پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۹، شماره ۲، صفحه ۱۸۷-۱۷۵، (۱۴۰۲)
DOI: 10.30466/jfrd.2023.54405.1634
DOR: 20.1001.1.24763551.1402.9.2.3.0

مقالهٔ پژوهشی

ارزیابی تأثیر بارگیری دستی گرده‌بینه‌ها بر بار فیزیولوژیکی کارگران جنگل

بهمن صفرزاده[۱]، مهرداد نیکوی*[۲]، پترس ای. سایوریس[۳]، زهرا آرمان[٤] و فرزام توانکار[٥]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، گیلان، ایران. (bahmankandesari@gmail.com)
۲- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران. (nikooy@guilan.ac.ir)
۳- استادیار آزمایشگاه بهره برداری از جنگل، دانشکده جنگل‌داری و محیط زیست طبیعی، دانشگاه ارسطو، یونان. (ptsioras@for.auth.gr)
٤- دکتری علوم و مهندسی جنگل، مرکز بذر جنگلی خزر، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، مازندران، ایران. (zahraarman66@yahoo.com)
٥- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خلخال، خلخال، ایران. (tavankar@aukh.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۷/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۱۰/۱۷

چکیده

با وجود پیشرفت در مکانیزاسیون، فن‌آوری‌های برداشت چوب به‌صورت نیمه‌ماشینی همچنان در بسیاری از کشورها متداول است. این نوع برداشت به‌عنوان یکی از خطرناک‌ترین عملیات کاری در جنگل درنظر گرفته می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی حجم کار فیزیولوژیکی کارگر در حین بارگیری دستی در توده‌های جنگل‌کاری صنوبر در شمال ایران بود. پاسخ‌های فیزیولوژیک ۱۲ کارگر که درحال بارگیری دستی در طول یک شیفت کار عادی بودند، ارزیابی شد. قلب نگار پولار برای ثبت ضربان قلب درحال کار روزانه بر روی سینه ۱۲ کارگر نصب شد. داده‌های جمع‌آوری‌شده برای محاسبه شاخص‌های ضربان قلب که فشار کار وارده به کارگران را تعیین می‌کند، استفاده شد. میانگین ضربان قلب در زمان کار، زمان استراحت و بیشینه ضربان قلب به‌ترتیب ۱۳۲/٤۱، ۷۹/٤۲ و ۱۷۵/۱٦ تپش در دقیقه بود. نتایج نشان داد که میانگین شاخص بار کار فیزیکی ۵۵ است که با کار خیلی سنگین مطابقت دارد. همچنین نتایج پژوهش نشان داد که سن و شاخص توده بدنی کارگران با نرخ ضربان قلب در هنگام کار و وزن کارگران با نرخ ضربان قلب در حین کار و بیشینه نرخ ضربان قلب کارگران رابطه معنی‌داری دارد. نتایج پژوهش، نیازهای فیزیولوژیکی بالایی را برای بارگیری دستی در منطقه مورد پژوهش نشان داد. افزایش سطح مکانیزاسیون با سرمایه‌گذاری در تجهیزات ماشینی ممکن است برای ارتقای سلامت و ایمنی کارگران مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: نرخ ضربان قلب، برداشت چوب، جنگل‌کاری صنوبر، ارگونومی

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۳۳۸۸۳۰۵

مقدمه

در بسیاری از کشورهای جهان جنگلداری به‌عنوان یکی از شاخه‌های مهم اقتصاد به‌شمار می‌رود و با رشد سالیانه مصرف چوب در دنیا اهیمت آن روزبه‌روز افزایش می‌یابد. مطابق با آخرین آمار منتشرشده توسط سازمان غذا و کشاورزی دنیا در سال ۲۰۱۸ نزدیک به چهار میلیارد مترمکعب چوب از جنگل‌های جهان برداشت شده است (FAO, 2021). باوجود پیشرفت در ماشینی‌کردن عملیات برداشت چوب، برداشت چوب به‌صورت نیمه‌ماشینی (اره موتوری + اسکیدر یا فوروارردر) در بسیاری از کشورها روش غالب برداشت در جنگل‌کاری‌های دولتی و خصوصی است (Lundbäck et al., 2021; Arman et al., 2022). با توجه به هزینه‌های بالای ماشینی‌کردن برداشت چوب به‌خصوص در عرصه‌های جنگل‌کاری شخصی اغلب فعالیت‌های این بخش از تولید چوب در مراحل مختلف قطع، پردازش و بارگیری به‌صورت دستی انجام می‌شود (Gregersen et al., 2017; Schettino et al., 2017; Arman et el., 2022). نیازهای فیزیکی کار (تغییرات نبض، فشار خون، مقدار مصرف اکسیژن و دیگر متغیرهای فیزیولوژیک) هنوز از عوامل مهم بارکاری در کارگران در بیشتر مشاغل در بخش جنگل‌داری به‌ویژه بخش برداشت چوب است. ارزیابی بار فیزیکی در طول فعالیت‌های برداشت چوب بر اساس اندازه‌گیری‌های نرخ ضربان قلب موضوع پژوهشهای بسیاری بوده است. بیشتر پژوهش‌های مربوط به کار قطع درختان با اره‌-موتوری بوده و میانگین نرخ ضربان قلب بین اره موتورچی‌ها بین ۱۰۷ تا ۱۳۸ تپش در دقیقه گزارش شده است (Eroglu et al., 2015; Çalişkan and Çağlar; 2010; Cheţa et al., 2018; Arman et al., 2021). همچنین Çağlar (2021) نرخ ضربان قلب در حین کار پوست‌کنی دستی درختان کاج اسکاتلندی (Scot Pine) در جنگل‌های منطقه ارزروم در شرق ترکیه را بین ۱۱۶ تا ۱۲٤ تپش در دقیقه گزارش کرد. برداشت نیمه‌ماشینی چوب می‌تواند خطرات بهداشتی و ایمنی قابل‌توجهی را برای کارگران ایجاد کند (Çalışkan Çağlar, 2010; Nikooy et al., 2016). گزارش شده است که ۱۰ درصد از کارگران جنگل‌داری کمینه یک حادثه را در طول فعالیت شغلی خود تجربه می‌کنند (Manyuchi et al., 2003). فنون کاری نادرست اغلب علت اصلی بروز حادثه و واردآمدن آسیب‌های بدنی بر آن‌ها است، درحالی‌که محیط کاری فاقد امکانات، خرابی تجهیزات و استفاده ناکافی از تجهیزات حفاظت فردی از دیگر دلایل بروز حوادث و آسیب‌های واردآمده بر کارگران در محل کار است (Manyuchi et al., 2003; Rahimi et al., 2018). فعالیت‌هایی مانند قطع درختان، پوست‌کنی، بارگیری و تخلیه چوب به‌صورت دستی، رانندگی کامیون‌ها و اسکیدرهای چوبکشی مانند کارهایی است که توسط کارگران در فعالیت‌های برداشت چوب انجام می‌شود (Christine, 2006). اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار ممکن است ناشی از چنین کارهایی و به‌ویژه از وضعیت‌های ثابت طولانی‌مدتی است که قطع با اره‌-موتوری یا فشار بیومکانیکی ناشی از بلندکردن گرده‌-بینه‌ها نمونه‌ای از آن است. به‌طور کلی یافته‌های بین‌المللی تأیید می‌کند که کار جنگل به‌خصوص برداشت چوب به‌صورت نیمه‌ماشینی از نظر فیزیکی بسیار سنگین است و سیستم‌های اسکلتی–عضلانی و قلبی عروقی کارگران را تحت فشار قرار می‌دهد (Lee et al., 2022; Masci et al., 2022). فعالیت‌های برداشت چوب کارگران را در معرض طیف گسترده‌ای از عوامل خطر مانند بلندکردن بارهای سنگین همراه با اتخاذ وضعیت‌های نامناسب طولانی‌مدت و حرکات مکرر قرار می‌دهد که می‌تواند سبب اختلالات اسکلتی

