

## ارزیابی مواجهه کاربران تیلر با ارتعاش دست و بازو

پروین نصیری<sup>۱</sup> - ایرج علی محمدی<sup>۲</sup> - محمد حسین بهشتی<sup>۳\*</sup> - کمال اعظم<sup>۴</sup>

beheshthasan8@gmail.com

### چکیده

**مقدمه:** تیلر یک تراکتور دستی چند منظوره است که در ابتدا برای شخم زدن زمین و بعداً برای فعالیتهای دیگر کشاورزی استفاده می شود. ارتعاش منتقله از دسته تیلر به کاربران احتمال دارد منجر به بروز صدمات زیادی از جمله ناراحتی، درد و اختلالات اسکلتی عضلانی گردد. هدف از این مطالعه ارزیابی مواجهه با ارتعاش دست و بازو در کاربران تیلر مدل HT900 به عنوان فراوانترین مدل تیلر مورد استفاده می باشد.

**روش کار:** در این مطالعه ۴۰ کاربر تیلر مدل HT 900 در شهرستان کاشمر استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفتند. اندازه گیری ارتعاش دست و بازو بر اساس استاندارد ISO 5349-1 و ISO 5349-2 در ۳ حالت مختلف، ساکن و دنده خلاص (درجا)، انتقال به زمین و شخم زدن زمین در دنده های مختلف انجام شد. جهت اندازه گیری ارتعاش از ارتعاش سنج پاسخ انسان BSK مدل ۲۵۱۲ استفاده شد.

**یافته ها:** نتایج این مطالعه نشان داد که در تمام موقعیتهای اندازه گیری شده میزان مواجهه با ارتعاش دست و بازو بیش از میزان استاندارد بوده و خطر بروز اختلالات ناشی از ارتعاش وجود دارد. بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش در حالت شخم زدن تیلر می باشد. میزان مواجهه در ۳ حالت شخم زدن، انتقال و درجا کار کردن تیلر به ترتیب برابر ۱۶،۹۵، ۱۴،۱۶ و ۸،۶۵ متر بر مجذور ثانیه می باشد. در تمام حالات اندازه گیری شده میزان مواجهه با ارتعاش در جهت X نسبت به جهت Y و Z بیشتر بود.

**نتیجه گیری:** این مطالعه بر نیاز برای مداخله و اتخاذ تدابیر کنترلی و مدیریتی جهت حذف و کاهش ارتعاش دست و بازو منتقله از تیلر به دست کاربران جهت جلوگیری از بروز مشکلات عمده از جمله وقوع اختلالات اسکلتی - عضلانی، ناراحتی و خستگی زودرس تاکید فراوان داشته و همچنین تیز به انجام مطالعات بیشتر جهت شناسایی منابع ارتعاش بر روی انواع مختلف تیلر نیز امری ضروریست.

### کلمات کلیدی: تیلر، ارتعاش دست و بازو، تراکتور دستی، منابع ارتعاش

- ۱- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۲- استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۳- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۴- استادیار گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

## مقدمه

(Salokhe *et al.*, 1995) ارتعاشات دست و بازو می توانند باعث بروز اختلالات اسکلتی - عضلانی ، عصبی و اختلالات در گردش خون شوند که در مجموع به آنها سندرم ارتعاش دست و بازو گفته می شود که در بین آنها رایج ترین اختلال بیماری سپید انگشتی (رینود) می باشد (Issever *et al.*, 2003). به تازگی نیز عوارض عصبی توجه بیشتری را به خود جلب کرده است که از جمله این عوارض عصبی می توان به پاراسنتزی، سوزن سوزن شدن انگشتان و دست، کاهش حس لامسه و اختلال خواب اشاره کرد. بر اساس تحقیقی که توسط Vlado Goglia و همکاران در سال ۲۰۰۶ انجام شد، تراز ارتعاش در تمام شرایط کاری در جهات x و y خیلی بیشتر از جهت z بود، هم چنین مقدار کلی ارتعاش در شرایطی که دستگاه در جا کار می کرد، حمل و نقل و شخم زدن خاک به ترتیب ۹،۶۲ ، ۸،۳۷ و ۳،۳۶ متر بر مجذور ثانیه برآورد شد. نتایج نشان داد که ۱۰٪ کارگران مواجهه یافته در معرض اختلالات سپید انگشتی ناشی از ارتعاش بعد از یک دوره نسبتاً کوتاه (۳-۴ سال) قرار دارند. (Goglia *et al.*, 2006) در سال های اخیر در کشور ایران نیز دستگاه تیلر کاربرد بسیار وسیعی در سطح کشاورزی برای انجام عملیات خاک ورزی و ایجاد بستر مناسب برای کاشت گیاهان ، از بین بردن علف های هرز، عملیات شخم زنی ، وجین زنی و حمل و نقل پیدا کرده است. این دستگاه در استان های شمالی جهت آماده کردن مزارع برنج و در استان های شمال شرقی مثل خراسان رضوی به دلیل وجود مزارع کوچک جهت انجام عملیات های مختلف باغداری و کشاورزی کاربرد بسیار زیادی پیدا کرده و طیف وسیعی از کشاورزان را در معرض ارتعاشات منتقله به بدن از جمله ارتعاش دست و بازو قرار داده است. متأسفانه

