

ارزیابی تأثیر ارتعاشات اره موتوری بر لرزش دست و بازو کاربر در عملیات برش گرده‌بینه

چکیده

ارتعاشات، یکی از معضلات مهم کار با ارموتوری در محیط جنگلداری محسوب می‌شود. هدف از این پژوهش، اندازه‌گیری ارتعاش ارموتوری بر دست و بازوی کاربر ارموتورچی در بینه‌بری درختان (انجیلی، صنوبر و توسکا) در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود استان مازندران است. تعداد دو اصله درخت از گونه‌های توسکا، انجیلی و صنوبر با دانسیته متفاوت انتخاب و اندازه‌گیری ارتعاش با استفاده از دستگاه ارتعاش‌سنج SVANTEK 106 به‌طور هم‌زمان در سه جهت x ، y و z ارموتوری انجام گرفت. از شاخص‌های مقدار لرزش معادل ارموتوری (aeq)، مقدار کل لرزش ارموتوری (ahv)، ضریب قابلیت انتقال لرزش (Tr) و دوره مواجهه روزانه (A8) برای ارزیابی ارتعاش ارموتوری استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد، میانگین مقدار لرزش معادل ارموتوری (aeq) در گونه انجیلی در هر سه محور (x,y,z) بیشتر از گونه‌های صنوبر و توسکا است و به‌طور معنی‌داری در هر سه گونه، در جهت x بیشترین و جهت z کمترین مقدار لرزش وجود دارد نتایج آزمون دانکن نشان داد، در گونه انجیلی اختلاف معنی‌داری بین سه محور (x,y,z) وجود دارد و در گونه صنوبر و توسکا اختلاف معنی‌داری در جهت x و z وجود دارد و جهت y هم با جهت x و هم با جهت z اختلاف معنی‌داری دارد ($P < 0.05$). همچنین نتایج نشان داد مقدار لرزش کل ارموتوری (ahv)، قابلیت انتقال لرزش (Tr) و دوره مواجهه روزانه (A8) در بینه‌بری گونه انجیلی بیشتر از گونه‌های صنوبر و توسکا است که از دلایل این تفاوت می‌توان به افزایش دانسیته، کاهش درصد رطوبت و قطر بالا درخت انجیلی اشاره کرد؛ بنابراین کارگر ارموتورچی در هنگام برش درخت انجیلی، در معرض ارتعاشات بیشتری بوده و امکان ابتلا به بیماری دست سفید افزایش می‌یابد که بیان‌گر لزوم رعایت نکات ایمنی، اصول ارگونومی و کاهش مدت‌زمان کار کارگر ارموتورچی با اره است.

واژگان کلیدی: ارتعاش دست - بازو، ارموتوری، صدمات شغلی، بینه‌بری، اره-موتورچی.

سمیه خواجوی^۱
مقداد جورغلامی^{۲*}
باریس مجنونیان^۳
پیام مرادپور^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۲ دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۳ استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۴ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:
mjgholami@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۱۳

رفتن سرعت کار بوده است. با گسترده‌تر شدن فعالیت‌های انسان در جنگل و پیدایش صنعت جنگلداری، طراحی و ساخت ماشین‌های جنگل هم افزایش یافت. درواقع ساخت

مقدمه
از ابتدای بهره‌برداری از جنگل انسان همواره به دنبال ساخت و استفاده از ابزارهای مختلف جهت سهولت و بالا

اهمیت دارند. این عوامل شامل شدت نیروی ارتعاش، محل و سطح اعمال ارتعاش، مدت‌زمان مواجهه با ارتعاش، صدا و درجه حرارت محیط است [۱۳]. مواجهه طولانی‌مدت با برخی از ابزارهای مرتعش، می‌تواند باعث اثرات مضر ارتعاش روی دست و بازو شود. ارتعاش دست و بازو نوعی ارتعاش موضعی است که اندام فوقانی را درگیر می‌کند. پیامدهای ناشی از این نوع ارتعاش شامل اختلالات عروقی، عصبی و اسکلتی-عضلانی است. مجموع این علائم نشانگان لرزش دست و بازو نام دارد که به‌عنوان یک بیماری شغلی در بسیاری از کشورهای پیشرفته شناخته شده است [۱۴]. ارتعاش بر اسکلت بدن و استخوان‌ها تأثیر می‌گذارد که به‌صورت اختلالات استخوانی مفصلی مانند پروسیس میچ و برآمدگی استخوان الکرانون بروز می‌کند. علاوه بر آن باعث بیماری‌هایی چون اختلالات عروقی که به‌عنوان مهم‌ترین، خطرناک‌ترین و شایع‌ترین اثرات ارتعاش شناخته شده می‌گردد. ضایعات استخوانی، ضایعات بافت نرم و ضایعات مفصلی مانند آسیب نخاع و احتمال فلج شدن از دیگر عوامل اثرات ارتعاش بر بدن است [۱۵]. این مشکلات به‌عنوان مهم‌ترین عامل از دست رفتن زمان کاری، افزایش هزینه‌ها و آسیب‌های انسانی نیروی کار محسوب می‌شوند و یکی از بزرگ‌ترین معضلات بهداشتی شغلی در کشورهای در حال توسعه هستند [۱۶]. در مواجهه‌های شغلی با ارتعاش به دلیل تحریک عصبی و ترشح زیاد اسید، اختلال هضم غذا و اختلال در ترانزیت روده شایع بوده و حتی در برخی موارد هموروئید نیز گزارش شده است [۱۷]. همچنین مواجهه با ارتعاش می‌تواند مزاحم سیستم عصبی مرکزی شده و بر سیستم‌های گردش خون و ادرار تأثیر بگذارد [۱۸]. در جنگل‌های شمال ایران به دلایل مختلف، مکانیزاسیون قطع و تبدیل همچنان در مراحل اولیه توسعه باقی‌مانده و به همین دلیل، اره‌موتوری مهم‌ترین ابزار در عملیات بهره‌برداری جنگل و قطع و تبدیل درختان است [۱۹] که به دلیل افزایش بازده کار، مخصوصاً در قطع و تبدیل گرده‌بینه-هایی با قطر بالا باعث شده که در بخش‌های متعددی از آن استفاده شود. اره‌موتوری یکی از وسایل دستی سنگین است که کاربر خود را در معرض سطح بالایی از ارتعاشات دست-بازو قرار می‌دهد [۲۰]. البته بخش عظیمی از

