Archive of SID
مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷ (ص ۱۴۸-۱۳۹) DOI: 10.22059/ijbse.2017.227805.664909

# ارزیابی مواجهه کاربر با ارتعاش و صدای تولید شده توسط یک روتوتیلر باغی

**مجید خسروی بیزکی[۱]، رضا طباطبائی کلور[۲*]، سید رضا موسوی[۳]**

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. دانشیار، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳. استادیار، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷ – تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۷/۱۹ – تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۸/۱۶)

## چکیده

ارتعاش و صدای ناهنجار تولید شده توسط روتوتیلرها می‌تواند موجب بروز صدمات زیادی به کاربر و اطرافیان از جمله ناراحتی و درد در دست‌ها و گوش کاربر و خستگی زود هنگام شود. هدف از این تحقیق ارزیابی مواجهه کاربر با ارتعاش و صدای تولید شده در حین کار در یک روتوتیلر مدل QG- 1wg4.0 با موتور میتسوبیشی Cp-178-f و مقایسه آن با حد مجاز استاندارد می‌باشد. اندازه‌گیری ارتعاش دست و بازو طبق استاندارد ISO-5349 و میزان تراز صوت بر روی راننده و اطرافیان بر اساس استانداردهای ISO-7216 و ISO-5131 و در سه حالت کار مختلف، درجا (دنده خلاص)، انتقال جاده‌ای بین مزارع و شخم زدن زمین در دنده های مختلف انجام گرفت. طبق نتایج بدست آمده در این تحقیق، میزان مواجهه با ارتعاش دست و بازو بیش از میزان استانداردها بوده و باعث ایجاد ناراحتی و اختلالات عضلانی ناشی از ارتعاش می‌گردد. بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش در حالت شخم‌زدن و در جهت کف به پشت دست بیشتر از دو جهت دیگر یعنی پهنای دست و امتداد طول دست بوده است. بین تراز صدا در موقعیت گوش راننده و اطرافیان در هر سه حالت کاری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بیشترین میزان مواجهه با تراز صوت در مرحله شخم‌زدن و کمترین در هنگام درجا کارکردن تیلر می باشد. مدت زمان مجاز استفاده از این دستگاه بدون به‌کارگیری عایق صوتی در گوش راننده، کمتر از ۲ ساعت در طول روز خواهد بود. این مقدار برای کسانی که در فاصله ۷/۵ متری قرار دارند در حد استاندارد بوده و برای افرادی که در فواصل دورتر مستقر می باشند هیچ گونه مخاطره صوتی نخواهد داشت. نتایج این مطالعه بر لزوم تحقیقات بیشتر جهت حذف و کاهش ارتعاش و صدای موتور تیلر بعنوان منبع اصلی تولید ارتعاش و اقدامات مدیریتی جهت کاهش مواجهه و استفاده از حفاظت‌های فردی تاکید دارد.

**واژه‌های کلیدی :** ارتعاش، تراز صوت، روتوتیلر، حد مجاز مواجهه

## مقدمه

در زمینهای زراعی کوچک و باغ ها استفاده از روتوتیلرهای کشاورزی در بسیاری از مناطق کشور بویژه استانهای شمالی رایج است. روتوتیلرها در عملیات تهیه زمینهای سبزی و صیفی کاری بکار گرفته می شوند. بعلاوه، برای برهم زدن خاک و از بین بردن علف‌های‌هرز در باغ‌ها استفاده می شوند (Anonymous, 2012). با توجه به قیمت مناسب تیلرها در مقابل تراکتورها و نیز سهولت بکارگیری در زمینهای با مساحت کوچک و قابلیت اتصال انواع ادوات به آنها موجب شده است که کشاورزان از این وسیله در بسیاری از کارهای کشاورزی استفاده کنند (Salokhe *et al.*, 1995).

استفاده از ادوات کشاورزی با هدایت کاربر پیاده در پشت آن در زمینهای کوچک و متوسط بدلیل ارزان بودن و سهولت کاربری بویژه در نواحی روستایی متداول است (Sam and Kathirvel, 2009). اما نقاط ضعفی هم وجود دارد که از جمله شرایط محیطی نامناسب کار مانند دما، رطوبت، ارتعاش و سر و صدا می باشد (Kanyakam and Bureerat, 2007; Golmohamadi, 2010). در سال های گذشته مطالعات گسترده ای در خصوص سر و صداهای تولید شده به وسیله انواع ماشین ها و ادوات کشاورزی انجام شده است که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. در تحقیقی که پیرامون مسایل ارگونومیکی حاصل از استفاده از تراکتورهای دوچرخ با توان ۸ اسب بخار در بین ۲۰۰ کشاورز و ۱۰۰ آموزش دهنده ماشین های کشاورزی انجام گرفت، مشخص شد که ارتعاش و سرو صدا سهم عمده‌ای در ایجاد صدمات در افراد تحت بررسی داشته‌اند (Kang *et al.*, 1988). در مطالعه‌ای که توسط Tewari and Dewangan,

* نویسنده مسئول: r.tabatabaei@sanru.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID



(2009) انجام شد، نشان دادند که احساس لرزش زیاد در دست هنگام چنگش دستگیره یکی از شرایط مضر در هنگام کار با تیلر است که ممکن است باعث ایجاد بیماری‌های عروقی و عصبی و اسکلتی شود. بر اساس این مطالعه با موضوع اثر عایق‌های ارتعاش برای کاهش میزان استرس و فشار کار در طول عملیات شخم‌زدن زمین خشک، شخم‌زدن زمین گلی و حمل‌و نقل انجام شد، با نصب عایق‌هایی بر روی موتور و دسته چنگش تیلر ارتعاش منتقل شده به کاربر کاهش ۵۰ درصدی داشته است. بیشترین کاهش شتاب ارتعاش در فرکانس وزن یافته، در محور x با ۳۵/۲ درصد و به دنبال آن محور z با ۳۰/۴ درصد و در نهایت محور y با ۱۸/۱ درصد بوده است. نصب عایق‌های ارتعاش بر روی تیلر باعث کاهش درد ناشی از کار، در ناحیه پایین دست به مقدار ۳۲ درصد و در قسمت بازو به مقدار ۶۱ درصدی شده است. . ارتعاش منتقل شده ممکن است باعث ایجاد بیماری‌های عروقی و عصبی و اسکلتی شود. بیماری رینود درمحدوده فرکانسی ۳۰ تا ۳۰۰ هرتز، سفید انگشتی پس از ۳ ماه تا ۲ سال کار با ادوات دارای امواج ارتعاشی با فرکانس حدود ۱۰۰ هرتز به وجود می‌آید (Ragni *et al.*, 1999).

