
گاوآهن چهار خیش نیمه سوار بر تراکتور جاندیر ۳۱۴۰	۱/۸۳^{bA}	۱/۲۵^{abB}	۱/۱۸^{aB}	۱/۴۲^{ab}

دیسک با استفاده از تراکتور جاندیر ۴۴۵۰	۱/۵۴^{dA}	۱/۰۵^{cdB}	۰/۹۷^{bB}	۱/۲۰^{c}
دیسک با استفاده از تراکتور جاندیر ۳۱۴۰	۱/۶۲^{cA}	۱/۱۳^{bcdB}	۰/۹۸^{bC}	۱/۲۵^{cd}
ماشین کشت	۱/۴۶^{deA}	۰/۹۸^{deB}	۰/۹۱^{bcB}	۱/۱۲^{de}
وجین	۰/۸۹^{gA}	۰/۶۲^{gB}	۰/۵۳^{eC}	۰/۶۸^{g}
سمپاش	۰/۷۴^{gA}	۰/۵۷^{gB}	۰/۴۹^{eB}	۰/۶۰^{g}
چاپر	۱/۰۶^{fA}	۰/۷۰^{fgB}	۰/۶۳^{deB}	۰/۸۰^{f}
کمباین ذرت	۱/۰۵^{fA}	۰/۷۱^{fgB}	۰/۶۱^{deC}	۰/۷۹^{f}
میانگین	۱/۳۹^{A}	۰/۹۴^{B}	۰/۸۵^{C}	

حروف مشابه کوچک و بزرگ به ترتیب در هر ستون و ردیف برای هر صفت تفاوت معنی دار ندارند (در سطح ۵ درصد)

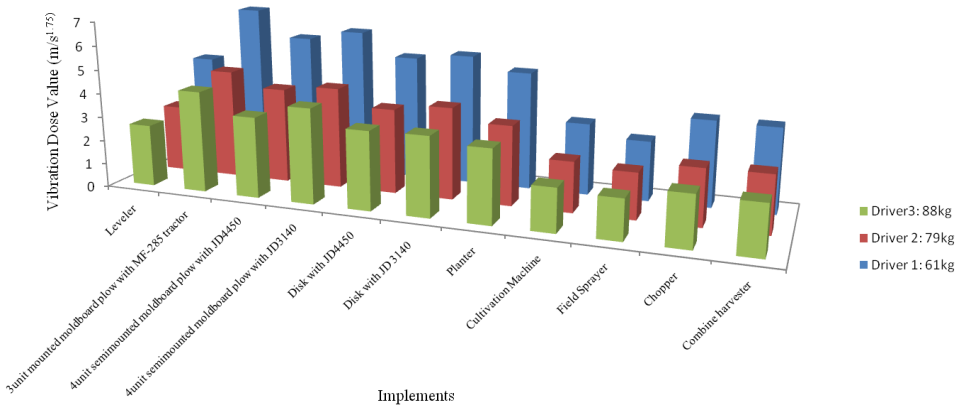


شکل ۳- مقادیر قرارگیری در معرض ارتعاش روزانه برای راننده های شرکت کننده در آزمایش‌ها در مقایسه با دو آستانه limit and action value

در کل حین عملیات تسطیح توسط راننده اول، شخم زنی با استفاده از تراکتور فرگوسن ۲۸۵ برای هر سه راننده، شخم زنی توسط تراکتور جاندیر ۴۴۵۰ و ۳۱۴۰برای رانندگان اول و دوم، دیسک زنی توسط تراکتور جانذیر ۴۴۵۰ و ۳۱۴۰ برای راننده اول و همچنین کشت توسط راننده اول شتاب وارده به صندلی تراکتور در یک روز کاری برای تمامی رانندگان از سطح Limit Value فراتر رفته و همگی از سطوح زیانباری از ارتعاش مواجه هستند. به این ترتیب مسأله بهبود در ساخت صندلی راننده و بخصوص توجه ویژه به سیستم تعلیق صندلی راننده و تراکتور بویژه برای راننده های با وزن کمتر ضروری به نظر می رسد. همچنین مقایسه

مقادیر A8 برای راننده ها و عملیات مختلف ک شاورزی ن شان داد که بدون توجه به نوع ابزار، راننده با کمترین وزن در مدت زمان کاری عملیات در مقای سه با دیگر رانندگان با بی شترین ارتعاش مواجه شد. در کلیه عملیات تغییر راننده اول و دوم تفاوت معنی دار ن شان می دهند اما در بع ضی موارد تغییر راننده دوم و سوم تفاوت معنی داری ن شان نمی دهد. اما به طور کلی تغییر رانندگان به صورت میانگین در هر سه مرحله تفاوت معنی داری دارد.

