# تأثیر جرم راننده بر سلامتی و آسایش او و مدت زمان مجاز رانندگی در سه نوع تراکتور متداول در ایران

علی ملکی[۱*]، سید سعید محتسبی[۱]، اسداله اکرم[۱] و وحید اصفهانیان[۲]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۷/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۷/۳)


## چکیده

**امروزه به ایمنی شغلی کشاورزان در کشورهای در حال توسعه کمتر توجه می‌شود. این مسأله برای رانندگان تراکتورها که در معرض شرایط بسیار نامناسب محیط کار و ارتعاش زیاد تراکتور و صندلی آن قرار دارند از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. بنابراین بررسی منابع ارتعاش و روش‌های کاهش آن در تراکتورها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. در این پژوهش 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 پیشروی بررسی گردید. مقادیر شتاب روی تراکتور و بدن رانندگان تراکتور، هنگام رانندگی با تراکتور اندازه‌گیری و ثبت گردید و پس از انجام آنالیز فوریه روی این داده‌ها، ریشه میانگین مربع‌های شتاب وزن‌دار شده تیمارهای مختلف در دو وضعیت سلامتی و آسایش راننده، آنالیز و تجزیه و تحلیل گردیدند. نتایج به دست آمده بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سرعت‌های مختلف پیشروی بود. در حالی‌که میانگین‌های بردارهای شتاب روی تراکتورها و بدن رانندگان اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ نشان دادند به نحوی‌که با افزایش جرم راننده، میانگین بردار شتاب روی بدن او کاهش می‌یافت. به‌عنوان مثال راننده با جرم ۵۵ کیلوگرم بیشترین میانگین شتاب (۹/۸ متر بر مجذور ثانیه) و راننده با جرم ۱۰۰ کیلوگرم کمترین میانگین شتاب( ۳/۳ متر برمجذور ثانیه) را به خود اختصاص داده بودند. با مقایسه مدت زمان مجاز رانندگی روزانه این سه تراکتور، در مجموع تراکتور جاندیر مدل ۳۱۴۰ و تراکتور یونیورسال مدل۶۵۱ به ترتیب بیشترین و کمترین مدت زمان مجاز رانندگی روزانه را به خود اختصاص دادند. هم‌چنین پس از مقایسه میانگین‌های شتاب روی بدن رانندگان مختلف با استانداردهای جهانی، سطح آسایش و راحتی این افراد هنگام رانندگی با این تراکتورها فوق‌العاده ناراحت به‌دست آمد.**


**واژه‌های کلیدی: تراکتور، ارتعاش، جرم راننده، سلامتی، آسایش**

## مقدمه

امروزه به ایمنی و سلامت شغلی کشاورزان در کشورهای در حال توسعه و کم درآمد کمتر توجه می‌شود. این مسأله برای رانندگان تراکتورها که در محیط‌های با ارتعاش بالای تراکتور و صندلی آن قرار دارند، از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. در کشورهای پیشرفته با طراحی مناسب کابین و سیستم تعلیق تراکتور، مشکل ذکر شده را مرتفع می‌سازند. اما به دلایل اقتصادی وجود این‌گونه تراکتورها در کشورهای در حال توسعه

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران

۲. دانشیار مکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: maleki.ali2000@gmail.com



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.16.6 ]

**جدول۱. توصیف واکنش انسان در مقابل ارتعاش وارد بر او**

| توصیف واکنش انسان | مجموع ریشه میانگین مربع‌های شتاب ($ms^{-2}$) |
|---|---|
| راحت | کوچک‌تر از ۰/۳۱۵ |
| کمی ناراحت | ۰/۳۱۵–۰/۶۳ |
| تقریباً ناراحت | ۰/۵–۱ |
| ناراحت | ۰/۸–۱/۶ |
| خیلی ناراحت | ۱/۵–۲/۲۵ |
| فوق العاده ناراحت | بزرگ‌تر از ۲/۰ |

و کم درآمد مقرون به صرفه نیست.

ارتعاش‌های وارد بر یک وسیله را با توجه به اندازه و جهت شتاب وارد برآن می‌سنجند. شتاب‌هایی که بر بدن انسان اثرگذار است، به دو گروه شتاب‌های خطی و دورانی تقسیم می‌گردد. ارتعاش‌های خطی در سه جهت عمودی، طولی و جانبی از وسیله به انسان قابل انتقال می‌باشد. ارتعاش‌های طولی و جانبی بنا به شرایط تراکتور ایجاد می‌شود اما غالب ارتعاش‌های تراکتور در صفحه عمودی واقع می‌شود که از طریق چرخ انتقال می‌یابد. رانندگان تراکتور نسبت به ارتعاش‌های عمودی حساسیت بیشتری دارند(۱۷). این در حالی‌است که سطوح ارتعاش عمودی روی تراکتورها هنگام انجام عملیات کشاورزی از سطح استانداردهای جهانی تجاوز می‌کند(۱۲). شایان ذکر است که مدهای ارتعاشی ایجاد شده توسط ارتعاش‌های خطی روی بدن انسان تأثیرگذار بوده و باعث ایجاد ناراحتی و درد در بدن راننده می‌گردد ولی شتاب‌های دورانی معمولاً موجب ناراحتی نمی‌گردند(۹).