در تحقیق انجام گرفته توسط (Fabri et al., 2016) با اصلاح ساختار جرمی دسته های تیلر کشاورزی با استفاده از روش اجزای محدود کاهش قابل ملاحظه ای در ارتعاش منتقل شده به دست و شانه های کاربر صورت گرفت. در یک تحقیق (Sam and Kathirvel, 2009) با توسعه عایق‌های کاهش ارتعاش و نصب بر روی یک دستگاه تیلر دو چرخ، میزان ارتعاش منتقل شده به کاربر را ۵۰ تا ۶۰ درصد کاهش دادند. بر اساس این گزارش، میزان ارتعاش منتقل شده به دست و بازو در حالتی که راننده به دنبال تیلر راه رفته، آن را هدایت می‌کند در وضعیت روتوری زدن از ۴/۵۵ متر بر مجذور ثانیه به ۳/۱۸ متر بر مجذور ثانیه کاهش و برای حالتی که راننده بر روی صندلی تیلر نشسته و عملیات روتوری زدن را انجام می‌دهد، از ۴/۲۴ متر بر مجذور ثانیه به ۲/۸۵ متر بر مجذور ثانیه کاهش داشته است و نیز برای حالت حمل ونقل میزان ارتعاش منتقل شده به کاربر از ۳/۹۶ متر بر مجذور ثانیه به ۲/۶۷ متر بر مجذور ثانیه کاهش پیدا کرد. بنابراین اگر در مدت زمان ۸ ساعت کار در مزرعه، میزان ابتلا به عارضه سفید انگشتی با سرعت کار ۲ کیلومتر در ساعت از ۵ تا ۹ سال باشد می توان با اضافه کردن عایق، سرعت کار را به ۵ کیلومتر در ساعت و میزان ابتلا را به ۷ تا ۱۱ سال افزایش داد. با نصب عایق ارتعاش مدت زمان مجاز مواجهه روزانه برای حالت روتوری زدن از ۰/۵ ساعت به ۲ ساعت و برای حالت انتقال از ۱ به ۲ ساعت افزایش یافت.

ارتعاش تولید شده در دسته یک تیلر و توسعه سه عایق لاستیک، ترکیب لاستیک و پولی اورتان (Polyurethane) و عایق پولی یورتان آزمایشی در جهت کاهش ارتعاش منتقل شده به کاربر، در سه وضعیت شخم زدن زمین با کولتیواتور، حمل ونقل در جاده و شخم با روتوری مطالعه شد. بیشترین میزان ارتعاش در تمامی وضعیت ها در محور x (عمودی) و به ترتیب برابر ۵/۹۶، ۶/۸۱ و ۸ متر بر مجذور ثانیه می باشد. براساس نتایج بدست آمده می‌توان دریافت، لاستیک بیشترین جذب ارتعاش را نسبت به دو عایق دیگر داشته است. نتایج نشان داد مدت زمان ابتلا به عارضه سندروم دست و بازو در حالت انتقال، شخم با کولتیواتور و شخم با روتوری در ۸ ساعت کار روزانه را می‌توان با عایق لاستیک به ترتیب ۳۷/۶، ۵۰/۷و ۴۳/۳۷ درصد، برای عایق پولی یورتان ۳۴/۶۷، ۳۵/۳۵ و ۲۸/۳۱ درصد و برای عایق ترکیب لاستیک و پولی یورتان ۳۵/۷۳، ۳۸/۳۸ و ۳۴/۹۴ درصد افزایش داد، همچنین عایق لاستیک به طور قابل توجه‌ای ضربان قلب کاربر را کاهش داد (Chaturvedi *et al.*, 2012). بیشترین لرزش هنگام کار کردن با تیلر در قسمت چنگش دست است که مهمترین ضعف در کار با این دستگاه می‌باشد و به خستگی زودتر کاربر تراکتور کمک می‌کند (Tiwari and Gite, 2006). افزایش خستگی در طول یک دوره از ماه‌ها و سال ممکن است باعث مشکلات از نظر فیزیولوژیکی و فیزیکی و سلامتی برای کاربر شود (Waersted and Westgaard, 1991). این مشکلات و اختلالات ایجاد شده با ارتعاش، مرتبط به عروق خونی، عصبی، عضلانی، مفصلی و اثرات دیگر است که به اصطلاح به این عوارض لرزش دست و بازو گویند (Taylor,1985; Wasserman and Taylor, 1991; Pelmear *et al.*, 1992). عایق مناسب بین موتور و دسته تیلر می‌تواند لرزش را برای کاربر کاهش دهد (Ying *et al.*, 1998). ارتعاش منتقل شده به دست کاربر را می‌توان با تغییرات جزئی در جرم و سختی دستگیره کاهش داد (Su *et al.*, 1989). در مطالعه‌ای با هدف کاهش ارتعاش منتقل شده به کاربر با قرار دادن یک لاستیک ساده بر روی دسته ابزارهای خاکورزی کوچک ارتعاش منتقل شده به کاربر را ۳۵٪ کاهش داد (Ragni, 1994).

ملکی و لشکری طی تحقیقی که در مورد عوامل موثر بر سروصدای تولید شده در یک تراکتور گلدونی انجام دادند، نشان دادند متغیر های نسبت دنده، نوع عملیات و فاصله میکروفون در سطح ۱ درصد معنی دار شده‌اند و بیشینه فشار صدای این تراکتور را ۹۴/۸۷ دسی بل گزارش کردند (Maleki and Lashkari, 2013). حسن بیگی طی تحقیقی، سر و صدای تراکتور دو چرخ را در حالت حمل و نقل و شرایط مختلف مزرعه

www.SID.ir

Archive of SID

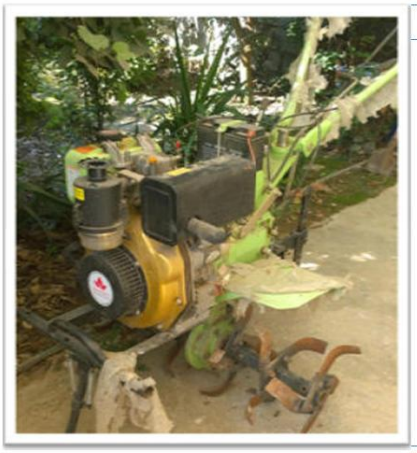

ای بررسی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سرعت دورانی موتور از ۱۳۰۰ به ۲۲۰۰ دور بر دقیقه تراز فشار صدای تیلر db ۱۲ در محدوده فرکانسی ۲۰۰ تا ۱۰۰۰۰ db افزایش می یابد (Hassan Beigi and Ghobadian, 2005). سهساح و همکاران سطح صدای دو نوع تیلر ، ۸ و۱۰ اسب بخار را در هنگام تردد بر روی سطوح مختلف جاده‌ای بررسی نمودند. بالاترین سطح صدا بر روی سطوح آسفالت و راه روستایی به ترتیب برابر بودند ۹۸/۲ و ۹۲ دسی‌بل در دور موتور rpm ۱۳۵۰ که این مقدار بیش از حد استاندارد تعیین شده است (Sehsah *et al*., 2010). در تحقیقی که (Meyer *et al*, 1993) بر روی یک تراکتور در ۴ وضعیت دنده مختلف انجام دادند، تراز صدای کلی دستگاه در موقعیت گوش راننده و اطرافیان اختلاف معنی‌دار داشته، و تراز صوت در موقعیت گوش راننده نسبت به اطرافیان حدود ۱۰ دسی‌بل بیشتر بوده است. زمانی که میکروفن در موقعیت گوش کاربر قرار دارد به دلیل کوتاهی مسیر انتقال، افت انرژی صوتی کمتر از حالتی است که میکروفن در موقعیت اطرافیان قرار گرفته است. به همین دلیل صدای دریافت شده با تغییر فاصله از موقعیت راننده به فواصل دورتر، کمتر و کمتر می شود.