در دنیای امروز بخش عظیمی از نیروی کار در بخش کشاورزی حضور دارند و بر اساس داده های سازمان آمار ایران حدود ۲۰/۰۴ درصد نیروی کار در کشور ایران در بخش کشاورزی مشغول به کار هستند. (مرکز آمار کار) کشاورزان به عنوان جمعیتی که در معرض مواجهه با اختلالات اسکلتی - عضلانی هستند شناخته شده اند. (Boshuizen *et al.*, 1990) تیلر و یا تراکتورهای دستی از جمله دستگاه هایی می باشند که امروزه کاربرد بسیار زیادی پیدا کرده و از طریق مواجهه کشاورز با ارتعاش دست و بازو منجر به بروز آسیب های فراوانی به این قشر از افراد می شوند. تراکتورهای دستی که به آنها تیلر، تراکتورهای پیاده، تراکتورهای باغیان و یا تراکتورهای تک چرخ نیز می گویند در مزارع کوچک و یا متوسط که استفاده از تراکتورهای چهار چرخ بزرگ مشکل است، کاربرد فراوانی دارد. از سال ۱۹۸۵ به علت افزایش آگاهی کشاورزان از عملکرد این دستگاه ها، توسعه فروش و خدمات تسهیلاتی ، تبلیغ گسترده و در دسترس بودن آن افزایش بسیار زیادی یافتند. (Dewangan and Tewari, 2009a) استفاده از تراکتورهای دستی نسبت به استفاده از دام ها ۴۲٪ برای شخم زدن ، ۴۹٪ برای کاشت و ۵۰٪ برای حمل و نقل به صرفه تر می باشد. (Gupta and Kumar, 2001) اپراتور تیلر در حین کار با دستگاه در معرض مواجهه با ارتعاش بیش از حد قرار دارد. احساس لرزش زیاد در دست هنگام چنگش دستگیره یکی از شرایط مضر در هنگام کار با این دستگاه است (Tewari and Dewangan, 2009) خصوصیات ارتعاشی تیلرها ( تراکتورهای دستی دوچرخ) بسیار پیچیده بوده و در مکان های مختلف فرکانس های غالب مختلفی مشاهده میشود.

۳. حالتی که تیلر در حال شخم زدن زمین بود انجام شد، لازم به ذکر است که در ۲ وضعیت انتقال به زمین و شخم زدن زمین، ارتعاش در حالت‌هایی که دستگاه به صورت دنده ۱، دنده ۲ و دنده عقب کار می‌کرد و در جهات  $x$ ،  $y$  و  $z$  به صورت جداگانه سنجیده شد.

در این مطالعه میزان ارتعاش دست و بازو با استفاده از ارتعاش سنج دست، بازو B&K مدل ۲۵۱۲ و بر اساس روش‌های استاندارد ISO 5349 اندازه گیری گردید. ارتعاش سنج مدل ۲۵۱۲ یک دستگاه پرتابل و مناسب جهت ارزیابی ارتعاش منتقله به دست و بازو می‌باشد که بر اساس استانداردهای موجود طراحی شده است. این مدل یک دستگاه دیجیتال است و می‌تواند به طور خودکار محاسبات را انجام دهد. در این دستگاه رابطه پیچیده بین تراز ارتعاش، فرکانس و زمان در محاسبه تراز ارتعاش معادل مداوم به‌طور خودکار در نظر گرفته می‌شود. دستگاه فوق علاوه بر اندازه گیری شتاب معادل قادر به اندازه گیری و نمایش شتاب پیک و زمان سپری شدن نیز می‌باشد. برای اندازه گیری ارتعاش دست و بازو مجموعه لوازم جانبی به عنوان مجموعه ۴۳۹۲ تهیه شده است که شامل یک شتاب سنج مینیاتور نوع ۴۳۷۴ و ۲ آداپتور است.

تاکید نیروهای بهداشت حرفه‌ای بر روی صنایع منجر به غفلت از این بخش مهم از نیروی کاری شده است و مطالعات صورت گرفته در این زمینه بسیار محدود می‌باشد. بنابراین هدف از انجام این مطالعه ارزیابی میزان مواجهه کاربران این دستگاه با ارتعاش دست و بازو بوده و بر اساس مطالعات صورت گرفته جهت کنترل و کاهش ارتعاش پیشنهادهای ارائه شده است.

### روش کار

این مطالعه یک مطالعه توصیفی - تحلیلی مقطعی است که بر روی ۴۰ نفر از کاربران دستگاه تیلر مدل HT900 در جامعه کشاورزان شهرستان کاشمر که بیش از یک سال سابقه کار با دستگاه را داشتند انجام شد. تصویر و مشخصات تیلر مورد بررسی در شکل زیر نشان داده شده است. تعداد نمونه با استفاده از فرمول مربوط به اندازه گیری نمونه در جوامع نامحدود به دست آمد. پس از تعیین تعداد نمونه، از طریق نمونه برداری ساده تصادفی نمونه‌ها انتخاب شدند و اندازه گیری میزان ارتعاش در ۳ حالت کاری مختلف زیر صورت گرفت:

۱. حالتی که تیلر درجا کار می‌کرد
۲. حالتی که تیلر به زمین کشاورزی انتقال داده می‌شد



شکل ۱: مشخصات تیلر HT900

کالیبراسیون :

محور طولی چنگش. اندازه گیری ارتعاش در سه جهت به صورت متوالی و به گونه‌ای که شرایط کار در هر سه اندازه گیری یکنواخت بود انجام شد. اندازه گیری در سطح مرتعش و تا حد امکان نزدیک به مرکز ناحیه چنگش دسته تیلر صورت گرفت.