همان گونه که قبلا بیان شد، با توجه به ا ستاندارد بریتانیا مقدار VDV در نواحی ۱۵ $m/s^{1.75}$ وبالاتر از آن معمولا باعث ناراحتی شـدیدی خواهد شـد که رانندگان شـرکت کننده در تمامی آزمایشـات این تحقیق همگی مقدار VDV کمتر از این مقدار را تجربه کردند.



شکل ٤- مقایسه مقادیر دوز ارتعاش برای راننده های شرکت کننده در تحقیق حاضر

مقای سه مقادیر VDV (جدول ۷ و شکل ۴) ن شان می دهد که بدون توجه به نوع ادوات، راننده شماره یک (با وزن ۶۱ کیلوگرم) VDV با مقدار میانگین ۴/۶۷ $m/s^{1.75}$ را تجربه می کند که در مقایسه به دیگر رانندگان با فاصله زیادی از مقدار مرجع $m/s^{1.75}$ ۱۵ قرار دارد (مو س سه ا ستاندارد بریتانیا ۱۹۸۷ BS 6841). با توجه به جدول مذکور مقادیر میانگین VDV برای عملیات شخم زنی با اسـتفاده از تراکتور فرگوسـن ۲۸۵ و جاندیر ۳۱۴۰ بیشـترین مقدار را دارا می باشـد و تفاوت معنی داری با بقیه عملیات دارد. کمترین مقدار مربوط به عملیات سمپاشی و وجین می باشد.

جدول ۷- مقایسه مقادیر VDV

راننده / ادوات	راننده اول	راننده دوم	راننده سوم	میانگین

لولر	۴/۴۹^{fA}	۲/۸۱^{eB}	۲/۵۹^{dB}	۳/۳۰^{e}
گاوآهن سه خیش سوار بر تراکتور فرگوسن ۲۸۵	۶/۸۶^{aA}	۴/۵۷^{aB}	۴/۲۳^{aB}	۵/۲۲^{a}
گاوآهن چهار خیش نیمه سوار بر تراکتور جاندیر ۴۴۵۰	۵/۷۴^{cA}	۳/۹۸^{bcB}	۳/۳۸^{bC}	۴/۳۷^{bc}
گاوآهن چهار خیش نیمه سوار بر تراکتور جاندیر ۳۱۴۰	۶/۱۶^{bA}	۴/۲۲^{bB}	۳/۹۷^{aB}	۴/۷۹^{ab}
دیسک با استفاده از تراکتور جاندیر ۴۴۵۰	۵/۲۱^{dA}	۳/۵۴^{dB}	۳/۲۸^{bcB}	۴/۰۱^{cd}
دیسک با استفاده از تراکتور جاندیر ۳۱۴۰	۵/۴۶^{dA}	۳/۸۳^{cB}	۳/۳۲^{bcC}	۴/۲۰^{cd}
ماشین کشت	۴/۹۲^{eA}	۳/۳۲^{dB}	۳/۰۷^{cB}	۳/۷۷^{de}
وجین	۲/۹۹^{iA}	۲/۱۰^{ghB}	۱/۸۱^{fB}	۲/۳۰^{g}
سمپاش	۲/۴۹^{jA}	۱/۹۳^{hB}	۱/۶۸^{gB}	۲/۰۳^{g}
چاپر	۳/۵۹^{gA}	۲/۳۴^{fgB}	۲/۱۳^{eB}	۲/۷۰^{f}
کمباین ذرت	۳/۵۳^{hA}	۲/۳۹^{fB}	۲/۰۸^{EB}	۲/۶۷^{f}
میانگین	۴/۶۷^{A}	۳/۱۸^{B}	۲/۸۶^{C}	

حروف مشابه کوچک و بزرگ به ترتیب در هر ستون و ردیف برای هر صفت تفاوت معنی دار ندارند (در سطح ۵ درصد)

به طور معقول افزایش مواجهه با ارتعاش خطر آسیب دیدگی را بیشتر خواهد کرد که پیشنهاد می شود زمان مواجهه با ارتعاش توسط کاهش زمان کار و همچنین پرهیز از فعالیت مستمر در ساعات طولانی و ایجاد زمان های استراحت، کوتاه تر شده تا اثرات زیانبار ارتعاش بر راننده کاهش یابند.