و به‌کارگیری هر یک از ماشین‌ها تحولی عظیم و چشمگیری در عملیات بهره‌برداری از جنگل ایجاد نمود. به‌طوری‌که ساختار برنامه‌ها و چگونگی انجام فرآیند بهره‌برداری را تغییر داد [۱]. دستیابی انسان به انواع فناوری‌ها، هم‌زمان با افزایش رفاه، با عوارض و مخاطرات ناخواسته‌ای نیز همراه بوده است [۲]. در بهره‌برداری از جنگل عموماً ترکیبی از خطرات طبیعی و مواد دخالت دارند که به سلامت و ایمنی کارگران جنگل آسیب می‌رسانند [۳، ۴]. امروزه بیشتر کارهای کشاورزی و صنعتی به کمک ماشین‌های مختلف انجام می‌گیرد و تقریباً تمامی کاربران این‌گونه ماشین‌ها در معرض ارتعاشات ناشی از آن‌ها هستند؛ بنابراین مسئله سلامتی انسان در ارتباط کاری با یک ماشین به‌عنوان یک بحث مهم در حفاظت و ایمنی کار، علم ارگونومی و طراحی ارگونومیک ماشین‌آلات است که هدف آن، تقلیل فشارهای کار، خستگی و فرسودگی در اثر کار کردن، تطبیق و تغییر دستگاه‌ها با وضع صحیح بدن انسان و حمایت و حفاظت از کارگر است [۵، ۶، ۷]. ماهیت ارتعاش در واقع یک حرکت نوسانی حول نقطه تعادل جسم است و فرکانس، دامنه جابجایی و زمان تناوب از مشخصات این حرکت است [۸]. ارتعاش نتیجه نیروهای دینامیکی ماشین‌هایی است که قطعات متحرک دارند [۹]. شتاب‌هایی از ارتعاشات که بر انسان تأثیر می‌گذارد شامل شتاب‌های خطی و دورانی است [۱۰]. ارتعاشات خطی روی بدن تأثیرگذار است و باعث ایجاد ناراحتی و درد در بدن می‌گردد، در حالی‌که شتاب‌های دورانی معمولاً موجب ناراحتی نمی‌شود [۱۱]. ارتعاش به‌طور بالقوه می‌تواند بر روی ارگان‌هایی که در مجاورت نقطه ورود ارتعاش نیستند اثر بگذارد از جمله مهم‌ترین نقاط ورود ارتعاش به بدن می‌توان به پاها، نشیمن‌گاه، کمر و پشت سر اشاره نمود [۱۲]. در فرکانس‌های پایین جذب انرژی ارتعاشی توسط بدن انسان امکان‌پذیر است و تحریک گیرنده‌های مکانیکی بدن توسط وسایل ارتعاش‌زا بستگی به فاکتورهای بیودینامیکی داخلی بدن مانند درجه سختی و کشش عضلات (ماهیچه‌ها)، خصوصیات جسمانی، فردی و ارثی، طرز قرارگیری بدن در حین کار و چگونگی عکس‌العمل بدن به ارتعاش دارد. از طرف دیگر فاکتورهای بیودینامیکی خارجی نیز در بررسی مسائل ارتعاش بدن

[۲۳]. Bovenzi و همکاران (۲۰۱۱) تحقیقی با موضوع رابطه بین مقدار اختلالات دست در پاسخ به ارتعاشات ناشی از کار در کارگران جنگل انجام دادند. این پژوهش در جنگل‌های ایتالیا روی ۲۲۲ کارگر که با اره‌های موتوری دارای سیستم ضد ارتعاش و فاقد سیستم ضد ارتعاش کار می‌کردند، انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که بیماری دست سفید رابطه خطی مثبتی با شتاب اره-موتوری تعداد سال‌هایی که کارگر با اره‌موتوری کار می‌کند (با فرض اینکه شتاب در این سال‌ها ثابت باشد)، دارد [۳۶]. برای کنترل ارتعاشات اره‌موتوری و کاهش خسارات وارد شده به کاربر، شناخت عوامل مؤثر بر این ارتعاشات ضروری است. با مقایسه داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش با استانداردهای موجود، می‌توان مدت‌زمانی را که فرد می‌تواند بدون اینکه سلامتی‌اش در حین کار با اره‌موتوری به مخاطره بیفتد را تعیین نمود. در خصوص اندازه‌گیری ارتعاش دست - بازو در عملیات بینه‌بری در جنگل‌های شمال ایران تاکنون مطالعات زیادی صورت نگرفته است و هنوز جنبه‌های زیادی از آن در علم جنگل باقی مانده است که نیازمند تحقیق بیشتر است. مطالعه حاضر به بررسی و اندازه‌گیری لرزش و شدت آن در عملیات بینه‌بری با اره‌موتوری در برش گونه‌های چوبی با دانسیته، درصد رطوبت و کلاسه‌های قطری مختلف در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش

جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود در ۷ کیلومتری شرق نوشهر بین $27^{\circ} 36'$ تا $40^{\circ} 36'$ عرض شمالی و $32^{\circ} 51'$ تا $43^{\circ} 51'$ طول شرقی واقع شده است. این جنگل به مساحت ۹۰۰۰ هکتار با ۷ بخش است که بخش پاتم پارسل ۱۰۲ با شیب ۷۰ درصد، منطقه مورد مطالعه حاضر را تشکیل می‌دهد. متوسط بارندگی سالیانه این بخش ۱۴۵۰ میلی‌متر و حداقل و حداکثر بارندگی مربوط به اردیبهشت و مهرماه و به ترتیب برابر ۶۱ و ۲۵۴ میلی‌متر است. گرم‌ترین و سردترین ماه‌های سال تیر و بهمن با متوسط درجه حرارت‌های ۲۲ و ۳ درجه سانتی‌گراد است. از جمله درختان موجود در این بخش می‌توان به درختان

ارتعاشات در اره‌موتوری ناشی از ضربات احتراق در سیلندر آن است [۲۱]. استفاده از اره‌موتوری باعث صدمات ارگونومیکی زیادی مانند استنشاق گازهای متصاعد شده از اگزوز اره‌موتوری، گردوغبار چوب و آسیب‌هایی که در اثر حمل و کاربرد اره به ستون فقرات و اعضای بدن به کارگران وارد شده، می‌گردد. بیش‌ترین صدمات کار در جنگل در رابطه با سروصدا و اثرات ناشی از لرزش اره‌موتوری است [۲۲]؛ بنابراین ارتعاشات وارد بر بدن توسط این وسایل باید مورد بررسی قرار گرفته و در جهت کاهش خطرات آن‌ها گام‌هایی برداشته شود.