عضلانی شود. پژوهش‌های شغلی در این زمینه نیازمند روش‌های نوآورانه برای ارزیابی شاخص‌های قلبی-عروقی، به‌ویژه در شرایط کاری-محیطی است. ضربان قلب اغلب به‌عنوان یک روش مؤثر برای تعیین بار کاری فیزیولوژیکی در بین کارگران در موقعیت‌های میدانی-کاربردی استفاده می‌شود (Hernando et al., 2016). در حال حاضر، چندین فناوری وجود دارد که برای جمع‌آوری داده‌های کمی مرتبط با سلامت در پژوهش-های میدانی مفید هستند. به‌عنوان مثال می‌توان به میکروسنسورهای پوشیدنی اشاره کرد که به مچ دست یا قفسه سینه متصل می‌شوند و می‌توانند ضربان قلب و شدت تنفس را ثبت کنند (Masci et al., 2022).

بهره‌وری نیروی کار در جنگل در کشورهای درحال‌توسعه کمتر از کشورهای صنعتی است، زیرا عوامل اجتماعی-اقتصادی، فرهنگی و محیطی بر شرایط کار و زندگی تأثیر می‌گذارند. در جنگل‌کاری‌های شمال ایران و به‌ویژه در عرصه‌های شخصی عملیات برداشت چوب به شکل دستی یا نیمه‌ماشینی بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است، زیرا در این مناطق نیروی کار ارزان دردسترس است، در حالی‌که هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای ماشینی کردن عملیات برداشت چوب بالا است (Safarzadeh et al., 2022). درختان اغلب به‌وسیله اره‌موتوری قطع، پردازش و تبدیل و به‌صورت دستی و یا با تراکتورهای کشاورزی از محوطه قطع خارج و در کنار جاده‌ها انبار می‌شوند. عملیات بارگیری گرده‌بینه‌ها اغلب به‌صورت دستی انجام می‌شود (Safarzadeh et al., 2022). بارگیری از مؤلفه‌های مهم حلقه برداشت چوب در جنگل‌کاری‌ها است و در این مرحله چوب-آلات انبارشده در محوطه‌های برداشت یا کنار جاده‌های جنگلی توسط کارگران بر روی کامیون‌های حمل چوب بارگیری می‌شوند. اهداف این پژوهش عبارتند از: الف) زمان‌سنجی و اندازه‌گیری تولید ساعتی فعالیت بارگیری دستی و ب) برآورد شاخص کار فیزیکی بارگیری دستی به کامیون حمل در روند برداشت چوب از جنگل‌کاری‌های صنوبر استان گیلان.

مواد و روش‌ها

داده‌های مربوط به پژوهش در عرصه‌های جنگلکاری-شده صنوبر در شرق استان گیلان در روستای ولیسه از توابع شهرستان لنگرود جمع‌آوری شد. در منطقه مورد پژوهش ارتفاع از سطح دریا بین صفر تا پنج متر، میانگین درجه حرارت و رطوبت منطقه در روزهای پژوهش به‌ترتیب ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد و ۷۰ درصد بود. قطع درختان و گرده‌بینه‌بری به روش چوب‌کوتاه توسط اره‌موتوری انجام شد. گرده‌بینه ها به طول دو تا ۲/٤ متر و وزن بین ۲۰ تا ۵۰ کیلوگرم بود. بارگیری گرده‌بینه‌ها به کامیون توسط ۱۲ کارگر مرد در طی مدت سه روز کاری در بهار سال ۱٤۰۰ انجام شد. یک روز کاری شامل هشت ساعت، با یک ساعت استراحت بین ساعت ۱۲:۰۰ تا ۱۳:۰۰ هر روز بود. انتخاب کارگران برای انجام این پژوهش به‌صورت تصادفی انجام شد، همچنین کارگران قادر بودند بدون ارائه دلیل در هر زمان از مشارکت در این پژوهش خودداری کنند. همه کارگران با کار بارگیری دستی آشنا و دارای سابقه کاری پنج تا ۱۰ سال بودند. دامنه تغییرات سن کارگران از ۳٤ تا ٥٦ سال و با میانگین ۳۹/۷ سال بود. میانگین وزن و قد کارگران به‌ترتیب ۷۸/۲ کیلوگرم و ۱۷۲/۰ سانتی‌متر بود. شاخص توده بدنی آن‌ها با تقسیم وزن بدن (کیلوگرم) بر مجذور قد آن‌ها (متر) محاسبه شد. از کارگران خواسته شد تا حرکات بدنی مشابه با فعالیت روزانه انجام دهند (Çalıskan and Çaglar, 2010).