بطور خلاصه نتایج حاصله از این تحقیق عبارتند از:

۱- A(8) برای راننده اول حین انجام عملیات تسطیح، شخم زنی با تراکتور فرگوسن ۲۸۵، جاندیر ۳۱۴۰، ۴۴۵۰، دیسک زنی با استفاده از هر دو تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ و ۴۴۵۰ و همچنین عملیات کشت نه تنها از حد هشدار فراتر رفته که از حد بحرانی نیز بیشتر بوده است. حین عملیات سم پاشی و برداشت نیز از حد هشدار بالاتر می رود اما به حد بحرانی نمی رسد. در مورد راننده دوم مقادیر A(8) تنها حین عملیات شخم زنی (با هر سه تراکتور) از حد بحرانی فراتر می رود و در بقیه عملیات تنها از حد هشدار بالاتر می رود. راننده سوم نیز حین عملیات شخم زنی با استفاده از دو تراکتور فرگوسن ۲۸۵ و جاندیر ۳۱۴۰ مقادیر A(8) بالاتر از حد بحرانی تجربه می کنند. در برخی موارد مثل عملیات سم پاشی مقادیر A(8) کمتر از حد هشدار ثبت گردید. بنابراین بهتر است رانندگان در موارد مشابه ساعات کمتری در مزرعه به کار بپردازند. این موضوع برای رانندگان با وزن کمتر از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

۲- – برای تمامی عملیات مقدار VDV برای تمام رانندگان حین انجام عملیات کشاورزی با فاصله زیادی کمتر از مقدار مرجع $15m/s^{1.75}$ قرار داشت.

۳- – به طور کلی می توان چنین نتیجه گرفت که برای تمامی عملیات راننده با وزن بیشتر rms_a و بالطبع آن A(8) و VDV کمتری را تجربه کرده و کمتر در معرض آسیب قرار گرفته است.

۴- – بیشترین میزان VDV محاسبه شده حین عملیات شخم زنی راننده سبک تر توسط تراکتور فرگوسن ۲۸۵ بوده که حدود ۴۶ درصد مقدار مرجع (حد ناراحتی شدید) $15m/s^{1.75}$ بوده است. می توان چنین نتیجه گرفت که رانندگان در محدوده اطلاعات این آزمایش مواجه با بروز آسیب جدی در اندام های خود نخواهند بود.

۵- انجام عملیات شخم زنی توسط گاوآهن سه خیش سوار بر تراکتور فرگوسن ۲۸۵ میزان دوز ارتعاش بیشتری نسبت به نیمه سوار بر جاندیر ۳۱۴۰ و ۴۴۵۰ ایجاد می کند که در اغلب موارد (رانندگان یک و دو) تفاوت معنی داری دارد. میزان دوز ارتعاش عملیات دیسک زنی نیز توسط تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ بیشتر از ۴۴۵۰ است هر چند در اغلب موارد تفاوت معنی داری ندارد. استفاده از کمباین و چاپر نیز تفاوت چندانی از نظر میزان دوز ارتعاش نمی کند.

راهکارها جهت بهبود شرایط راننده هنگام مواجه با ارتعاش

۱- پیشنهاد می شود زمان مواجه با ارتعاش از طریق کاهش زمان کار و همچنین پرهیز از فعالیت مستمر در ساعات طولانی و ایجاد زمان های استراحت، کوتاه تر شده تا اثرات زیان بار ارتعاش بر راننده کاهش یابد.

۲- بهتر است جهت کاهش ارتعاش وارده در موارد مشابه از تراکتورهای سنگین تر و ادوات کششی و نیمه سوار نسبت به سوار شونده استفاده شود.

۳- هنگام عملیات مختلف شخم با تراکتورها می توان از راهکارهایی از جمله تغییر دادن و کم کردن فشار باد لاستیک های تراکتور به سبب کاهش ارتعاش وارد بر تراکتور استفاده نمود.