از آنجاکه اره‌موتوری با موتور تک سیلندر دو زمانه کار می‌کند، به دلیل عدم توازن نیرو و جرم، قطعات آن دارای ارتعاش خواهد بود، همچنین برخورد دندان‌های برنده زنجیر اره به چوب در هنگام کار می‌تواند موجب افزایش ارتعاشات شود. با توجه به ارتعاشات ایجاد شده توسط اره‌موتوری در حین کار و خطرات ارتعاشات وارده به دست - بازو، بررسی سطح ارتعاشات در هنگام برش چوب‌های مختلف، به‌منظور تلاش برای حفظ سلامتی اپراتور مفید و ضروری خواهد بود. با توجه به اینکه ارتعاشات اصلی اره‌موتوری ناشی از موتور تک سیلندر آن است، احتمال می‌رود که با تغییر سرعت موتور، مشخصات ارتعاش وارده به بدن اپراتور نیز تغییر نماید. همچنین بخشی از ارتعاشات در هنگام کار ناشی از برخورد دندان‌های زنجیر اره با الیاف چوب است، در نتیجه نوع گونه چوبی و دانسیته آن و همچنین قطر گرده‌بینه می‌تواند عاملی برای تغییرات ارتعاش باشد. Brusl (۱۹۷۸) به این نتیجه دست یافت که ارتعاش اره‌موتوری در هنگام کندن بودن دندان‌ها، $7/5$ درصد بیشتر از زمانی است که اره‌موتوری دارای دندان‌های تیز است [۳۰]. Miyashita و همکاران (۱۹۹۴) تأثیر لرزش اره‌موتوری روی سندرم دست - بازو را در شش گروه از کارگران اره‌موتورچی در جنگل‌های ژاپن را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که اگر تعداد ساعات کار با اره‌موتوری توسط اپراتور بیش‌تر از ۲۰۰۰ ساعت در سال شود، اختلالات گردش خون در دست وی ایجاد می‌شود و اگر مقدار ساعت کار در سال بیش از ۴۰۰۰ ساعت شود، وی دچار اختلالات ماهیچه‌ای نیز خواهد شد. آن‌ها پیشنهاد دادند که حداکثر ساعت کاری برای یک کارگر اره‌موتورچی در سال تعیین شود

زمانه و تک سیلندر، ابعاد $۵۶ \times ۳۴ \times ۳۳$ سانتی‌متر، وزن ۱۱ کیلوگرم، توان موتور ۴۸۰۰ وات، طول تیغه ۷۵ سانتی‌متر، حجم مخزن $۱/۲$ لیتر و حجم موتور ۱۰۶ میلی‌لیتر است. ارزیابی میزان ارتعاش اره‌موتوری، با استفاده از دستگاه ارتعاش سنج SVANTEK 106 ساخت کشور لهستان که مطابق با استاندارد ISO 8041:2005 و مناسب و ایده‌آل استاندارد ISO 5349 است، انجام گرفت. بخش‌های اصلی دستگاه ارتعاش‌سنج شامل دریافت‌کننده، پردازشگر و نمایشگر است. دریافت‌کننده شامل شتاب‌سنج، قاب نگه‌دارنده، فیلتر تشدید و سیم رابط است. پردازشگر ارتعاش‌سنج، پالس‌های دریافتی از جهات مختلف را پس از تقویت در ارتباط با جهت و نوع ارتعاش توزین فرکانس نموده و مقادیر را برحسب مقادیر مطلق یا تراز به صورت انتگرال زمانی محاسبه می‌نماید. مقادیر پس از اندازه‌گیری، توزین فرکانس و محاسبات لازم برای هر جهت، در مقیاس حداکثر Peak یا مؤثر rms به نمایشگر منتقل می‌گردد. نمایشگر دستگاه ارتعاش‌سنج امروزه به صورت دیجیتال با دقت یک‌دهم است، زیرا قرائت به‌طور صحیح انجام شده و امکان خطای دید از بین می‌رود. درجه حرارت‌های بالا (خصوصاً بیش از ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد)، فشار غیرمعتاد هوا، میدان‌های مغناطیسی و رطوبت نسبی محیط می‌تواند روی کارایی برخی شتاب‌سنج‌ها مؤثر باشد. تجزیه و تحلیل ارتعاش در محدوده $۱/۱$ و $۳/۱$ اکتاو و محدوده فرکانسی $۰/۱$ تا ۲۸۲۸ هرتز انجام می‌شود (شکل ۱). شایان‌ذکر است که تمام اندازه‌گیری‌ها با چهار تکرار انجام گرفت و در این پژوهش از استانداردهای ISO 5349 استفاده شد [۳۲].

انجیلی، توسکا و صنوبر با مقدار دانسیته زیاد در گونه انجیلی و متوسط و کم در گونه‌های صنوبر و توسکا اشاره کرد. توسکا و صنوبر درختانی رطوبت پسند به شمار می‌روند؛ بدین معنی که دارای قدرت جذب آب بسیار زیادی‌اند و در زمین‌های مرطوب یا باتلاقی دارای رشد سریع هستند. درخت انجیلی در آفتاب درخشان و یا سایه محدود در زهکشی مناسب رشد می‌کند. این درخت در خاک‌های مرطوب ایستادگی و تحمل ندارد [۲۴].

روش‌ها

تعداد ۲ اصله درخت، از گونه‌های توسکا، انجیلی و صنوبر با دانسیته متفاوت در برش عرضی، اندازه‌گیری شد. عملیات بینه‌بری و اندازه‌گیری ارتعاشات ناشی از اره‌موتوری در گونه‌های توسکا و صنوبر در نهالستان و گونه انجیلی در پارسل ۱۰۲ بخش پاتم جنگل آموزشی پژوهشی خیرود انجام شد. کارگر از کارگرهای آموزش‌دیده ماهر، با سابقه فعالیت بهره‌برداری بود. اندازه‌گیری ارتعاش با استفاده از دستگاه ارتعاش‌سنج SVANTEK 106 به‌طور هم‌زمان، در سه جهت x ، y و z اره‌موتوری انجام گرفت. این انتقال‌گرها از طریق یک سری گیره به دسته اره‌موتوری متصل شدند تا هیچ‌گونه مانعی بین انتقال‌گرها و دسته اره‌موتوری وجود نداشته باشد. ارتعاش‌سنج و فیلتر مکانیکی باید بر روی دسته اره‌موتوری از طریق وسایل چفت‌وبست کننده با رعایت استاندارد ISO 5349-2 وصل شوند. دستگاه مورد استفاده در این پژوهش جهت بینه‌بری درختان، اره-موتوری STIHL 070 ساخت کشور آلمان، دارای موتور دو



شکل ۱- دستگاه ارتعاش‌سنج SVANTEK 106

انتقال لرزش (Tr) و دوره مواجهه روزانه (A8) برای تبیین وضعیت لرزش اره‌موتوری استفاده شد. برای محاسبه مقدار

شاخص‌های مورد بررسی

در این پژوهش از چهار شاخص مقدار لرزش معادل اره‌موتوری (aeq)، مقدار کل لرزش اره‌موتوری (a_{hv})، قابلیت

