Urmia University

Forest Research and Development

Vol. 11, Issue 4, 2026, 499-517

Research Paper

Risk analysis of chainsaw worker's motion and body posture using the REBA method in tree felling operations in forestry in western Guilan province

Seyedeh Saeedeh Mousavi Janbehsarayi[1], Mehrdad Nikooy[*,2] and Petros A. Tsioras[3]

1- MSc of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, I. R. Iran. (mosavisaeedeh338@gmail.com)
2,*- (Corresponding author) Associate Professor, Department of Forest science and engineering, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, 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)

Received: 24 July 2025 Revised: 20 October 2025 Accepted: 26 October 2025

Extended Abstract

Background and Objective: Chainsaw-based felling is the predominant method of timber harvesting in the forest plantations of western Guilan Province. In these clear-cutting operations, operators are required to adopt various awkward body postures. Despite technological advancements and significant improvements in occupational health and safety (OHS) within the forestry sector, wood harvesting in this region remains heavily dependent on manual chainsaw operators. The repetitive and demanding physical postures assumed during these operations can lead to discomfort, increased risk of accidents, and long-term health issues. This study aimed to evaluate the body postures and repetitive movements of chainsaw operators during semi-mechanized felling of poplar (*Populus* spp.) trees, with the ultimate goal of improving operator comfort, safety, and occupational health.

Material and Methods: The study was conducted in the poplar plantations of District Two (Series 2), Gisum. A total of 430 body postures were recorded and analyzed across various work components, including moving between trees, undercutting, and back-cutting. Postural assessment was performed using the Rapid Entire Body Assessment (REBA) method. Operations were carried out using STIHL chainsaws. Data collection involved analyzing four hours of video recordings of the operators to identify different working postures. Scoring was then applied to various body regions, categorized into Group A (trunk, neck, and legs) and Group B (upper arm, lower arm, and wrist). Finally, based on the cumulative scores, five action levels were determined: Action Level 0 (low risk/unnecessary), 1 (negligible/may be necessary), 2 (medium/necessary), 3 (high/necessary as soon as possible), and 4 (very high/necessary immediately).

Results: The results indicated that the chainsaw operator's trunk was most frequently in a straight position during tree assessment (45.6%) and moving between trees (53.3%). In contrast, trunk flexion exceeding 60° was the most prevalent posture during undercutting (51.4%) and back-cutting (38.5%). Regarding neck positioning, the highest frequency during the tree assessment and undercutting phases was observed for extension or flexion exceeding 20° (54.4% and 51.9%, respectively). However, during back-cutting and moving between trees, neck extension/flexion of 0 to 20° was most common (46.7% and 53.3%, respectively). Analysis of leg postures showed that

across all work phases, assessment, undercutting, back-cutting, and moving, the highest frequency corresponded to Code 1 (balanced weight distribution while walking or sitting). For upper arm positioning, Code 1 (20° forward or backward deviation) was the most frequent posture across the assessment, undercutting, back-cutting, and moving phases, with frequencies of 32.9%, 45.3%, 34.4%, and 46.7%, respectively. The forearm position most frequently recorded across all four work components was Code 1 (60–100° forward flexion). Similarly, wrist positioning across all stages predominantly fell under Code 2 (flexion or extension exceeding 15°). Overall, 0.7% of body postures were classified as Action Level 0, 13.71% as Action Level 1, 43.49% as Action Level 2, 34.89% as Action Level 3, and 7.20% reached Action Level 4.

Conclusion: The REBA analysis of felling components revealed that "tree assessment" and "moving between trees" fall under Action Level 2, indicating a need for further investigation and necessary ergonomic interventions to improve working conditions. Furthermore, the "undercutting" and "back-cutting" phases were classified as Action Level 4, necessitating immediate modifications to body postures during these tasks. The REBA index proved to be an effective tool for assessing musculoskeletal risks in forestry, particularly for felling operations. Integrating this method with other ergonomic assessment tools to evaluate various forestry operations could facilitate the acquisition of quality certifications for forestry companies.

Keywords: Assessment of body position, Ergonomics, Musculoskeletal disorders, Observational techniques, Occupational diseases, Risk of injury.

How to Cite This Article: Mousavi Janbehsarayi, S. S., Nikooy, M., & Tsioras, P. A. (2026). Risk analysis of chainsaw worker's motion and body posture using the REBA method in tree felling operations in forestry in western Guilan province. Forest Research and Development, 11(4), 499-517. DOI: 10.30466/jfrd.2025.56343.1764

Copyright ©2024 Mousavi Janbehsarayi et al. Published by Urmia University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۱۱، شماره ۴، صفحه ۵۱۷-۴۹۹، (۱۴۰۴)
DOI: https://doi.org/10.30466/jfrd.2025.56343.1764
DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.24763551.1404.11.4.2.7

مقالهٔ پژوهشی

تحلیل ریسک حرکات و وضعیت بدن کارگر اره‌موتورچی با استفاده از روش REBA در عملیات قطع درخت در جنگلکاری‌های غرب استان گیلان

سیده‌سعیده موسوی جنبه‌سرائی[۱]، مهرداد نیکوی*[۲] و پترس سایوریس[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (mosavisaeedeh338@gmail.com)
۲- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (nikooy@guilan.ac.ir)
۳- استادیار آزمایشگاه بهره‌برداری از جنگل، دانشکده جنگلداری و محیط زیست طبیعی، دانشگاه Aristotle، یونان. (ptsioras@for.auth.gr)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: قطع درختان با اره‌موتوری غالب‌ترین روش قطع درختان در جنگلکاری‌های غرب استان گیلان است. در این جنگلکاری‌ها عملیات قطع که به‌صورت قطع یکسره انجام می‌شود، نیاز به اتخاذ موقعیت‌های مختلف بدن توسط کارگر اره‌موتورچی دارد. با توجه به پیشرفت تکنولوژی و بهبود فرآیندهای کاری، تغییرات قابل‌توجهی در زمینه حفاظت از سلامت و ایمنی در محل کار در بخش جنگلداری رخ داده است. بیشتر فناوری برداشت چوب در این جنگلکاری‌های غرب استان گیلان متکی به کارگران اره‌موتورچی است و کارگران در حین انجام عملیات قطع موقعیت‌های بدنی مختلفی را اتخاذ می‌کنند. چنین شرایطی ممکن است موجب ناراحتی، افزایش خطر و آسیب به سلامت کارگران قطع شود. هدف از این پژوهش ارزیابی وضعیت بدن و حرکات تکراری اتخاذشده توسط اپراتورهای اره‌موتوری در عملیات قطع نیمه‌مکانیزه درختان صنوبر، با هدف بهبود راحتی، ایمنی و سلامت اپراتورهای قطع بود.

مواد و روش‌ها: این بررسی در جنگلکاری‌های صنوبر در سری دو گیسوم انجام شد. در عملیات قطع تعداد ۴۳۰ موقعیت بدن مربوط به مولفه‌های ارزیابی، حرکت بین درختان، بن‌زنی و بن‌بری ثبت و ارزیابی موقعیت بدن کارگر قطع با استفاده از روش ارزیابی سریع بدن REBA مشاهده و ارزیابی شد. عملیات قطع با استفاده از اره‌موتوری STIHL انجام شد. چهار ساعت فیلم ضبط‌شده از کارگر قطع مشاهده و انواع موقعیت‌های بدن کاری مورد بررسی قرار گرفت. سپس امتیازدهی به موقعیت‌های بدن برای نواحی مختلف بدن در دو دسته گروه A (تنه، گردن و پاها) و گروه B (بازو، ساعد و مچ) انجام شد. در نهایت بر اساس نمرات کسب شده برای هر یک از موقعیت‌های بدن بررسی‌شده، پنج سطح اقدام شامل سطح اقدام صفر (ضروری نیست)، یک (شاید ضروری است)، دو (ضروری)، سه (ضروری هر چه زودتر) و چهار (ضروری آنی) تعیین شد.