عملیات بارگیری با احتساب زمان تکمیلی و تاخیر در میدان به‌مدت سه روز به طول انجامید. برداشت داده‌های مربوط به زمان فعالیت بارگیری در زمان فعّال

کاری و به روش زمان‌سنجی پیوسته و با استفاده از زمان‌سنج انجام شد. گرده‌بینه‌های انباشته‌شده در کنار جاده جنگلی به‌وسیله کارگران به روش دستی به کامیون بارگیری شد. با پژوهش کار بارگیری این عملیات به چهار مرحله تقسیم‌بندی شد (شکل ۱). مراحل کار بارگیری شامل مرحله حرکت به‌سمت بار (مدت زمانی که کارگر از کنار کامیون تا رسیدن به بار انباشته‌شده در کنار جاده یا محوطه دپو طی می‌کند) ، مرحله بلندکردن بار (مدت زمانی که کارگر برای بلندکردن بار از زمین صرف می‌کند. در طی این مرحله باید تمام چوب از زمین بلند شود تا مرحله کامل شود)، مرحله انتقال بار (طی این مرحله بار به‌صورت حمل با دست یا حمل بر روی دوش به طرف کامیون انتقال داده می‌شود) و مرحله بارگیری (در این مرحله گرده‌بینه‌ها با کمک کارگر مستقر بر روی کابین و با کمک کارگر مستقر بر روی زمین بار کامیون می‌شود در این مرحله برای هدایت بار با داخل کامیون از داس استفاده می‌شود) بود. برای حمل گرده‌بینه‌ها از کامیون بنز مدل ۲٦٤۲ استفاده شد (جدول ۱).

شکل ۱- مراحل بارگیری دستی گرده‌بینه ۱. حرکت به‌سمت بار، ۲- بلندکردن بار، ۳- انتقال بار ٤- بارگیری

Figure 1. Manual loading proceses, 1.travel to log, 2. Log pick up 3,log tranportation, and 4. loading

جدول ۱- مشخصات فنی کامیون بنز ۲٦٤۰

Table 1. Technical specifications of Benz truck model 2640

کامیون Truck	طول بارگیری (متر) Loading length (m)	عرض بارگیر (متر) Loading width (m)	ارتفاع کف کامیون (متر) Truck floor height (m)	ظرفیت بارگیری (تن) Loading capacity (tonne)
بنز 2642 Benz 2642	8.6	2.35	1.30	15

از فرمول هوبر (رابطه ۱) برای محاسبه حجم هر گرده‌بینه‌ها بر اساس طول و قطر میانی آنها استفاده شد.

$$V = l \times \frac{\pi}{4} d^2$$ رابطهٔ (۱)

در این رابطه V حجم گرده‌بینه به مترمکعب، l طول گرده‌بینه به متر و d قطر میانی گرده‌بینه به متر است.

اندازه گیری فشار کار فیزیکی

فشار بار کاری شامل تغییرات نبض، فشار خون، مقدار مصرف اکسیژن و دیگر متغیرهای فیزیولوژیک است. شدت ضربان قلب به‌عنوان یک شاخص مؤثر فشار فیزیکی در افراد در پژوهش‌های میدانی در نظر گرفته می‌شود (Kirk and Sullman, 2001). از قلب‌نگار مدل Polar برای اندازه‌گیری ضربان قلب کارگران در حال استراحت و کار در دقیقه برای محاسبه بار کار فیزیکی (HRR٪) کارگران استفاده شد. از کارگران خواسته شد به‌مدت ۱۵ دقیقه بنشینند و استراحت کنند (بدون اینکه حرکت کنند، چیزی بنوشند یا سیگار بکشند) تا ضربان قلب قبل از کار در حالت استراحت (HRr) اندازه‌گیری شود (Çağlar, 2021). نرخ ضربان قلب در هنگام استراحت در ۱۰ دقیقه پایانی از ۱۵ دقیقه استراحت اندازه‌گیری شد (Kirk and Parker, 1996; Kirk and Sullman, 2001; Stampfer et al., 2010). ضربان قلب در حین کار (HRw) برای کل عملیات بارگیری در فواصل ۳۰ ثانیه‌ای ثبت شد. در پایان عملیات بارگیری میانگین نرخ ضربان قلب در حین کار برای اجزای کار محاسبه شد. برای هر کارگر بیشینه ضربان قلب در حین کار (HRmax) با کسر سن کارگران از ۲۲۰ محاسبه شد (Arman, 2021; Kirk and Parker, 1996). مقدار بار کار فیزیکی (HRR درصد) به‌عنوان مقدار مرجع اصلی در چندین پژوهش در مورد فشار فیزیولوژیکی تجربه شده توسط کارگران جنگل گزارش شد (Spinelli et al., 2015; Magagnotti et al., 2016). برای توصیف عملکرد قلبی ریوی، HRR درصد به‌عنوان شاخصی استفاده شد که امکان مقایسه مستقیم بین کارگران تحت پژوهش را فراهم می‌کند (Çalışkan and Çağlar, 2010). مقدار بار کار فیزیکی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

$$\%\mathrm{HRR} = \frac{\mathrm{HRw} - \mathrm{HRr}}{\mathrm{HR\,max} - \mathrm{HRr}} \times 100$$ رابطهٔ (۲)

طبقه‌بندی فیزیکی کار با توجه به جدول ۲ و از روی مقادیر بار کار فیزیکی (درصد) به‌دست آمد (Sullman and Byers, 2000; Çalışkan and Çağlar, 2010). همبستگی مقادیر وزن، سن و شاخص توده بدنی کارگر با شاخص‌های نرخ ضربان قلب به استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و در سطح احتمال ۹۵ درصد بررسی شد.