۴- می توان جهت بهبود سیستم تعلیق تراکتور و صندلی تراکتور (سیستم تعلیق کابین تراکتور) از سیستم های تعلیق مدرن مکانیکی و هیدرولیکی و پنوماتیکی و یا ترکیبی از این سیستم ها استفاده نمود

۵- مسئله بهبود در ساخت صندلی راننده و بخصوص توجه ویژه به سیستم تعلیق صندلی راننده و تراکتور و بهبود آن ضروری می باشد. این مسئله بویژه برای راننده های با وزن کمتر ضروری به نظر می رسد

منابع

ح سنیان شاداب، ۱۳۹۰. برر سی عملکرد ارتعا شی دو تراکتور متداول در ایران و ارائه برخی راهکارها جهت کاهش بروز صدمه به راننده. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران.

تقی زاده علی سرایی، ا. ۱۳۸۴. بررسی عملی اثر ارتعاش تراکتور دو چرخ بر کاربر. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران.

تقی زاده علی سرایی، ا. هشتجین، ت، قبادین، ب. ۱۳۸۶. بررسی عملی اثر ارتعاش تراکتور دوچرخ بر کاربر. فصل نامه علوم کشاورزی ایران. شماره۴، ۵۷۱ – ۵۸۰.

گلمحمدی، ر. ۱۳۸۶. مهندسی صدا و ارتعاش. انتشارات دانشجو- همدان. ۵۴۱ ص.

ملکی، ع. ۱۳۸۷. تأثیر جرم راننده بر سلامتی و آسایش او و مدت زمان مجاز رانندگی در سه نوع تراکتور متداول در ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شماره ۴۴، ۲۱۳ – ۱۲۱.

Yue, Z. and J. Mester. 2001. A model analysis of internal loads, energetic, and effects of wobbing mass during the whole body vibration, Journal of Biomechanics. 35: 639-647.

Wasserman, D. E. and T. E. Doyle. 1978. Whole body vibration exposure of workers during heavy equipment operation. NIOSH publication 78-153.

Toren, A., K. Oberg., B. Lembke., K. Enlund and R. A. Anderson. 2002. Tractor-driving hours and their relation to self-reported low-back and hip symptoms. Applied Ergonomics 33: 139-146.

Trefler, E., D. A. Hobson., S. J. Taylor., L. C. Monahan and C. G. Shaw. 1993. Seating and Mobility for Persons with Physical Disabilities. San Antonio, TX: Therapy Skill Builders.

Troup, J. D. G. 1978. Drivers's back pain and its preventation: A review of postural, vibratory and muscular factors together with problems of transmitted road-shock. Appl. Ergon. 9: 207-214.

Uchikune, M. 2002. Physiological and psychological effect of high speed driving on young male volunteers. J Occup Health 44:203-206.

Wakelin, J. M., B. M. Niggand A. I. Rozitis. 2002. Muscle activity damps the soft tissue resonance that occurs in response to pulsed and continuous vibration, Journal of Applied Physiology 93: 1093-1103.

Walker-Bone, K and K. T. Palmer. 2002. Musculoskeletal disorders in farmers and farm workers. Occupational Medicine 52:441-450.

Smets, M. P. H., T. R. Eger and S. G. Grenier. 2010. Whole-body vibration experienced by haulage truck operators in surface mining operations: A comparison of various analysis methods utilized in the prediction of health risks. Contents lists available at ScienceDirect Applies Ergonomics. Applied Ergonomics 41:763-770.

Solecki, L. 2007. Preliminary recognition of whole body vibration risk in private farmers working environment. Ann Agric Environ Med, 14: 299-304.

Soleimani, B., Ahmadi, E. 2015. Evaluation and analysis of vibration during fruit transport as a function of road conditions, suspension system and travel speeds. Contents list available at ScienceDirect Engineering in Agriculture, Environment and Food 8: 26-32.

Tewari, V. K. and N. Prasad. 1999. Three-DOF modeling of tractor seat operator system. Journal of Terramechanics 36: 207-219.

Demic, M. J. Lukic. 2009. Investigation of the transmission of fore and aft vibration through the human body. Content lists available at ScienceDirect Applied Ergonomics. 40. 622 – 629

http:// femci.gsfc.nasa.gov/random/randomgrms.html

http://www.dsrqeshmco.com/index.php?option=som_content&view=article&id=184&Itemid=51

http://www.sayyedsaad.com/fundmental/4_Alternating%20Current.htm