مقاله

ارزیابی میزان مواجههٔ کاربران تیلر با ارتعاش

پروین نصیری
استاد گروه بهداشت حرفه‌ای
دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
parvin.nassiri@gmail.com

محمدحسین بهشتی*
دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دانشکدهٔ علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس
beheshtihasan8@gmail.com

روح‌الله حاجی‌زاده
مربی گروه بهداشت حرفه‌ای
دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد
roohalahhajizade@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۳

چکیده

تیلر یک تراکتور دستی چندمنظوره است که برای فعالیت‌های کشاورزی استفاده می‌شود و کاربران آن همواره در معرض ارتعاشات و عوارض ناشی از آن قرار دارند. هدف از نگارش این مقاله، ارزیابی مواجهه با ارتعاشات در کاربران این تجهیز خاص است. برای این منظور، چهل کاربر تیلر مورد بررسی قرار گرفته‌اند و پارامترهای مربوط به ارتعاش دست و بازو و کل بدن در حالت‌ها و جهت‌های گوناگون کاری اندازه‌گیری و با میزان مجاز مقایسه شده‌اند. اندازه‌گیری‌ها براساس استاندارد ایـزو ۵۳۴۹[۱] و ایـزو ۲۶۳۱[۲] و با استفاده از ارتعاش‌سنج پاسخ انسان بی. اند کی.[۳] مدل ۲۵۱۲ انجام شد. میزان مواجهه با ارتعاش دست و بازو در سه حالت شخم‌زدن، انتقال و درجا کارکردن تیلر به‌ترتیب برابر با ۱۶/۹۵، ۱۴/۱۶ و ۸/۶۵ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد. میزان مواجهه با ارتعاش در راستای x نسبت به راستاهای y و z بیشتر بود. میانگین فاکتور قله کمتر از ۶ و بیشترین مقدار دوز ارتعاش در حالت شخم‌زدن زمین با دندهٔ ۲ برابر با $60/76\ m/s^{1.75}$ و دندهٔ ۱ برابر با $56/83\ m/s^{1.75}$ محاسبه شد. در این شرایط میزان مواجهه با ارتعاش کل بدن بیش از میزان مجاز بوده و ریسک بروز اختلالات ناشی از آن وجود دارد. براساس نتایج این مقاله، زمان مجاز کاری در حد چند ثانیه است و ریسک بروز اختلالات اسکلتی عضلانی وجود دارد. این مطالعه بر نیاز برای مداخله و اتخاذ تدابیر کنترلی و مدیریتی جهت حذف و کاهش ارتعاش تأکید دارد.

واژگان کلیدی: تیلر، تراکتور دستی، ارتعاش دست و بازو[۴]، ارتعاش تمام بدن[۵]

۱. مقدمه

در حال حاضر برآورد می‌شود که تنها در قارهٔ اروپا، از هر چهار کارگر یک نفر با یکی از دو نوع ارتعاش تمام بدن و ارتعاش دست و بازو مواجهه است [۱]. ارتعاش دست و بازو عموماً وقتی یک وسیلهٔ مرتعش در دست باشد و ارتعاش تمام بدن وقتی بدن توسط یک سطح مرتعش حمایت شود، به آن وارد می‌شود. مواجههٔ طولانی‌مدت و بیش از اندازه با ارتعاش دست و بازو عوارض بهداشتی متعددی دارد که با نام عمومی سندرم ارتعاش دست و بازو[۶] شناخته می‌شود و

با آثاری بر سیستم گردش خون، دستگاه عصبی و سیستم اسکلتی عضلانی همراه است [۲-۳]. در ارتباط با عوارض ناشی از مواجهه با ارتعاش تمام بدن نیز می‌توان به عوارضی چون کمردرد[۷]، حالت تهوع، سرگیجه، تاری دید، مشکلات سیستم گردش خونی و تحلیل سیستم عصبی اشاره کرد. البته باید توجه داشت که علت و آثار مواجهه با ارتعاش تمام بدن به اندازهٔ ارتعاش دست و بازو مشخص و واضح نیست [۴-۵].