جدول ۲- طبقه‌بندی فیزیکی کار (Caliskan and Caglar, 2010)

Table2. Physical classification of work

طبقه‌بندی فیزیکی کار Grade of work	انرژی مصرف شده (کیلوکالری در دقیقه) Energy consumption (kcal/min)	انرژی مصرف شده در ۸ ساعت (کیلوکاری) Energy expenditure 8h (kcal)	نرخ ضربان قلب (تپش در دقیقه) Heart rate (beat/ min)	بارکاری فیزیکی (درصد) Physiological workload (%)
استراحت Resting	1.49	720 ≥	50-60	0-10
خیلی‌سبک Very light work	1.5-2.49	720-1200	60-70	10-20
سبک Light work	2.5-4.99	1200-2400	70-90	20-30
مناسب Moderate work	5-7.49	2400-3600	90-110	30-40

ادامهٔ جدول ۲.

Continued table 2.

طبقه‌بندی فیزیکی کار Grade of work	انرژی مصرف شده (کیلوکالری در دقیقه) Energy consumption (kcal/min)	انرژی مصرف شده در ۸ ساعت (کیلوکاری) Energy expenditure 8h (kcal)	نرخ ضربان قلب (تپش در دقیقه) Heart rate (beat/ min)	بارکاری فیزیکی (درصد) Physiological workload (%)
سنگین Heavy work	7.5-9.99	3600-4800	110-130	40-50
خیلی‌سنگین Very heavy work	10-12.49	4800-6000	130-150	50-60
فوق‌سنگین Extra heavey work	≥12.5	≥ 60000	≥150	≥ 60

نتایج

جدول ۳ نتایج مربوط به کار بارگیری کامیون به روش دستی در سه روز کاری را نشان می‌دهد. ۵۹٦ گرده‌بینه در سه روز کاری (هر روز یک کامیون) و توسط ۱۲ کارگر مختلف بارگیری شد. بارگیری کامیون اول، دوم و سوم به‌ترتیب ٦/٤١، ٦/٤٤ و ٦/٦٥ ساعت طول کشید و تولید ساعتی سه کامیون به‌ترتیب ۲/۸، ۲/۸۹ و ۲/۸۲ مترمکعب بود.

جدول ۳- نتایج پژوهش کار بارگیری دستی در منطقه مورد بررسی (میانگین ± انحراف معیار)

Table 3. Result of manual loading work study in study area (mean ± standard error)

مشخصات متغیرها Variables pecification	بارگیری روز اول First day loadiong	بارگیری روز دوم Second day loading	بارگیری روز سوم Third day loading
تعداد گرده‌بینه The number of logs	213	201	182
قطر گرده‌بینه (سانتی متر) Log diameter (cm)	5.5±34.8	6.2±35.5	7.5±32.6
حجم گرده‌بینه (مترمکعب) Log volume (m^3)	0.04±0.07	0.04±0.08	0.06±0.1
حرکت به سمت بار (ثانیه) Travel to log (s)	3.5±13.2	4.5±13.5	5.2±16.6
بلند کردن بار (ثانیه) Log loading (s)	8.7±30.6	9.6±32.1	9.9±39.5
انتقال بار (ثانیه) Log transportation (s)	10.3±34.6	8.3±36.2	10.2±43.8
بارگیری (ثانیه) Loading (s)	5.6±19.9	6.1±24.2	5.4±22.9
تأخیرها (ثانیه) Delays (s)	28±101	37±89	43±77
زمان بارگیری (ساعت) Total loading time (h)	6.41	6.44	6.65
تولید ساعتی(مترمکعب) Hourly prodiction (m^3)	2.8	2.89	2.82

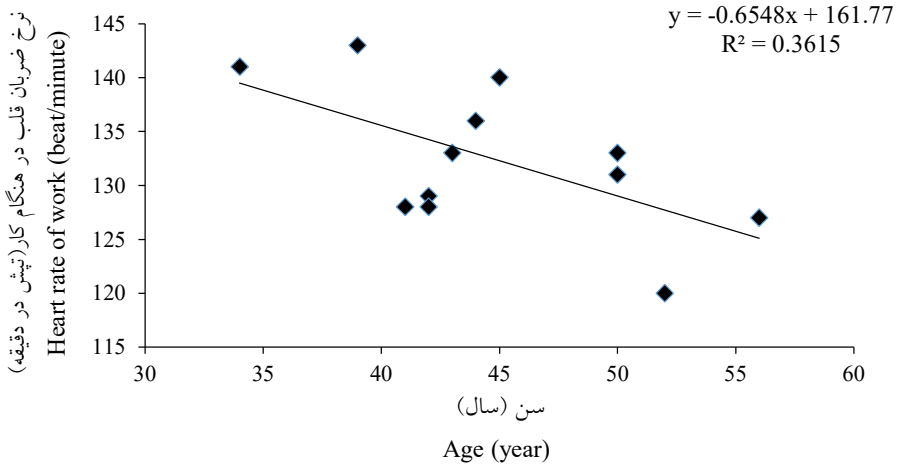
جدول ٤ مقادیر مربوط به شاخص‌های مختلف دموگرافیک و شاخص‌های نرخ ضربان قلب برای هر یک از کارگران مورد پژوهش را نشان می‌دهد. میانگین وزن کارگران ١٥/٢٤± ٨٤ کیلوگرم، میانگین قد٤/٢٠± ١٧٢/٣٣ سانتی‌متر، میانگین سن کارگران ٦/١٤±٤٤/٨٣ سال و میانگین شاخص توده بدنی کارگران ٥/٩٤±٢٨/٤٠ کیلوگرم بر مترمربع بود. میانگین نرخ ضربان قلب در هنگام استراحت، کار، بیشینه نرخ ضربان قلب به‌ترتیب ١/٨٣±٧٩/٤٢، ٦/٦٩±١٣٢/٤١ و ٦/٦٩±١٧٥/١٦ تپش در دقیقه بود . طبقه‌بندی فیزیکی کار نشان داد که کار بارگیری دستی به کامیون با شاخص ٥٥ در کلاسه کار خیلی‌سنگین قرار می‌گیرد (جدول ٢).