یافته‌ها: بیشترین حالت تنه کارگر اره‌موتورچی در مرحله ارزیابی درخت (٤٥/٦ درصد) و حرکت بین درختان (۵۳/۳ درصد) در حالت مستقیم بود، درحالی‌که وضعیت تنه خمش بین از ٦٠ درجه، بیشترین حالت را در مرحله بن‌زنی (٥١/٤ درصد) و بن‌بری (۳۸/۵ درصد) داشت. بیشترین فراوانی موقعیت گردن کارگر اره‌موتورچی در مرحله ارزیابی درخت، گردن حالت کشش یا خمش بیش از ۲۰ درجه (٥٤/٤ درصد)، در مرحله مرحله بن‌زنی حالت کشش یا خمش بیش از ۲۰ درجه (۵۱/۹ درصد)، در مرحله بن‌بری حالت کشش صفر تا ۲۰ درجه گردن (٤٦/٧) درصد) و در مرحله حرکت بین درختان حالت کشش صفر تا ۲۰ درجه گردن (۵۳/۳ درصد) بود. بررسی امتیازات مربوط به موقعیت پاها نتایج نشان داد که در مراحل ارزیابی، بن‌زنی، بن‌بری و حرکت بین درختان بیشترین فراوانی موقعیت پاها مربوط به کد ۱ (وزن بدن به‌طور متعادل در حالت راه رفتن یا نشسته به هر دو پا منتقل می‌شود) بود. در بررسی امتیازات مربوط به موقعیت بازو در مراحل ارزیابی درخت، بن‌زنی، بن‌بری و حرکت بین درختان بیشترین درصد فراوانی به‌ترتیب با ۳۲/۹ درصد، ٤٥/۳ درصد، ٣٤/٤ درصد و ٤٦/٧ درصد به کد یک (انحراف ۲۰ درجه به سمت جلو یا عقب) اختصاص یافت. بیشترین درصد فراوانی موقعیت ساعد در اجزای کار چهارگانه ارزیابی درخت، بن‌زنی، بن‌بری و حرکت بین درختان مربوط به کد یک (خمش ٦٠ تا ۱۰۰ درجه ساعد به سمت جلو) بود. در ارزیابی موقعیت مچ دست هم در هر چهار مرحله ارزیابی درخت، بن‌زنی، بن‌بری و حرکت بین درختان بیشترین درصد فراوانی به کد وضعیت مچ دست دو (خمش یا کشش بیش از ۱۵ درجه مچ دست) بود. ۰/۷ درصد از وضعیت‌های بدن در سطح صفر، ۱۳/۷۱ درصد وضعیت‌های بدن در سطح اقدام یک، ٤٣/٤٩ درصد موقعیت‌های بدن در سطح دو، ٣٤/٨٩ درصد موقعیت‌های بدن در سطح سه و ۷/۲۰ درصد موقعیت‌های بدن هم در سطح چهار قرار داشت.

نتیجه‌گیری: آنالیز REBA برای اجزای کاری قطع نشان داد که اجزای کار ارزیابی و حرکت بین درختان در سطح اقدام دو قرار داشته و به بررسی‌های بیشتر و تغییرات و مداخلات ارگونومیک لازم برای اصلاح شرایط و وضعیت‌های کاری نیاز دارند. همچنین مراحل بن‌زنی و بن‌بری در سطح اقدام چهار قرار داشته و بررسی و ایجاد تغییرات در موقعیت بدن در این اجزای کاری در سریع‌ترین زمان ممکن ضروری است. شاخص REBA کاربرد خوبی برای ارزیابی مشکلات اسکلتی–عضلانی در بخش جنگل، بیشتر برای ارزیابی عملیات قطع درختان، نشان داد. امکان استفاده از این روش برای ارزیابی در دیگر بخش‌های عملیات جنگل، همراه با دیگر روش‌های ارزیابی ارگونومیک، امکان ارزیابی شرکت‌های جنگلداری را برای اخذ گواهینامه‌های کیفیت فراهم می‌کند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی موقعیت بدن، ارگونومی، بیماری‌های شغلی، تکنیک‌های مشاهده، خطر صدمه.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۳۳۸۸۳۰۵

مقدمه

نیروی کار همراه با برداشت نیمه‌مکانیزه نقش مهمی در انجام عملیات برداشت چوب در جنگلکاری‌های غرب استان گیلان ایفا می‌کنند. عملیات برداشت چوب از جنگل به‌عنوان یک عملیات پرخطر شناخته شده است که نیاز به نیروی عضلانی استاتیک و دینامیک دارد، زیرا فشار شدیدی را بر سیستم اسکلتی-عضلانی کارگران جنگلداری تحمیل می‌کنند (Yovi and Yamada, 2015). با توجه به خطرناک بودن عملیات برداشت چوب، پژوهش‌های مختلفی با هدف شناسایی الگوهای حوادث کار و افزایش سطح ایمنی در حین کار در جنگل آغاز شده است. در بررسی‌های قبلی گزارش شده است که بیشتر کارگران جنگلداری به دلیل دانش ناکافی در مورد شناسایی خطرات بالقوه و کنترل ریسک، تکنیک‌ها و رویه‌های کاری و مدیریت سازماندهی کار، از حفاظت مشارکتی ایمنی و بهداشت شغلی بی‌اطلاع هستند (Yovi and Yamada, 2015). علاوه بر این، سازمان بین‌المللی کار ILO (2005) نیز اشاره کرده است که کارگران جنگل با خطرات جدی ایمنی و بهداشت شغلی (OSH) مواجه هستند. با این حال، تجربه چندین کشور و شرکت‌های برداشت چوب از جنگل نشان می‌دهد که از طریق تلاش‌های عملی، می‌توان استانداردهای سلامت و ایمنی شغلی را به مقدار قابل توجهی بهبود بخشید. بنابراین، با هدف درک خطرات ارگونومیک مرتبط با وظایف و مداخلات مورد نیاز برای به حداقل رساندن خطرات، به بررسی‌های بیشتری در ارتباط با تجزیه و تحلیل حرکت کار، وضعیت بدن و بیومکانیک فعالیت‌های برداشت چوب نیاز است. بهره‌برداری جنگل همواره با خطراتی برای سلامت و ایمنی کارگران جنگل همراه است (Enez et al., 2014).

براساس پژوهش Safar zadeh et al. (2023) که برای بررسی حجم کار فیزیولوژیکی کارگر در حین بارگیری دستی در توده‌های جنگلکاری صنوبر در شمال ایران انجام شد، نتایج 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. پژوهشی با هدف رتبه‌بندی خطرات ناشی از کار با اره موتوری توسط Rahimi Bitam (2018) انجام شد که نتایج پژوهش نشان داد درختان خطرآفرین، برگشت به عقب انتهای تنهٔ درخت پس از افتادن و لگدزدن اره‌موتوری مهم‌ترین خطرات کار با این وسیله هستند. در بررسی حوادث ناشی از عملیات قطع و تبدیل در یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۶۷-۱۳۸۷) در جنگل‌های تحت‌مدیریت شرکت شفارود مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج نشان داد بریدن درختان بیشترین علت حادثه بود و بیشتر حوادث بین سال های ۱۳۷۳-۱۳۷٤ روی داد. سر، صورت و دست‌ها، بیشتر از دیگر اعضای بدن آسیب دیدند. حوادث به‌طورکلی برای کارگران باتجربه بین ۱۰-۲۰ سال و در زمان نزدیک به ظهر روی داد (Nikooy et al., 2016).

از نتایج کار سنگین بدنی در جنگل و عدم به‌کارگیری روش‌ها و فنون کاری مناسب می‌توان به وقوع حوادث و بیماری شغلی و همچنین کاهش مقدار تولید اشاره کرد. یکی از مهم‌ترین بیماری‌های شغلی که کارگران جنگل در محیط کاری جنگل در معرض آن قرار دارند مشکلات اسکلتی-عضلانی است. این اختلال به هر نوع آسیب بافتی که به سیستم عضلانی، اسکلتی و اعصاب وارد شده و سبب مختل شدن هر یک از آنها شود، اطلاق می‌شود. عملکرد دردناکی که در قسمت‌های مختلف بدن مانند مچ، کمر، گردن، شانه، مفصل ران و آرنج نمایان می‌شود از نتایج همین

اختلالات است. به دلیل پرداخت هزینه‌های سنگین درمانی، کاهش کیفیت زندگی و بهره‌وری، آسیب‌های اسکلتی-عضلانی یکی از بزرگترین معضلات بهداشت شغلی در کشورهای صنعتی و درحال‌توسعه است (Bhattacharya, 2014).

برای مدیریت و پیشگیری از اختلالات اسکلتی عضلانی، ارزیابی قرار گرفتن درمعرض عوامل خطر اختلالات اسکلتی عضلانی و اجرای برنامه‌های مداخله‌ای که بار را تا سطوح قابل قبول برای کارگران کاهش می‌دهد، بسیار مهم است (Roman-Liu et al., 2013). بنابراین، ارگونومیست‌ها و متخصصان از ابزارهای مختلفی برای تعیین کمیت سطوح در معرض بیماری‌های اسکلتی-عضلانی استفاده می‌کنند. از روش‌های مختلف ارزیابی، تکنیک‌های مشاهده‌ای بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. استفاده از روش‌های مشاهده‌ای، مانند ارزیابی سریع اندام فوقانی(RULA) McAtamney and Corlett (1993) روش ارزیابی کلی بدن (**R**apid **E**ntire **B**ody **A**ssessment) Hignett and McAtamney (2000) و سیستم تحلیل وضعیت بدنی (OWAS) به‌طور زیادی افزایش یافته است (Lowe et al., 2019). تکنیک‌های مشاهده‌ای، ارزان، آسان برای استفاده و انعطاف‌پذیر بوده و با وظایف کارگران یا کارهای در حال انجام تداخلی ندارند (Gómez-Galán et al., 2017). پژوهش‌هایی با هدف تعیین اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار در کارگران جنگل توسط Roggio et al. (2022)، Dimou et al. (2020)، Schettino et al. (2021)، Arman et al. (2019) و Lynch et al. (2014) انجام شده است.