تعداد ۲۰ عدد تهیه شد. برای وزن کردن نمونه‌ها از ترازوی دیجیتال استفاده شد. دقت ترازوهای مورد استفاده برای این منظور تا یک صدم گرم کافی است. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌های تهیه شده، داخل آون با دمای 2 ± 103 درجه سلسیوس قرار داده شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت، نمونه‌ها در این حالت دارای رطوبت صفر درصد هستند. با به دست آمدن اندازه وزنی نمونه مرطوب و خشک، درصد رطوبت با رابطه ۴ محاسبه و ثبت می‌شود که در این رابطه MC درصد رطوبت، W_m وزن چوب مرطوب (گرم) و W_{OD} وزن چوب خشک (گرم) است.

$$\% MC = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۴})$$

با تعیین m جرم چوب (گرم) و v حجم چوب (سانتی‌متر مکعب) طبق رابطه ۵، D جرم مخصوص چوب (گرم بر سانتی‌متر مکعب) محاسبه می‌شود.

$$D = \frac{m}{v} \quad (\text{رابطه ۵})$$

روش تجزیه و تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری داده‌ها، بررسی نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگن بودن آن‌ها نیز از طریق آزمون لون انجام شد. برای تحلیل آماری داده‌ها، از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه^۲ و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن^۳ استفاده شد. برای انتخاب بهترین مدل آماری برازش داده شده از مدل‌های رگرسیونی بهره گرفته شد و برای بررسی روابط همبستگی، از ضریب پیرسون (r) استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 23 و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel 2016 انجام شد.

کل لرزش اره موتوری (a_{hv}) بر اساس استاندارد ISO 5349، از رابطه ۱ استفاده شد.

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

که در این رابطه a_{hv} شتاب کلی لرزش‌های اره موتوری (متر بر مجذور ثانیه)، a_{hwx} شتاب وزن دار شده اره موتوری در محور x (متر بر مجذور ثانیه)، a_{hwy} شتاب وزن دار شده اره موتوری در محور y (متر بر مجذور ثانیه) و a_{hwz} شتاب وزن دار شده اره موتوری در محور z (متر بر مجذور ثانیه) است.

برای محاسبه قابلیت انتقال لرزش، از متداول‌ترین روش، روش Stikeleather بر اساس رابطه ۲ استفاده شد [۲۵].

$$T_r = \frac{Z_{out}}{Z_{in}} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در این رابطه، T_r قابلیت انتقال (بدون واحد)، Z_{out} میزان لرزش خروجی (متر بر مجذور ثانیه) و Z_{in} میزان لرزش ورودی (متر بر مجذور ثانیه) است.

دوره مواجهه روزانه به صورت کلی، زمانی که در طول روز یکی از دست‌ها یا هر دو در معرض لرزش‌های ناشی از کار با اره موتوری قرار دارند، تعریف می‌شود. در این پژوهش برای محاسبه دوره مواجهه روزانه بر اساس استانداردهای یادشده، فرض شد که هر کارگر اره موتوری روزانه دو تا سه ساعت در معرض ارتعاش قرار دارد. برای مقایسه بهتر مواجهه‌های روزانه که در طول مدت زمان‌های متفاوت اتفاق می‌افتد، از شاخص مقدار کلی ارتعاشات معادل هشت ساعت استفاده می‌شود (رابطه ۳).

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در این رابطه، T مدت زمان روزانه مواجهه با ارتعاش (برحسب ثانیه) و T_0 مدت زمان مرجع (برابر با ۲۸۸۰۰ ثانیه) را نشان می‌دهد.

به منظور اندازه‌گیری درصد رطوبت گونه‌های مورد نظر، ابتدا از انتها و وسط چوب‌ها به اندازه ۵۰۰-۳۰۰ میلی‌متر برش داده، سپس نمونه‌های مورد آزمایش را بر اساس استاندارد به ابعاد $2 \times 2 \times 2$ سانتی‌متر و به

¹Kolomogorov-Smirnov test

²Levene's test

³One Way Anova

⁴Duncan's test

نتایج و بحث

مقدار لرزش معادل اره‌موتوری (aeq)

بر اساس جدول ۱ نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه در سطح ۰/۰۱ نشان می‌دهد که در

گونه انجیلی به‌طور معنی‌داری در جهت X بیشترین و جهت Z کمترین مقدار لرزش وجود دارد ($P < 0.01$). همچنین در گونه توسکا و صنوبر جهت X به‌طور معنی‌داری از محورهای Y و Z بیشتر است ($P < 0.05$).

جدول ۱- مشخصات آماری مقدار لرزش معادل اره‌موتوری (aeq) (متر بر مجذور ثانیه) در محورهای (x,y,z) در گونه‌های مختلف

گونه	محورهای اره موتوری	X	Y	Z
انجیلی	میانگین	۴/۷۳	۳/۲۲	۲/۳۳
	ماکزیمم	۴/۹۷	۳/۷۹	۲/۹۹
	مینیمم	۴/۴۶	۲/۷۵	۱/۳۲
	انحراف معیار	۰/۲۴	۰/۵۴	۰/۷۱
	ضریب تغییرات	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۳۰
	خطای معیار	۰/۱۲	۰/۲۷	۰/۳۵
صنوبر	میانگین	۳/۲۴	۲/۳۹	۱/۸۴
	ماکزیمم	۳/۹	۲/۹۹	۲/۹۹
	مینیمم	۲/۸۹	۱/۳	۱/۱۶
	انحراف معیار	۰/۴۵	۰/۷۵	۰/۸
	ضریب تغییرات	۰/۱۴	۰/۳۱	۰/۴۳
	خطای معیار	۰/۲۲	۰/۳۷	۰/۴
توسکا	میانگین	۲/۲۴	۱/۹۳	۱/۶۸
	ماکزیمم	۲/۸۲	۲/۱۲	۱/۹
	مینیمم	۱/۹۳	۱/۷۸	۱/۴۵
	انحراف معیار	۰/۴	۰/۱۵	۰/۱۹
	ضریب تغییرات	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱۱
	خطای معیار	۰/۲	۰/۰۷	۰/۰۹

*حروف نامتشابه لاتین اشاره به اختلاف معنی‌دار بین محورهای مختلف اره‌موتوری در سطح ۹۵ درصد با استفاده از آزمون F دارد.