در حال حاضر در طراحی تراکتورهای دو چرخ موجود در کشورهای در حال توسعه مثل ایران و تیلرهای وارداتی هیچ مکانیزم خاصی برای کاهش لرزش و صدا که از سمت موتور به کاربر منتقل می‌شود وجود ندارد. از این رو هدف این تحقیق بررسی ارتعاش و صدای منتقل شده به کاربر در سه شرایط کار درجا، انتقال تیلر در جاده بین مزرعه ای و شخم‌زدن زمین کشاورزی می باشد. همچنین، مقادیر اندازه گیری شده ارتعاش با دور موتور ثابت و وضعیت دنده‌های مختلف در سه شرایط کاری مذکور، با حدود مجاز مواجهه با ارتعاش مطابقت داده می شود.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش از یک دستگاه روتوتیلر مدلQG- 1wg4.0 با موتور میتسوبیشی استفاده شد که تصویر و مشخصات آن در شکل ۱ ارائه شده است. پژوهش در شهرستان قائمشهر صورت گرفت و کاربر مورد استفاده در این آزمون دارای ۶۶ سال سن و ۹۰ کیلوگرم وزن و ۱۷۵سانتیمتر قد بود. معیار انتخاب کاربر داشتن سلامت فیزیکی و داشتن تجربه کار با این دستگاه در حالت‌های مختلف کاری به مدت ۲ سال می‌باشد. جهت انجام عملیات شخم زدن زمین در عمق ۱۰ سانتیمتری از یک عدد تیغه قلمی استفاده شد.

در این پژوهش اندازه‌گیری میزان ارتعاش و تراز صوت در سه حالت درجا کار کردن در وضعیت دنده خلاص و در حالت انتقال در سه وضعیت دنده ۱، دنده ۲ و دنده عقب و برای حالت شخم‌زدن زمین در دو وضعیت دنده ۱ و دنده ۲ انجام گردید. آزمون در یک قطعه باغ مرکبات چهار هزار متر مربعی و یک قطعه زمین صیفی کاری به مساحت دو هزار متر مربع انجام شد. محل آزمون دارای مشخصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی بود. همچنین در کلیه وضعیت‌های دنده، میزان ارتعاش در جهت‌های x، y و z بصورت جداگانه اندازه گیری گردید.



| نام | تیلر باغی |
|---|---|
| مدل (Model) | QG-۱WG۱۰۵-۴.۰ |
| موتور (Engine) | میتسوبیشی cp178f |
| نوع موتور (Engine Type) | تک سیلندر – عمودی- تزریق مستقیم |
| سوخت (Fuel) | گازوئیل |
| جعبه دنده (Gear shifting) | ۲ دنده جلو- ۱دنده عقب |
| قدرت موتور (Engine power) | ۶ hp |
| سیستم انتقال (Transmission) | چرخ دنده |
| تایر (Tier) | یک جفت چرخ ۸- ۴ |
| وزن خالص (Total Weight) | ۱۰۵kg |
| ابعاد (Dimensions) | ۱۷۱۰*۱۰۵۰*۸۰۰ mm |
| سال تولید (Year of production) | ۲۰۱۲ |

**شکل ۱- مشخصات روتوتیلر مورد آزمون**

### اندازه گیری ارتعاش دست و بازو

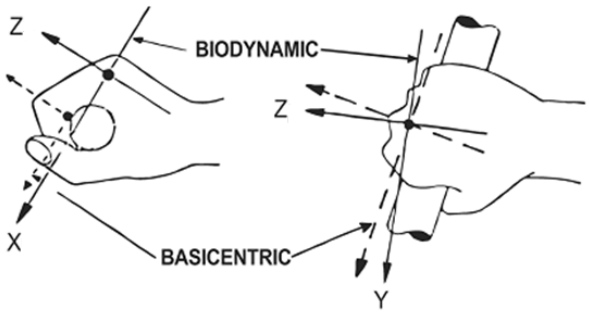
برای اندازه‌گیری و ثبت شتاب‌های موثر مورد نظر بر اساس روشهای استاندارد ISO-5349 از ارتعاش سنج لارسون دیویس مدل (HVM100) ساخت کشور ایالات متحده استفاده شد، که داده‌های خروجی آن توسط یک مدار الکترونیکی ثبت می-گردید و پس از انجام آزمایش به رایانه انتقال داده می‌شد. این

www.SID.ir

Archive of SID



دستگاه قادر به اندازه‌گیری شتاب در ۳ جهت مختلف به صورت جداگانه و اندازه‌گیری ارتعاش کل بدن، شدت ارتعاش، لرزش دست و بازو طبق توصیه بهداشت صنعتی کشور می‌باشد. مطابق شکل ۲ جهت x از کف به پشت دست، جهت y در جهت پهنای دست (از انگشت کوچک به سمت انگشت شست) و جهت z در امتداد طول دست (از نوک انگشتان به سمت بازو) می باشد. اندازه‌گیری ها برای دست و بازو در این دستگاه مطابق با استانداردهای ISO-2631-5 و ISO-5349-2 انجام گرفت. این دو استاندارد با استاندارد ملی ایران به شماره ۹۶۱۲ مطابقت دارد. مقادیر ارتعاش پس از اندازه گیری، توزین فرکانس و محاسبات لازم برای هر جهت، در مقیاس شتاب موثر (RMS) بر حسب متر بر مجذور ثانیه به نمایشگر منتقل گردید. در این آزمایش تنظیم صفر دستگاه بر روی خود دستگاه انجام شد (شکل۳).




**شکل ۲- محورهای مولفه های شتاب، ISO 5349-2001**

**شکل ۳- ارتعاش سنج پاسخ انسانی مدل (HVM100) و نصب مبدل جهت اندازه گیری ارتعاش در جهت‌های x، y و z**

شتاب سنج مربوط در داخل حفره یک قاب سه محوره مخصوص و در جهت‌های مورد نظر (x، y، z) و بین انگشتان دست و دسته تیلر ثابت شده و بکار می‌رود. اگر کارگر در تمام طول آزمون با یک ارتعاش مواجهه داشته باشد، یک بار اندازه-گیری در سه جهت برای ارزیابی کافی است ولی چون در زمان-های مختلف و در حالت‌های مختلف قرار داشت، برای هر مواجهه در سه جهت اندازه‌گیری انجام گردید. پس از تنظیم و کنترل اتصالات دستگاه و انتخاب محور مورد نظر به کارگر اجازه داده شد تا بدون تغییر حالت مچ و تغییر در نیروی چنگش دست به کار با دستگاه مشغول گردد. نتایج اندازه‌گیری را در هر جهت سه بار قرائت نموده تا از صحت کار اطمینان حاصل گردد، سپس نتایج ثبت گردید. اندازه‌گیری ها در دو روز متوالی با شرایط یکسان و در سه تکرار انجام گرفت.