از روش REBA برای شناسایی اختلالات وضعیتی کل بدن، در رابطه با عملکرد عضلانی، بارهای خارجی اعمال شده به بدن و نوع گرفتن بار استفاده می‌شود. طبق نظر انجمن بین‌المللی ارگونومی (IEA) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) این روش در استاندارد بین‌المللی ارزیابی ریسک شغلی ارجاع شده و در بین ابزارهای انتخابی برای پیشگیری از اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار (WMSDs) ذکر شده است. REBA چند بار در بخش‌های کشاورزی و جنگلداری مورد استفاده قرار گرفته است، زیرا ارزیابی خطر اضافه بار بیومکانیکی در فعالیت‌های این مشاغل به دلیل تنوع زیاد وظایف، شرایط آب‌وهوایی و همچنین عدم استانداردسازی دقیق کار مشکل است. Manavakun et al. (2004) و Faiz Syuaib et al. (2016) و حرکات و حالت‌های خطرناک توسط روش REBA در عملیات قطع درختان را بررسی کردند و ارزیابی خطر برای اختلالات اسکلتی عضلانی با مقایسه دو روش RULA و REBA توسط Martins et al. (2020) و Bhattacharya et al. (2014) بررسی شده اند. Yaylı and Çalışkan (2019) در مقایسه روش‌های تحلیل خطر ارگونومیک برای وضعیت‌های کاری کارگران نهالستان جنگلی با استفاده از سه روش RULA، REBA و OWAS دریافتند که روش RULA در مقایسه با روش های OWAS و REBA نتایج بهتری به همراه داشت. Landekić et al. (2019)، Enaz and Nalbantoglu (2019) و Manavakun (2004) هم به ارزیابی و مقایسه موقعیت‌های بدن از نقطه نظر ارگونومیکی به مقایسه دو روش OWAS و REBA پرداختند. در ایران ارزیابی موقعیت‌های بدن کارگران جنگل توسط Arman et al. (2019)، Arman et al (2020)، Tsioras et al. (2022) و Safarzadeh et al. (2022) به روش OWAS و QEC انجام شده است و این پژوهش برای اولین بار در ایران ارزیابی موقعیت بدن کارگر قطع به روش REBA را مدنظر قرار داده است.

از نظر تجزیه و تحلیل و پیشگیری از حوادث اطلاعات و دانش در مورد ویژگی‌های خطر در طول عملیات قطع در جنگل بسیار ضروری است، زیرا آنها امکان درک بهتر از وضعیت فعلی ایمنی و بهداشت شغلی و تعیین اولویت‌های بررسی‌های آینده را فراهم می‌کنند. به‌عنوان بخشی از تلاش برای توسعه پایدار جنگل در ایجاد رفاه و آسایش برای کارگران جنگل، این بررسی با هدف شناخت بار وضعیتی و خطرات مرتبط با وظایف قطع درخت و مداخله مناسب مورد نیاز برای به حداقل رساندن خطرات انجام شد. در این پژوهش این سوال مطرح بود که درصد فراوانی مولفه قطع بر حسب سطوح اقدامات حاصل از روش REBA چگونه است و از نظر ارگونومیک به چه مقدار بررسی و تدابیر اصلاحی نیاز دارد؟ علاوه بر این، نتایج این پژوهش ممکن است به ارتقاء ایمنی و بهداشت شغلی در عملیات قطع درختان کمک کند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در جنگلکاری‌های صنوبر در سری دو گیسوم و در پارسل ١٤ انجام شد. جنگل دست‌کاشت سری دو گیسوم از جنگل‌های جلگه‌ای شمال شهرستان رضوانشهر، در ١٠ کیلومتری شرکت سهامی جنگل شفارود قرار دارد. محدوده طرح در عرض جغرافیایی ٣٧ درجه و ٣٩ دقیقه و٥٠ ثانیه و طول جغرافیایی ٤٨ درجه و ٥٩ دقیقه و٢٤ ثانیه قرار دارد، این پژوهش انجام عملیات قطع یکسره درختان صنوبر با اره‌موتوری STIHLMS 382 را مورد بررسی قرار داده است. (جدول ١).

جدول ١- مشخصات اره‌موتوری STIHLMS 382 مورد استفاده در این پژوهش

Table 1. Specifications of the Stihl MS 382 chainsaw used in this study

مقدار Value	مشخصات Specification
6.2	وزن خالص (کیلوگرم) Net weight (kg)
0.65	حجم باک سوخت (لیتر) Fuel tank capacity (liters)
0.36	حجم باک روغن (لیتر) Oil tank capacity (liters)
50.8	طول تیغه (سانتی‌متر) Bare length (cm)
72.2	جابجایی سیلندر(سانتی‌مترمکعب) Cylinder displacement (cubic centimeters)
3.9	توان خروجی(کیلووات) Output power (kW)
106	فشار صدا (دسی‌بل) Sound pressure (dB)

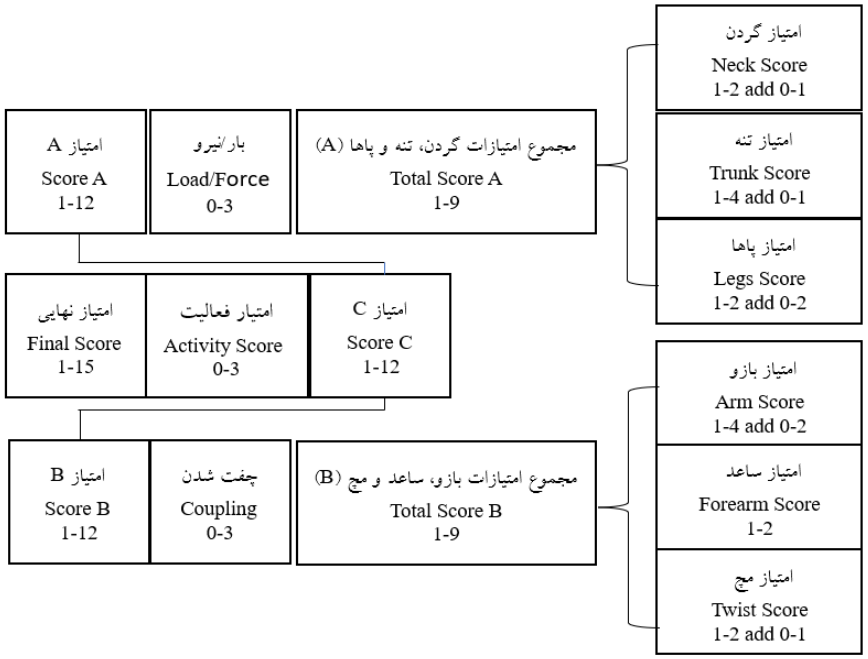
برای کاهش تنوع در اتخاذ موقعیت‌های بدن هدفمند، یک اره‌موتورچی در پژوهش شرکت کرد. اره-موتورچی شرکت‌کننده در بررسی دارای ٤٢ سال سن، ١/٦٨ سانتی متر قد با شاخص توده بدنی ٢٦ بود. درختان قطع‌شده در پژوهش از گونهٔ صنوبر(*Populus deltoides*) با میانگین ارتفاع ٢١/١ متر و میانگین قطر

۳۸/۵۲ سانتی‌متر بود. مطابق با مصاحبه اولیه انجام‌شده با اپراتور، سابقه قبلی حوادث شغلی یا اختلالات اسکلتی عضلانی در وی مشاهده نشد.