در استانداردهای جهانی اثرات ارتعاش بر راننده به‌صورت معیارهای حفظ بازده کاری (حد کاهش مهارت ناشی از خستگی)، حفظ سلامتی و ایمنی(حد تعرض) و محدوده راحتی و آسایش بیان گردیده است که با توجه به معیارهای ذکر شده، مدت زمان مجاز مواجهه با ارتعاش، براساس این سه معیار به‌دست می‌آید(۱۲).

**الف) حفظ بازده کاری**

با توجه به این‌که خستگی محدوده بازده کاری را کاهش می‌دهد، مدت زمان مواجهه با ارتعاش جهت حفظ بازده‌کاری، با توجه به مقدار و جهت شتاب و نیز فرکانس ارتعاش متغیر است. مقدار ارتعاش مجاز در راستاهای عمودی، طولی و جانبی برای زمان‌های۱ دقیقه تا ۲۴ ساعت در روز، از روی نمودارهای موجود در استاندارد تعیین می‌شود(۲).

**ب) حفظ سلامتی و ایمنی**

این معیار (حد تعرض) به‌منظور اندازه‌گیری بیشینه زمان قابل قبول برای مواجهه راننده با ارتعاش به‌کار برده می‌شود. حد تعرض نیز به‌صورت تابعی از فرکانس، مشابه نمودارهای خستگی تعریف می‌شود. اما سطوح آن تابعی با توان دو می‌باشد. افزایش زمان تعرض سبب افزایش احتمالی آسیب رسیدن به بافت‌های بدن می‌گردد، بنابراین دوره‌های متوالی استراحت بدون ارتعاش می‌تواند احتمال آسیب‌دیدگی را کاهش دهد(۲).

**ج) محدوده راحتی و آسایش**

این معیار برطبق استانداردهای جهانی، تقریباً در سطح یک سوم سودمندی خستگی روی می‌دهد که به زمان مواجهه با ارتعاش و فرکانس بستگی دارد. در این استانداردها معمولاً محدوده راحتی به‌صورت جدول۱ ارائه شده به‌گونه‌ای که واکنش انسان را در مقابل مجموع سطوح ریشه میانگین مربع‌های شتاب وزن‌دار شده، نشان‌می‌دهد(۲).

در تحقیقی که گریفن(۸) جهت اندازه‌گیری سطوح ارتعاش



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.16.6 ]

چند وسیله مختلف انجام داد، گزارش نمود در بعضی از وسایل مانند تراکتورها و تانک‌ها، سطوح شتاب‌های اندازه‌گیری شده در جهت افقی نسبت به جهت عمودی بالاتر بودند. هم‌چنین پژوهشگران دیگری نیز همین تحقیق را روی ۵۶ وسیله انجام دادند. در آن تحقیق نیز ۱۳ وسیله دارای سطوح شتاب‌های وزن‌دارشده بیشتری در جهت افقی نسبت به جهت عمودی بودند در حالی‌که که برای وسایل دیگر مقدار شتاب‌های افقی حدود ۹۰ ٪ شتاب‌های عمودی بودند. با این وجود در بیشتر تحقیقات اثر ارتعاش روی بدن انسان به شتاب‌های عمودی محدود می‌گردد.

تراکتورهای بدون کابین و سیستم تعلیق از نظر میزان ارتعاش و آثار آن بر بدن راننده با دیگر وسایل جاده‌ای به‌طور گسترده‌ای مقایسه گردیده‌اند(۱). هم‌چنین صدمات مکانیکی اجزای بدن به دلیل کرنش ایجاد شده در بافت‌های آن ناشی از ارتعاش و عدم هم‌آهنگی اثرات فیزیولوژیکی به‌وجود آمده با فرکانس و دیگر جنبه‌های ارتعاشی می‌باشد(۳). مشکل تراکتورهای بدون کابین و سیستم تعلیق هنگامی حادتر می‌شود که فرکانس طبیعی آنها در محدوده ۱۱-۱ هرتز قرار گیرد که در واقع محدوده فرکانس طبیعی اجزای بدن راننده می‌باشد. به‌طورمثال فرکانس‌طبیعی تنه و ستون‌فقرات به ترتیب ۸-۴ و ۵-۴ هرتز می‌باشد(۱۵ و۱۸).