ارزیابی ارتعاش بر طبق استاندارد ISO 5349 باید به صورت عددی که ترکیبی از سه جهت است نشان داده شود که این عدد به عنوان مجموع میزان ارتعاش  $a_{hw}$  و یا مجموع شتاب وزنی است (WAS) که به عنوان ریشه میانگین مربع سه مقدار اندازه گیری شده بیان می شود.

$$a_{hw} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

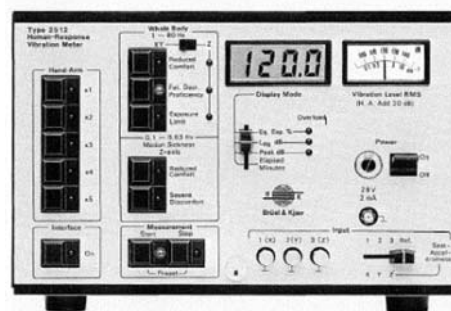
که در آن  $a_{hwx}$ ،  $a_{hwy}$ ،  $a_{hwz}$  میزان شتاب موثر برای محورهای مجزا می‌باشند. میزان مواجهه به بزرگی میزان کلی ارتعاش و طول مدت مواجهه بستگی دارد. طول مدت مواجهه روزانه مجموع زمانی است که در یک روز کاری دست‌ها در معرض ارتعاش قرار می‌گیرند. مواجهه روزانه با ارتعاش در اصطلاح انرژی شتاب معادل ۸ ساعته و یا مجموع ارتعاش وزنی - فرکانسی محاسبه می‌شود:

در این مطالعه کالیبراسیون دستگاه توسط شرکت مربوطه و با استفاده از کالیبراتور نوع ۴۲۹۴ انجام شد. علاوه بر این برای اطمینان از صحت و دقت داده‌ها در فواصل زمانی مختلف در طول مطالعه با استفاده از سیگنال داخلی مرجع دستگاه کالیبره شد. تولید کننده ارتعاش مرجع در داخل دستگاه قرار دارد که یک سیگنال مرجع (۱۲۰ db) در فرکانس ۱۶ هرتز تولید می‌کند و به استفاده کننده این امکان را می‌دهد تا عملکرد ابزار را جهت اصلاح انحراف‌های کوچک کنترل کند.

بر اساس توصیه‌های استاندارد ISO 5349-1 و ISO 5349-2 (ISO 5349-1, 2001, ISO 5349-2, 2001) مهم‌ترین کمیت جهت توصیف مقدار انرژی منتقل شده به دست و بازوی کشاورز RMS (ریشه دوم مربع میانگین شتاب) بر حسب  $2 \text{ m/s}^2$  می‌باشد. ارزیابی کامل مواجهه با ارتعاش مستلزم اندازه گیری شتاب در جهت‌های تعیین شده، فرکانس‌ها و مدت مواجهه است. بر طبق استاندارد ISO سه جهت متعامد سیستم مختصاتی که در آن میزان شتاب ارتعاش باید اندازه گیری شود عبارتند از: جهت Z در امتداد استخوان‌های متاکارپ دست، جهت X عمود بر جهت Z و جهت Y به موازات



شکل ۳: کالیبراتور شتاب سنج مدل ۴۲۹۴



شکل ۴: ارتعاش سنج پاسخ انسان مدل ۲۵۱۲

و همچنین پس از لگاریتم‌گیری از این متغیرها تابع توزیع نرمال نشدند و به ناچار از آزمون‌های ناپارامتریک بر روی این متغیرها استفاده شد.

### یافته‌ها

ارتعاش کل دست و بازو: جدول ۱ شتاب موثر ارتعاش کل دست و بازو در ۳ حالت اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد.

بر اساس نتایج جدول ۱ میانگین مواجهه با ارتعاش در حالت شخم زدن، انتقال و درجا کار کردن تیلر به ترتیب برابر ۱۶,۹۵، ۱۴,۱۶ و ۸,۶۵ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد. نتایج آزمون ANOVA نشان می‌دهد که بین میزان میانگین ارتعاش کل دست و بازو (total) در ۳ حالت مختلف اندازه‌گیری شده (درجا، انتقال و شخم زدن زمین) اختلاف معناداری وجود دارد. بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش به ترتیب در مراحل شخم زدن و سپس در حالت انتقال تیلر به زمین و درجا می‌باشد. انتقال تیلر به زمین در دو وضعیت دنده ۱ و دنده ۲ و نیز شخم زدن زمین در ۳ وضعیت دنده ۱، دنده ۲ و دنده عقب انجام شد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که بین میانگین ارتعاش کل دست و بازو در حالت‌هایی که تیلر در وضعیت دنده

$$A(8) = a_{mv} \sqrt{T \div T_0}$$

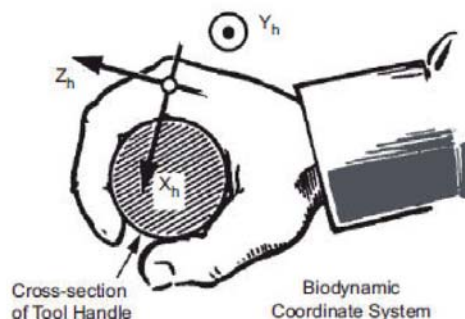
که در آن T کل مدت مواجهه روزانه و بر حسب ثانیه و  $T_0$  مدت مرجع ۸ ساعته (۲۸۸۰۰ ثانیه) می‌باشد. تراز ارتعاش با استفاده از شتاب سنج پیزوالکتریکی که بر روی دستگیره دستگاه تیلر نصب شده است اندازه‌گیری شد.

### نحوه نصب مبدل ارتعاش

ارتعاش مطابق با ISO 5349-1 باید روی یا نزدیک سطح دست‌ها، جایی که ارتعاش به بدن وارد می‌شود اندازه‌گیری گردد. در این مطالعه اندازه‌گیری با استفاده از آداپتورهای مدل UA 0894 و UA0891 شرکت BSK انجام شد. جهت آنالیز داده‌ها از نرم افزار Spss و Ex-cel استفاده شد. اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری ارتعاش در جهات مختلف z، y، x و میزان ارتعاش کلی (total) حاصل از اندازه‌گیری در مراحل مختلف دنده خلاص (درجا)، انتقال و شخم زدن زمین با آزمون کلموگروف-اسمیرونوف (K-S) از نظر نرمال بودن مورد ارزیابی قرار گرفت. تنها متغیر total از توزیع نرمال پیروی نمود و دیگر متغیرها (y، x و z) از توزیع نرمال پیروی نکردند