دامنه شتاب ارتعاش در زمان تداوم خود تغییرات زیادی دارد و لحاظ نمودن همه تغییرات لحظه‌ای در مطالعه عملا ممکن نیست. دراین حالت بر اساس انتگرال زمانی تغییرات شتاب، می‌توان ریشه میانگین زمانی مجموع مربعات شتاب ارتعاش را محاسبه نمود. ارزیابی ارتعاش بر طبق استاندارد ( ISO 5349) باید به صورت عددی که ترکیبی از سه جهت است نشان داده شود که این مقدار به عنوان برآیند میزان ارتعاش ($a_{hw}$) و یا مجموع شتاب وزنی است که به عنوان ریشه میانگین مربع سه مقدار اندازه‌گیری شد، بیان می‌شود که در آن $a_{hwz}$ و $a_{hwy}$ و $a_{hwx}$ میزان شتاب موثر برای محورهای مجزا می‌باشند. میزان مواجهه به بزرگی میزان کلی ارتعاش و طول مدت مواجهه بستگی دارد .

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

هرگاه توزیع زمانی شتاب موثر به گونه‌ای باشد که کارگر در طول شیفت با مقادیر مختلفی از شتاب موثر در زمان‌های معین مواجهه داشته باشد، در اینصورت می توان مقادیر را با توجه به زمان تداوم (زمان مواجهه ) طبق رابطه زیر به شتاب معادل تبدیل نمود (Golmohamadi, 2010):

$$A_{eq} = \sqrt{\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n} a^2{}_{rmsi} \cdot t_i} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

www.SID.ir

Archive of SID


که در آن $A_{eq}$ شتاب معادل کلی و A شتاب موثر به $m\,s^{-2}$، T کل زمان مواجهه و $t_i$ زمان تداوم هرشتاب یا زمان مواجهه با هر شتاب به (hr) می‌باشند.

برای بیان شتاب معادل در یک محدوده زمانی معین مثلا شتاب معادل ۸ ساعته، طبق رابطه زیر مقدار شتاب معادله کلی را در مجذور، نسبت زمان مواجهه به دوره زمانی مورد نظر ضرب می‌گردد. طول مدت مواجهه روزانه مجموع زمانی است که در یک روز کاری دست‌ها در معرض ارتعاش قرار می‌گیرند (Golmohammadi, 2010).

$$A_{eq}(8) = A_{eq} \times \sqrt{\frac{T_m}{T_s}} \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

که $T_m$ مجموع زمان مواجهه، $T_s$ زمان محدود شده مورد نظر به hr، $A_{eq}$ شتاب معادل محدود شده به s می‌باشد.

اطلاعات مربوط به اندازه گیری ارتعاش در سه محور عمودی، جانبی و طولی در مراحل مختلف کار درجا، انتقال و شخم‌زدن با آزمون کلموگروف اسمیرونوف (K-S)، از نظر نرمال بودن مورد ارزیابی قرار گرفت، سپس توسط آزمون Anova در سطح احتمال ۵ درصد تجزیه و تحلیل گردید. برای انجام آنالیز آماری از نرم افزاهای spss 22 و Excle 2007 استفاده گردید.

**اندازه گیری تراز صوت**

برای اندازه‌گیری طیف سر و صدای روتوتیلر همزمان با ثبت داده‌های شتاب موثر در موقعیت گوش راننده، میکروفون در ارتفاع ۱/۷ متر از سطح زمین و به صورت افقی و به فاصله ۱۰۰ میلی متر از گوش راست راننده نصب گردید. برای اندازه‌گیری طیف سرو صدای روتوتیلر در موقعیت اطرافیان، میکروفون در ارتفاع ۱/۲ متر از سطح مسیر آزمون و به فاصله ۷/۵ متر از خط مرکزی عبور تیلر درحالیکه میکروفون افقی است قرار گرفت. جهت اندازه‌گیری صدا از دستگاه سنجش صدا Multifunction Environment Meter مدل ST-8820 که در رنج ۳۵ تا ۱۲۰ دسی بل عملیات سنجش را انجام می‌دهد استفاده گردید.

ارزیابی مواجهه کارگر با صدا مستلزم اندازه‌گیری تراز فشار صوت و تعیین مدت زمان مواجهه برای هر کارگر بطور مجزا می‌باشد. با توجه به متنوع بودن شرایط کار کاربر، بر اساس نحوه مواجهه و نوع صدای محیط، روشهای اجرایی مختلفی برای اندازه‌گیری و ارزیابی پیشنهاد می‌گردد. در این آزمون نکته‌ای که مهم است این است که در زمان اندازه‌گیری صدا تغییری در وضعیت و شرایط کار منابع صوتی یا محل استقرار کاربر نباید ایجاد شود. در صورتی که کاربر در طول آزمون با صدای یکنواخت مواجهه داشته باشد، می‌توان در موقعیت‌های ذکر شده سه بار اندازه‌گیری را تکرار و تراز فشار صوت مواجهه کارگر را محاسبه و ثبت نمود. در این آزمون کاربر در مواجهه صدا بصورت نوبتی در شرایط مختلف کار قرار داشت لذا اندازه‌گیری صدا در وضعیت های کاری درجا، انتقال و شخم زدن انجام گردید.

تنظیم دستگاه به دو صورت داخلی و خارجی انجام می‌گردد که در این دستگاه از نوع داخلی با تنظیم صفر دستگاه گردید. استاندارد مورد پذیرش در ایران بر اساس کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور، تراز فشار صوت ۸۵ دسی‌بل با قاعده ۳ دسی‌بل است. برای مقایسه مقادیر بدست آمده با مقادیر مجاز باید تراز معادل مواجهه صوت بدست آید. از آنجایی که کارگر در طول شیفت کاری در معرض ترازهای مختلف قرار دارد، در بررسی صدا به منظور ارزیابی مواجهه کارگر، همانند روشی که برای سایر عوامل مخاطره‌زای محیط کار معمول است، از ترازهای مواجهه کارگر متوسط زمانی می‌گیرند. در این روش ابتدا تراز صوت هر بار مواجهه با زمان اندازه گیری شده و ثبت می‌گردد. این تراز محاسبه شده با استفاده از رابطه (۴) تراز معادل مواجهه کاربر برای یک دوره ۸ ساعته محاسبه می‌گردد (Golmohamadi, 2010).