تیلر یا تراکتور دستی از جمله ادواتی است که امروزه در مشاغل متنوع کشاورزی و باغداری کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده و از طریق مواجههٔ کشاورز با ارتعاش دست و بازو منجر به بروز آسیب‌های فراوانی به این قشر از افراد می‌شود. اپراتور این تجهیز در حین کار با آن در معرض مواجهه با ارتعاشات بیش از حد قرار دارد. احساس لرزش شدید در دست، به‌هنگام چنگش دستگیره، یکی از کاستی‌های مهم در هنگام کار با این دستگاه است [۶]. براساس تحقیقات گوگلیا و همکاران (۲۰۰۶ م) مقدار کلی ارتعاش در شرایطی که دستگاه درجا کار می‌کرد، حمل‌ونقل و شخم‌زدن خاک به‌ترتیب ۹/۶۲، ۸/۳۷ و ۳/۳۷ متر بر مجذور ثانیه بود [۷]. مطالعه‌ای که توسط تواری و همکاران (۲۰۰۴ م) در کشور هند بر روی سه نمونه از تیلر در سه حالت مختلفِ انتقال در جادهٔ آسفالت، شخم‌زدن 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 شد [۱۳]. تحقیقی که توسط گوگلیا و همکاران (۲۰۰۶ م) انجام شد، نشان داد که ۱۰ درصد کارگران بعد از یک دوره مواجههٔ نسبتاً کوتاه (۳ تا ۴ سال) با ارتعاشات در معرض اختلالات سپید انگشتی ناشی از آن قرار می‌گیرند [۷]. سالوخ و همکاران (۱۹۹۵ م) خواص ارتعاشی تراکتور دوچرخ را در دورهای مختلف موتور در شرایط ایستگاهی و مزرعه‌ای مورد بررسی قرار دادند و اعلام کردند که اتصال صلب دستهٔ تراکتور دوچرخ به شاسی سبب افزایش ارتعاش انتقالی به دست کاربر می‌شود [۸]. نتایج مطالعهٔ دیگری نشان داد که شدت ارتعاش و نوع فعالیت فرد بر میزان انتقال ارتعاش به بدن کارگر مؤثر است. حداکثر میزان انتقال در عملیات خاکورزی زمین مشاهده شد که میانگین انتقال برای متاکارپ[۸]، مچ دست، آرنج و آکرومیون[۹] به‌ترتیب برابر با ۰/۹۱، ۰/۴۷، ۰/۳ و ۰/۲۱ بود [۹].

ارائهٔ تدابیر کنترلی جهت حذف و کاهش مخاطرات ناشی از کار، مستلزم بررسی و مطالعات لازم جهت شناسایی علل بروز صدمات کاری می‌باشد. متأسفانه در دنیا تحقیقات اندکی دربارهٔ ارتعاش تمام بدن و ارتعاش دست و بازو در کاربران تیلر صورت گرفته است و در داخل کشور نیز تقریباً می‌توان گفت که هیچ مطالعهٔ مدون و مستندی وجود ندارد. بنابراین با توجه به این واقعیت در این مقاله سعی شده است که سطح مواجههٔ واقعی کاربران تیلر مورد بررسی قرار گیرد.

۲. مواد و روش‌ها

در این مقاله، چهل کاربر تیلر در جامعهٔ کشاورزان شهرستان‌های استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اندازه‌گیری ارتعاش طبق رهنمود استانداردهای ایزو ۲۶۳۱ برای ارتعاش تمام بدن و ایزو ۱-۵۳۴۹ برای ارتعاش دست و بازو و در سه حالت کاری مختلف زیر انجام گرفت:

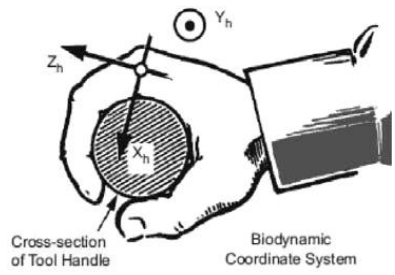
۱. حالتی که تیلر درجا کار می‌کرد (دندهٔ خلاص)
۲. حالتی که تیلر به زمین کشاورزی انتقال داده می‌شد (دندهٔ ۱ و دندهٔ ۲)
۳. حالتی که تیلر در حال شخم‌زدن زمین بود (دندهٔ ۱، دندهٔ ۲ و دنده عقب)

برای انجام آزمایش و ثبت شتاب‌های مورد نظر از ارتعاش‌سنج بی. اند کی. مدل ۲۵۱۲ و مبدل ۴۳۲۲ (برای ارتعاش کل بدن) و مبدل ۰۸۹۴(برای ارتعاش دست و بازو) استفاده و 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.