شکل ۵: نصب مبدل UA 0894 جهت اندازه‌گیری ارتعاش در جهات X، Y و Z



شکل ۴: محورهای مولفه‌های شتاب ISO 5349 - 2001



جدول ۱: میزان مواجهه کاربران تیلر با ارتعاش کل دست و بازو (total) در ۳ حالت کاری مختلف

موقعیت	میانگین (متر بر مجذور ثانیه)	انحراف معیار	حداکثر	حداقل	P-value
درجا	۸,۶۵	۰,۷۵	۱۰,۴۲	۷,۰۲	
انتقال	۱۴,۱۶	۱,۱۲	۱۶,۴۵	۱۱,۵۶	
شخم زدن	۱۶,۹۵	۴,۰۸	۲۳,۶۵	۱۰,۵۸	

\*Significant at 5% level, (p-value  $\leq 0.001$ )

جدول ۲ مقایسه میانگین ارتعاش کل دست و بازو کاربران تیلر به تفکیک وضعیت‌ها و حالت‌های مختلف اندازه‌گیری شده

موقعیت		میانگین	انحراف معیار	حد اقل	حداکثر	p-value
درجا	دنده خلاص	۸,۶	۰,۷۵	۷,۰۲	۱۰,۴۲	(p-value $\leq 0.001$ )
انتقال	دنده ۱	۱۳,۵۹	۰,۸۷	۱۱,۷۲	۱۵,۱۷	
	دنده ۲	۱۴,۷۴	۱,۰۶	۱۱,۵۶	۱۶,۴۵	
شخم زدن	دنده ۱	۱۸,۹۷	۱,۹۸	۱۵,۱۰	۲۳,۶۵	
	دنده ۲	۲۰,۲۹	۱,۳۴	۱۸,۹۴	۲۳,۰۹	
	دنده عقب	۱۱,۶۱	۰,۵۲	۱۰,۵۸	۱۲,۴۶	

Significant at 5% level, (p-value  $\leq 0.001$ )

موثر ارتعاش دست و بازو در جهات مختلف اندازه‌گیری شده در حالت‌های مختلف دنده خلاص، انتقال و شخم زدن زمین در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج آزمون کروسکال والیس حاکی از این است که بین میزان مقادیر ارتعاش دست و بازو در تمام جهات  $y$ ،  $x$  و  $z$  در ۳ حالت مختلف اندازه‌گیری شده (درجا، انتقال و شخم زدن زمین) اختلاف معناداری وجود دارد. (P-value  $\leq 0.001$ ). بر اساس نتایج جدول ۳ میانگین ارتعاش دست و بازو در جهات مختلف  $Y$ ،  $X$  و  $Z$  برای حالتی که تیلر درجا کار می‌کند به ترتیب برابر ۵,۸، ۳,۵ و ۵,۲ m/s، برای حالتی که تیلر در حال انتقال به زمین است برابر ۹,۴، ۶,۸ و ۸,۱ m/s و همچنین برای حالتی که تیلر در حال شخم زدن زمین است به ترتیب برابر ۱۰,۷، ۸,۵ و ۹,۸ m/s می‌باشد. مقایسه میزان ارتعاش بر اساس جدول ۳ بیانگر این موضوع است که در تمام مراحل اندازه‌گیری شده بیشترین

۱، دنده ۲ و یا دنده عقب کار می‌کند اختلاف معناداری وجود دارد و در تمام موارد p-value  $> 0,001$  می‌باشد. نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها برای ۳ حالت مختلف کاری تیلر در حین عملیات شخم زدن زمین به صورت جدول ۲ بیان شده است. بر اساس نتایج جدول ۲ در تمام مراحل انجام شده با افزایش دنده تیلر میزان مواجهه با ارتعاش افزایش می‌یابد. میزان شتاب کلی ارتعاش در حالتی که تیلر با دنده ۱ و دنده ۲ در مسیر حرکت می‌کند به ترتیب برابر ۱۳,۵۹ و ۱۴,۷۴ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد. همچنین در مواقعی که تیلر با وضعیت‌های مختلف دنده ۱، دنده ۲ و دنده عقب در حال شخم زدن زمین است، میزان مواجهه با ارتعاش به ترتیب برابر ۱۸,۹، ۲۰,۲۹ و ۱۱,۶۱ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد.

ارتعاش دست و بازو در جهات  $y$ ،  $x$  و  $z$ : شاخص‌های پراکندگی و مرکزی شتاب

جدول ۳: شاخص های مرکزی و پراکندگی مربوط به اندازه گیری ارتعاش دست و بازو دستگاه تیلر در جهات مختلف Y ، X و Z

موقعیت	جهت اندازه گیری	میانگین (m/s <sup>2</sup> )	میانه	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	P-value
درجا	X	۵,۸۶	۶	۰,۷۱	۵	۷	<0/001
	Y	۳,۵۶	۳,۵	۰,۳۶	۳	۴	
	Z	۵,۲۷	۵	۰,۵۲	۴	۷	
انتقال	X	۹,۴۵	۹,۴	۰,۸۹	۷,۸	۱۱	
	Y	۶,۸۲	۶,۹۵	۰,۸۳	۵	۹	
	Z	۸,۱۰	۸	۰,۶۹	۷	۱۰	
شخم زدن زمین	X	۱۰,۷۵	۱۲	۲,۶	۶	۱۵	
	Y	۸,۵۷	۹	۲,۲۴	۵	۱۴	
	Z	۹,۴۹	۱۱	۲,۵	۵,۶	۱۵	

جدول ۴: آمار توصیفی میزان ارتعاش دست و بازو در جهت X, Y و Z در طول عملیاتها و حالت‌های مختلف