جدول ٤- شاخص‌های مربوط به نرخ ضربان قلب کارگران (n=١٢)

Table 4. Indicators related to the heart rate of workers (n=12)

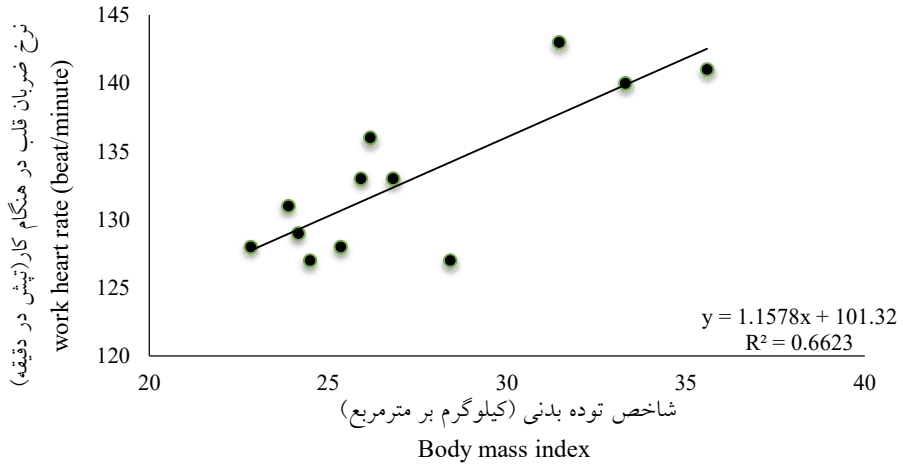
ردیف Row	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)	قد(سانتی متر) Height (cm)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع) Body mass index (kg/m^2)	سن (سال) Age (year)	ضربان قلب در هنگام کار (تپش در دقیقه) Working heart rate (beat/minute)	ضربان قلب در هنگام استراحت (تپش در دقیقه) Resting heart rate(beat/minute)	بیشینه ضربان قلب (تپش در دقیقه) Maximum heart rate(beat/minute)	بارکاری فیزیکی (درصد) % heart rate range
1	109	165	40.0	56	143	79	164	75.29
2	75	172	25.4	34	128	80	186	45.28
3	82	177	26.2	44	136	79	176	58.76
4	75	175	24.5	39	127	79	181	47.06
5	102	175	33.3	52	140	79	168	68.54
6	88	176	28.4	43	133	80	177	54.64
7	74	176	23.9	50	131	83	170	55.17
8	66	170	22.8	45	120	79	175	42.71
9	69	169	24.2	41	128	81	179	47.96
10	74	169	25.9	50	133	80	170	58.89
11	84	177	26.8	42	129	79	178	50.51
12	110	167	39.4	42	141	75	178	64.08
میانگین Average	84.00	172.33	28.40	44.83	132.41	79.42	175.16	55.74

بررسی تغییرات نرخ ضربان قلب در حال کار، استراحت، بیشینه و حجم کار فیزیکی با سن کارگر نشان داد که با افزایش سن کارگر نرخ ضربان قلب در هنگام کار کاهش (α=٠/٠٣٩) می‌یابد (شکل ٢). بررسی تغییرات نرخ ضربان قلب در حال کار، استراحت، بیشینه و حجم کار فیزیکی با شاخص توده بدنی کارگران نشان داد که نرخ ضربان قلب در حین کار (α=٠/٠٠١) رابطه معنی دار و مستقیمی با شاخص توده بدنی کارگران مورد پژوهش داشت (شکل ٣). بررسی تغییرات نرخ ضربان قلب در حال کار، استراحت، بیشینه و حجم کار فیزیکی با وزن کارگران نشان داد که نرخ ضربان قلب در حین کار (α=٠/٠٠٠) و بیشینه نرخ ضربان قلب (α=٠/٠٤٥) رابطه معنی‌دار و مستقیمی با وزن کارگران مورد پژوهش داشت (شکل ٤).



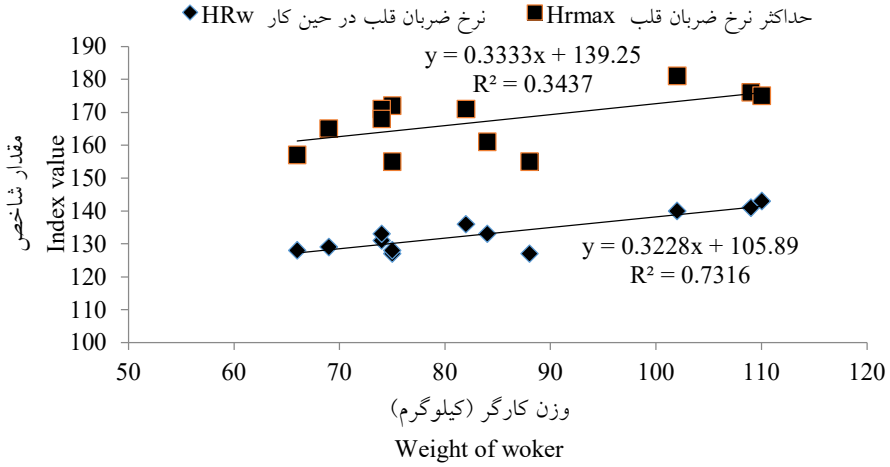
شکل ۲- رابطه تغییرات نرخ ضربان قلب در حال کار با سن کارگر