۱-۲. اندازه‌گیری ارتعاش دست و بازو

ارزیابی کامل مواجهه با ارتعاش مستلزم اندازه‌گیری شتاب در راستاهای تعیین‌شده، فرکانس‌ها و مدت مواجهه است. بنابر استاندارد ایزو سه راستای متعامد سیستم مختصاتی، که در آن میزان شتاب ارتعاش باید اندازه‌گیری شود، عبارت‌اند از: راستای z در امتداد استخوان‌های متاکارپ دست، راستای x عمود بر راستای z و نهایتاً راستای y به‌موازات محور طولی چنگش. اندازه‌گیری ارتعاش در سه راستا به‌صورت متوالی، به‌صورتی‌که شرایط کار در هر سه اندازه‌گیری یکنواخت باشد انجام شد. اندازه‌گیری در سطح مرتعش و تا حد امکان نزدیک به مرکز ناحیهٔ چنگش دستهٔ تیلر انجام شد.



شکل ۱. محورهای مؤلفه‌های شتاب ارتعاش

ISO 5349-2001

ارزیابی ارتعاش بنابر استاندارد ایزو ۵۳۴۹ باید به‌صورت عددی که ترکیبی از سه راستا اندازه‌گیری شده است نشان داده شود؛ که این عدد به‌عنوان ریشهٔ میانگین مربع سه مقدار اندازه‌گیری‌شده بیان می‌شود.

$$a_{hw} = \sqrt{a_{hwx}^2} + \sqrt{a_{hwy}^2} + \sqrt{a_{hwz}^2} \qquad (۱)$$

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

$$A(8) = a_{hw}\sqrt{T \div T_0} \qquad (۲)$$

به‌طوری‌که در این رابطه T کل مدت زمان مواجههٔ روزانه برحسب ثانیه و T_0 مدت مرجع هشت ساعته (۲۸۸۰۰ثانیه) می‌باشد. تراز ارتعاش با استفاده از شتاب‌سنج پیزوالکتریکی که روی دستگیرهٔ دستگاه تیلر نصب شده است اندازه‌گیری شد.

فاکتور قله[۱۰]: فاکتور قله مقداری بدون‌بعد است که به‌صورت نسبت مقدار شتاب قله به شتاب مؤثر تعریف می‌شود. در این مطالعه فاکتور قله با استفاده از رابطهٔ ۳ محاسبه می‌شود [۱۰]:

$$CF = \frac{(a_w(t))_{\max}}{(a_w)_{r.m.s}} \qquad (۳)$$

به‌طوری‌در این رابطه a_w شتاب وزن‌یافتهٔ فرکانسی می‌باشد.

مقدار دوز ارتعاش[۱۱]: معمولاً در اثر ناهمواری‌های زمین به ماشین‌های خارج جاده‌ای، مانند ماشین‌های کشاورزی، شوک زیادی وارد می‌شود. چون در محاسبهٔ مقدار دوز ارتعاش با گذشت زمان شوک‌ها اهمیت زیادی دارند، پس مقدار دوز ارتعاش بهترین معیار سنجش راحتی راننده است [۱۱]. مقدار دوز ارتعاش توسط معادلهٔ ۴ با دورهٔ زمانی اندازه‌گیری T_s تعداد نقاط در یک دورهٔ زمانی N و داده‌های ارتعاشی وزن‌دار فرکانسی $a(i)$ تعریف می‌شود [۱۱-۱۲]:

$$VDV = \left(\frac{T_s}{N}\sum a(i)^4\right)^{\frac{1}{4}} \qquad (۴)$$

مقدار فاکتور کرست برای تمام حالات کاری نشان داده شده است. در اینجا چون میانگین فاکتور کرست کمتر از ۶ شده است از فرمول تخمین مقدار دوز ارتعاش استفاده می‌شود، که فرمول آن به‌صورت رابطهٔ ۵ می‌باشد [۱۰]:

$$eVDV = 1.4\,a_{wr.m.s}\,T^{\frac{1}{4}} \qquad (۵)$$

به‌طوری‌که در این *رابطه* $eVDV$ مقدار تخمینی مقدار دوز ارتعاش و T طول مدت زمان اندازه‌گیری بر حسب ثانیه است. واحد مقدار دوز ارتعاش $m/s^{1.75}$ می‌باشد. برای ترکیب محورهای مختصات مقدارهای دوز ارتعاش از رابطهٔ ۶ استفاده می‌شود [۱۰]:

$$VDV = \sqrt[4]{VDV_X{}^4 + VDV_Y{}^4 + VDV_Z{}^4} \qquad (۶)$$

۲-۲. اندازه‌گیری ارتعاش کل بدن

در این مقاله، محققان به‌دنبال اندازه‌گیری و ارزیابی ارتعاش کل بدن در کاربران تیلر، بر اساس روش علمی بیان‌شده در استانداردهای بین‌المللی بوده‌اند، اما متأسفانه تمام استانداردها و مطالعات انجام‌شده جهت ارزیابی ارتعاش تمام بدن بر ارتعاشات منتقله از سطوح سلب مانند صندلی به بدن انسان تمرکز بوده و در استانداردهای موجود دربارهٔ اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن یک فرد پیاده و در حال حرکت مطلبی بیان نشده است. اندازه‌گیری ارتعاش کل بدن در حالتی‌که تیلر درجا و در وضعیت دندهٔ خلاص کار می‌کرد، به دو صورت انجام شد:

۱. اندازه‌گیری ارتعاش وارده به کل بدن از طریق زمین
۲. اندازه‌گیری ارتعاش وارده به کل بدن اپراتور در حال حرکت با نصب حسگر در کمر کارگر

در حالت نخست، در وضعیتی که تیلر در آخرین بار کاری خود قرار داشت و کاربر پشت تیلر با دست، دسته‌های تیلر را گرفته و روی مبدل ایستاده بود، میزان ارتعاش کل بدن بر اساس استاندارد ایزو ۲۶۳۱ و در سه راستای x، y و z اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن کاربر در حالتی‌که با دست تیلر را گرفته و پیاده عقب تیلر در حرکت بود، با قراردادن صفحهٔ شتاب‌سنج در مرکز ثقل بدن (مهرهٔ L5 کمر) تحت شرایط واقعی کار روزانه کاربران انجام شد. شتاب معادل کلی ($A_{eq}(T)$) با استفاده از رابطهٔ ۷ محاسبه می‌شود. مقادیر ریشهٔ میانگین مربع‌های شتاب[۱۲] و اندازهٔ دوز ارتعاش آنها پس از وزن‌دار کردن داده‌های آزمایش با توجه به استانداردهای جهانی محاسبه و سپس جمع برداری آنها محاسبه شدند.

$$A_{eq}(T) = \sqrt[2]{(1.4a_x)^2 + (1.4a_y)^2 + (1.4a_z)^2} \qquad (۷)$$

۳. یافته‌ها

۳-۱. شتاب مؤثر ارتعاش دست و بازو

نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین ارتعاش کل دست و بازو کاربران تیلر به تفکیک وضعیت‌ها و حالت‌های مختلف اندازه‌گیری‌شده به‌صورت جدول ۱ بیان شده است. میزان شتاب کلی ارتعاش در حالتی که تیلر با دندهٔ ۱ و ۲ در مسیر حرکت می‌کرد، به‌ترتیب برابر با ۱۳/۵۹ و ۱۴/۷۴ متر بر مجذور ثانیه و در مواقعی که تیلر با وضعیت‌های مختلف دندهٔ ۱، دندهٔ ۲ و دنده عقب در حال شخم‌زدن زمین است، میزان مواجهه با ارتعاش به‌ترتیب برابر با ۱۸/۹، ۲۰/۲۹ و ۱۱/۶۱ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد. شاخص‌های پراکندگی و مرکزی شتاب مؤثر ارتعاش دست و بازو در راستاهای مختلف اندازه‌گیری‌شده در جدول ۲ آمده است.

۳-۲. فاکتور قله و مقدار دوز ارتعاش

نتایج محاسبهٔ فاکتور قله و مقدار دوز ارتعاش برای کل ارتعاش دست و بازو در جدول۳ ذکر شده است. طبق این جدول در تمام موارد اندازه‌گیری‌شده شتاب حداکثر ۲ تا ۳ برابر شتاب مؤثر می‌باشد و بیشترین میزان فاکتور قله مربوط به حالتی است که تیلر با دندهٔ عقب در وضعیت شخم‌زدن زمین قرار دارد که احتمالاً به‌دلیل تکان‌های شدید تیلر در این حالت می‌باشد. بیشترین مقدار دوز ارتعاش در حالت شخم‌زدن زمین با دندهٔ ۲ ($m/s^{1.75}$ ۶۰/۷۶) و دندهٔ ۱($m/s^{1.75}$ ۵۶/۸۳) قرار دارد.

۳-۳. ارتعاش کل بدن

نتایج اندازه‌گیری میزان ارتعاش کل بدن کاربران تیلر، در حالتی‌که تیلر در وضعیت دندهٔ خلاص و بدون حرکت روی زمین خاکی سفت قرار داشت و میزان انتقال ارتعاش از

زمین به کل بدن کارگر اندازه‌گیری شد، به‌صورت جدول ۴ می‌باشد. لازم به‌ذکر است که میزان ارتعاش در ۱۹ تیلر کمتر از حداقل حساسیت دستگاه (۰/۱۶ متر بر مجذور ثانیه) بوده که جهت آنالیز برابر با ۰/۱۶ در نظر گرفته شد.