موقعیت	دنده	جهت	میانگین (m/s <sup>2</sup> )	میانه	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
درجا	دنده خلاص	X	۵,۸۶	۶	۰,۷۱	۵	۷
		Y	۳,۵۶	۳,۵	۰,۳۶	۳	۴
		Z	۵,۲۷	۵	۰,۵۲	۴	۷
انتقال	دنده ۱	X	۸,۹۳	۹	۰,۶۹	۷	۱۰
		Y	۶,۴۴	۶,۶	۰,۷۳	۵	۸
		Z	۷,۹۳	۸	۰,۶۱	۷	۹
	دنده ۲	X	۹,۹۶	۹,۹	۰,۷۷	۹	۱۱
		Y	۷,۲۱	۷	۰,۷۵	۶	۹
		Z	۸,۲۶	۸	۰,۷۴	۷	۱۰
شخم زدن	دنده ۱	X	۱۱,۹۸	۱۲	۱,۵	۹	۱۵
		Y	۹,۶۳	۹	۱,۱۱	۸	۱۲
		Z	۱۱,۰۳	۱۱	۱,۵۵	۶	۱۴
	دنده ۲	X	۱۲,۸۴	۱۲	۰,۸۷	۱۱	۱۵
		Y	۱۰,۲۸	۱۰	۱,۳	۹	۱۴
		Z	۱۱,۸۰	۱۱	۱,۰۴	۱۱	۱۵
	دنده عقب	X	۷,۴۴	۷,۶	۰,۶۳	۶	۸,۷
		Y	۵,۸۰	۵,۹۵	۰,۶۴	۵	۶,۸
		Z	۶,۷۱	۶,۹۵	۰,۴۱	۵,۶	۷

(p-value <0.001)

مقایسه میانگین‌ها برای ۳ حالت مختلف کاری تیلر در حین عملیات شخم زدن زمین به صورت جدول ۴ بیان شده است.

### بحث

بر اساس نتایج این مطالعه بیشترین مواجهه کاربران تیلر با ارتعاش به ترتیب در حالت‌های

میزان مواجهه در جهت X و سپس در جهات Y و Z می باشد. نتایج آزمون کروسکال والیس نشان داد که بین میانگین ارتعاش دست و بازو در جهات مختلف اندازه گیری شده در حالت‌هایی که تیلر در وضعیت دنده ۱، دنده ۲ و یا دنده عقب کار می کند اختلاف معناداری وجود دارد و در تمام موارد  $p\text{-value} < 0.001$  می باشد. نتایج آزمون

نشان داد. (Dewangan and Tewari, 2009b) به نظر می‌رسد نتایج حاصل از این مطالعه نسبت به نتایج سایر مطالعات (Dewangan and Tewari, 2009a; Dewangan and Tewari, 2009b, (Goglia *et al.*, 2006, Gupta and Kumar, 2001 مقدار نسبتاً بیشتری را نشان می‌دهد و شاید یکی از علل عمده این اختلاف، تفاوت در نوع تیلر بررسی شده در مطالعات مختلف باشد.

با توجه به این‌که کاربران تیلر به‌طور میانگین ۴ ساعت با این میزان ارتعاش مواجهه دارند مقایسه میزان مواجهه شغلی کاربران تیلر با میزان مجاز ارایه شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران حاکی از این است که میزان مواجهه با ارتعاش دست و بازو در تمام شرایط کاری بسیار بیشتر از حد مجاز بوده و خطر بروز اختلالات اسکلتی عضلانی وجود دارد. در مطالعه حاضر بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش در تمام حالات اندازه‌گیری شده در جهت X برآورد شد، به‌طوری‌که میانگین ارتعاش دست و بازو در جهات مختلف X, Y و Z برای حالتی که تیلر درجا کار می‌کرد به ترتیب برابر ۵,۸، ۳,۵ و ۵,۲ m/s<sup>۲</sup>، برای حالتی که تیلر در حال انتقال به زمین است برابر ۹,۴، ۶,۸ و ۲ m/s<sup>۲</sup> و همچنین برای حالتی که تیلر در حال شخم زدن زمین است به ترتیب برابر ۱۰,۷، ۸,۵ و ۹,۸ m/s<sup>۲</sup> محاسبه شد. در مطالعه Dewangan و Tewari سال ۲۰۰۹ بیشترین میزان ارتعاش به ترتیب در جهت Z، X و Y مشاهده شد. بر اساس نتایج این مطالعه میزان ارتعاش در جهت X برای حالات مختلف انتقال، شخم زدن زمین خشک و شخم زدن زمین گلی برابر ۷,۸۸، ۶,۲۶ و ۴,۶۹ متر بر مجذور ثانیه بود. (Tewari *et al.*, 2004) در مطالعه دیگری که توسط Dewangan و Tewari جهت تعیین میزان انرژی جذب دست شده در طول ۳ عملیات مختلف انتقال