مطالعات زیادی روی رانندگان تراکتور و یا اندازه‌گیری ارتعاش و مقایسه آن با استانداردهای جهانی ISO و بررسی اثرات ارتعاش بر روی سلامتی رانندگان انجام گردیده است(۶،۷ و۱۶). تیواری و پراشاد(۱۷) یک مدل سه درجه آزادی از صندلی تراکتور و سرنشین آن ارائه دادند. آنها در مدل خود سرنشین را به‌صورت یک جرم واحد فرض کردند و چون فقط قسمتی از جرم بدن راننده توسط صندلی تحمل می‌شود، ارتباط بین جرم مؤثر راننده(m) و جرم کل او(M) بر حسب کیلوگرم را به‌صورت زیر بیان نمودند.

$$m = -2.811 + 0.816\,M \qquad (45.4 < M < 76.0) \qquad [۱]$$

مهتا و همکاران(۱۴)پس از نصب صندلی روی یک تیلر با قدرت۷/۵کیلووات، اثرات انتقال ارتعاش صندلی به راننده را پس از انجام آزمایش‌های مختلف بررسی نمودند. آزمایش‌ها در چهار مسیر پیشروی، دو وضعیت دستگاه (حمل و نقل دستگاه روتیواتور و عملیات روتیواتورزنی) و پنج دور موتور انجام شد. نتایج این پژوهش بیانگر تغییر سطوح ارتعاش با توجه به متغیرهایی چون سرعت پیشروی، مسیر و حالت‌های عملیاتی بود، به‌گونه‌ای که سطوح شتاب در کلیه شرایط کاری با سرعت پیشروی افزایش می‌یافت ولی با این وجود، سطوح ارتعاش در جهت جانبی اختلاف معنی‌داری را در تیمارهای آزمایشی نشان نداد. در وضعیت حمل و نقل، بیشترین سطوح شتاب در زمین‌های شخم خورده و کمترین سطح در جاده‌های مزرعه‌ای بود. هم‌چنین بیشینه زمان کار با این وسیله را ۵/۲ ساعت هنگام شخم و ۴ ساعت هنگام روتیواتورزنی در گل و لای پیشنهاد نمودند.

فیرلی و گریفن(۵) جرم ظاهری (نسبت نیرو به شتاب در فرکانس‌های خطی) هشت نفر نشسته روی صندلی را در جهت‌های جلو و عقب(Fore and Aft) و جانبی با ارتعاش‌های تصادفی اندازه‌گیری نمودند. هم‌چنین هولملوند و همکاران(۱۰) جرم ظاهری ۱۵ مرد و ۱۵ زن را در معرض ارتعاش‌های سینوسی اندازه‌گیری نمودند. این محققین مد ارتعاشی اول را برابر ۰/۷ هرتز برای هر دو جهت و مد ارتعاشی دوم را برابر ۲ هرتز درجهت جانبی و ۲/۵ هرتز را در جهت جلو و عقب به‌دست آوردند.

فیرلی و گریفن(۴) مقادیر ارتعاش ۲ ، ۱ ، ۰/۵ و ۰/۲۵ متر بر مجذور ثانیه را در محدوده فرکانسی ۲۰-۰/۲ هرتز روی هشت ۸ نفر بررسی نمودند. این افراد به این نتیجه رسیدند که فرکانس تشدید در جرم ظاهری هر شخص با افزایش اندازه ارتعاش، از ۶ به ۴ هرتز کاهش یافت. هم‌چنین این روند برای فرکانس تشدید دوم نیز صادق بود. هم‌چنین منسفیلد و گریفن(۱۳) تأثیر مقدار سطوح ارتعاش را در محدوده‌ای از فرکانس روی ۱۲ نفر بررسی نمودند. آنها مقادیر شتاب ۲/۵، ۲، ۱/۵، ۱، ۰/۵و ۰/۲۵متر بر مجذور ثانیه را در محدوده فرکانسی ۲۰-۰/۲ هرتز بررسی نمودند. مقدار جرم ظاهری و انتقال‌پذیری ارتعاش از صندلی به قسمت‌های مختلف سطح بدن بررسی گردید. نتایج بیانگر کاهش معنی‌دار فرکانس تشدید



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.16.6 ]

با افزایش مقدار ارتعاش در قسمت پایین شکم بود. بدین‌گونه که با افزایش مقدار شتاب از ۰/۲۵ به ۲/۵ متر بر مجذورثانیه، فرکانس تشدید از ۵/۴ به ۴/۲ هرتز کاهش یافت.

هدف از این تحقیق بررسی وضعیت ارتعاشی سه نوع تراکتور رایج در ایران در دو سرعت پیشروی هنگام حمل ادوات کشاورزی توسط سیستم اتصال سه نقطه و نیز تأثیر جرم راننده تراکتور بر میزان انتقال ارتعاش از تراکتور به بدن او بود.

## مواد و روش‌ها

آزمایش روی سه تراکتور مسی فرگوسن مدل۱۶۵، تراکتور جاندیرمدل ۳۱۴۰ و تراکتور یونیورسال مدل ۶۵۱ روی مسیر آسفالت در دو سرعت پیشروی ۴/۱ و ۷/۶ کیلومتر بر ساعت توسط شش راننده تراکتور با جرم‌های ۵۵، ۶۵، ۷۰، ۷۵، ۸۵ و ۱۰۰ کیلوگرم هنگام حمل دستگاه گاوآهن برگرداندار و هرس بشقابی دوزانویی توسط سیستم اتصال سه نقطه طبق استانداردهای جهانیISO (۱۱) انجام گرفت. هم‌چنین قبل از انجام آزمایش‌ها وضعیت ظاهری لاستیک تراکتورها از نظر سالم بودن سطح بیرونی، فشار باد و آج‌های آن بررسی گردیدند. فنرصندلی تراکتورها نیز با توجه به وزن راننده‌ها، به‌طور جداگانه برای هر راننده تنظیم گردیدند.