جدول ۲ - تجزیه واریانس یک‌طرفه مقدار لرزش معادل اره‌موتوری (aeq) (متر بر مجذور ثانیه) در محورهای (x,y,z)

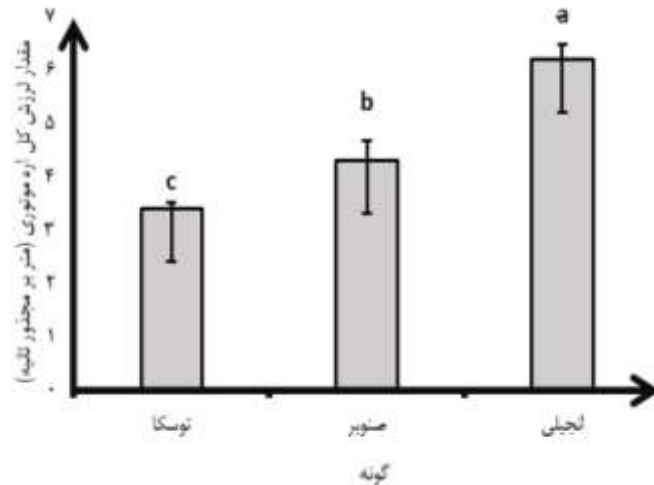
گونه	میانگین مربعات	df	f	sig
انجیلی	۵/۸۶	۲	۲/۴	۰/۰۰ **
صنوبر	۱/۹۸	۲	۴/۲	۰/۰۵ *
توسکا	۰/۳۰	۲	۴/۱	۰/۰۵ *

^{ns}عدم تفاوت معنی‌داری *معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد **معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد

مقدار لرزش کل اره‌موتوری (ahv)

آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه در سطح ۰/۰۱ نشان می‌دهد، مقدار لرزش کل اره‌موتوری (ahv) به‌طور معنی‌داری در گونه انجیلی بیشتر از گونه‌های صنوبر و توسکا است ($P = 0.00$). مقایسه میانگین مقدار لرزش معادل اره-موتوری در گونه‌های انجیلی، صنوبر و توسکا با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ بررسی شده است. بر اساس

شکل ۲، نتایج حاصل از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد نشان داد میانگین مقدار لرزش کل اره‌موتوری در گونه انجیلی (۶/۲۲ متر بر مجذور ثانیه) به‌طور معنی‌داری بیشترین و در گونه‌های صنوبر (۴/۳۳ متر بر مجذور ثانیه) و توسکا (۳/۴۲ متر بر مجذور ثانیه) کمترین مقدار را دارد.



شکل ۲- مقدار لرزش کل اره موتوری (ahv) در گونه‌های مختلف

* بارها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین ** حروف نامتشابه لاتین اشاره به معنی‌داری آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد دارد.

ثانیه) و توسکا (۱/۷۱ متر بر مجذور ثانیه) و در مدت سه ساعت، در گونه‌ی انجیلی (۳/۸۰ متر بر مجذور ثانیه)، سنوبر (۲/۶۵ متر بر مجذور ثانیه) و توسکا (۲/۰۹ متر بر مجذور ثانیه) است.

رابطه مقدار لرزش معادل اره موتوری (aeq) و

دانسیته

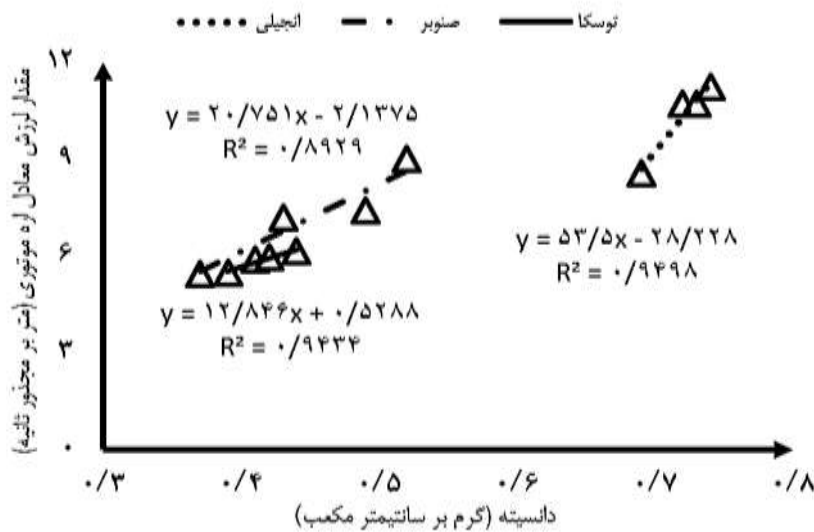
شکل ۳ نشان‌دهنده این موضوع است که رابطه خطی مثبتی بین مقدار لرزش معادل اره موتوری (aeq) و دانسیته وجود دارد و اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ در هر سه گونه مشاهده می‌شود. با افزایش دانسیته به‌طور معنی‌داری مقدار لرزش معادل اره موتوری نیز، در هر سه گونه افزایش می‌یابد. در گونه‌های انجیلی، سنوبر و توسکا با مقدار لرزش (۵/۸۶ و ۷/۲۵، ۱۰/۲۹) متر بر مجذور ثانیه، مقدار دانسیته به ترتیب برابر (۰/۴۱ و ۰/۴۵، ۰/۷۱) گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

قابلیت انتقال لرزش (Tr)

آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد، قابلیت انتقال لرزش (Tr) دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ در گونه‌ی انجیلی، سنوبر و توسکا است ($P=0/04$). نتایج حاصل از مقایسه میانگین آزمون دانکن نشان داد، اختلاف معنی‌داری میان گونه‌ی انجیلی با گونه‌ی توسکا وجود دارد و بیشترین مقدار قابلیت انتقال لرزش مربوط به گونه‌ی انجیلی (۳/۴۳ متر بر مجذور ثانیه) است. همچنین گونه‌ی سنوبر (۲/۴۱ متر بر مجذور ثانیه) اختلاف معنی‌داری هم با گونه‌ی توسکا (۱/۹۵ متر بر مجذور ثانیه) و هم با گونه‌ی انجیلی دارد.

دوره مواجهه روزانه

نتایج حاصل از دوره مواجهه روزانه نشان داد، اگر کارگر اره‌موتورچی در مدت‌زمان دو ساعت با اره‌موتوری کار کند، شدت ارتعاش واردشده به وی در گونه‌ی انجیلی (۳/۱۱ متر بر مجذور ثانیه)، سنوبر (۲/۱۶ متر بر مجذور



شکل ۳- رابطه مقدار لرزش معادل اره موتوری (aeq) و دانسیته

رابطه مقدار لرزش معادل اره موتوری (aeq) و

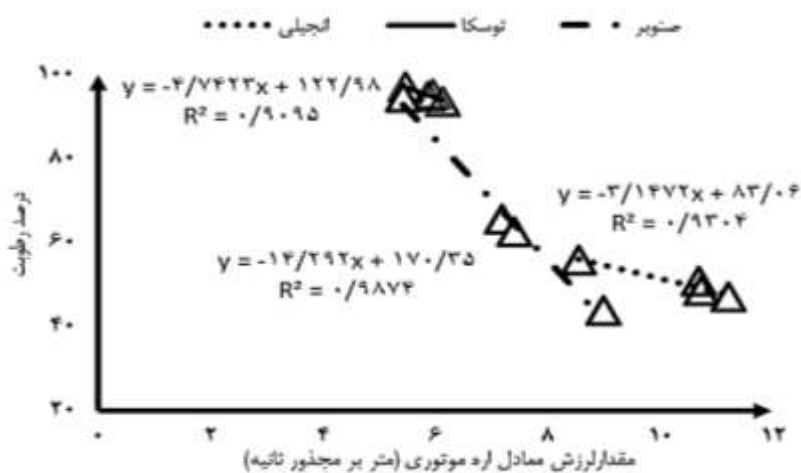
قطر

شکل ۵ نشان‌دهنده این موضوع است که رابطه خطی مثبتی بین مقدار لرزش معادل اره موتوری (aeq) و قطر وجود دارد و با افزایش قطر به‌طور معنی‌داری مقدار لرزش معادل اره موتوری (aeq) در هر سه گونه افزایش می‌یابد.