Figure 2. Changes in working heart rate and physical workload with worker weight



شکل ۳- تغییرات نرخ ضربان قلب در حال کار با شاخص توده بدنی

Fig 3. Changes in working heart rate with worker body mass



شکل ٤- تغییرات نرخ ضربان قلب در حال کار و حجم کار فیزیکی با وزن کارگر

Figure 4. Changes in working heart rate and physical workload with worker weight

بحث

محاسبه ضربان قلب در دوره استراحت یکی از شاخص‌های مهم در این قبیل از پژوهش‌ها است، زیرا برای ارزیابی و پژوهش در دیگر شاخص‌های مرتبط با ضربان قلب مورد استفاده قرار می‌گیرد (Arman et al., 2021). میانگین نرخ ضربان قلب در حالت استراحت در ۱۲ کارگر مورد پژوهش ۷۹/٤۲ تپش در دقیقه محاسبه شد که این مقدار در بررسی انجام‌شده توسط Arman et al. (2021) ۷۰/٤٦ تپش در دقیقه و در پژوهش Melmez and Tunay (2011)، ۷۰/۵ تپش در دقیقه گزارش شد. در این بررسی میانگین نرخ ضربان قلب کارگران در هنگام کار ۱۳۲/٤۱ تپش در دقیقه محاسبه شد. پژوهش انجام‌شده توسط Arman et al. (2021) با هدف ارزیابی بار فیزیکی کارگران قطع درخت در طول عملیات قطع یکسره در جنگل‌های کاج شمال ایران، میانگین مقدار ضربان قلب درحین‌کار را در عملیات تبدیل درخت ۱۱۷/۷ تپش در دقیقه، در عملیات پشت‌بری ۱۱۵/٦ تپش در دقیقه و در عملیات بن‌زنی ۱۱٤/۸ تپش در دقیقه نشان داد. همچنین نتایج بررسی Christie et al. (2010) در عرصه‌های برداشت در کشور آفریقای‌جنوبی نشان داد میانگین نرخ ضربان قلب کارگران در هنگام بارگیری ۱۱۷/٦ تپش در دقیقه است. مقدار این شاخص در پژوهش Eroglu et al. (2015) در کارگران بخش بهره‌برداری از جنگل در کشور ترکیه ۹۷ تپش در دقیقه و در پژوهش Cheta et al. (2018) برای کارگران شاغل در بخش بهره‌برداری جنگل در کشور رومانی ۱۰۷/۱ تپش در دقیقه گزارش شد. نتایج این بررسی نشان داد مقدار میانگین بار کار فیزیکی در ۱۲ کارگر مورد پژوهش ۵۵ درصد است. این شاخص در پژوهش Arman et al. (2021) ٤۳/۵٤ درصد و در پژوهش Cheta et al. (2018) ٤٦ درصد گزارش شد. Leszczynski and Stanczykiewicz (2015) مقدار بارکاری فیزیکی بالاتری را برای کارگران جنگل در عملیات تنک‌کردن اولیه (٤۸/٦۹ درصد) نسبت به عملیات تنک نهایی (٤۱/٦۱ درصد) گزارش کردند. Spinelli et al. (2015) در بررسی تطبیقی اثرهای تعویض وینچ‌های قدیمی با وینچ جدید نشان داد که میانگین ضربان نسبی قلب کارگران درحین‌کار با چوکر در چوبکشی رو به بالا و پایین با سیستم وینچ جدید و قدیم بین ٤٤ تا ٤٦ درصد متغیر است. Chețа et al. (2018) میانگین بار کار فیزیکی کارگران در حین کار قطع یکسره در جنگل‌کاری‌های صنوبر در کشور ترکیه را بالای ٤٦ درصد گزارش کردند. با توجه به افزایش ضربان قلب در هنگام کار و ازدیاد این شاخص متناسب با شدت فعالیت انجام‌شده، این چنین می‌توان بیان کرد که در پی افزایش ضربان قلب بر اثر فعالیت شدید بدنی به همان نسبت کارگران بیشتر در معرض اختلالات اسکلتی–عضلانی می‌توانند قرار گیرند. با توجه به نتایج و طبقه‌بندی فیزیکی کار می‌توان اذعان داشت که کار بارگیری دستی به کامیون در طبقه کارهای خیلی‌سنگین قرار دارد. با وجود مقایسه دشوار پژوهش–های مشابه به‌دلیل تعداد زیاد عوامل فیزیکی، فنی و اقتصادی که باید در نظر گرفته شوند، ارزیابی حجم کار فیزیکی اطلاعات بسیار مهمی را ارائه می‌دهد که باید برای بهبود شرایط کاری مد نظر قرار گیرد. در این زمینه می‌توان وظایف حیاتی را شناسایی کرد و اقدامات اصلاحی را به‌طور مناسب و کارآمد به‌دست آورد.