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n} t_i 10^{LP_i/10}\right] \qquad \text{(رابطه ۴)}$$

$l_{eq}$: تراز معادل مواجهه (db)

$t_i$: طول زمان مواجهه به ساعت

T: زمان مرجع معمولا ۸ ساعت

$LP_i$: تراز فشار صوت مواجهه (db)

تجزیه و تحلیل دادههای مربوط به اندازه گیری ارتعاش در سه محور عمودی، جانبی و طولی و نیز تراز صوت در مراحل مختلف کار درجا، انتقال و شخم‌زدن با آزمون کلموگروف اسمیرونوف (K-S)، از نظر نرمال بودن مورد ارزیابی قرار گرفت، سپس توسط آزمون Anova در سطح احتمال ۵ درصد تجزیه و تحلیل گردید. برای انجام آنالیز آماری از نرم افزاهای spss 22 و Excle 2007 استفاده گردید.

## نتایج و بحث

**ارتعاش کل دست وبازو در سه حالت کاری مختلف**

نتایج تجزیه واریانس برای شتاب موثر ارتعاش کل دست و بازو در سه حالت اندازه‌گیری شده در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج آزمون واریانس یکطرفه نشان می‌دهد، بین میزان میانگین ارتعاش کل دست و بازو در سه حالت کار اندازه‌گیری شده در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. میانگین مواجهه با ارتعاش در سه حالت کار درجا، انتقال و شخم زدن به ترتیب

www.SID.ir

Archive of SID



برابر با ۱۰/۳۴، ۱۶/۹۶ و ۲۴/۶۶ متر بر مجذور ثانیه می باشد. بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش در حالت شخم زدن زمین بدست آمد که به ترتیب حدود ۳۱٪ و ۵۸٪ بیشتر از حالت انتقال و درجا کارکردن روتوتیلر است. هنگام شخم زدن علاوه بر ارتعاش موتور، نیروهای مختلفی از طرف خاک بر تیغه ها وارد می شوند که برخی از آنها در مقابل حرکت دورانی تیغه ها مقاومت ایجاد کرده و فشار وارده بر موتور را افزایش داده و برخی دیگر بصورت نیروهای جانبی بوده و تشدید کننده ارتعاش هستند. در حالت درجا کار کردن ارتعاش ایجاد شده فقط از جانب موتور می باشد و در نتیجه کمترین میزان ارتعاش را دارد. در تحقیقی که با موضوع تاثیر ارتعاش منتقل شده از دستگیره یک تیلر بر روی کاربر انجام شد، میانگین مواجهه با ارتعاش در حالت شخم زدن، انتقال و درجا کار کردن تیلر به ترتیب ۹/۶۲، ۸/۳۷و ۳/۳۷ متر بر مجذور ثانیه بوده است که بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش به ترتیب در حالت شخم زدن زمین، انتقال و در نهایت درحالت درجا کار کردن می باشد (Goglia *et al.*, 2006).

**جدول ۱ - میزان مواجهه کاربر تیلر با ارتعاش کل دست و بازو در سه حالت کاری مختلف**

| وضعیت کار | میانگین (متر بر مجذور ثانیه) | انحراف معیار | حداقل | حداکثر | p-value* |
|---|---|---|---|---|---|
| درجا | ۱۰/۳۴ | ۰/۱۵ | ۱۰/۳۳ | ۱۰/۵۶ | |
| انتقال | ۱۶/۹۶ | ۱/۲۱ | ۱۵/۳۶ | ۱۸/۰۵ | p<۰/۰۵ |
| شخم زدن | ۲۴/۶۶ | ۳/۶۴ | ۲۲/۲۷ | ۲۹/۴ | |

* معنی دار در سطح ۵ درصد (P<۰/۰۵)

**ارتعاش کل دست و بازو به تفکیک وضعیت دنده‌های مختلف**

نتایج تجزیه واریانس برای ارتعاش کل دست و بازو به تفکیک وضعیت دنده‌های مختلف در جدول ۲ بیان شده است. نتایج جدول بیانگر این مطلب است که بین میانگین ارتعاش کل دست درحالتی که روتوتیلر در وضعیت دنده خلاص یا درجا کار می کند بطور قابل ملاحظه ای کمتر از دنده های دیگر در وضعیت کاری انتقال یا شخم زدن است. ارتعاش دست در حالت شخم زدن در دنده ۲ بیشتر از دنده ۱ است چرا که در سرعت پیشروی بیشتر با فرض ثابت بودن دور موتور اندازه برش های قطعات خاک بزرگتر بوده و در نتیجه نیروها و مقاومت ایجاد شده بیشتر خواهد بود. میزان شتاب کلی ارتعاش در وضعیت دنده عقب در حالت انتقال ۱۵/۳۷ متر بر مجذور ثانیه می باشد که کمتر از دنده های جلو می باشد. برای حالت شخم زدن زمین در دو وضعیت دنده ۱ و دنده ۲ در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد و میزان شتاب کلی ارتعاش به ترتیب برابر با ۲۲/۲۹ و ۲۷/۰۴ متر بر مجذور ثانیه می باشد. بر اساس نتایج جدول ۲ درتمام مراحل اندازه‌گیری شده با افزایش دنده روتوتیلر، میزان مواجهه با ارتعاش افزایش یافت. یکی از عوامل موثر در افزایش ارتعاش تیلر، افزایش دور موتور و توان تیلر می-باشد، چرا که بر اساس مطالعات گذشته مهم‌ترین منبع ارتعاش تیلر، موتور تیلر بوده (Tewari *et al.*, 2004) و اثر دنده و دور موتور بر افزایش ارتعاش توسط محققین مختلف اثبات شده است (Taghizadeh *et al.*, 2010).

**جدول ۲ - مقایسه میانگین ارتعاش کل دست و بازو کاربر تیلر به تفکیک وضعیت دنده و حالت‌های مختلف کار**

| وضعیت کار | دنده | میانگین (متر برمجذور ثانیه) | انحراف معیار | حداقل | حداکثر | p-value* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| درجا | دنده خلاص | ۱۰/۳۴ | ۰/۱۵ | ۱۰/۳۳ | ۱۰/۳۶ | |
| | دنده ۱ | ۱۷/۵۲ | ۰/۵ | ۱۷/۴۷ | ۱۷/۵۷ | |
| انتقال | دنده ۲ | ۱۸ | ۰/۵ | ۱۷/۹۵ | ۱۸/۰۵ | |
| | دنده عقب | ۱۵/۳۷ | ۰/۰۱۵ | ۱۵/۳۶ | ۱۵/۳۹ | P<۰/۰۵ |
| شخم زدن | دنده ۱ | ۲۲/۲۹ | ۰/۱۵ | ۲۲/۲۷ | ۲۲/۳ | |
| | دنده ۲ | ۲۷/۰۴ | ۲/۳۲ | ۲۲/۳۹ | ۲۹/۴ | |