نتایج اندازه‌گیری‌های میزان مواجههٔ مقادیر شتاب وزن‌یافته فرکانسی rms به تفکیک هر محور و شتاب معادل کلی در منطقهٔ کمر (مهرهٔ L5) در وضعیت‌های مختلف اندازه‌گیری شده در جدول ۵ ذکر شده است.

جدول ۱. مقایسهٔ ارتعاش کل دست و بازو کاربران تیلر به تفکیک وضعیت‌ها و حالت‌های مختلف اندازه‌گیری شده برحسب متر بر مجذور ثانیه

موقعیت		میانگین	انحراف معیار	حد اقل	حداکثر	p-value
درجا	دنده خلاص	۸/۶	۰/۷۵	۷/۰۲	۱۰/۴۲	p-value ≤۰/۰۰۱
انتقال	دنده ۱	۱۳/۵۹	۰/۸۷	۱۱/۷۲	۱۵/۱۷	
	دنده ۲	۱۴/۷۴	۱/۰۶	۱۱/۵۶	۱۶/۴۵	
شخم‌زدن	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 ≤0.001)

جدول ۲. آمار توصیفی میزان ارتعاش دست و بازو در راستاهای x، y و z در طول عملیات‌ها و حالت‌های مختلف

موقعیت	دنده	جهت	میانگین (متر بر مجذور ثانیه)	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
درجا	دندهٔ خلاص	x	۵/۸۶	۰/۷۱	۵	۷
		y	۳/۵۶	۰/۳۶	۳	۴
		z	۵/۲۷	۰/۵۲	۴	۷
انتقال	دندهٔ ۱	x	۸/۹۳	۰/۶۹	۷	۱۰
		y	۶/۴۴	۰/۷۳	۵	۸
		z	۷/۹۳	۰/۶۱	۷	۹
	دندهٔ ۲	x	۹/۹۶	۰/۷۷	۹	۱۱
		y	۷/۲۱	۰/۷۵	۶	۹
		z	۸/۲۶	۰/۷۴	۷	۱۰
شخم‌زدن	دندهٔ ۲	x	۱۱/۹۸	۱/۵	۹	۱۵
		y	۹/۶۳	۱/۱۱	۸	۱۲
		z	۱۱،۰۳	۱/۵۵	۶	۱۴
	دندهٔ ۲	x	۱۲/۸۴	۰/۸۷	۱۱	۱۵
		y	۱۰/۲۸	۱/۳	۹	۱۴
		z	۱۱/۸۰	۱/۰۴	۱۱	۱۵
	دندهٔ عقب	x	۷/۴۴	۰/۶۳	۶	۸،۷
		y	۵/۸۰	۰/۶۴	۵	۶،۸
		z	۶/۷۱	۰/۴۱	۵،۶	۷

(p-value <0.001)

جدول ۳. فاکتور قله و مقدار دوز ارتعاش ارتعاش کل دست و بازو در طول حالت‌های مختلف دنده خلاص، انتقال و شخم‌زدن زمین

موقعیت	دنده	تعداد	فاکتور قله	مقدار دوز ارتعاش ($m/s^{1.75}$)
ساکن	دندهٔ خلاص	۴۰	۲/۱۲	۲۶/۶
انتقال	دندهٔ ۱	۴۰	۲/۱۶	۴۰/۹۹
	دندهٔ ۲	۴۰	۲/۰۹	۴۴/۸۵
شخم‌زدن زمین	دندهٔ ۱	۴۰	۲/۲۱	۵۶/۸۳
	دندهٔ ۲	۴۰	۲/۱۳	۷۰/۷۶
	دندهٔ عقب	۴۰	۲/۵۷	۳۴/۸۶

براساس نتایج جدول ۵ بیشترین میزان شتاب مؤثر ارتعاش کل بدن در حالت شخم‌زدن زمین با دندهٔ ۱ مشاهده شد. علاه بر این، در راستاهای مختلف اندازه‌گیری‌شده میزان شتاب در جهت x نسبت به راستاهای دیگر مقادیر بیشتری را نشان داده است. نتایج مقادیر دوز ارتعاش و فاکتور قله در جدول ۶ نشان داده شده است. براساس نتایج این جدول بیشترین میزان فاکتور قله برای حالت درجا ۴/۱۸ به‌دست آمد؛ در صورتی‌که بیشترین مقدار دوز ارتعاش برای حالت شخم‌زدن با دندهٔ ۲ و برابر با $m/s^{1.75}$ ۲۰/۶۵ محاسبه شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش دوز اتعاش مقدار شتاب پیک روند افزایشی داشته است؛ به‌عبارتی پیک ارتعاش به‌مقدار قابل توجهی افزایش یافته و ارتعاشات با ضربه‌زنی بالاتری را تولید می‌کند و در نهایت احتمال صدمه‌رسانی موج ارتعاشی را بیشتر خواهد کرد.