بررسی تغییرات نرخ ضربان قلب درحال‌کار، استراحت، بیشینه نرخ ضربان قلب و میانگین بار کار فیزیکی با سن کارگران نشان داد که رابطه مستقیم و معنی‌داری بین سن کارگر و شدت ضربان قلب در حین کار وجود دارد. پژوهش Lunde et al. (2016) سن را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بار فیزیکی کارگران جنگل مطرح کرده‌اند. با افزایش سن کارگران

انعطاف‌پذیری بدن کارگران کاهش یافته و وضعیت بدنی ضعیف‌تر، شیوع مشکلات اسکلتی-عضلانی را تشدید می‌کند (Arman et al., 2021). نتایج این پژوهش نشان داد که میان نرخ ضربان قلب در حین کار با شاخص توده بدنی رابطه معنی‌دار و مستقیمی وجود دارد. در بررسی Arman et al. (2019) اثر متقابل شاخص توده بدن و بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی گزارش شد. یعنی با افزایش شاخص توده بدنی در کارگران نرخ ضربان قلب و حجم کار فیزیکی نیز افزایش می‌یابد. در این پژوهش میانگین شاخص توده بدنی در کارگران ۲۸/٤۰ کیلوگرم بر مترمربع برآورد شد که این مقدار در پژوهش Cuglar and Caliskan (2010) در کشور ترکیه و بر روی کارگران قطع ۲۵/۱ کیلوگرم بر مترمربع، در پژوهش Kirk and Sullman (2001) در کشور نیوزلند بر روی کارگران جنگل ۲٤/۹ کیلوگرم برمترمربع، در پژوهش Dube et al. (2015) بر روی کارگران جنگل در کشور کانادا این مقدار ۲۲/٦ کیلوگرم بر مترمربع و در پژوهش Melmez and Turkey (2011) در کشور ترکیه و در رانندگان لودر بارگیری ۲٤/٤ کیلوگرم بر مترمربع گزارش شد. بررسی تغییرات نرخ ضربان قلب در کار و بیشینه نرخ ضربان قلب با وزن کارگر رابطه مستقیم و معنی‌داری را نشان داد. اضافه وزن و چاقی که از طریق مقادیر شاخص توده بدنی بالا بیان می‌شود با کاهش ظرفیت تحمل گرما مرتبط است (Bastardot et al., 2019). این نکته مهمی برای محیط‌های کاری گرم و مرطوب مانند منطقه مورد پژوهش است که بر لزوم اجرای اقدامات لازم مانند برنامه استراحت کارگران چاق و دارای اضافه وزن جنگل تأکید می‌کند (Arman et al., 2021).

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش با هدف بررسی بار کار فیزیکی کارگران شاغل در بخش بارگیری دستی به کامیون در جنگل-کاری‌های شخصی در شرق استان گیلان انجام شد. نتایج ما نشان می‌دهد که بارگیری دستی با کامیون می‌تواند به‌عنوان کار خیلی‌سنگین شناخته شود که ممکن است اثرهای منفی بر سلامت کارگران جنگل داشته باشد و شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار را افزایش دهد. در این راستا پیشنهاد می‌شود شرایط کار بهبود یابد تا کارگران بارگیری بتوانند بدون به خطر انداختن سلامت و ایمنی خود به بهره‌وری بالاتری دست یابند. افزایش سطح مکانیزاسیون با سرمایه‌گذاری در تجهیزات مدرن نیز ممکن است در این راستا مفید باشد. آموزش تخصصی کارگران جنگل-داری مزایای ارگونومیکی، فنی و اجتماعی متعددی را برای نیروی کار به‌همراه خواهد داشت. در نهایت، معاینات دوره‌ای بهداشتی برای کارگران جنگل ممکن است به‌عنوان یک ابزار نظارتی ارزشمند بر سلامت شغلی و ایمنی کارگران باشد.

References

Arman, Z.; Nikooy, M.; Heidari, M.; Majnounian, B., Ergonomic evaluation of the musculoskeletal disorders risk by QEC method in forest harvesting. *Iranian Journal of Forest* **2019,** *10* (4), 517-530. (In persian)

Arman, Z.; Nikooy, M.; Tsioras, P. A.; Heidari, M.; Majnounian, B., Physiological workload evaluation by means of heart rate monitoring during motor-manual clearcutting operations. *International Journal of Forest Engineering* **2021,** *32* (2), 91-102.

Arman, Z.; Nikooy, M.; Tsioras, P. A.; Heidari, M.; Majnounian, B., Mental workload, occupational fatigue and musculoskeletal disorders of forestry professionals: The case of a Loblolly plantation in Northern Iran. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* **2022,** *43* (2), 403-424.

Bastardot, F.; Marques-Vidal, P.; Vollenweider, P., Association of body temperature with obesity. The CoLaus study. *International journal of obesity* **2019,** *43* (5), 1026-1033.

Çağlar, S., Work efficiency and physical workload during the manual debarking of Scotch pine trees. *International Journal of Forest Engineering* **2021,** *32* (3), 246-255.

Çalıskan, E.; Çaglar, S., An assessment of physiological workload of forest workers in felling operations. *African Journal of Biotechnology* **2010,** *9* (35), 5651–5658.

Cheţa, M.; Marcu, M. V.; Borz, S. A., Workload, exposure to noise, and risk of musculoskeletal disorders: A case study of motor-manual tree feeling and processing in poplar clear cuts. *Forests* **2018,** *9* (6), 300.

Christie, C., Improving the energy and fluid balance of workers involved in harvesting tasks. *Occupational Ergonomics* **2010,** *9* (3/4), 119-126.

Eroglu, H.; Yilmaz, R.; Kayacan, Y., A study on determining the physical workload of the forest harvesting and nursery-afforestation workers. *The Anthropologist* **2015,** *21* (1-2), 168-181.

Food and Agriculture Organisation **2021** .Fact and figures 2021,http://www.fao.org/forestry/ statistics /80938/en. (Accessed June 25, 2022)

Gregersen, H.; El Lakany, H.; Blaser, J., Forests for sustainable development: A process approach to forest sector contributions to the UN 2030 Agenda for Sustainable Development. *International Forestry Review* **2017,** *19* (1), 10-23.