برای ارزیابی مناسب موقعیت‌های بدن کارگر و تعیین مدت زمان برای هر وضعیت، از فیلم‌های ضبط شده (٤ ساعت) در هر مرحله از پژوهش استفاده شد. ویدئوهای ضبط‌شده در کامپیوتر شخصی بارگذاری و با دستور افزایش-کاهش سرعت و بزرگ یا کوچک کردن از نزدیک مورد بررسی قرار گرفتند. از روش آنالیز عکاسی برای تعیین زوایای تشکیل‌شده توسط اندام کارگران در وضعیت کار استفاده شد. با تعیین زوایای موقعیت‌های بدن در هنگام کار، سه نقطه روی عکس با استفاده از ماوس تعیین و زاویه بین سه نقطه محاسبه شد. در اجرای تمامی روش‌ها از تکنیک مشاهده استفاده شد (Micheletti Cremasco et al., 2019). تصاویر ویدئویی و عکس‌های ضبط‌شده در محیط کار با مکث در فواصل زمانی معین برای تعیین انواع موقعیت بدن در هنگام کار و مدت زمان آنها مورد بررسی قرار گرفت و پس از آن وضعیت‌های کاری مطابق با روش REBA و با استفاده از نرم‌افزار Ergo Fellow ارزیابی شدند. در مجموع ٤۳۰ عکس مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. روش REBA روش ارزیابی کلی بدن است که امکان بررسی اندام‌های فوقانی (بازو، ساعد و مچ)، تنه، گردن و پاها را فراهم می‌کند. در این روش عوامل دیگری همچون نیرو یا بار جابه‌جا شده، نوع گرفتن بار و فعالیت عضلانی نیز بررسی می‌شود. این روش در درجه اول بر موقعیت‌های بدن متمرکز است و سپس نیروها و فعالیت‌ها درنظر گرفته می‌شوند. ابتدا با مشاهده وظیفه کاری (مولفه‌های قطع درخت) یک ارزیابی کلی از محیط کار، نحوه استفاده از تجهیزات و رفتار کارگر در ارتباط با ریسک‌پذیری با استفاده از عکس و فیلم ثبت شد. سپس موقعیت‌های بدن برای ارزیابی انتخاب و امتیازدهی به موقعیت‌ها انجام شد. برای امتیازدهی، نواحی بدن به دو دسته گروه A (تنه ، گردن و پاها) و گروه B (بازو، ساعد و مچ) تقسیم شدند (شکل ۱) (McAtamney and Corlett, 1993).

وضعیت بدن در ناحیه تنه (کد یک: حالت تنه مستقیم، کد دو: حالت خمش یا کشش صفر تا ۲۰ درجه، کد سه: حالت خمش ۲۰-٦۰ درجه و یا کشش بیش از ۲۰ درجه، کد چهار: حالت خمش بیش از ٦۰ درجه، اگر خمش تنه به طرفین است ۱+ می‌شود). در ناحیه گردن (کد یک: حالت خمش صفر تا ۲۰ درجه رو به جلو، کد دو: حالت کشش یا خمش بیش از ۲۰ درجه رو به جلو ، اگر خمش گردن به طرفین است ۱+ می‌شود) در ناحیه پاها (کد یک: وزن بدن به‌طور متعادل درحال راه‌رفتن یا نشسته به هر دو پا منتقل می‌شود، کد دو: وزن بدن بر یکی از پاها یا بر موقعیت نامتعادل منتقل می‌شود، ۱+: اگر یک یا هر دو زانو بین ٦۰-۳۰ درجه خمیده است، ۲+: اگر یک یا هر دو زانو بیش از ٦۰ درجه به استثنای نشستن خمیده است، امتیاز بار/ نیرو (کد صفر: بار کمتر از پنج کیلو گرم، کد یک: پنج تا ۱۰ کیلوگرم، کد دو: بار بیشتر از ۱۰ کیلوگرم، ۱+ اعمال نیروی ناگهانی)، در ناحیه بازو (کد یک: انحراف ۲۰ درجه به سمت جلو یا عقب، کد دو: انحراف ٤۵-۲۰ درجه به سمت جلو، کد سه: انحراف ۹۰-٤۵ درجه به سمت جلو، کد چهار: انحراف بیش از ۹۰ درجه به سمت جلو، ۱+ اگر بازو از محور اصلی بدن دور شود یا بچرخد، ۱+ اگر شانه‌ها بالا نگه داشته شود، ۱- اگر وزن بازو بر روی تکیه‌گاهی منتقل شود یا وزن بازو بر ماهیچه‌های شانه و بازو منتقل نشود) در ناحیه ساعد(کد یک: خمش ساعد ۱۰۰-٦۰ درجه به سمت جلو، کد دو: خمش ساعد کمتر از ٦۰ درجه یا بیشتر از ۱۰۰ درجه به سمت جلو) در ناحیه مچ (کد یک: خمش یا کشش صفر تا ۱۵درجه مچ دست، کد دو: خمش یا

کشش بیش از ۱۵ درجه مچ دست، ۱+ اگر انحراف مچ دست به زند زبرین یا زند زیرین یا چرخش حول محور راستای ساعد است)، امتیاز مربوط به جفت‌شدن دست با بار(کد صفر: وضعیت جفت شدن دست خوب؛ بار دارای دسته‌ای مناسب و چنگش قدرتی میانه وجود دارد، کد یک: وضعیت جفت شدن دست به‌نسبت خوب؛ گرفتن با دست قابل قبول است اما ایده‌آل نیست. جفت شدن بار با دست با استفاده از دیگر اندام‌های بدن قابل قبول است، کد دو: وضعیت جفت شدن دست بد؛ گرفتن با دست گرچه امکان پذیر است اما قابل قبول نیست (جفت شدن بار به دست بد است.)، کد سه: وضعیت جفت شدن دست غیر قابل قبول؛ چنگش ناایمن با موقعیت بدن نامطلوب، دسته‌ای وجود ندارد. جفت شدن دست با بار حتی با استفاده از اندام‌های دیگر بدن قابل قبول نیست)، نوع فعالیت(۱+ یک یا چند اندام بدن دارای فعالیت استاتیک است. (مثلا بیش از یک دقیقه حفظ شود)، ۱+ حرکت‌های تکراری با گستره‌ی کوچک (بیش از یک بار تکرار در دقیقه–به‌جز راه رفتن)، ۱+ حرکتی که سبب تغییر فاحش موقعیت بدن شده و در گستره‌ی وسیعی اتفاق می‌افتد).



ضرورت اقدام و زمان آن Action necessary and its timing	الویت اقدام اصلاحی Action level	سطح خطر Risk level	امتیاز نهایی REBA Final score of REBA
تغییر ضروری نیست None necessary change	0	قابل چشم پوشی Negligible	1
شاید ضروری باشد Change may be necessary	1	خطر کم Low risk	2-3
تغییر ضروری Change necessary	2	خطر متوسط Medium risk	4-7
بکارگیری تغییرات (هرچه زودتر) Implementing changes (as soon as possible)	3	خطر بالا High risk	8-10
ضروری (آنی) Necessary (Now)	4	خطر بسیار بالا Very high risk	11-15

شکل ۱– مراحل اجرایی ارزیابی موقعیت بدن به روش REBA

Figure 1. Steps for Performing a REBA Posture Assessment

نتایج

در سنجش تنه بیشترین درصد فراوانی مرحله ارزیابی درخت مربوط به کد یک، حالت تنه مستقیم (٤٥/٦درصد) بود. همچنین برای مرحله بن‌زنی بیشترین مقدار مربوط به کد چهار، حالت خمش بیش از ٦٠ درجه (٥١/٤ درصد)، برای مرحله بن‌بری مربوط به کد چهار، حالت خمش بیش از ٦٠ درجه (٣٨/٥ درصد) و برای حرکت بین درختان مربوط به کد یک، حالت تنه مستقیم (٥٣/٣ درصد) بود (جدول ٢). در سنجش گردن (جدول ٣) در مرحله ارزیابی کد دو، حالت کشش یا خمش بیش از ٢٠ درجه (٥٤/٤ درصد) در مرحله بن‌زنی کد دو، حالت کشش یا خمش بیش از ٢٠ درجه (٥١/٩ درصد) در مرحله بن‌بری کد یک، حالت کشش صفر تا ٢٠ درجه گردن (٤٦/٧ درصد) و در حرکت بین درختان کد یک، حالت کشش صفر تا ٢٠ درجه گردن (٥٣/٣ درصد) دارای بیشترین درصد فراوانی بودند. با بررسی امتیازات مربوط به موقعیت پاها نتایج نشان داد که در مراحل ارزیابی، بن‌زنی، بن‌بری و حرکت بین درختان بیشترین فراوانی موقعیت بدن به کد یک (وزن بدن به‌طور متعادل درحالت راه‌رفتن یا نشسته به هر دو پا منتقل می‌شود) اختصاص یافت (جدول٤).