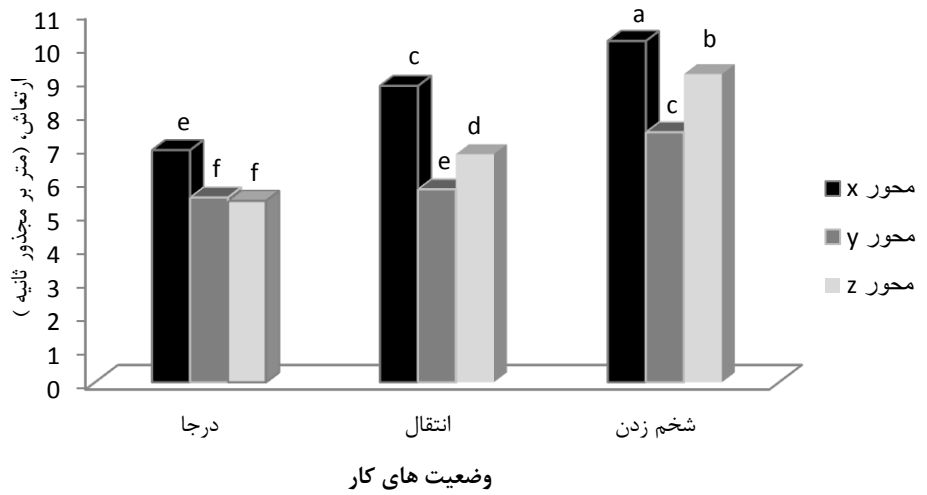
* معنی دار در سطح ۵ درصد (P<۰/۰۵)

www.SID.ir

Archive of SID


**ارتعاش کل دست و بازو در جهت‌های مختلف**

مقادیر ارتعاش دست و بازو در جهت‌های مختلف x، yو z در حالت‌های مختلف درجا کار کردن تیلر، انتقال و شخم‌زدن زمین درشکل ۴ نشان داده شده است. تفاوت معنی داری بین وضعیت های کاری مختلف مشاهده شد. میانگین ارتعاش دست و بازو در جهت‌های x، y و z برای حالت درجا کار کردن در هر سه محور از دو وضعیت دیگر بیشتر بود. میزان ارتعاش در محور z در دو حالت انتقال تیلر و شخم‌زدن زمین بیشتر از محور y است. اما در حالت درجا کار کردن میزان مواجهه در محور y بیشتر از محور z است. علت وجود این اختلاف نسبت به دو حالت کاری دیگر را می‌توان بخاطر عدم حرکت در مسیر از جانب دستگاه و نبود ارتعاش وارده از طرف ناهمواری‌های زمین دانست. در مطالعه دیوانگن و توارى (Tewari and Dewangan, 2009) بیشترین میزان ارتعاش به ترتیب در جهت‌های x، z وy مشاهده شد. بر اساس نتایج این مطالعه میزان ارتعاش در جهت x برای تمام حالت‌های مختلف انتقال، شخم زدن زمین خشک و شخم زدن زمین گلی برابر ۷/۸۸ ، ۶/۲۶ و ۴/۶۹ متر بر مجذور ثانیه بود . در مطالعه دیگری که توسط نصیری و همکاران ( Nassiri *et al.*, 2009) جهت تعیین میزان ارتعاش دست و بازو در جهت-های مختلف، در طول سه عملیات درجا کار کردن، انتقال تیلر و شخم زدن زمین انجام شد، مشخص گردید که بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش دست و بازو به ترتیب در جهت x و سپس z و y وجود داشت.




**شکل ۴- میانگین ارتعاش دست وبازو در جهت x، y و z (حروف متفاوت معنی داری در سطح پنج درصد را نشان می دهند)**

مقایسه میزان مواجهه شغلی کاربر تیلر با میزان مجاز ارایه شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران حاکی از این است، میزان مواجهه با ارتعاش دست و بازو در تمام شرایط کاری بیشتر از حد مجاز بوده و خطر بروز اختلالات اسکلتی عضلانی وجود دارد. بنابراین توصیه می‌گردد کاربر این نوع تیلر ساعات کاری روزانه خود با این تیلر را به کمتر از دو ساعت و حدود یک ساعت برساند. موتور این دستگاه از نوع تک سیلندر دیزلی بوده که نسبت به موتورهای چند سیلندر از توازن کمتری بخاطر فاصله زیاد بین ضربات توان در سیلندر برخوردار است. ارتعاش وارده به دست و بازو در دسته تیلر بعد از تولید در سیلندر در مرحله پیش از توان و توان و انتقال به شاسی دستگاه بدون اینکه توسط عایق ارتعاش جذب شود به کاربر می‌رسد. تقی‌زاده و همکاران گزارش کردند ارتعاش از شاسی تا دسته نه تنها کاهش نمی‌یابد بلکه در اثر ارتعاشات آزاد، مقدار آن افزایش پیدا می‌کند (Taghizadeh *et al.*, 2010). تغییر ارتعاش تیلر بیش از آن که از ناهمواری‌های زمین باشد، بیشتر به خاطر ضربه‌های مداوم پیستون به شاسی در مرحله توان است. همچنین ناهمواری‌های زمین نیز به این مقدار ارتعاش تولید شده از جانب احتراق ناقص پیستون در سیلندر افزوده شده که به دلیل کاهش هزینه، تسریع در ساخت و کاهش جرم تیلر و برای ساده‌سازی و ساخت در یک حجم کوچک، از سیستم‌های عایق ارتعاش در مسیر موتور تا دسته و انواع سیستم‌های ایمنی صرف نظر شده است (Maleki and Lashkari, 2013). برخی از محققان استفاده از لاستیک های ارتعاش گیر بین دسته ها و یا موتور و شاسی ماشین را پیشنهاد داده اند که می تواند تا ۳۵ درصد از ارتعاش تیلر را کاهش دهد (Xu et al., 1995; Ying et

www.SID.ir

Archive of SID



(al., 1998. باید در نظر داشت که حفاظت دست و بازو در برابر سندروم ناشی از ارتعاش فقط با اعلام یا مراعات حد مجاز شغلی میسر نمی‌گردد و برای پیشگیری از ابتلا به عارضه مذکور باید نکاتی همچون: استفاده از دستکش‌های ضد ارتعاش در حین کار، مجهز کردن ابزار کار به وسایل و قطعات ضد ارتعاش و انجام کار به روش مناسب به‌طوری که دست‌ها و بقیه بدن حین کار گرم نگه داشته شوند، تا انتقال ارتعاش از ابزار به کاربر به حداقل ممکن کاهش یابد.