شخم زدن زمین، انتقال و ساکن وجود دارد. یکی از عوامل موثر در افزایش ارتعاش تیلر، افزایش دور موتور و توان تیلر می‌باشد چرا که بر اساس مطالعات گذشته مهم‌ترین منبع ارتعاش تیلر، موتور تیلر بوده و اثر دور موتور بر افزایش ارتعاش توسط محققین مختلف اثبات شده است (Taghizadeh *et al.*, 1389). مطالعه Vlado Goglia و همکاران در سال ۲۰۰۶ نشان داد که میانگین ارتعاش در حالت‌های مختلف درجا، انتقال و شخم زدن زمین برابر ۳,۳۷، ۸,۳۷ و ۹,۶۲ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد. نتایج این مطالعه نیز موید این مطلب است که بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش در حالت شخم زدن زمین و بعد در حال انتقال و در نهایت در حالت درجا کار کردن تیلر است. (Goglia *et al.*, 2006) در مطالعه‌ای که توسط Tewari و همکاران در سال ۲۰۰۴ در کشور هند بر روی ۳ نمونه از تیلر در ۳ حالت مختلف، انتقال در جاده آسفالت و شخم زدن زمین خشک و زمین گلی انجام شد، بیشترین میزان ارتعاش در تیلر پیاده ۴۵ متر بر مجذور ثانیه و در تیلر سواره ۲۰ متر بر مجذور ثانیه مشاهده گردید. بر اساس نتایج این مطالعه بیشترین میزان ارتعاش در حالت شخم زدن زمین خشک، انتقال و شخم زدن زمین گلی بود. (Tewari *et al.*, 2004) همچنین مطالعه دیگری از Dewangan و Tewari در سال ۲۰۰۹ نشان داد که بیشترین میزان ارتعاش در حالت انتقال و شخم زدن زمین خشک و شخم زدن زمین گلی و به ترتیب برابر ۱۰,۱۷، ۷,۷۷ و ۶,۲۲ متر بر مجذور ثانیه بود. در این مطالعه شتاب پیک در فرکانس ۳۱,۵ هرتز برای حالت‌های مختلف انتقال، شخم زدن در زمین گلی و شخم زدن در زمین خشک به ترتیب ۵,۵۲، ۵,۲۷ و ۸,۰۷ متر بر مجذور ثانیه را



کشاورزی می شوند. (De Temmerman *et al.*, 2004) مطالعه‌ی احمد علی زاده و همکاران جهت بررسی اثر سطوح مختلف دور بر شتاب rms در حالت ایستگاهی نشان داد که در تمام حالات این موضوع صادق است که فرکانس غالب با فرکانس ضربات پیستون و یا دور موتور مطابقت دارد. این نتیجه در تحقیق Salokhe نیز به دست آمده است. مثلاً در دور 2400 rpm نیز به دست آمده است. در تمام مکان‌ها حداکثر انرژی (شتاب) در طیف فرکانسی در فرکانس 40 هرتز متمرکز است که بامقدار 2400RPM/60SEC=40HZ برابری می کند. نتایج مطالعه علی زاده نشان داد که در شاسی تراکتور دوچرخ با افزایش دور موتور، شتاب به طور معنی داری افزایش می یابد. میزان ارتعاش در دور 200 و 2200 rpm ثابت می ماند و در دور 2400 rpm شتاب به طور ناگهانی افزایش می یابد که احتمالاً به علت احتراق ناقص سوخت و کوبش در این دور می باشد. بنابراین به نظر می رسد که افزایش دور موتور منجر به این می شود که زمان لازم برای مرحله سوخت کامل کاهش می یابد و در نتیجه علاوه بر این که حرکت سریع پیستون منجر به افزایش ارتعاش در تیلر می شود کاهش زمان برای فرایند سوخت نیز منجر به انجام سوخت ناقص شده که این عمل نیز ممکن است منجر به افزایش ارتعاش منتقله به دسته تیلر گردد. علت بیشتر بودن شتاب در راستای عمودی ضربان پیستون موتور در مرحله احتراق است چون جهت حرکت پیستون (کورس) در راستای عمودی است و ضربات ناشی از اینرسی پیستون در سیلندر در این جهت اعمال می شود.

ارتعاش دستگاه تیلر بیش از آن که از ناهمواری های زمین باشد بیشتر به خاطر ضربه های مداوم پیستون به شاسی در مرحله توان است. تحقیقات مختلف نشان می دهد که عامل اصلی افزایش ارتعاش در دستگاه

، شخم زدن زمین خشک و زمین گلی انجام شد ، مشخص گردید که بیشترین میزان جذب انرژی در طول عملیات شخم زدن زمین خشک ، بعد شخم زدن زمین گلی و در نهایت انتقال وجود داشت. علاوه بر آن بیشترین میزان در جهت X و کمترین آن در جهت Y محاسبه شد. . بیشترین توان جذب در فرکانس 6,3 تا 80 هرتز که فرکانس رزونانس دست است وجود داشت (Dewangan and Tewari, 2009b) در مطالعه Tewari یک رابطه خطی بین وزن بدن و میزان جذب انرژی در هر 3 عملیات مشاهده شد. با وجود این حجم دست با ضریب همبستگی 0,84، 0,88 و 0,69 به ترتیب با محورهای y، x و z در ارتباط است. علاوه بر آن در مطالعه Vlado Goglia و همکاران نیز در تمام شرایط کاری میزان ارتعاش در جهت x و y نسبت به جهت z بیشتر بوده و همچنین حداکثر میزان شتاب در جهت x در حالات در جا ، انتقال و شخم زدن زمین به ترتیب برابر 4,5، 35 و 14 متر بر مجذور ثانیه می باشد. (Goglia *et al.*, 2006)

منبع اصلی ارتعاش تیلر، موتور آن می باشد (Tewari *et al.*, 2004) از آنجا که موتور تیلر تک سیلندر می باشد از توازن خوبی برخوردار نیست. نیروهایی که در مرحله تراکم سوخت و توان توسط پیستون به وجود می آیند ضربه های زیادی را به شاسی وارد می کنند که دلیل این ضربه ها عدم استفاده از میرا کننده های ارتعاش است. این ضربه ها به شاسی و سپس به دسته تیلر منتقل شده و ارتعاش زیادی به دسته ها و بازوهای راننده وارد می کند (Taghizadeh *et al.*, 1389) در تحقیقی که توسط Temmerman و همکاران در سال 2004 انجام شد، مشخص گردید که پروفیل زمین ، زمان طولانی عملیات با ماشین و سرعت پیش روی ماشین کشاورزی جزء فاکتورهای اصلی هستند که منجر به آسیب کمر رانندگان ماشین های

دسته و موتور باعث کاهش ارتعاش به بیش از ۵۰٪ می‌شود. متوسط کاهش شتاب ارتعاش موثر در جهت  $x$  بیش از ۳۵/۲٪ در جهت  $z$  برابر ۳۰/۴٪ و در جهت  $y$  برابر ۱۸/۱٪ بوده است. در این مطالعه به این نتیجه رسیدند که WRBP در اثر نصب ایزولاتور کاهش یافته است. این مقدار از کمترین آن ۳۲٪ (در دست) تا بیشترین آن ۶۱٪ (در اندام فوقانی) متفاوت است. (Tewari and Dewangan, 2009).