جدول ٢- فراوانی و درصد فراوانی اجزای مختلف قطع درخت در آنالیز موقعیت تنه

Table 2. Frequency and percentage of different tree felling components in trunk posture analysiss

حرکت بین درختان Moving between trees		بن‌بری Backcut		بن‌زنی Undercut		ارزیابی Evaluation		کد Code
درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی frequency	
53.3	8	16.4	20	15.4	33	45.6	36	1
26.7	4	11.5	14	11.2	24	20.3	16	2
6.7	1	17.2	21	13.6	29	26.6	21	3
13.3	2	38.5	47	51.4	110	2.5	2	4
0	0	16.4	20	8.4	18	5.1	4	5
100	15	100	122	100	214	100	79	مجموع Total

جدول ٣- فراوانی و درصد فراوانی اجزای مختلف قطع درخت در آنالیز موقعیت گردن

Table 3. Frequency and percentage of different tree felling components in neck posture analysis

حرکت بین درختان Moving between trees		بن‌بری Backcut		بن‌زنی Undercut		ارزیابی Evaluation		کد Code
درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی frequency	
53.3	8	46.7	57	42.5	91	41.8	33	1
46.7	7	45.1	55	51.9	111	54.4	43	2
0	0	8.2	10	5.6	12	3.8	3	3
100	15	100	122	100	214	100	79	مجموع Total

جدول ٤- فراوانی و درصد فراوانی اجزای مختلف قطع درخت در آنالیز موقعیت پاها

Table 4. Frequency and percentage of different tree felling components in leg posture analysis

حرکت بین درختان Moving between trees		بن‌بری Backcut		بن‌زنی Undercut		ارزیابی Evaluation		کد Code
درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی frequency	
53.3	8	47.5	58	59.3	127	58.22	46	1
33.3	5	27.9	34	19.6	42	31.65	25	2
0	0	21.3	26	17.8	38	10.13	8	3
13.3	2	3.3	4	3.3	7	0	0	4
100	15	100	122	100	214	100	79	مجموع Total

در بررسی امتیازات مربوط به موقعیت بازو در مراحل ارزیابی درخت، بن‌زنی، بن‌بری و حرکت بین درختان بیشترین درصد فراوانی به‌ترتیب با ۳۲/۹ درصد، ٤٥/۳ درصد، ۳٤/٤ درصد و ٤٦/۷ درصد به کد یک (انحراف ۲۰ درجه به سمت جلو یا عقب) اختصاص یافت (جدول ۵). بیشترین درصد فراوانی در اجزای کار چهارگانه ارزیابی درخت، بن‌زنی، بن‌بری و حرکت بین درختان مربوط به کد یک (خمش ٦۰ تا ۱۰۰ درجه ساعد به سمت جلو) با درصد فراوانی ۵۷ درصد، ۵۹/۸ درصد، ٦٦/٤ درصد و ۹۳/۳ درصد بود (جدول ٦). در ارزیابی موقعیت مچ دست هم در هر چهار مرحله ارزیابی درخت، بن زنی، بن‌بری و حرکت بین درختان بیشترین درصد فراوانی به کد دو وضعیت مچ دست (خمش یا کشش بیش از ۱۵ درجه مچ دست) با مقادیر ٦۰/۸ درصد، ۵۱/۹ درصد، ۵۹/۸ درصد و ٦۰ درصد اختصاص یافت (جدول ۷). شکل ۲ توزیع درصد فراوانی مولفه‌های قطع بر اساس سطوح اقدامات حاصل از روش REBA را در عملیات قطع درختان و به تفکیک مولفه‌های قطع نشان می‌دهد.

۰/۷ درصد از وضعیت‌های بدن در سطح صفر، ۱۳/۷۱ درصد وضعیت‌های بدن در سطح اقدام یک، ٤۳/٤۹ درصد موقعیت‌های بدن در سطح دو، ۳٤/۸۹ درصد موقعیت‌های بدن در سطح سه و ۷/۲۵ درصد موقعیت‌های بدن هم در سطح چهار قرار داشتند. همچنین نتایج نشان داد که مولفه‌های بن‌زنی و بن‌بری در سطح اقدام چهار قرار داشتند (شکل ۲ و جدول ۸).

جدول ۵- فراوانی و درصد فراوانی اجزای مختلف قطع درخت در آنالیز موقعیت بازو

Table 5. Frequency and percentage of different tree felling components in upper arm posture analysis

حرکت بین درختان Moving between trees		بن‌بری Backcut		بن‌زنی Undercut		ارزیابی Evaluation		کد Code
درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	
46.7	7	34.4	42	45.3	97	32.9	26	1
26.7	4	22.1	27	16.8	36	7.6	6	2
13.3	2	22.1	27	19.6	42	24.1	19	3
13.3	2	18.9	23	13.6	29	21.5	17	4
0	0	2.5	3	4.7	10	11.4	9	5
0	0	0	0	0	0	2.5	2	6
100	15	100	122	100	214	100	79	مجموع Total

جدول ٦- فراوانی و درصد فراوانی اجزای مختلف قطع درخت در آنالیز موقعیت ساعد

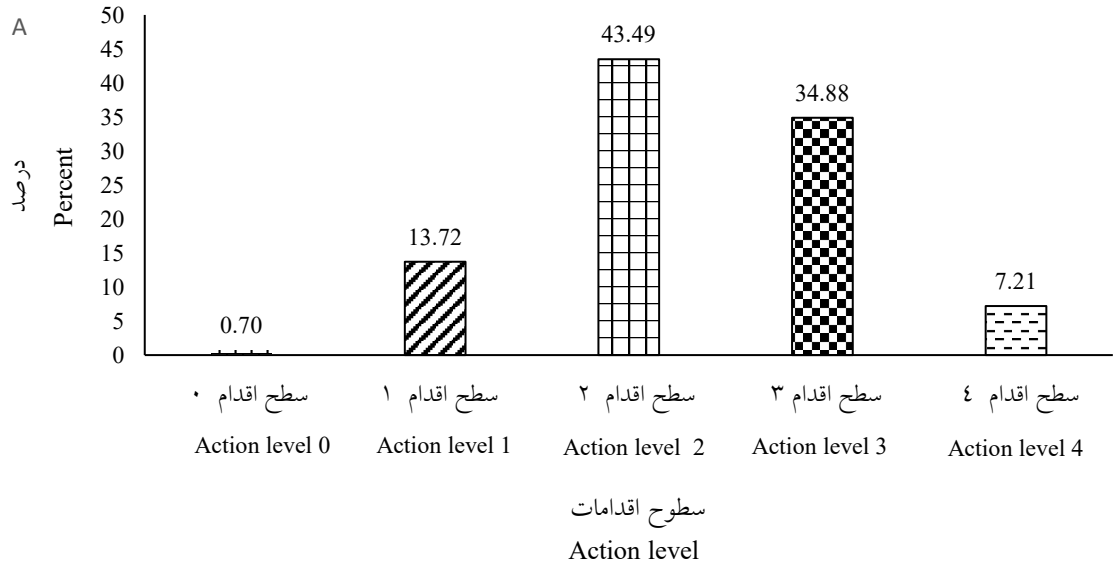
Table 6. Frequency and percentage of different tree felling components in forearm posture analysis

حرکت بین درختان Moving between trees		بن‌بری Backcut		بن‌زنی Undercut		ارزیابی Evaluation		کد Code
درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی frequency	
93.3	14	66.4	81	59.8	128	57	45	1
6.7	1	33.6	41	40.2	86	43	34	2
100	15	100	122	100	214	100	79	مجموع Total

جدول ۷- فراوانی و درصد فراوانی اجزای مختلف قطع درخت در آنالیز موقعیت مچ دست

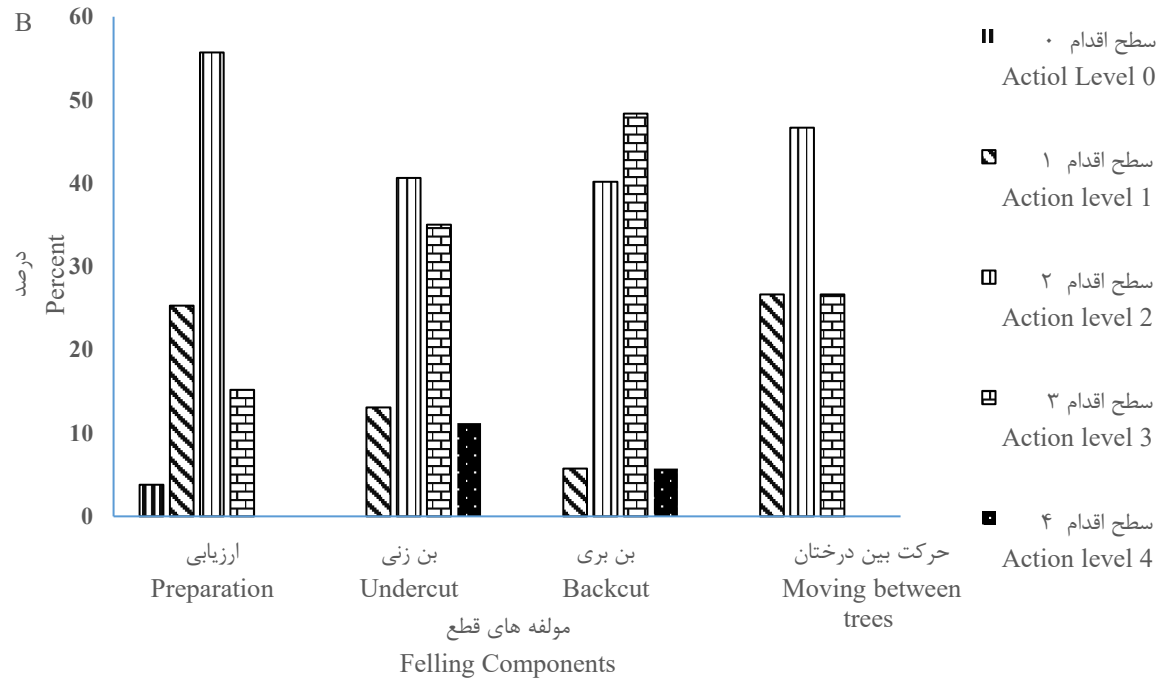
Table 7. Frequency and percentage of different tree felling components in wrist posture analysis