برای انجام آزمایش و ثبت شتاب‌های موردنظر از دستگاه شتاب سنج TM100 استفاده گردید که داده‌های خروجی آن توسط یک مدار الکترونیکی ثبت می‌گردید و پس از انجام آزمایش به رایانه انتقال داده می‌شد. برای اندازه‌گیری شتاب‌ها در جهت‌های مختلف، شتاب سنج‌ها روی یک مکعب فلزی که در راستای مرکز ثقل تراکتور قرار داشت، نصب گردیدند. وجوه این مکعب روی بدنه تراکتور به نحوی تنظیم گردیدند که هر یک از وجه‌های آن در راستای یکی از جهت‌های مختصاتی مورد نظر بودند.

مقادیر ریشه میانگین مربع‌های شتاب‌ها (Root Mean Square) و اندازه ارتعاش (Vibration Dose Value) آنها، پس از وزن‌دارکردن داده‌های آزمایش با توجه به استانداردهای جهانی(۱۲) محاسبه و سپس جمع برداری آنها محاسبه شدند. هم‌چنین آزمایش‌هایی نیز جهت ارزیابی و مقایسه سطوح ارتعاش روی آسفالت و سطح مزرعه هنگام انجام عملیات شخم با گاوآهن برگرداندار و دیسک‌زنی پس از شخم با همان دو سرعت پیشروی نیز صورت گرفت.

برای اجرای طرح از آزمایش فاکتوریل ۶×۲×۳×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید که سرعت پیشروی ، نوع تراکتور، ادوات متصل به تراکتور و جرم راننده فاکتورهای این آزمایش در سطوح مختلف بودند. ریشه میانگین مربع‌های شتاب و مقدار اندازه ارتعاش شتاب‌های وزن‌دارشده کف تراکتورها در امتداد سه محور x,y,z ، روی نیم‌تنه بالایی و نیم‌تنه پایینی بدن رانندگان در دو جهت، متغیرهای آزمایشی مورد نظر بودند که پس از انجام آنالیز واریانس و معنی‌دار بودن آنها، توسط آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ تجزیه و تحلیل گردیدند. برای انجام عملیات آماری از نرم افزارهای Excle2003 و SPSS استفاده گردید. هم‌چنین برای برگرداندن داده‌های حاصل از آزمایش از حوزه زمانی به حوزه فرکانسی و وزن‌دارکردن آنها از نرم افزار مطلب نسخه ۶/۵ استفاده گردید.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس آثار اصلی و متقابل سطوح مختلف فاکتورهای سرعت پیشروی، نوع تراکتور، دستگاه متصل به تراکتور و جرم راننده در جدول ۲ ارائه گردیده است. نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس ریشه میانگین مربع‌های شتاب‌های وزندار شده در دو وضعیت سلامتی و آسایش راننده نشان داد که در هر دو حالت سلامتی و آسایش راننده، سرعت پیشروی تراکتور و نوع دستگاه متصل شده به تراکتور هیچ گونه اختلاف معنی‌داری را روی ارتعاش واردشده به رانندگان تراکتور به‌وجود نیاورد. این در حالی‌است که با توجه به پژوهش مهتا و همکاران(۱۴) سرعت پیشروی اثر معنی‌داری بر روی ارتعاش وارد بر راننده تیلر داشت اما در این پژوهش سطح هموار و بدون فراز و نشیب محل انجام آزمایش‌ها و وزن



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.16.6 ]

**جدول۲. میانگین مربع‌های آثار اصلی و متقابل سطوح مختلف فاکتورهای نوع تراکتور، دستگاه متصل به تراکتور، سرعت پیشروی و جرم راننده**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربع‌ها | |
|---|---|---|---|
| | | سلامتی راننده | آسایش راننده |
| نوع تراکتور (T) | ۲ | ۶۳۱۷۴۸/۶$^{**}$ | ۴۸۴۹۰۴/۴$^{**}$ |
| دستگاه متصل به تراکتور(I) | ۱ | ۱۷۶۹۲/۵$^{ns}$ | ۱۱۶۴۵/۹$^{ns}$ |
| سرعت پیشروی(S) | ۱ | ۱۵۵۶۳/۱$^{ns}$ | ۱۴۹۲۷/۱$^{ns}$ |
| جرم راننده (M) | ۵ | ۴۰۷۷۵۳/۷$^{**}$ | ۲۹۹۹۳۷/۹$^{**}$ |
| اثر متقابل T×I | ۲ | ۶۸۲۰۷/۱$^{*}$ | ۴۶۸۸۲/۹$^{*}$ |
| اثر متقابل T×S | ۲ | ۱۳۹۰/۸$^{ns}$ | ۶۷۰/۳$^{ns}$ |
| اثر متقابل T×M | ۱۰ | ۱۰۳۶۵۰/۱$^{**}$ | ۷۹۰۹۹/۱$^{**}$ |
| اثر متقابل I×S | ۱ | ۱۵۸۳/۵$^{ns}$ | ۴۵۳/۸$^{ns}$ |
| اثر متقابل I×M | ۵ | ۲۱۰۹۳/۵$^{ns}$ | ۱۵۴۹۲/۳$^{ns}$ |
| اثر متقابل S×M | ۵ | ۶۵۲/۹$^{ns}$ | ۷۰۴/۷$^{ns}$ |
| خطای آزمایش | ۳۴۷ | ۲۲۷۱۲/۶ | ۱۲۷۷۰/۵ |