**تراز صوت در حالت‌های کاری و دنده‌های مختلف**

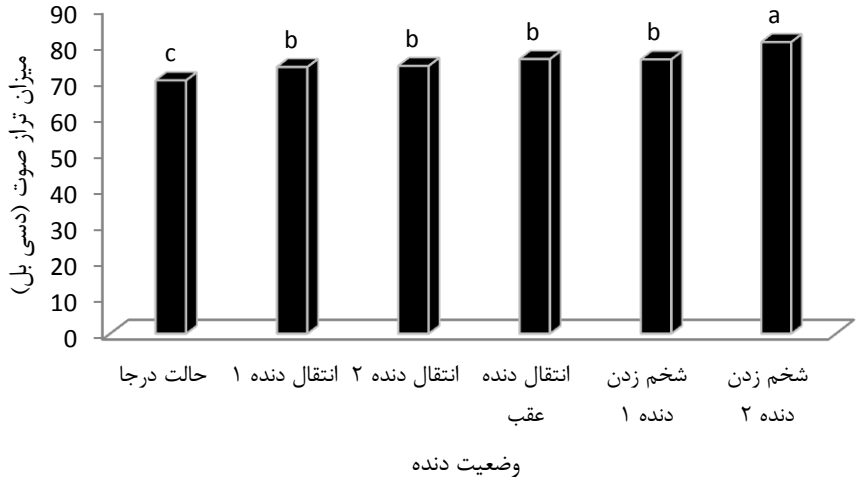
نتایج آزمون واریانس یکطرفه نشان می‌دهد که تفاوت معنی دار بین میانگین های تراز صوت در فاصله ۱۰۰ میلیمتری (گوش کاربر) و فاصله ۷/۵ متری (اطرافیان) در حالت های کاری و دنده های مختلف تفاوت در سطح ۵ درصد وجود دارد (جدول ۳). میانگین شدت صوت در موقعیت گوش راننده حدود ۱۶/۵ دسی بل در وضعیت های مختلف دنده نسبت به موقعیت اطرافیان بیشتر است. همچنین تاثیر وضعیت کار در سه حالت درجا، انتقال و شخم زدن بر تراز صوت در دو موقعیت گوش راننده و اطرافیان معنی دار است بطوری که میانگین تراز صوت در فاصله ۱۰۰ میلیمتری حدود ۱۵/۴ دسی بل از فاصله ۷/۵ متری بیشتر است. بیشترین میزان مواجهه با تراز صوت در مرحله شخم‌زدن و کمترین در مرحله درجا کارکردن روتوتیلر می باشد (جدول ۳).

**جدول ۳- تجزیه واریانس مربوط به مقایسه تراز صوت در دنده ها و حالتهای کاری مختلف**

| منبع تغییر | | صدا در فاصله ۱۰۰ میلیمتر | | | صدا در فاصله ۷/۵ متر | | | p-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | درجه آزادی | میانگین (متر برمجذور ثانیه) | انحراف معیار | f | میانگین (متر برمجذور ثانیه) | انحراف معیار | f | |
| وضعیت دنده | ۳ | ۸۳/۳ | ۱/۸ | ۷/۷ | ۶۶/۸ | ۴/۵ | ۶/۱۶ | ۰/۰۵P< |
| وضعیت کار | درجا | ۸۱/۳ | ۰/۱ | ۳/۴ | ۵۹ | ۰/۱ | ۶/۱۸ | ۰/۰۵P< |
| | انتقال | ۸۳/۳ | ۰/۵۴ | | ۶۷/۳ | ۲ | | |
| | شخم زدن | ۸۴/۲۵ | ۲/۷ | | ۶۹/۹ | ۳/۶ | | |

* سطح معنی‌دار احتمال ۵ درصد (p <0/05)

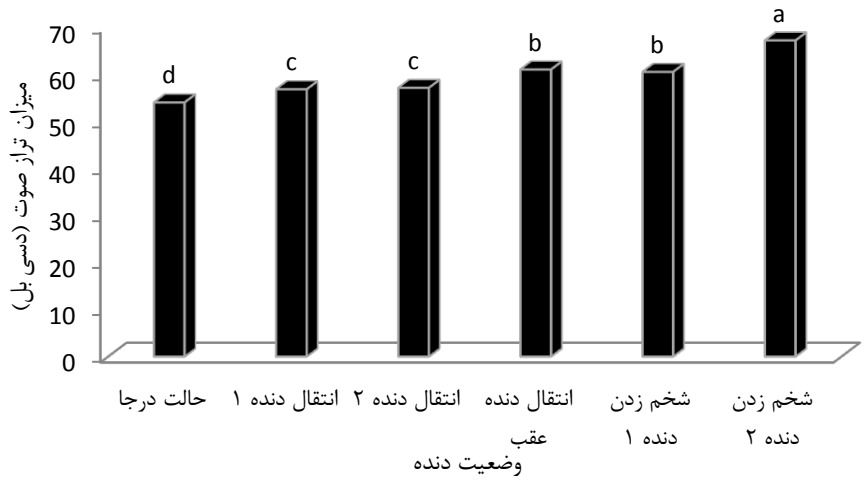
مطابق شکلهای ۵ و ۶ تراز صوت در دنده ۲ و در حالت شخم زدن با بقیه دنده ها و حالت های کاری در هر دو فاصله ۱۰۰ میلی متری و ۷/۵ متری دارای اختلاف معنی دار است. در هر دو موقعیت، بیشترین میزان تراز صوت در دنده ۲ و در وضعیت شخم زدن بدست آمد. تحقیق (Hassan Beygi and Ghobadian, 2005) بیانگر این موضوع است که با افزایش فاصله میکروفن از ماشین‌ها، سطح صدا کاهش می یابد.




**شکل ۵- تراز صوت در فاصله ۱۰۰ میلیمتر برای دنده های مختلف**

www.SID.ir

Archive of SID


**شکل ۶- تراز صوت در فاصله ۷/۵ متر برای دنده های مختلف**

مقادیر حد تماس شغلی صدا و مدت مواجهه با آن به شرایطی اشاره دارد که چنانچه کلیه شاغلان به طور مکرر در مواجهه با این مقادیر قرار گیرند، آثار نامطلوب در توانایی شنیداری و درک محاوره طبیعی آنان ظاهر نشود. با توجه به اینکه حد مجاز مواجهه روزانه طبق استانداردهای مذکور برای ۸ ساعت کار و ۴۰ ساعت کار هفتگی( و ۴۴ ساعت کار هفتگی در ایران ) ۸۵ دسی بل با قاعده ۳ دسی بل اعلام شده است. بر اساس این الگو به ازای افزایش ۳ دسی بل در تراز فشار صوت، مدت زمان مواجهه نصف می گردد. میزان تراز صدای دستگاه در موقعیت گوش کاربر کمتر از ۸۵ دسی بل و بیشینه فشار صدای این دستگاه ۸۰/۶ دسی بل می باشد که مطابق استاندارد صدای ایران این مقدار نزدیک حد مجاز بوده و مدت زمان مجاز استفاده از این دستگاه بدون بکارگیری عایق صوتی در گوش راننده، کمتر از ۲ ساعت در طول روز خواهد بود. بنابراین به ازای هر دو ساعت کار باید کاربر تعویض شود. همچنین، این مقدار برای کسانی که در فاصله ۷/۵ متری قرار دارند در حد استاندارد بوده و برای افرادی که در فواصل دورتر مستقر می باشند هیچ گونه مخاطره صوتی نخواهد داشت. در هنگام انتقال صوت، نوسانات ذرات هوا که توسط منبع تولید صدا به یکدیگر برخورد می کنند مقداری افت انرژی وجود دارد.