حرکت بین درختان Moving between tree		بن‌بری Backcut		بن‌زنی Undercut		ارزیابی Evaluation		کد Code
درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی Frequency	درصد Percent	فراوانی frequency	
6.7	1	7.4	9	6.5	14	2.5	2	1
60	9	59.8	73	51.9	111	60.8	48	2
33.3	5	32.8	40	41.6	89	36.7	29	3
100	15	100	122	100	214	100	79	مجموع Total



شکل ۲- توزیع درصد فراوانی مولفه‌های قطع در کل (A) و به تفکیک مولفه‌های قطع (B) بر حسب سطوح اقدامات حاصل از روش REBA

Figure 2. Percentage distribution of felling components in total A and by felling components B based on REBA action levels



ادامه شکل ۲

Continued Figure 2.

جدول ۸- نتایج آنالیز REBA برای اجزای کاری عملیات قطع درخت

Table 8. REBA analysis results for the work components of tree felling operations

اجزای بدن Body Parts	خلاصه نمرات مشاهده‌شده در اجزای کاری بررسی‌شده Summary of observed scores in the studied work components			
	ارزیابی Evaluation	بن‌زنی Undercut	بن‌بری Backcut	حرکت بین درختان Moving between tree
تنه Trunk	2	5	4	2
گردن Neck	2	2	2	2
پاها legs	1	1	1	2
موقعیت بدن A A Posture	4	6	5	4
نیرو/ بار Load/Force	0	1	2	1
امتیاز A Score A	4	7	6	5
بازو Arm	1	5	3	1
ساعد Forearm	1	2	1	1
مچ Wrist	3	3	3	3

ادامهٔ جدول ۸.

Continued Table 8.

خلاصه نمرات مشاهده‌شده در اجزای کاری بررسی‌شده

Summary of observed scores in the studied work components

اجزای بدن Body Parts	ارزیابی Evaluation	بن‌زنی Undercut	بن‌بری Backcut	حرکت بین درختان Moving between tree
موقعیت بدن B Posture B	2	8	5	2
جفت شدن Coupling	0	0	0	0
امتیاز B Score B	2	8	5	2
امتیاز C Score C	4	10	11	4
امتیاز فعالیت Activity score	1	1	1	1
امتیاز نهایی Final score	5	11	12	5
سطح اقدام Action level	2	4	4	2

بحث

این پژوهش نشان داد که روش REBA روشی مؤثر برای ارزیابی اضافه بار وضعیت بدن است که توسط وضعیت‌های نامتجانس اتخاذشده در عملیات قطع درختان اتخاذ می شود. به‌نظر می‌رسد که این روش برای شناسایی و کمّی کردن سطح خطر وضعیتی عملیات قطع درخت مؤثر و مناسب است، زیرا سطوح مشابهی از فوریت مداخله، تجزیه و تحلیل و اقدامات اصلاحی را برجسته می‌کند. Faiz Syuaib et al. (2016)در بررسی خود با عنوان تحلیل حرکات و خطر وضعیتی به روش REBA در عملیات قطع درختان در جنگل‌های جاوا در کشور اندونزی نشان دادند که اجزای کاری آمادگی برای قطع، بن‌زنی و بن‌بری با سطح اقدام دو، چهار و چهار و سطح ریسک متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد هستند. Manavakun (2004) با مقایسه تکنیک‌های مشاهده‌ای OWAS و REBA برای ارزیابی بارهای وضعیتی در قطع و پردازش درختان نشان داد که به‌طورکلی بار وضعیتی محاسبه‌شده در روش REBA بیشتر از OWAS بود. تنها حدود ۲۲/٦ درصد از ۲٤۸ موقعیت بدن بررسی شده در سطح اقدام سه یا چهار توسط OWAS طبقه‌بندی شدند، درحالی‌که این مقدار در روش REBA حدود ۷۲/٦ درصد بود. این پژوهش نشان داد که OWAS خطر مربوط به وضعیت بدن را در مقایسه با REBA دست کم گرفته است. Unver-Okan et al. (2017) در پژوهش تعیین وضعیت‌های کاری با روش‌های مختلف ارزیابی ریسک ارگونومیک در نهالستان‌های جنگلی نشان دادند که از بین چهار روش اجرا شده RULA، REBA، QEC و OWAS تنها در روش OWAS، ریسک پایین در کار با ماشین‌آلات نهالستان، وجین دستی، بلند کردن و حمل بار مشاهده شد. از آنجایی که کار در نهالستان‌های جنگلی بیشتر نیاز به حالت‌های چمباتمه زدن، نشستن یا خم شدن دارد، روش RULA که نتایج حساس‌تری

برای اندام‌های فوقانی در نتیجه ارزیابی ارائه می‌دهد، برای استفاده مناسب‌تر در نظر گرفته شد.

Landekić et al. (2019) در ارزیابی و مقایسه وضعیت کار اپراتورهای ماشین در عملیات تنک کردن در جنگل‌های کشور صربستان دریافتند که برای هر سه نوع ماشین جنگلی مورد بررسی (اره‌موتوری، هاروستر و فوروارردر) روش REBA دارای رتبه‌بندی ریسک بالاتری نسبت به روش OWAS است. نیاز به اجرای اقدامات پیشگیرانه ایجادشده در کشورهای اسکاندیناوی و تعریف دستورالعمل‌هایی برای بررسی‌های آینده در مورد وضعیت‌های کاری اپراتورهای ماشین‌های جنگلی در بحث این پژوهش ارائه شده است. Yayli and Çalışkan (2019) با مقایسه روش‌های ارگونومیک آنالیز ریسک برای وضعیت‌های کاری کارگران نهالستان‌های جنگلی در کشور ترکیه نشان دادند که سطح ریسک طبقه خیلی خطرناک در سه روش ارزیابی OWAS، REBA و RULA به‌ترتیب ٤/٦، هشت و ٢٠ درصد بود. آنها بیان کردند که با توجه به اینکه روشی که ریسک بیشتری را به همراه دارد برای حذف ریسک در کوتاه‌ترین زمان حساس‌تر است، می‌توان بیان کرد که روش RULA در مقایسه با روش‌های OWAS و REBA نتایج حساس‌تری به همراه دارد. Nalbantoğlu and Enez (2019) با مقایسه خروجی‌های ارزیابی ریسک ارگونومیک از OWAS و REBA در برداشت چوب جنگلی نشان دادند که تفاوت آماری معنی‌داری بین دو روش ارزیابی وجود دارد. در حالی که تفاوت در احتساب خطر برای سیستم اسکلتی عضلانی در مراحل مختلف کار با استفاده از REBA از نظر آماری معنی‌دار بود، چوبکشی و بارگیری با استفاده از OWAS یک سطح خطر را به خود اختصاص دادند. Paini et al. (2020) در بررسی تحلیل وضعیتی و حرکات تکراری رانندگان اسکیدر در خروج چوب نشان دادند که وضعیت‌های معمولی اپراتورهای اسکیدر خطرات ارگونومیکی را به‌همراه دارد که می‌تواند به سلامتی آسیب برساند و بر عملکرد آنها در محل کار تأثیر بگذارد، درحالی‌که حرکات مکرر دست‌ها و مچ‌ها و همچنین ماندگاری در موقعیت‌های ثابت برای مدت طولانی، دلایل اصلی خطرات حرکتی هستند. به‌طورکلی، تنه خمیده و گاهی‌اوقات کمی پیچ‌خورده و خمیده در کارگر قطع مورد بررسی مشاهده شد. درحالی‌که اندام‌های فوقانی به شدت اره‌موتوری را هدایت می‌کردند و گاهی‌اوقات برای بریدن درخت مد نظر به خم‌شدن و پیچش‌مچ دست نیاز بود. اندازه حرکات اعضای بدن و وضعیت‌های ناهنجار بر اساس عوامل مختلفی متفاوت بود و به‌طور عمده به آنتروپومتری اره‌موتورچی، اندازه و ابعاد درخت مورد نظر و نوع تکنیک برش (بن‌زنی، بن‌بری) بستگی داشت.