*، ** و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ ، ۱٪ و غیر معنی‌دار

زیاد تراکتورهای مورد آزمون در مقابل مسیر آزمایش و وزن تیلر، سرعت پیشروی اختلاف معنی‌داری را بر ارتعاش انتقال داده شده به بدن رانندگان به‌وجود نیاورد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس ریشه میانگین مربع‌های شتاب‌های وارد شده بر تراکتورها نشان داد که میانگین بردارهای شتاب وارد بر تراکتورهای مختلف اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ به‌وجود آوردند به‌گونه‌ای که تراکتور جاندیر مدل۳۱۴۰ کمترین مقدار بردار شتاب را نسبت به دو تراکتور دیگر در هر دو وضعیت روی بدن رانندگان و روی بدنه تراکتور داشت. بررسی میانگین‌های این شتاب‌ها، نشان داد که میانگین بردارهای شتاب تراکتور جاندیر مدل ۳۱۴۰ روی بدن رانندگان تقریباً نصف میانگین بردارهای شتاب تراکتور یونیورسال مدل ۶۵۱ بود. در صورتی‌که میانگین بردارهای شتاب اندازه‌گیری شده روی بدنه تراکتورها حدود ۷۵٪ میانگین بردارهای شتاب تراکتور یونیورسال بود. با توجه به این موضوع که موتور خودرو منشاء ارتعاش‌های فرکانس بالا می‌باشد که معمولاً این فرکانس‌ها به‌طور کامل توسط فوم صندلی تقلیل می‌یابد و کمتر به ارگان‌های اساسی بدن راننده آسیب می‌رساند(۱۴)، نسبت وزن معلق به غیر معلق و سیستم تعلیق مناسب تراکتور جاندیر را می‌توان علت به‌وجود آمدن این اختلاف‌ها دانست.

بررسی میانگین بردارهای شتاب تراکتور مسی‌فرگوسن مدل ۱۶۵ در این دو وضعیت نشان داد که میانگین بردار شتاب روی بدنه تراکتور تقریباً برابر میانگین بردار شتاب تراکتور یونیورسال بوده در حالی‌که میانگین بردارهای شتاب روی بدن رانندگان حدود نصف مقدار مشابه آن روی تراکتور یونیورسال بود. علت اختلاف میانگین بردارهای شتاب روی تراکتورها یا بدن رانندگان را می‌توان در نوع سیستم تعلیق تراکتورها (چرخ‌های تراکتور و تعلیق صندلی) و وزن تراکتورهای مورد نظر دانست. چرخ‌های کم‌عرض و هم‌چنین انعطاف‌پذیری کمتر (ضریب سختی بالا) چرخ‌های تراکتور رومانی نسبت به دو تراکتور دیگر ارتعاش بیشتری را به بدنه تراکتور انتقال می‌داد و باعث به‌وجود آمدن بردار شتابی حدود دو برابر بردار شتاب تراکتورهای دیگر می‌گردید که می‌توان با کم‌کردن فشار باد چرخ‌های آن در حد مجاز طبق دفترچه راهنمای تراکتور ، به‌نحوی که باعث کاهش بازده کششی تراکتور نگردد، باعث افزایش انعطاف پذیری آنها و کاهش بردار شتاب وارد بر تراکتور گردید. اما اختلاف مقادیر



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.16.6 ]

**جدول۳.میانگین‌های بردار شتاب سطوح مختلف فاکتورهای تراکتور و جرم راننده و هم‌چنین اثرات متقابل این دو فاکتور بر همدیگر و میانگین بردار شتاب روی تراکتورها**