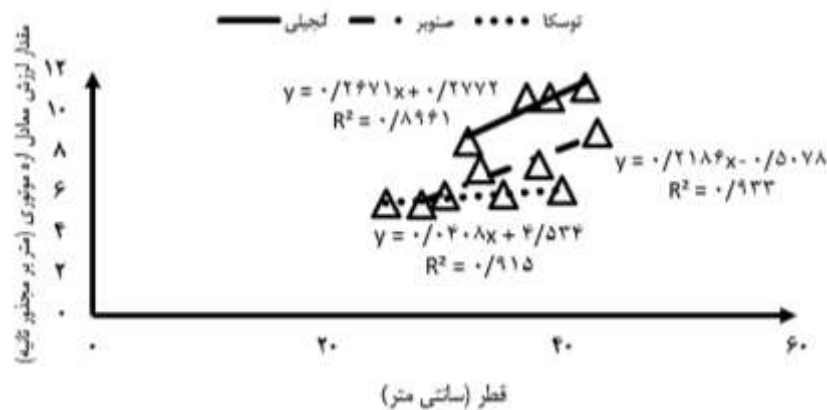
رابطه مقدار لرزش معادل اره موتوری (aeq) و

درصد رطوبت

شکل ۴ نشان‌دهنده این موضوع است که رابطه خطی منفی بین مقدار لرزش معادل اره موتوری (aeq) و درصد رطوبت وجود دارد و با افزایش درصد رطوبت به‌طور معنی‌داری مقدار لرزش معادل اره موتوری (aeq) در هر سه گونه کاهش یافته است. مقدار درصد رطوبت در گونه‌های انجیلی، صنوبر و توسکا به ترتیب برابر (۱۹/۹۵ و ۱۶۹/۶۶) است.



شکل ۴- رابطه مقدار لرزش معادل اره موتوری (aeq) و درصد رطوبت



شکل ۵- رابطه مقدار لرزش معادل اره‌موتوری (aeq) و قطر

برنده ایجاد کردند. این انحناء به‌منظور حرکت روان خارک محدودکننده بر روی سطح برنده ایجاد شد که درواقع ابداع نسل اول زنجیرهای با ایمنی مناسب‌تر است. در ادامه یک انحناء بر روی فلس‌های راننده ایجاد شدند و بعدها یک طراحی مناسب برای خارک‌های محدودکننده عمق نیز شکل گرفت. زنجیرهایی که امروزه ساخته می‌شوند علاوه بر تخصص مناسب برای کارهای مختلف، دارای لرزش کمتر و ضد لگزدن هستند [۳۱]. نتایج اندازه‌گیری نشان داد قابلیت انتقال لرزش به‌طور معنی‌داری، بر کاربر اره‌موتورچی در گونه‌های انجیلی و صنوبر بیشتر از گونه‌ی توسکا است؛ که این امر نیاز به بهبود دستگاه از نظر ارگونومی و استفاده کاربر از وسایل ایمنی دارد. نتایج اندازه‌گیری نشان داد زمانی که کاربر روی چوب انجیلی کار می‌کند، لرزش کل بیش‌تری نسبت به گونه‌های توسکا و صنوبر به وی وارد می‌شود. این یافته باید راهنمای مدیران اجرایی طرح‌های جنگلداری در سازماندهی و مدیریت زمان کار کارگران اره‌موتورچی در جنگل و صنایع چوب باشد تا کارگران اره‌موتورچی در طول روز به‌طور متناوب و با زمان‌های استراحت یا استفاده از دنیروی اره‌موتورچی برای کار متناوب به کار گرفته شوند و در نتیجه سلامت نیروی کار، حفظ شود و کارگران اره‌موتورچی به بیماری دست سفید مبتلا نشوند. روابط بین مقدار لرزش معادل اره‌موتوری و دانسیته نشان داد که ارتباط خطی مثبتی بین گونه‌ها وجود دارد [۳۲]. از دلایلی که سبب افزایش دانسیته چوب و به‌تبع آن سبب افزایش مقدار لرزش معادل اره‌موتوری می‌شود، آن است که هرچه وزن مخصوص چوب افزایش یابد، مقدار ماده

در این پژوهش مقدار لرزش معادل اره‌موتوری به‌عنوان یکی از شاخص‌های استاندارد، اندازه‌گیری شد که بر اساس آن، شدت ارتعاش اره‌موتوری در جهت X بیشتر از جهت-های Y و Z است که این نتیجه همسو با نتایج دیگر پژوهش‌هاست [۲۵ - ۲۷]. از دلایل مهمی که سبب بیشتر بودن ارتعاش در جهت X می‌شود، می‌توان به مسیر گردش زنجیر و اسپراکت اشاره کرد که به‌ویژه در هنگام درگیر بودن در چوب، مقدار شدت ارتعاش را افزایش می‌دهد [۲۹]. در چوب گونه‌ی انجیلی به‌طور معنی‌داری مقدار لرزش کل اره‌موتوری بیش‌تری، نسبت به گونه‌های توسکا و صنوبر مشاهده می‌شود که از دلایلی که سبب این تفاوت می‌شود، می‌توان به نوع چوب و مقاومت بالای چوب درخت انجیلی اشاره کرد. میانگین تراکم چوب اندازه‌گیری شده انجیلی ۰/۷۱ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و صنوبر و توسکا به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۴۱ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) است که سبب افزایش مقدار لرزش کل اره‌موتوری در هنگام بینه‌بری درخت توسط اره‌موتورچی می‌شود. همچنین افزایش قطر درختان، سبب درگیر شدن بخش بیش‌تری از دندان‌های زنجیر در کار برش می‌شود که خود به‌خود سبب افزایش لرزش نیز خواهد شد. به‌طور کلی، یکی از دلایل افزایش بیش‌ازحد ارتعاش اره‌موتوری، ممکن است کند بودن دندان‌های برنده زنجیر اره‌موتوری باشد، به‌طوری‌که، در پژوهش‌هایی به این نتیجه دست یافتند که ارتعاش اره‌موتوری در هنگام کند بودن دندان‌ها، ۷/۵ درصد بیش‌تر از زمانی است که اره‌موتوری دارای دندان‌های تیز است [۳۰]. در اواخر دهه ۱۹۸۰، طراحان زنجیر یک انحناء در فلس‌های اتصال زنجیر در بین فلس‌های