Micheletti Cremasco et al. (2019) در ارزیابی ریسک اختلالات اسکلتی-عضلانی در جنگلداری نشان دادند که روش RULA برای ارزیابی بار اضافی وضعیتی در تعامل انسان و ماشین مربوط به خردکن چوب با تغذیه دستی، بیش از روش REBA مناسب است، زیرا شاخص‌هایی را نشان می‌دهد که با سطح بالاتری از ریسک برای تمام وظایف مشاهده شده، مستقل از شکل، اندازه، جرم مواد چوبی، مطابقت دارند. بنابراین این روش، روشی احتیاطی‌تر برای محافظت از سلامت اپراتور خواهد بود. به خوبی شناخته شده است که عملیات جنگل یکی از خطرناک‌ترین مشاغل در تمام زمینه‌های تولید است. این واقعیت سبب آغاز پژوهش‌های بسیاری در سراسر جهان با هدف شناسایی الگوهای علت‌یابی حوادث و افزایش سطح ایمنی در حین جنگلداری شده است. در بررسی‌های قبلی گزارش

شده است که بیشتر کارگران جنگل به دلیل دانش ناکافی از شناسایی خطرات بالقوه و کنترل خطر، تکنیک‌های کار و مدیریت سازمان کار عاجزند. علاوه بر این، سازمان بین‌المللی کار اشاره کرده است که کارگران جنگل با خطرات جدی ایمنی و بهداشت مواجه هستند. با این حال، تجربه چندین کشور و شرکت‌های برداشت چوب نشان می‌دهد که با تلاش‌های عملی می‌توان استاندارد سلامت و ایمنی شغلی را به‌طور قابل‌توجهی بهبود بخشید. علاوه بر توجه به ایمنی و ویژگی‌های فنی ماشین جنگلداری، این پژوهش اهمیت اطلاع‌رسانی و آموزش کارگران اره‌موتورچی را برای نحوه اتخاذ وضعیت‌های بدن و فعالیت‌ها مطابق با اصول ارگونومیک نشان داد. به‌این ترتیب علاوه بر بهینه‌سازی تعامل انسان و ماشین، می‌توان در سازماندهی و مدیریت کل فعالیت قطع مداخله کرد. این رویکرد یکپارچه ممکن است به کاهش ریسک و افزایش بهره‌وری سیستم و رفاه اپراتور کمک کند. نتایج حاصل از ارزیابی وضعیت بدن در حین کار با استفاده از روش REBA نشان داد که استفاده از این روش برای ارزیابی موقعیت‌های کاری از نظر ریسک عامل‌های شغلی اختلالات اسکلتی–عضلانی برای متخصصین و کارشناسان ایمنی کار در جنگل وجود دارد. ۰/۷ درصد از وضعیت های بدن در سطح صفر و ۱۳/۷۱ درصد وضعیت های بدن در سطح اقدام یک قرار داشتند. این وضعیت‌های بدن مورد قبول بوده و نیازمند به اقدام اصلاحی خاصی نیستند. ٤٣/٤٩ درصد موقعیت های بدن در سطح دو قرار دارند که از نظر ارگونومیک به بررسی‌های بیشتر و تغییرات و مداخلات ارگونومیک لازم برای اصلاح شرایط و وضعیت های کاری نیاز دارند. ٣٤/٨٩ درصد موقعیت های بدن در سطح سه قرار دارند که در این حالت بررسی‌ها و تدابیر اصلاحی را باید به زودی برای این موقعیت‌ها مورد توجه قرار داد زیرا در این موقعیت‌ها پتانسیل ابتلا به اختلالات اسکلتی–عضلانی وجود دارد. ۷/۲۵ درصد موقعیت‌های بدن هم در سطح چهار قرار دارند که در این حالت رسیدگی، بررسی و ایجاد تغییرات در موقعیت بدن در سریع‌ترین زمان ممکن ضروریست. آنالیز REBA برای اجزای کاری قطع نشان داد که اجزای کاری ارزیابی و حرکت بین درختان در سطح اقدام دو قرار داشته و به بررسی‌های بیشتر و تغییرات و مداخلات ارگونومیک لازم برای اصلاح شرایط و وضعیت های کاری نیاز دارند. همچنین مراحل بن‌زنی و بن‌بری در سطح اقدام چهار قرار داشته و بررسی و ایجاد تغییرات در موقعیت بدن در سریع‌ترین زمان ممکن ضروریست (شکل ۲)، (جدول ۸).

١٤/٤ درصد وضعیت های بدن در ارزیابی REBA در سطح اقدام صفر و یک قرار داشتند این وضعیت‌های بدن مورد قبول بوده و نیاز به اقدام اصلاحی خاصی نداشتند. در دیگر موقعیت‌های مورد بررسی بدن پتانسیل ابتلا به اختلالات اسکلتی عضلانی وجود دارد بنابراین با بررسی های بیشتر اقدامات، تدابیر کنترلی و پیشگیرانه در دو قالب توصیه‌های مدیریتی و مهندسی برای اصلاح موقعیت‌های کاری به‌خصوص برای اندام‌های تنه، گردن، بازو و مچ لازم و ضروری است (Micheletti Cremasco et al. 2019). با توجه به اینکه وضعیت کاری بدن در ارتباط با عوامل بیومکانیکی و برخی از ریسک عامل‌های مهم در بروز و ابتلا به اختلالات اسکلتی–عضلانی قابل اصلاح و دستکاری است، ازاین رو با استفاده از روش REBA می‌توان آن را بدون صرف هزینه زیاد و در مدت زمان کم مورد ارزیابی قرار داد تا در صورت غیرقابل‌قبول بودن آن با به‌کارگیری اقدامات و تدابیر ارگونومیکی نسبت به کنترل و پیشگیری اختلالات فوق اقدام کرد (Paini et al., 2020). برای کاهش اختلالات سیستم

اسکلتی عضلانی شغلی، آگاهی کارگران قطع در ارتباط با وضعیت‌های کاری و ارگونومی باید افزایش یابد. کارگران باید در طول روز تمریناتی را انجام دهند تا از ماندن طولانی مدت در یک وضعیت ثابت اجتناب کنند. همچنین وضعیت بدن کارگران باید در فواصل زمانی مشخص بررسی شود و سمینارها و جلسات مختلف برای کارگران در ارتباط با وضعیت صحیح شانه، بالای کمر، بازوها و پاها برگزار شود (Faiz Syuaib et al., 2016). علاوه بر این، استفاده ما از REBA در فعالیت‌های مربوط به قطع درخت نشان داد که اصول کار ارگونومیک رایج را می‌توان برای نیروی کار در شرایط هوای آزاد به‌کار برد. این روش اکنون باید برای دیگر کارهای جنگلداری به‌کار گرفته شود تا خطرات ایمنی و بهداشت شغلی و وضعیت‌های کاری معمولی در جنگلداری، به‌ویژه از نظر بیماری‌های اسکلتی-عضلانی معرفی شود. Gallo and Mazzetto (2013) در تحلیل ارگونومیک برای ارزیابی خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار در عملیات جنگلداری نتایج نشان داد که استفاده از شاخص REBA کاربرد خوبی برای ارزیابی بیماری‌های اسکلتی-عضلانی در بخش جنگلداری، بیشتر برای ارزیابی عملیات قطع درختان، ارائه داد. یافته‌های این پژوهش و پژوهش‌های آتی می‌تواند به تعیین بار فیزیکی موقعیت‌های بدن در هنگام کار در جنگلداری در طول عملیات قطع کمک کند و ممکن است به طراحی ابزار و ماشین‌های کاهش‌دهنده بارهای فیزیکی و کاهش خطر بیماری‌های اسکلتی-عضلانی بیانجامد. عملیات قطع درختان به قدرت زیاد، مهارت و تکنیک مناسب نیاز دارد. با توجه به ماهیت حرکت اره‌موتورچی در هنگام عملیات قطع، موقعیت تنه، اندام‌های بالایی و پایینی وی آسیب‌زا است و به استفاده دقیق از عضلات و اعمال نیرو نیاز دارد. به‌طورکلی، مشاهدات نشان داد که عموما کارگر قطع در هنگام انجام کار دارای تنه خمیده و پیچ خورده است. زمانی که اندام‌های فوقانی در حال کار با اره موتوری هستند برخی مواقع مچ دست خم شده و پیچ می‌خورد. اندازه حرکات اعضای بدن و وضعیت‌های نامناسب بدن بر اساس عوامل مختلفی مانند آنتروپومتری اره‌موتورچی، اندازه درخت مورد نظر و نوع تکنیک برش می‌تواند تغییر کند. روش REBA مولفه‌های اجزای قطع درخت را در ارتباط با وضعیت بدنی نامناسب مورد بررسی قرار داد و امتیازات نهایی نشان‌دهنده خطرناک‌بودن موقعیت‌های بدن در مولفه‌های بن‌زنی و بن‌بری است. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که وضعیت‌های بدنی کاری در عملیات قطع درختان، ناراحت‌کننده بودند، زیرا نمرات نهایی هفت یا بیشتر در بیشتر موارد وظایف قطع درختان منجر به این امر شد. این بدان معناست که کارگران در وضعیت بدنی نامناسب یا حتی آسیب‌پذیر در محدوده خطرات متوسط تا بسیار بالا کار می‌کردند. برای مقایسه وضعیت بدنی نامناسب و خطر مرتبط با هر عنصر کاری وظایف قطع درخت، جدول ۸ خلاصه نتایج امتیازدهی REBA و شکل ۲ به‌طور مقایسه نمرات REBA را با توجه به عناصر کاری مختلف نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