| نوع تراکتور | جرم راننده(kg) | | | | | | میانگین بردارشتاب($ms^{-2}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۵۵ | ۶۵ | ۷۰ | ۷۵ | ۸۵ | ۱۰۰ | بدن رانندگان | تراکتور |
| مسی‌فرگوسن۱۶۵ | ۶/۱[1] | ۴/۹ | ۴/۰ | ۱۰/۲ | ۳/۹ | ۲/۸ | ۵/۳[a*] | ۱۱/۷[b] |
| | ۵/۲ | ۴/۲ | ۳/۴ | ۸/۶ | ۳/۳ | ۲/۴ | ۴/۵[a] | |
| جاندیر۳۱۴۰ | ۷/۳ | ۴/۹ | ۳/۹ | ۵/۷ | ۳/۳ | ۳/۴ | ۴/۸[a] | ۸/۶[a] |
| | ۶/۲ | ۴/۲ | ۳/۳ | ۴/۸ | ۲/۸ | ۲/۹ | ۴/۰[a] | |
| یونیورسال۶۵۱ | ۱۶/۱ | ۸/۷ | ۷/۹ | ۱۵/۸ | ۴/۹ | ۳/۸ | ۹/۵[b] | ۱۱/۶[b] |
| | ۱۳/۹ | ۷/۶ | ۶/۷ | ۱۳/۸ | ۴/۲ | ۳/۳ | ۸/۳[b] | |
| میانگین‌ها | ۹/۸[D#] | /۲[C] | ۵/۳[BC] | ۱۰/۶[D] | ۴/۰[AB] | ۳/۳[A] | | |
| | ۸/۴ | ۶ | ۴/۵ | ۹/۱ | ۳/۴ | ۲/۹ | | |

۱. اعداد ردیف بالای و پایین هر خانه به ترتیب مربوط به میانگین بردار شتاب در وضعیت سلامتی و آسایش می‌باشد.

*: اعداد با حروف کوچک مشترک در ستون‌های مربوط به میانگین بردار شتاب روی بدن رانندگان و میانگین بردار شتاب روی تراکتور از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

– اعداد با حروف بزرگ مشترک در ردیف مربوط به میانگین‌های بردار شتاب رانندگان با جرم‌های مختلف از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند(دانکن ۵٪).

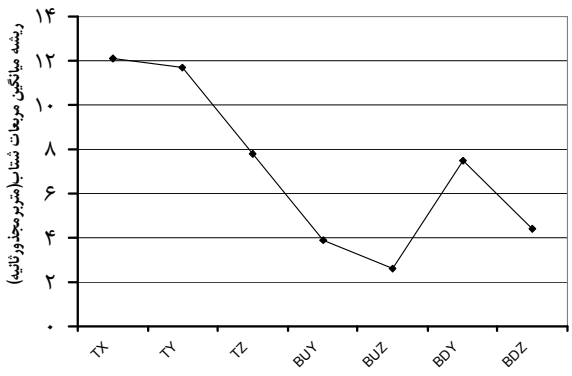
بردار شتاب تراکتور مسی‌فرگوسن در دو محل اندازه‌گیری را باید ناشی از اختلاف در وضعیت تعلیق صندلی این تراکتور نسبت به تراکتور یونیورسال دانست. تعلیق مناسب صندلی این تراکتور نسبت به تراکتور یونیورسال باعث میرایی ارتعاش منتقل شده به راننده گردیده، در نتیجه میانگین بردارهای شتاب روی بدن رانندگان کاهش یافته است. هم‌چنین مقادیر پایین میانگین بردارهای شتاب روی بدنه تراکتور جاندیر و بدن رانندگان آن را می‌توان ناشی از وزن زیاد این تراکتور نسبت به دو تراکتور دیگر دانست. اگرچه باز هم، مقدار این میانگین‌ها روی بدنه تراکتورها و بدن رانندگان از سطح استانداردهای جهانی (جدول۱) بیشتر می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس ریشه میانگین مربع‌های شتاب‌های بدن رانندگان مختلف نشان داد که در هر دو وضعیت سلامتی و آسایش راننده، میانگین‌های بردار شتاب اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با توجه به جرم رانندگان داشتند. مقادیر اندازه‌گیری شده روی بدن این افراد به‌گونه‌ای بود که با کاهش جرم راننده، میانگین بردار شتاب روی بدن این افراد افزایش می‌یافت به‌نحوی که برای راننده با جرم ۱۰۰ کیلوگرم، میانگین بردار شتاب برابر ۳/۳ متر بر مجذور ثانیه بود ولی برای راننده با جرم ۵۵ کیلوگرم، میانگین بردار شتاب برابر ۹/۸ متر بر ثانیه بود (جدول۳) که علت این اختلاف را می‌توان تفاوت در حجم بافت‌های ماهیچه‌ای بدن این افراد و جرم معلق آنها بیان نمود. انعطاف پذیری بالاتر و ضریب سختی پایین بافت بدن افراد چاق نسبت به افراد لاغر به دلیل حجم زیاد بافت ماهیچه‌ای و چربی اطراف بدن آنها مخصوصاً اطراف قسمت‌های نشیمنگاه و دور شکم آنها، باعث میراشدن ارتعاش در این بافت‌ها و کاهش میانگین بردار شتاب می‌گردد(۱۳).