گونه‌های صنوبر و توسکا است که از دلایل آن می‌توان به تفاوت در دانسیته و سختی چوب، قطر و درصد رطوبت اشاره کرد. همچنین نتایج نشان داد، دوره مواجهه روزانه با ارتعاش در گونه انجیلی از گونه‌های صنوبر و توسکا بیشتر است؛ بنابراین کارگر اره‌موتورچی در طول یک روز، هنگام کار بر درخت انجیلی مدت‌زمان کمتری را باید با اره کار کند تا از بیماری‌های شغلی ناشی از کار با اره‌موتوری جلوگیری کند. برای کنترل و کاهش ارتعاشات ناشی از یک وسیله شناخت عوامل مؤثر بر مقدار ارتعاش ضروری است و اره‌موتوری نیز از این اصل مستثنی نیست. بدین معنی که برای کنترل ارتعاشات این وسیله و کاهش خسارات وارد شده به کاربر آن، شناخت عوامل مؤثر بر این ارتعاشات ضروری است. برای کاهش صدمات و بیماری‌های ناشی از ارتعاشات اره‌موتوری در کارگران جنگل، ضمن آموزش کارگران در بدو ورود به کار، برنامه‌های ایمنی حین کار توسط سرکارگران در جنگل آموزش داده شود. کارگران را به استفاده از وسایل ایمنی و حفاظت فردی تشویق و از مزایای استفاده از این وسایل آگاه کرده و در آنان ایجاد انگیزه نمایند. با به‌کارگیری ارگونومی و رعایت کردن نکات ایمنی کار و متناسب کردن کار با کارگر و کارگر با کار می‌توان از صدمات و بیماری‌های شغلی ناشی از ارتعاش اره‌موتوری جلوگیری کرد. تعمیر و تعویض قطعات فرسوده، استفاده از اره‌های موتوری با طول تیغه کوتاه‌تر و دارای سیستم ضد ارتعاش، استفاده از مدل‌های جدیدتر اره‌موتوری که دسته با واشر پلاستیکی یا فنر به بدنه متصل شده است از روش‌های کاهش انتقال لرزش است.

چوبی در واحد حجم بیشتر شود و مقاومت مکانیکی چوب به‌خصوص در نیروهای برشی، کششی، فشاری، خمشی و سختی نیز زیاده‌تر می‌شود. همچنین، عوامل متعددی مانند شرایط رویشگاه، پهنای دواپر رویش، ضخامت دیواره سلولی و نسبت چوب آغاز به چوب پایان بر دانسیته چوب مؤثر است [۳۳]. بر اساس نتایج، بین لرزش معادل اره‌موتوری و درصد رطوبت، ارتباط خطی منفی بین گونه‌ها وجود دارد. به این معنی که با افزایش درصد رطوبت چوب درختان، مقدار لرزش معادل اره‌موتوری کاهش می‌یابد که این نتیجه همسو با نتایج [۳۴] است. از دلایل تأثیرگذاری که سبب این تفاوت می‌شود آن است که با افزایش رطوبت پیوند بین الیاف چوب سست‌تر شده و در نتیجه مقاومت چوب در برابر برش کاهش می‌یابد. روابط بین مقدار لرزش معادل اره‌موتوری و قطر درختان، نشان‌دهنده این موضوع است که ارتباط خطی مثبتی بین قطر گونه‌های انجیلی، صنوبر و توسکا با لرزش وجود دارد. به این معنی که با افزایش قطر درختان، مقدار لرزش معادل اره‌موتوری نیز افزایش می‌یابد که این نتیجه همسو با یافته‌ها [۳۵] است. از دلایلی که افزایش قطر درختان، سبب افزایش مقدار لرزش معادل اره‌موتوری می‌شود، می‌توان به افزایش ضخامت پوست درخت و افزایش تعداد دندان‌های درگیر در برش اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در محورهای مختلف (x, y, z) اره‌موتوری، تفاوت معنی‌داری وجود دارد و در جهت x بیشترین لرزش وجود دارد. مقدار لرزش اره‌موتوری در هنگام بینه‌بری در گونه انجیلی بیش‌تر از

منابع

- [1] Fazeli-Shahroodi, A., Hajazian, M. and Lotfaliyan, M., 2013. Characteristics of technology in forest exploitation. The first congress of sustainable agriculture and sustainable natural resources of Tehran, 8 p. (In Persian).
- [2] Karami, G., Bijani, M. and Salamat, E., 2015. Agricultural experts' safety knowledge toward work with agricultural machinery in south west of Iran. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 1(4): 30-39.
- [3] Khodae, M., Eraghi, M. and Egtesadi, A., 2013. Study of the causes of work-related accidents in workers operating in Sari. Occupational Medicine Quarterly Journal, 5(2): 9-19.

- [4] Mousavi, B. and Parsakhoo, A., 1394, Identification of the Occupational Challenges of Forest Workers in the Workplace, Third National Conference on Scientific Students in Agricultural and Natural Resources, Karaj, University of Tehran, 11 p. (In Persian).
- [5] Amir Fazli, A., 2003. Methods of design in engineering. Sharif University of Technology. 283p. (In Persian).
- [6] Lotfaliyan, M., 1390. Forest Harvesting, Aijteghran Publishing House, 488 p.
- [7] Nikpour, A. and Zare Kasab, M., 2011. Ergonomics from Organizational Perspective and Its Role in Employees' Effectiveness. Social, Economic, Scientific, and Cultural Illustration. 8: 132-133.
- [8] Pourabdian, S., Habibi, A., Sadeghi, M. and Rismanchian, M., 2010. The effect of anti-vibration knob on the vibration produced by a grinding machine. Health Research Journal, 10: 6-1.
- [9] Zare, V., 1395. Analysis of vibration in rotary machines. 26 p.
- [10] Tewari, V.K. and Prasad, N., 1999. Three-DOF modeling of tractor seat-operator system. Journal of Terramechanics, 36: 207-219.
- [11] Griffin, M.J, Whitham, E.M. and Parsons, K.C., 1982. Vibration and Comfort: translational seat vibration. Ergonomics. 25: 603-630.
- [12] Chainin, A, Azra, K, Mirzaie, R, Mortazavi, B, Asilian, H. and Soleimanian, A., 2014. Assessing the exposure of metro drivers to body vibration based on the standard VDV Standard ISO 2631-1. Health and Safety Executive Summary. 120 p.
- [13] Kalantari, D., Dehnavi, S. and Entezari, A., 2013. 1 mathematical model of various vibrating systems in the design of tractor chairs. Seventh National Congress on Agricultural Machinery and Mechanization, 8p.
- [14] Bayat, R., Aliabadi, M., Golmohammadi, R. and Shafiee Motlagh, M., 2016. Assessment of Exposure to Hand-Arm Vibration and its Related Health Effects in Workers Employed at Stone Cutting Workshops of Hamadan City. Journal of Occupational Hygiene Engineering, 2(4): 25-32.
- [15] Saifi, Z. and Yeganeh, R., 2014. Evaluation of the vibration of the Ferguson 399 Seat Tractor in the moldboard plow connection. The 8th conference of agriculture machinery Eng. (Biosystem Eng.) and mechanization, January 2014, 8 p. (In Persian).
- [16] Parno, A., Sayehmiri, K., Mokarami, H., Parno, M., Azrah, K., Ebrahimi, M.H. and Poursadeghiyan, M., 2016. The prevalence of work-related musculoskeletal disorders in the lower limbs among Iranian workers: a meta-analysis study. Iran Occupational Health. 13(5): 49-59. (In Persian).
- [17] Golmohammadi, R., 2016. Guide to Measuring and Evaluating Sound and Vibration in the Workplace. Environmental Health Center, Ministry of Health and Medical Education - Daneshjoo Publications. 140 p.
- [18] Taghizadeh Ali Sarai, A., Tavakoli Hashtgin, T. and Ghobadian, B., 2007. Checking the vibration of the 650th Universal tractor seat. Iranian Journal of Agricultural Science. 38(4): 580-571. (In Persian).
- [19] Jourgholami, M. and Majnonian, B., 2010. The study of bucking operation efficiency in short and long logs method (Case study: Namkhaneh District in Kheyroud Forest). Iranian Journal of Forest, 2(1):1-12. (In Persian).
- [20] Feyzi, M., Jafari, A. and Ahmadi, H., 1392. Evaluating and analyzing vibration in jet bits without cutting. Eighth National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization of Iran. 15 p. (In Persian).
- [21] Ying, H., Ooi Lu, E. and ZaidiMohd, R., 2011. The design and development of suspended handles for reducing hand-arm vibration in petrol driven grass trimmer. Journal of Industrial Ergonomics, 41: 459-470.