### نتیجه گیری

بر اساس نتایج این مطالعه میزان مواجهه با ارتعاش دست و بازو در تمام حالات کاری بیش از حد مجاز می‌باشد و بیشترین میزان مواجهه در حالت شخم زدن زمین و سپس در حالت انتقال و در نهایت در حالت دنده خلاصه می‌باشد. همچنین بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش دست و بازو در جهت  $x$  و سپس  $z$  و  $y$  قرار دارد. مهم‌ترین منبع ایجاد ارتعاش در تیلر موتور آن می‌باشد و با افزایش دور موتور میزان ارتعاش کلی تیلر افزایش می‌یابد.

### پیشنهادهات

جهت کاهش ارتعاش منتقله به دست و بازو و کل بدن کاربران تیلر پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد.

- ۱- باید منبع اصلی ارتعاش (موتور) از بدنه تیلر به وسیله سیستم تعلیق جدا شود. برای این کار می‌توان از فنرها و میراکننده‌ها استفاده کرد (Marsili et al., 2002). از مشکلات این کار یکی نبودن تکیه‌گاه مناسب برای فنرها و میراکننده در شاسی تیلر به خاطر محدودیت جرم ماشین و دیگری کاهش توان انتقالی به جعبه دنده تیلر است.
- ۲- نصب دستگیره‌های ضد ارتعاش بر روی دسته تیلر بخش زیادی از ارتعاش منتقله به دست و

تیلر موتور آن است. با انتقال ضربات پیستون به دیگر قسمت‌ها و تقویت آن در دسته این ارتعاش افزایش می‌یابد (Salokhe et al., 1995).

تیلر دارای یک موتور تک سیلندر دیزلی است که نسبت به موتورهای چند سیلندر از توازن کمتری برخوردار است. به نظر می‌رسد به دلیل کاهش هزینه، تسریع در ساخت و کاهش جرم تیلر و همچنین برای ساده سازی ماشین و ساخت آن در یک حجم کوچک، از سیستم‌های عایق ارتعاش در مسیر موتور تا دسته و انواع سیستم‌های ایمنی صرف نظر می‌شود. تحقیق تقی زاده و همکاران نشان می‌دهد که ارتعاش در انتقال از شاسی تا دسته نه تنها کاهش نمی‌یابد بلکه در اثر ارتعاشات آزاد و تقویت، مقدار آن افزایش پیدا می‌کند. در حالی که تحقیقات متنوعی اثر کاهش شدید میزان ارتعاش را در اثر نصب جاذب در بخش‌های مختلف تیلر اثبات کرده‌اند، اما در مطالعه‌ای که توسط Bini Sama و Kathirve جهت طراحی و توسعه نصب ایزولاتور در موتور، میله دسته و دسته تیلر انجام شد، مشخص گردید که نصب ایزولاتور میزان ارتعاش دسته را بین ۵۰ تا ۶۰٪ کاهش می‌دهد. عنصر کلیدی عایق مورد استفاده ایزومر یعنی استایرن بوتادین رابر (SBR) بود. SBR یک پلیمر مخلوط متشکل از دو واحد مونومر مختلف، استایرن و بوتادین است که به طور تصادفی در امتداد زنجیره مولکولی مرتب شده است. مقاومت خوب در برابر سایش و ثبات پیری خوب که توسط مواد افزودنی به آن تقویت می‌شود از ویژگی‌های این پلیمر است. (Sam and Kathirvel, 2009). تحقیق دیگری که توسط Dewangan و Tewari در مورد تأثیر ایزولاتورهای ارتعاشی بر روی کاهش فشار ناشی از کار با تراکتورهای دستی با جایگذاری ایزولاتورهای مناسب در نقاط استراتژیک انجام گرفت این نتایج را نشان داد که ایزولاتورهای نصب شده روی

منابع

- BARBER, A. (ed.) (1992) Handbook of Noise and Vibration Control: Elsevier Science Publishers LTD
- BOSHUIZEN, H. C., BONGERS, P. M. & HULSHOF, C. T. J. 1990. Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 62, 109-115.
- 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.
- DEWANGAN, K. N. & TEWARI, V. K. 2009a. Characteristics of hand-transmitted vibration of a hand tractor used in three operational modes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, 239-245.
- DEWANGAN, K. N. & TEWARI, V. K. 2009b. Vibration energy absorption in the hand-arm system of hand tractor operator. *Biosystems Engineering*, 103, 445-454.
- GOGLIA, V., GOSPODARIC, Z., FILIPOVIC, D. & DJUKIC, I. 2006. Influence on operator's health of hand-transmitted vibrations from handles of a single-axle tractor. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 13, 33-38.

بازوی کاربر را میرا می‌کند.