Hernando, A.; Lazaro, J.; Gil, E.; Arza, A.; Garzón, J. M.; Lopez-Anton, R.; De La Camara, C.; Laguna, P.; Aguiló, J.; Bailón, R., Inclusion of respiratory frequency information in heart rate variability analysis for stress assessment. *IEEE journal of biomedical and health informatics* **2016,** *20* (4), 1016-1025.

Kirk, P. M.; Sullman, M. J., Heart rate strain in cable hauler choker setters in New Zealand logging operations. *Applied Ergonomics* **2001,** *32* (4), 389-398.

Kirk, P.; Parker, R., An ergonomic evaluation of Douglas Fir manual pruning in New Zealand. *Journal of Forest Engineering* **1996,** *7* (2), 51-58.

Lee, E.; Baek, K.; Lee, S.; Cho, M.-J.; Choi, Y.-S.; Cho, K.-H., The impact of season on heart rate variability and workload of workers in young tree tending operations of a Larix kaempferi (Lamb.) Carr. stand: A preliminary study. *International Journal of Forest Engineering* **2022,** *33* (2), 139-145.

Leszczyński, K.; Stańczykiewicz, A., Workload analysis in logging technology employing a processor aggregated with a farm tractor. *Forest systems* **2015,** *24* (2), e024-e024.

Lundbäck, M.; Häggström, C.; Nordfjell, T., Worldwide trends in methods for harvesting and extracting industrial roundwood. *International Journal of Forest Engineering* **2021,** *32* (3), 202-215.

Lunde, L.-K.; Koch, M.; Veiersted, K. B.; Moen, G.-H.; Wærsted, M.; Knardahl, S., Heavy physical work: Cardiovascular load in male construction workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **2016,** *13* (4), 356.

Magagnotti, N.; Aalmo, G. O.; Brown, M.; Spinelli, R., A new device for reducing winching cost and worker effort in steep terrain operations. *Scandinavian Journal of Forest Research* **2016,** *31* (6), 602-610.

Manyuchi, K.; Pulkki, R.; Ackerman, P., An analysis of occupational health and safety in forest harvesting in the South African forest industry. *Ergonomics SA* **2003,** *15* (1), 2-18.

Masci, F.; Spatari, G.; Bortolotti, S.; Giorgianni, C. M.; Antonangeli, L. M.; Rosecrance, J.; Colosio, C., Assessing the Impact of Work Activities on the Physiological Load in a Sample of Loggers in Sicily (Italy). *International Journal of Environmental Research and Public Health* **2022,** *19* (13), 7695.

Nikooy, M.; Nourozi, Z.; Naghdi, R., Survey of felling and bucking operation's safety in Shafaroud watershed. *Forest Research and Development* **2016,** *1* (3), 209-219. (In persian)

Rahimi, F.; Nikooy, M.; Ghajar, I., Ranking the dangers of working with chainsaw during felling operation. *Forest Research and Development* **2018,** *4* (3), 401-413. (In persian)

Safarzadeh, B.; Nikooy, M.; Tsioras, P. A.; Arman, Z., Ergonomic study of manual loading of log in private poplar plantation in the east of Guilan province. *Forest and Wood Products* **2022,** *75* (2), 119-130. (In Persian)

Schettino, S.; Minette, L. J.; Bermudes, W. L.; Caçador, S. S.; de Souza, A. P., Ergonomic study of timber manual loading in forestry fomentation areas. *Nativa* **2017,** *5* (2), 145-150.

Spinelli, R.; Aalmo, G. O.; Magagnotti, N., The effect of a slack-pulling device in reducing operator physiological workload during log

winching operations. *Ergonomics* **2015,** *58* (5), 781-790.

Stampfer, K.; Leitner, T.; Visser, R., Efficiency and ergonomic benefits of using radio controlled chokers in cable yarding. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* **2010,** *31* (1), 1-9.

Sullman, M. J.; Byers, J., An ergonomic assessment of manual planting Pinus radiata seedlings. *Journal of Forest Engineering* **2000,** *11* (1), 53-62.

Assessing the impact of log manual loading on the physiological load in forest workers

B. Safarzadeh[1], M. Nikooy[*2], P. A. Tsioras[3], Z. Arman[4], F. Tavankar[5]

1- MSc Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (bahmankandesari@gmail.com)
2- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (Nikooy@guilan.ac.ir)
3- Lab of Forest Utilization, Faculty of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, POB 227, Thessaloniki, Greece. (ptsioras@for.auth.gr)
4- PhD of forestry, Caspian Forest Seed Center, National Organization of natural resources and watershed management, Mazandaran, I. R. Iran. (zahraarman66@yahoo.com)
5- Asociaete Professor, Department of Forestry, Khalkhal Branch, Islamic Azad University, Khalkhal, I. R. Iran. (tavankar@aukh.ac.ir)

Received: 02.10.2022 Accepted: 07.01.2023

Abstract

Despite progress in full mechanization, motor-manual logging technologies still dominate in many countries. Motor-manual timber harvesting is considered to be one of the most dangerous working operations. The aim of the study was to investigate the physiological workload of a worker during manual loading in poplar plantation stand in north of Iran. Physiological responses were assessed on a sample of 12 workers manual loading during a normal working shift. Polar heart rate monitors were fitted over a period of a week in order to record 'working' heart rates. The collected data were used for the calculation of heart rate indices that determine the strain of the subjects. The average mean heart rates during work time, rest time, and maximum heart rate were 132.42, 79.42, and 175.16 bpm respectively. The results showed that the mean level of physical workload was 55 which correspond to very heavy work. The study results also showed that age and body mass index of workers is significantly effective on HRw and weight of workers on HRw and HRmax, respectively. The results revealed high physiological demands of manual loading. Increasing the mechanization level with investment in modern equipment may be proving beneficial enhancing workers health and safety.

Keywords: Heart rate, Forest loggong, Poplar planation, Ergonomic.

[*] Corresponding author Tel: +989113388305