٤. بحث و نتیجه‌گیری

براساس نتایج این مقاله میزان مواجههٔ کاربران تیلر با ارتعاش در حالت‌های شخم‌زدن زمین، انتقال و درجا کارکردن تیلر به‌ترتیب برابر با ۱۶/۹۵، ۱۴/۱۶ و ۸/۶۵ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد. نتایج این مقاله نسبت به مطالعه گوگلیا و همکاران (۲۰۰۶ م) مقادیر بیشتری را نشان داد. این تفاوت ممکن است ناشی از تفاوت در نوع مدل تیلر مورد بررسی باشد. مطالعهٔ تواری و همکاران (۲۰۰۴ م)، که روی تیلرهای پیاده و سواره انجام شد، نیز مقادیر بسیار متفاوتی با مطالعهٔ حاضر را نشان داد که ناشی از تفاوت در نوع تیلر مورد بررسی است [۱۳]. کوانینگ و همکاران (۱۹۹۳ م) به این نتیجه رسیدند که منابع عمدهٔ ارتعاش تراکتور دستی نیروی نامتعادل اینرسی موتور و ناهمواری سطح زمین می‌باشد [۱۴]. موتور تک‌سیلندر تیلر به‌خاطر عدم تعادل دینامیکی منبع عمدهٔ ارتعاش در تیلر محسوب می‌شود [۱۵] و ساختار دسته منجر به افزایش ارتعاش در دستگیرهٔ آن می‌گردد. اتخاذ عایق مناسب بین موتور و دستهٔ تیلر میزان ارتعاش منتقله به دست را به‌میزان زیادی کاهش می‌دهد. علاوه بر این، استفاده از تراکتورهای دستی در مزارع کشاورزی و حومهٔ شهر، که دارای ناهمواری‌های فراوان می‌باشند، یکی از منابع عمدهٔ افزایش ارتعاش می‌باشد. با اینکه استفاده از تایر سبب کاهش ارتعاش می‌شود، تغییر شکل تایر و دفرمه‌شدن آن زیاد بوده و سبب افزایش ارتعاش می‌شود. ضخیم‌شدن لایهٔ لاستیکی تایر نیز سبب کاهش میرایی آن می‌شود. براساس نتایج مطالعات کوانینگ و همکاران (۱۹۹۸ م) بیست درصد از کل ارتعاش منتقله به دست ناشی از تراکتور دستی در اثر ناهمواری سطح زمین می‌باشد [۱۶]. با توجه به اینکه کاربران تیلر به‌طور میانگین ۴ ساعت با این میزان ارتعاش مواجهه‌اند، مقایسهٔ میزان مواجههٔ شغلی کاربران تیلر با میزان مجاز ارائه‌شده توسط کمیتهٔ فنی بهداشت حرفه‌ای ایران حاکی از این است که میزان مواجهه با ارتعاش دست و بازو و تمام بدن در تمام شرایط کاری بسیار بیشتر از حد مجاز بوده و خطر بروز اختلالات اسکلتی عضلانی وجود دارد. به‌نظر می‌رسد به‌دلیل کاهش هزینه، تسریع در ساخت و کاهش

جدو ٤. میانگین شتاب rms کل بدن در کاربران تیلر در وضعیت ایستاده (حسگراز کف پا) (متر بر مجذور ثانیه)

	جهت	میانگین	انحراف معیار	ماکزیمم	مینیمم	p-value
دندهٔ خلاص (درجا)	z	۰/۲۲	۰/۷۹	۰/۴	۰/۱۶	
	y	۰/۴۵	۰/۱۲	۰/۸	۰/۲۰	۰/۱۱
	x	۰/۵۲	۰/۱۵	۱/۰۲	۰/۳۰	
	total	۱/۰۱	۰/۲۱	۱/۸۴	۰/۶۳	۰/۱۷

جدول ۵. ارتعاش کل بدن کاربران تیلر در حالت‌های مختلف اندازه‌گیری‌شده (شتاب مؤثر) (متر بر مجذور ثانیه)