- ۳- نصب و جاگذاری ایزولاتورهای ارتعاش در بخش‌های مختلف از جمله موتور تیلر بخش وسیعی از میزان ارتعاش منتقله به دست و بازو را کاهش می‌دهد. (Sam and Kathirvel, 2009) (Tewari and Dewangan, 2009)
- ۴- نتایج مطالعه Salokhe و همکاران در سال ۱۹۹۵ نشان داد که اتصال صلب دسته تراکتور دوچرخ به شاسی باعث افزایش ارتعاش انتقالی به دست‌های کاربر می‌شود. بنابراین با افزایش قابلیت ارتجاعی در دسته می‌توان میزان ارتعاش را کاهش داد. (Salokhe *et al.*, 1995)
- ۵- استفاده از وسایل ایمنی و عایق مانند دستکش‌های ضد ارتعاش مفید می‌باشد این دستکش‌ها هم اکنون در کشورهای مختلف برای اعمال گوناگون استفاده می‌شوند و باعث کاهش مقدار زیادی از ارتعاشات انتقالی به دست می‌گردند. (Barber, 1992) دستکشی که به عنوان دستکشی ضد ارتعاش طبقه بندی می‌شود لازم است در آزمایشگاه تست شود. این دستکش‌ها را باید با احتیاط انتخاب کرد و اطمینان حاصل نمود که آزمون‌های اختصاصی سازمان بین‌المللی استاندارد را گذرانده اند. (Nasiri *et al.*, 1388)
- ۶- مواجهه با ارتعاش ادوات کشاورزی می‌تواند با انتخاب درست وسیله و شرایط عملیاتی مطلوب کاهش یابد (Paddan and Griffin, 2002)
- ۷- دستگیره کمکی (میله که دو دسته را به هم متصل می‌کند) مابین دسته‌ها، آنها را مهار کرده و از ارتعاش جانبی آنها می‌کاهد. بنابراین با نصب دستگیره کمکی می‌توان شتاب در راستای افقی را کاهش داد. (Taghizadeh *et al.*, 1389)

- IN VEHICLES. *Journal of Sound and Vibration*, 253, 195-213.
- POURABDIAN, S., HABIBI, E. & RISMANCHIAN, M. Effectiveness of anti-vibration handle the amount of vibration generated by the grinder. *tahghight nezam salamt 1389* (in persian).
- SALOKHE, V. M., MAJUMDER, B. & ISLAM, M. S. 1995. Vibration characteristics of a power tiller. *Journal of Terramechanics*, 32, 181-197.
- SAM, B. & KATHIRVEL, K. 2009. Development and evaluation of vibration isolators for reducing hand transmitted vibration of walking and riding type power tillers. *Biosystems Engineering*, 103, 427-437.
- TAGHIZADEH, A., TAVAKOLI, T. & GHOBADIAN, B. 1389. Tiller vibration analysis at station position. *Iran B I O S Y S T E M S E N G I N E E R I N G*, 41, 27-35 (in persian).
- TEWARI, V. K. & DEWANGAN, K. N. 2009. Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field operation of hand tractor. *Biosystems Engineering*, 103, 146-158.
- TEWARI, V. K., DEWANGAN, K. N. & KARMAKAR, S. 2004. Operator's fatigue in field operation of hand tractors. *Biosystems Engineering*, 89, 1-11.
- GUPTA, J. P. & KUMAR, S. 2001. Status of power tiller use in Bihar - A case study in Nalanda district. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 32, 19-22.
- ISO5349-1 2001. *Mechanical Vibration Measurement and Evaluation of Human Exposure to Hand-transmitted Vibration. Part I: General Requirements*. Geneva: International Standard Organization, .
- ISO5349-2 2001. *Mechanical Vibration—Measurement and Evaluation of Human Exposure to Hand-Transmitted Vibration—Part 2: Practical Guidance for Measurement at the Workplace*.
- ISSEVER, H., AKSOY, C., SABUNCU, H. & KARAN, A. 2003. Vibration and its effects on the body. *Medical Principles and Practice*, 12, 34-38.
- 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.
- NASIRI, H.MARIORYAD, M.JAHANGIRI, M.RISMANCHIAN & A.KARIMI 1388. human response to vibration (in persian).
- PADDAN, G. S. & GRIFFIN, M. J. 2002. EVALUATION OF WHOLE-BODY VIBRATION

## Hand-Arm vibration assessment among tiller operator

P. Nassiri<sup>1</sup>; I. Ali Mohammadi<sup>2\*</sup>; M. H. Beheshti<sup>3</sup>; K. Azam<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences

<sup>3</sup> Msc., Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences,

### Abstract

**Introduction:** The power tiller is a multipurpose hand tractor designed primarily for rotary tilling and other farm operations. Vibration, transmitted from the handles of the tiller to the operators' body, causes many injuries such as, pain, musculoskeletal disorders and white finger syndrome. The aim of this study was to evaluate the hand-arm vibration exposure in the operators of tiller model HT900, as the most frequently used model of tillers.

**Material and Method:** In this study, 40 operators tiller of model HT900 in the city of Kashmar, Khorasan Razavi were examined. Hand-arm vibration measurement was done according to ISO 5349-1 and ISO 5349-2 in three different modes including, static and neutral (mode), transition to the ground mode and plowing the land mode in different gears. In order to measure the vibrations, human response vibration meter of B and K model 2512 was utilized.

**Result:** Results of the present study indicated that in all measured situations, exposure to hand arm vibration was higher than the standard limit suggested by Iranian occupational health committee and there was risk of vibration-induced disorders. The maximum exposure to vibration is in plowing ground. Exposure to hand arm vibration in three modes of plowing, transmission and natural, were respectively 16.95, 14.16 and 8.65 meters per second squared. Additionally, in all situations, vibration exposure was highest in the X-axis in comparison with Z- and Y-axes.

**Conclusion:** This study emphasizes on the need to provide intervention and controlling and managing strategies in order to eliminate or reduce vibration transmitted from tiller to operators hand and arm and also prevent to serious problems including neurovascular disorders, discomfort and white finger syndrome. Meanwhile, more studies are necessary to identify the sources of vibration on different models of tiller.

**Keywords:** Tiller, hand-arm vibration, hand tractor, sources

\* Corresponding Author Email: [beheshtihasan8@gmail.com](mailto:beheshtihasan8@gmail.com)