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.16.6 ]




TX: ریشه میانگین مربع‌های شتاب روی تراکتور در راستای حرکت
TY: ریشه میانگین مربع‌های شتاب روی تراکتور در راستای عمود برحرکت:
TZ: ریشه میانگین مربع‌های شتاب روی تراکتور در راستای عمود بر زمین
BUY: ریشه میانگین مربع‌های شتاب روی نیم‌تنه بالایی در راستای عمود بر حرکت
BUZ: ریشه میانگین مربع‌های شتاب روی نیم‌تنه بالایی در راستای عمود بر زمین
BDY: ریشه میانگین مربع‌های شتاب روی نیم‌تنه پایینی در راستای عمود بر حرکت
BDZ: ریشه میانگین مربع‌های شتاب روی نیم‌تنه پایینی در راستای عمود بر زمین

**شکل۱. مقادیر ریشه میانگین مربع‌های شتاب روی نیم تنه بالایی و نیم تنه پایینی بدن رانندگان و بدنه تراکتور را در راستاهای مختلف**

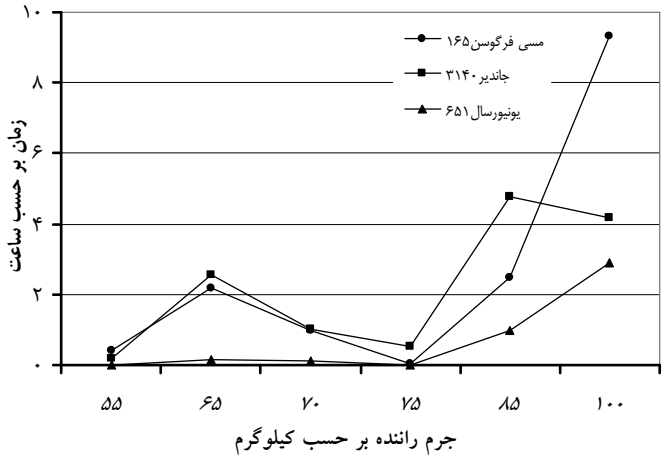
بررسی میانگین‌های مربوط به بردار شتاب روی بدن رانندگان مختلف نشان می‌دهد که راننده با جرم ۷۵ کیلوگرم بیشترین میانگین بردار شتاب را نسبت به دیگر رانندگان به خود اختصاص داده است. علت این موضوع را می‌توان اختلاف در نوع آزمایش این فرد دانست. در این پژوهش از رانندگان دیگر فقط روی سطح آسفالت آزمون گرفته شد در حالی‌که راننده با جرم ۷۵ کیلوگرم به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد و مقادیر شتاب روی بدن او در مزرعه هنگام انجام عملیات شخم با گاوآهن برگرداندار و دیسک نیز ثبت گردید که در نتیجه میانگین بردار شتاب بالاتری نسبت به دیگر افراد را به‌دست آورد که ناشی از شرایط ناهموار مزرعه نسبت به سطح آسفالت بود.

ریشه میانگین مربع‌های شتاب روی دو محل مختلف پشت رانندگان روی ستون فقرات در نیم تنه بالایی و پایینی اندازه‌گیری شد و بردار برآیند این شتاب‌ها در این دو محل محاسبه و تجزیه و تحلیل گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل این شتاب‌ها بیانگر وجود اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ در هر دو وضعیت سلامتی و آسایش راننده بود. بررسی بردار شتاب اندازه‌گیری شده روی نیم‌تنه بالایی بیانگر مقدار شتاب کمتری نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده روی نیم‌تنه پایینی بدن رانندگان مختلف بود که علت آن را می‌توان وجود اندام‌های داخلی بدن دانست. با افزایش ارتفاع از سطح نشیمنگاه و یا به عبارتی سطح صندلی تراکتور میزان میرایی ارتعاش به دلیل وجود اندام‌های داخلی بدن بیشتر شده به‌نحوی که مقدار ارتعاش روی نیم تنه پایینی حدود دو برابر نیم تنه بالایی به‌دست آمد.

شکل۱ مقادیر ریشه میانگین مربع‌های شتاب را در نقاط نیم‌تنه بالایی و نیم تنه پایینی بدن رانندگان را در راستاهای مختلف نشان می‌دهد. بررسی مؤلفه‌های شتاب‌های روی بدن رانندگان و تراکتورها در جهت‌های مختلف مختصاتی نشان می‌دهد که مقادیر ریشه میانگین مربع‌های شتاب در راستای افقی نسبت به جهت عمود بر زمین در هر دو قسمت نیم‌تنه بالایی و پایینی بدن رانندگان و حتی روی تراکتور دارای سطح بالاتری می‌باشد که می‌توان عدم تعادل جانبی تراکتور و ارتعاش‌های ناشی از اجزای انتقال قدرت تراکتور را دلیل به‌وجود آمدن چنین وضعیتی دانست(۸). شکل۲ متوسط زمان رانندگی مجاز روزانه این افراد را با توجه به استانداردهای جهانی(۲ و ۱۲) نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد بیشترین زمان مجاز رانندگی مربوط به راننده با جرم ۱۰۰ کیلوگرم و تراکتور مسی‌فرگوسن مدل۱۶۵ برابر ۹/۳ساعت و کمترین زمان مجاز مربوط به راننده ۵۵ کیلوگرم و تراکتور یونیورسال مدل۶۵۱ برابر ۰/۱ساعت می‌باشد. این در حالی است که در مجموع