## نتیجه گیری

بر اساس نتایج این مطالعه، میانگین اثرات متغیر نسبت دنده‌های مختلف، نوع عملیات و فاصله میکروفون در موقعیت گوش اطرافیان و کاربر در سطح ۵٪ معنی دار شده است. میزان مواجهه با ارتعاش در تمام حالت‌های کاری بیش از حد مجاز بوده که بیشترین میزان مواجهه درحالت شخم زدن و کمترین میزان در حالت درجا بدست آمد. در تمام حالت‌های اندازه‌گیری شده، میزان مواجهه با ارتعاش در محور عمودی بیشتر از محورهای دیگر بدست آمد. همچنین، مهمترین منبع ایجاد ارتعاش در تیلر موتور آن می‌باشد که با انتقال ضربات پیستون به دیگر قسمت‌ها و تقویت آن در دسته این ارتعاش افزایش می-یابد. تغییر دنده به سمت دنده بالاتر باعث افزایش فشار صدای منتشره خواهد شد. با تغییر وضعیت عملیاتی از حالت ثابت به انتقال و حالت شخم زدن با افزایش ارتعاش تیلر موجب افزایش فشار صدا می گردد. فشار صدای منتشر شده با تغییر فاصله از موقعیت گوش کاربر به فاصله ۷/۵ متر، در موقعیت گوش اطرافیان با کاهش روبرو بوده است. دلیل این تغییرات، بیشتر شدن فاصله میکروفن تا تیلر و اثر پوشش گیاهی در جذب صدای منتشر شده بعنوان یک میرا کننده می‌باشد.

با توجه به نتایج این تحقیق توصیه می شود کاربران روتوتیلر بهتر است از گوشی های عایق صوتی در حین کار استفاده کنند و یا در غیر این صورت هر کاربر بطور مداوم کمتر از دو ساعت با دستگاه کار کند. همچنین، به سازندگان توصیه می شود با نصب ایزولاتورهای ارتعاشی در محل نصب موتور به شاسی و دسته میزان ارتعاش را کاهش دهند ضمن اینکه به تحقیقات تکمیلی برای بررسی اثر انواع عایق های جذب ارتعاش نیاز است.

## REFERENCES

Anonymous. (2012). Annual agricultural statistics. Ministry of Jihad-e-*Agriculture of Iran (AJMDC)*. available from: http://www.maj.ir.

Chaturvedi, V., Kumar, A. and Singh, J. K. (2012). Power tiller: Vibration magnitudes and *intervention development for vibration reduction*

www.SID.ir

Archive of SID



*Applied Ergonomics* 43, 891-897.

Fabbri, A., Cevoli, C. and Cantalupo, G. (2016). A method for handlebars ballast calculation in order to reduce vibrations transmissibility in walk behind tractors. *Journal of Agricultural engineering*. 12, 81-87.

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. Annuals of *Agricultural and Environmental Medicine*, 13, 33-38.

Golmohamadi, R. (2010). Noise and vibration Engineering. Hamadan, Student publication (In Farsi).

Hassan Beygi, S. R., and Ghobadian, B. (2005). Noise Attenuation Characteristics of Different Road Surfaces During Power Tiller Transport. *Agricultural Engineering International: the CIGR EJournal*. Vol. 7. Manuscript PM 04009.

Kang, C. I., Park, N. J., Oh, I. S. and Lee, Y. B. (1988). Study on the handling of power tiller in view of ergonomics. Research Reports of the *Rural Development Administration Agric. Eng. and Farm Manag.* 30, 67-71.

Kanyakam, S. and Bureerat, S. (2007). Passive vibration suppression of a walking tractor handlebar structure. In Proc. IEEE Congress on Evolutionary Computation, Singapore.

Meyer, R.E., Schwab, C.V. and Bern, C.J. (1993). Tractor noise exposure levels for bean-bar riders. ASAE Trans. 36, 1049-1056.

Nassiri, P., AliMohammadi, I., Beheshti, M. H. and Azam, K. (2013). Hand-Arm vibration assessment among tiller operator.JHSW 2013; 3(2); 35-46.

Pelmear, P. L., Taylor, W., Wasserman, D. E. (1992). Hand–Arm Vibration: a Comprehensive Guide for Occupational Health Professionals. Van Nostrand Reinhold, New York.

Ragni, L. (1994). Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio da motocoltivatori. Parte quarta: Un intervento di bonifed. Vibration transmitted to the hand–arm system from walkingtractors–Fourth part: A solution for *vibration reduction]*. *Rivista di Ingegneria Agraria*, 1, 18–26.

Ragni, L., Vassalini, G., Xu, F. and Zhang, L. B. (1999). Vibration and noise of *small implements for soil tillage. J Agric Eng Res*, 74, 403-409.

Salokhe, V. M., Majumder, B. and Islam, M. S. (1995) . Vibration characteristics of a power tiller. *journal of Terramechanics*, 32, 181 – 197.

Sam, B. and 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.

Sehsah, E., M. Abass Helmy, and H. M. Sorour. (2010). Noise test of two manufactured power tillers.

during transport on different local road conditions. International *Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3: 19-27.

Su, Q., Zhang, Y., Xu, Q. and Zhang, Z. (1989). Dynamic modification applied to the design of the handle of a walking tractor. *Transaction of Chinese Society of Agricultural Machinery*, 20(4), 9–14.

Taghizadeh, A. Tavkoli, T. and Ghobadian, B. (2010). Tiller vibration analysis at station position. JIJAS 2010; 41; 27-35 (In Farsi)

Taylor, J. S. (1985). Vibration syndrome in industry: dermatological viewpoint. American *Journal of Industrial Medicine*, 8, 415–432.

Tewari, V. K., Dewangan, K. N. and Karmakar, S. (2004). Operator's fatigue in field operation of *hand tractors. Biosystems Engineering*, 89, 1-11.

Tewari, V. K. and Dewangan, K. N. (2009). Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field operation of *hand tractor. Biosystems Engineering*, 103, 146-158.

Tiwari, P. S. and Gite, L. P. (2006). Evaluation of work-rest schedules during operation of a rotary power tiller. International *Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 203–210.

Waersted, M., Westgaard, R. H. (1991). Working hours as a risk factor in the development of *musculoskeletal complaints.Ergonomics*, 34, 265–276.

Wasserman, D. E. and Taylor, W. (1991). Lessons from hand arm vibration syndrome research. American Journal of Industrial Medicine, 19, 539–546.

Xu, F., Zhang, L., Yibin Y., Ragni L., and Vassalini, G. (1995). Anti-vibration solutionsfor ride-on walking tractor. In Proc. Int. Conf. on Stractural Dynamics, Vibration, Nois and Control, Hong Kong.

Ying, Y., Zhang, L., Xu, F. and Dong, M. (1998). Vibration characteristics and hand transmitted vibration reduction of *walking tractor. Transactions of American Society of Agricultural Engineer*s, 41, 917–922.

www.SID.ir