- [22] Rottensteiner, C., Tsioras, P. and Stampfer, K.B., 2012. Wood density impact on hand-arm vibration. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 33(2): 303-312.
- [23] Miyashita, K., Miyamoto, K., Kuroda, M., Takeda, S. and Iwata, H., 1994. Hand-arm vibration exposure and the development of vibration syndrome. *Nagoya Journal of Medical Science*, 57: 43-48.
- [24] Hashemi, A., Chahrghghani, M. and Imangholilu, M., 2013, Forest management plan of Patom forest, Kheyroud forests, Nowshahr, 166 p. (In Persian).
- [25] Stikeleather, L.F., 1991. Seat vibration and ride comfort. In *Human Factors: A series of Quality Instructional Material*, ASAE Publisher, USA, 22 p.
- [26] Rottensteiner, C. and Stampfer, K.B., 2013. Evaluation of operator vibration exposure to chainsaws equipped with a Kesper safety bar. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28(2): 193-200.
- [27] Pitts, P., 2004. Hand-arm vibration emission of chainsaws- comparison with vibration exposure. *Health and Safety Laboratory, United Kingdom*, 53 p.
- [28] Stempski, W., Jablonski, K. and Wegner, J., 2010. Relations between top-plate filling angle values of cutting chains and chain saw vibration levels. *ACTA Scientiarum Polonium*, 9(2): 31-39.
- [29] Majnounian, B., Jabbari, M., Jourgholami, M., Yarahmadi, R. and Deljoui A., 2017. Assessment of hand-arm vibration caused by chainsaw in beech tree felling and bucking operations. *Iranian Journal of Forest*, 9(3): 301-313. (In Persian).
- [30] Brusl, H., 1978. Vibration assessment on pneumatic picks. *Sichere Arbeit*, 3: 31-33.
- [31] Jourgholami, M., 2010. Forest exploitation booklet. Faculty of Natural Resources, University of Tehran. 108 p. (In Persian).
- [32] Rottensteiner, C., Tsioras, P. and Stampfer, K.B., 2012. Wood density impact on hand-arm vibration. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 33(2): 303-312.
- [33] Khansari, M., 2010. Wood and Paper Leaflet, Faculty of Natural Resources, University of Guilan. 154 p.
- [34] Fathi S., Roohnia, M. and Kohantorabi, M., 2016. Longitudinal vibration parameters variations of beech wood observation in line with independent changes in moisture content and temperature. *Renewable Natural Resources Research*, 6(3): 39-49.
- [35] Skarżyński, J., 2007. Effects of wood diameter on vibrations on chain saw handles during crosscutting, Technical Report of Polish Environmental Ministry, 5 pp.
- [36] Bovenzi, M., Pinto, I., Picciolo, F., Mauro, M. and Ronchese, F., 2011. Frequency weightings of handtransmitted vibration for predicting vibration-induced white finger. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 37(3): 244-252.

Evaluation of the effect of chainsaw vibration on user's hand and arm during log bucking operations

Abstract

Vibration is one of the most important problems in the field of forestry with a chainsaw. The purpose of this study was to measure the vibration of the chainsaw on the hands and arm of sawmiller while cutting the trees in the educational and research forest of Kheyroud located in Mazandaran province. Two alder, Persian ironwood, and poplar trees, which have different densities, were selected and vibration was measured using the SVANTEK vibration instrument, simultaneously in three directions, i.e. x, y and z. For the evaluation of motor vibration, the averaged vibrational vibration index (aeq), total ahv shaking averaging, vibration transmission coefficient (TR) and daily exposure time (A8) were used. It was shown that the mean value of the vibration equivalent of aeq in all three axes (x, y, z) of Persian ironwood is more than poplar and alder species and is significant in all three species in the x direction. The results of Duncan's test showed that there is a significant difference between the three axes (x, y, z) in Persian ironwood and there is a significant difference between x and z in the poplar and alder species and direction y with direction x and also with z direction ($P < 0.05$). The results also showed that the total vibration of the ahv, motor vibration transmission (Tr) and the daily exposure period (A (8)) in the bin of Persian ironwood is more than poplar and alder species. Due to this difference, it is possible to increase the density, decrease the moisture content and the diameter of the Persian ironwood tree. Therefore, the sawing worker during the cutting of the Persian ironwood is exposed to more vibrations and is likely to develop white-handed disease, which implies the need to observe safety tips, ergonomic principles, and shorten the working hours of a chainsaw worker.

Keywords: hand-arm vibration, chainsaw, job injuries, bucking, chainsawer.

S. Khajavi¹
M. Jourgholami^{2*}
B. Majnounian³
P. Moradpour⁴

¹ M.Sc. student, Forest engineering, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

² Associate Prof., Department of forestry and forest economics, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

³ Professor, Department of forestry and forest economics, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

⁴ Assistant Prof., Department of wood and paper science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:
mjgholami@ut.ac.ir

Received: 2018/06/14
Accepted: 2018/12/04