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.16.6 ]




**شکل۲. مدت زمان مجاز رانندگی روزانه رانندگان مختلف با تراکتورهای مختلف**

تراکتور جاندیر نسبت به دو تراکتور دیگر دارای میانگین زمان مجاز رانندگی بیشتری برای افراد مختلف می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

با مقایسه مقادیر ریشه میانگین مربع‌های شتاب به‌دست آمده روی بدن رانندگان مختلف هنگام رانندگی با این تراکتورها در وضعیت آسایش و مقادیر موجود در استانداردهای جهانی نشان داد که سطح آسایش رانندگان هنگام رانندگی با این سه تراکتور فوق‌العاده ناراحت می‌باشد که با پرسش‌هایی که از رانندگان پس از انجام آزمون در این رابطه صورت گرفت، مطابقت داشت. بنابراین با توجه به مقادیر ریشه میانگین مربع‌های شتاب به‌دست آمده، پیشنهاد می‌گردد در سیستم تعلیق تراکتورهای موجود مخصوصاً تعلیق صندلی و جنس فوم نشیمنگاه و تکیه‌گاه آن، توسط شرکت‌های سازنده آن مطالعات بیشتری انجام گردد. هم‌چنین با توجه به جرم رانندگان و مقادیر شتاب به‌دست آمده روی بدن این افراد، صندلی‌های تراکتورها باید به‌گونه‌ای طراحی گردند که جواب‌گوی محدوده وسیعی از جرم افراد مختلف باشد. هم‌چنین می‌توان از سیستم‌های کنترل هوشمند جهت تعیین تعلیق مناسب با توجه به جرم راننده و شتاب منتقل شده به صندلی بهره گرفت. رانندگان تراکتورها در صورت امکان از چرخ‌ها با انعطاف‌پذیری بالاتر و یا چرخ‌های دوتایی استفاده نمایند و یا باد چرخ‌های تراکتور را تا آنجایی که باعث کاهش بازده کششی تراکتور و افزایش استهلاک آن نگردد، کاهش دهند.

## منابع مورد استفاده


1. Bovenzi, M. and A. Betta. 1994. Low back disorder in agricultural tractor drivers exposed to whole body vibration and postural stress. Appl. Ergon. 25:231-241.
2. British Standards Institution, 1987. Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock. BS 6841.
3. Chaffin D. B. and B. G. Andersson. 1990. Occupational Biomechanics. 2nd ed., John Wiley & Sons Inc., New York.
4. Fairley, T. E. and M. J. Griffin. 1989. The apparent mass of the seated human body: vertical vibration. Journal of Biomech: 22:81-94.
5. Fairley,T. E. and M. J. Griffin. 1990. The apparent mass of the seated human body in the fore-and-aft and lateral directions. J. Sound and Vib. 139:299-306.
6. Futatsuka, M., S. Maeda, T. Inaoka, M. Nagano, M. Shono and T. Miyakita.1998. Whole body vibration and health effects in the agricultural machinery drivers. Indust. Health 36:127-132.
7. Gerke, F. G. and D. L. Hoag. 1981. Tractor vibration at the operator's station. Trans. ASAE. 24:1131-1134.




[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.16.6 ]

8. Griffin, M. J. 1990. Handbook of Human Vibration. Human Factors Research Unit. University of Southampton. Academic Press, London.
9. Griffin, M. J., E. M. Whitham and K. C. Parsons. 1982. Vibration and Comfort: translational seat vibration. J. Ergon. 5(7):603-630.
10. Holmlund, P., R. Lundstrom and L. Lindberg. 2000. Mechanical impedance of the human body in vertical direction. Appl. Ergon. 31:415–422.
11. ISO (1979). Agricultural wheeled tractors and field machinery- Measurements of whole-body vibration at the operator. ISO 5008. International Organization for Standardization.
12. ISO (1997). Evaluation of human exposure to whole-body vibration. ISO 2631-1. Int. Org. for Standardization.
13. Mansfield, N. J. and M. J. Griffin. 2000. Non-linearties in apparent mass and transmissibility during exposure to whole body vertical vibration. J. Biomech. 33:933-941.
14. Mehta, C. R., P. S. Tiwari and A. C. Varshney.1996. Ride vibration on a 7.5kW rotary power tiller. J. Agric. Eng. Res. 66:169-176.
15. Pope, M. H. and T. H. Hansson. 1992. Vibration of the spine and low back pain. Clin. Orthopedics 279: 49-59.
16. Sorainen, E., J. Penttinen, M. Kallio, M. Rytkonen and K. Taattola. 1998. Whole body vibration of tractor during harrowing. Am. Indust. Hygiene Assoc. J. 59:642-544.
17. Tewari, V.K. and N. Prasad. 1999. Three-DOF modeling of tractor seat-operator system. J. Terramech. 36: 207-219
18. Troup, J. D. G. 1978. Driver's back pain and its prevention – a review of postural, vibratory and muscular factors together with problem of transmitted road-shock. Appl. Ergon. 9:207-214.

[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.16.6 ]