موقعیت	دنده	جهت اندازه‌گیری	میانگین شتاب مؤثر	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
درجا (دندهٔ خلاص)		Total	۱/۰۲	۰/۲۱	۰/۶۸	۱/۸۴
		x	۰/۵۲	۰/۱۵	۰/۳	۱/۲
		y	۰/۴۵	۰/۱۲	۰/۲	۰/۸
		z	۰/۲۵	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۷
انتقال	دندهٔ ۱	total	۲/۱۶	۰/۳۴	۱/۵۳	۲/۹۴
		x	۱/۱	۰/۲	۰/۸	۱/۵
		y	۱/۰۴	۰/۱۸	۰/۷	۱/۵
		z	۰/۳۳	۰/۰۹	۱۶	۰/۶۵
	دندهٔ ۲	total	۲/۵۸	۰/۵۲	۱/۳	۳/۸۸
		x	۱/۳۴	۰/۳۴	۰/۸	۲/۱
		y	۱/۱۸	۰/۳۱	۰/۱	۱/۹
		z	۰/۴۳	۰/۱۵	۰/۲۳	۱
شخم زدن	دندهٔ ۱	total	۵/۰۹	۰/۵۸	۴/۱۷	۶/۶۷
		x	۲/۳۹	۰/۴۱	۱/۵	۳/۱
		y	۲/۵۸	۰/۲۶	۲	۳/۵
		z	۱/۱۸	۰/۳۱	۰/۱	۱/۹
	دندهٔ ۲	total	۵/۳۱	۰/۶۵	۴/۱۴	۶/۵۲
		x	۲/۵۸	۰/۴۳	۱/۵	۳/۴
		y	۲/۵۳	۰/۳۵	۲	۳/۱
		z	۱/۴۹	۰/۳۲	۱	۲/۵

جدول ٦. فاکتور قله و دوز ارتعاش کاربران تیلر در حالت‌های مختلف اندازه‌گیری‌شده

موقعیت	دنده	جهت اندازه‌گیری	شتاب موثر	شتاب پیک	فاکتور قله	مقدار دوز ارتعاش
درجا	دندهٔ خلاص	total	۱/۰۲	۴/۲۷	۴/۱۸	۳/۹۶
انتقال	دندهٔ ۱	total	۲/۱۶	۷/۱۶	۳/۳۱	۸/۴۰
	دندهٔ ۲	total	۲/۵۸	۷/۶	۲/۹۴	۱۰/۰۳
شخم زدن	دندهٔ ۱	total	۵/۰۹	۱۲/۵۲	۲/۴۵	۱۹/۸۰
	دندهٔ ۲	total	۵/۳۱	۱۳/۲۷	۲/۴۹	۲۰/۶۵

جرم تیلر و همچنین برای ساده‌سازی ماشین و ساخت آن در حجم کوچکی از سیستم‌های عایق ارتعاش در مسیر موتور تا دسته و انواع سیستم‌های ایمنی صرف‌نظر می‌شود؛ زیرا پژوهش تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) نشان می‌دهد که ارتعاش در انتقال از شاسی تا دسته نه‌تنها کاهش نیافته، که در اثر ارتعاشات آزاد و تقویت مقدار آن افزایش نیز یافته است. در حالی‌که تحقیقات متنوعی اثر کاهش شدید میزان ارتعاش را در اثر نصب جاذب در بخش‌های مختلف تیلر اثبات کرده‌اند. مثلاً مطالعه‌ای که توسط بینی ساما و کاتیرو جهت طراحی و توسعهٔ نصب ایزولاتور در موتور، میلهٔ دسته و دستهٔ تیلر انجام شد نشان داد که نصب ایزولاتور میزان ارتعاش دسته را ۵۰ تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد. عنصر کلیدی عایق مورد استفادهٔ ایزومر؛ یعنی استایرن بوتادین رابر[۱۳] بود. تحقیق دیگری که توسط تواری و دیوانگان در مورد اثر ایزولاتورهای ارتعاشی بر کاهش فشار ناشی از کار با تراکتورهای دستی با جایگذاری ایزولاتورهای مناسب در نقاط استراتژیک انجام شد، این نتایج را نشان داد که ایزولاتورهای نصب‌شده روی دسته و موتور سبب کاهش ارتعاش به بیش از ۵۰ درصد می‌شود. متوسط کاهش شتاب ارتعاش مؤثر در جهت x بیش از ۳۵/۲ درصد بود و در جهت z برابر با ۳۰/۴ درصد و در جهت y برابر با ۱۸/۱ درصد. در این مقاله به این نتیجه رسیده‌اند که WRBP در اثر نصب ایزولاتور کاهش یافته است. این مقدار از کمترین آن ۳۲ درصد (در دست) تا بیشترین آن ۶۱ درصد (در اندام فوقانی) متفاوت است [۶]. این مقاله بر نیاز برای مداخله و اتخاذ تدابیر کنترلی و مدیریتی جهت حذف و کاهش ارتعاش دست و بازو و کل بدن کاربران جهت جلوگیری از بروز مشکلات عمده از جمله وقوع اختلالات اسکلتی - عضلانی، ناراحتی و خستگی زودرس تأکید فراوان دارد. همچنین نیاز به انجام مطالعات بیشتر جهت شناسایی منابع ارتعاش نیز امری ضروری می‌نماید.

۵. مآخذ

[1] Donati, P. "Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review." Vol. 7. 2008.

[2] Griffin, M. "Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review." *Occupational and Environmental Medicine*, 2004. 61(5): p. 387-397.

[3] Dias, B., E. Sampson, *Hand arm vibration syndrome: health effects and mitigation*, IOHA: Pilanesberg, South Africa, 2005: p. B1-4.

[4] Coggins, M.A ,.et al. "Evaluation of hand-arm and whole-body vibrations in construction and property management." *Annals of occupational hygiene*, 2010. 54(8): p. 904-914.

[5] Salmoni, A.W., et al. "Case studies in whole-body vibration assessment in the transportation industry–Challenges in the field." *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2008. 38(9): p. 783-791.

[6] Tewari, V.K., K.N. Dewangan. "Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field operation of hand tractor." *Biosystems Engineering*, 2009. 103(2): p. 146-158.

[7] Goglia, V., et al. "Influence on operator's health of hand-transmitted vibrations from handles of a single-axle tractor." *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 2006. 13(1): p. 33-38.

[8] Salokhe, V., B. Majumder, M. Islam. "Vibration characteristics of a power tiller." *Journal of Terramechanics*, 1995. 32(4): p. 181-197.

[9] Dewangan, K., V. Tewari. “Characteristics of vibration transmission in the hand–arm system and subjective response during field operation of a hand tractor.” *Biosystems engineering*, 2008. 100(4): p. 535-546.

[10] Nasiri, et al. *human response to vibration*, 1388, (in Persian).

[11] Hostens, I., H. Ramon. “Descriptive analysis of combine cabin vibrations and their effect on the human body.” *Journal of sound and vibration*, 2003. 266(3): p. 453-464.

[12] Griffin, M. “A comparison of standardized methods for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shocks.” *Journal of sound and vibration*, 1998. 215(4): p. 883-914.

[13] Tewari, V.K., K.N. Dewangan, S. Karmakar. “Operator's fatigue in field operation of hand tractors.” *Biosystems Engineering*, 2004. 89(1): p. 1-11.

[14] Qunying, J., et al. “The excitations and characteristics of the vibration of walking tractors handle using isolators.” *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*, 1993. 24(4): p. 74-79.

[15] Taghizadeh, A., T. tavakoli, B. ghobadian. “Tiller vibration analysis at station position.” *Iran B I O S YSTEMS ENGI N E E R ING*, 1389. 41: p. 27-35, (in Persian).

[16] Ying, Y., et al. “Vibratory characteristics and hand-transmitted vibration reduction of walking tractor.” *Transactions of the ASAE*, 1998. 41(4): p. 917-922.

پی‌نوشت

1. ISO 5349
2. ISO 2631
3. B&K
4. Hand Arm vibration (HAV)
5. Whole body vibration (WBV)
6. Hand arm vibration syndrome
7. Low Back Pain

۸. متاکارپ نام استخوان‌های بلندی است که در کف دست قرار دارند. در کف هر دست پنج استخوان متاکارپ قرار گرفته است. این استخوان‌ها در بالا به استخوانچه‌های کارپ و در پایین به فالانکس‌های انگشتان متصل می‌شوند. متاکارپ‌ها حرکت زیادی ندارند، به‌جز متاکارپ اول که مربوط به شست بوده و بسیار متحرک است [ویراستار].

۹. آکرومیون قسمتی از استخوان کتف یا اسکاپولا است. این بخش زائده‌ای استخوانی در قسمت خارجی و بالای استخوان کتف است که زیر آن سر استخوان بازو قرار گرفته و بین این دو بورس ساب آکرومیال وجود دارد. زائدهٔ آکرومیون با استخوان ترقوه مفصل شده و مفصل آکرومیوکلاویکولر را می‌سازد [ویراستار].

10. CF
11. VDV
12. RMS
13. SBR