قابل‌قبول‌ترین راه برای افزایش جنبه سلامت و ایمنی برای کارگران اره‌موتورچی، کاربرد و اجرای نتایج حاصل از تحقیقات میدانی است موضوعی که در این پژوهش مدنظر قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که روش REBA با توجه به ماهیت کار قطع با اره‌موتوری دارای قابلیت لازم برای تخمین ریسک کاری مرتبط با وضعیت بدنی کارگر اره‌موتورچی است. در این پژوهش، تجزیه و تحلیل‌هایی بر روی وضعیت کارگر

اره‌موتورچی انجام و روش‌های نامناسب کار با تعیین سطح ریسک با استفاده از روش REBA انجام شد. ۱٤/۳۹ درصد از وضعیت های بدن در سطح اقدام صفر تا یک و بدون اقدام اصلاحی، ٤۳/٤۸ درصد در سطح دو با نیاز به بررسی بیشتر ارگونومیک، تغییرات و مداخلات ارگونومیک لازم برای اصلاح شرایط کاری، ۳٤/۸۸ درصد در سطح سه با نیاز به بررسی و تدبیر اصلاحی سریع و ۷/۲۵ درصد در سطح چهاربا بررسی و تغییرات فوری در موقعیت بدن کارگر بود. مولفه‌های بن‌زنی و بن‌بری در سطح چهار قرار داشتند و بررسی و ایجاد تغییرات در موقعیت بدن در سریع‌ترین زمان ممکن در این مولفه‌ها ضروری است. آگاهی کارگران اره‌موتورچی در مورد وضعیت‌های کاری و ارگونومی باید افزایش یابد تا اختلالات سیستم اسکلتی-عضلانی شغلی کاهش یابد. کارگران باید در طول روز تمریناتی انجام دهند تا از ماندن در یک وضعیت ثابت برای مدت طولانی جلوگیری شود. وضعیت بدنی کارگران باید در فواصل زمانی مشخص بررسی شود و سمینارها و جلسات مختلفی در مورد وضعیت‌های صحیح برای شانه، قسمت بالای کمر، بازوها و پاها برگزار شود.

References

Arman, Z.; Nikooy, M.; Heidari, M.; Majnonian, 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.; Rahimi, F.; Nikooy, M.; Heidari, M.; and Majnounian, B., Postural risk assessment of felling operation in a poplar plantation, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2020**, 28(3), 296-307. (In Persian).

Bhattacharya, A., Costs of occupational musculoskeletal disorders (MSDs) in the United States. *International Journal of Industrial Ergonomics* **2014,** 44(3), 448-454.

Dimou, V.; Malesios, Ch.; Pispa, S., Assessing forestry-related musculoskeletal symptoms in specific body areas. *Interanational Journal of Forest Engineering* **2020,** 31(3), 233-41.

Enez, K.; Topbas, M.; Acar, H. H., An evaluation of the occupational accidents among logging workers within the boundaries of Trabzon Forestry Directorate, Turkey. *International journal of industrial ergonomics* **2014,** 44(5), 621-628.

Enez, K.; Nalbantoğlu, S. S., Comparison of ergonomic risk assessment outputs from OWAS and REBA in forestry timber harvesting. *International Journal of Industrial Ergonomics* **2019,** 70, 51-57.

Faiz Syuaib, M.; Yovi, E. Y.; Meysiska Sari, D. A., Motions and postural risk analysis by REBA on tree felling operation. *Sustainable Forest Development in view of Climate Change (SFDCC2016)* **2016,** 86.

Gallo, R.; Mazzetto, F., Ergonomic analysis for the assessment of the risk of work-related musculoskeletal disorder in forestry operations. *Journal of Agricultural Engineering* **2013,** 44(s2).730-735.

Gómez-Galán, M.; Pérez-Alonso, J.; Callejón-Ferre, Á. J.; López-Martínez, J., Musculoskeletal disorders: OWAS review. *Industrial health* **2017,** 55(4), 314-337.

Hignett, S.; McAtamney, L., Rapid entire body assessment (REBA). *Applied ergonomics* **2000,** 31(2), 201-205.

ILO (International Labour Organization). Global trends on occupational accidents and diseases. World Day Saf. Health Work, 1, 1-7. **2005**

Landekić, M.; Katuša, S.; Mijoč, D.; Šporčić, M., Assessment and comparison of machine operators' working posture in forest thinning. *South-east European forestry: SEEFOR* **2019,** 10(1), 29-37.

Lowe, B.D.; Dempsey, P.G.; Jones, E.M., Ergonomics assessment methods used by ergonomics professionals. *Applied Ergonomics* **2019,** 81(10),13-20.

Lynch, S. M.; Smidt, M.; Merrill, P. D.; Sesek, R. F., Incidence of MSDs and neck and back pain among logging machine operators in the southern US. *Journal of agricultural safety and health* **2014,** 20(3), 211-218.

Manavakun, N. A comparison of OWAS and REBA observational techniques for assessing postural loads in tree felling and processing. In FEC–FORMEC–2004 conference, October 8-12 Dubrovnik (Cavtat). **2004**

Martins, A. B.; Lopes, Es.; Pagnussat, Mb.; Fiedler, Nc.; Oliveira, Fm., Upper limb posture and movement during tracked versus wheeled harvester operation on Pinus thinning. *International Journal of Forest Engineering* **2020,** 31(3), 263-271.

McAtamney, L.; Corlett, E. N., RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied ergonomics* **1993,** 24(2), 91-99.

Micheletti Cremasco, M.; Giustetto, A.; Caffaro, F.; Colantoni, A.; Cavallo, E.; Grigolato, S., Risk assessment for musculoskeletal disorders in forestry: A comparison between RULA and REBA in the manual feeding of a wood-chipper. *International journal of environmental research and public health* **2019,** 16(5), 793.

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).

Paini, A. D. C.; Lopes, E. D. S.; Fiedler, N. C.; de Souza, A. P.; Rodrigues, C. K., Postural analysis and repetitive motions of skidder operators in wood extraction. *Scientia Forestalis* **2020,** 48 (125), e3008.

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

Roggio, F.; Vitale, E.; Filetti, V.; Rapisarda, V.; Musumeci, G.; Romano, E., Ergonomic evaluation of young agricultural operators using handle equipment through electromyography and vibrations analysis between the fingers. *Safety and Health at Work* **2022,** 13(4), 440-447.

Roman-Liu, D.; Groborz, A.; Tokarski, T., Comparison of risk assessment procedures used in OCRA and ULRA methods. *Ergonomics* **2013,** 56(10), 1584-1598.

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).

Safarzadeh, B.; Nikooy, M.; Tsioras, P. A.; Arman, Z.; Tavankar, F., Assessing the impact of log manual loading on the physiological load in forest workers. *Forest Research and Development* **2023**, 9(2), 175-187. (In Persian).

Schettino, S.; Minette, L. J.; Lima, R. C. A.; Nascimento, G. S. P.; Caçador, S. S.; Vieira, M. P. L., Forest harvesting in rural properties: Risks and worsening to the worker's health under the ergonomics approach. *International Journal of Industrial Ergonomics* **2021,** 82, 103087.

Tsioras, P. A.; Khooshdohbat, M.; Nikooy, M.; Naghdi, R.; Heidari, M., The impact of body posture on heart rate strain during tree felling. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **2022**, 19(18), 11198.

Unver-Okan, S.; Acar, H. H.; Kaya, A., Determination of work postures with different ergonomic risk assessment methods in forest nurseries. *Fresenius Environmental Bulletin* **2017**, 26(12), 7362-7371.

Yaylı, D.; Çalışkan, E., Comparison of Ergonomic Risk Analysis Methods for Working Postures of Forest Nursery Workers. *European Journal of Forest Engineering* **2019,** 5(1), 18-24.

Yovi, E. Y.; Yamada, Y., Strategy to disseminate occupational safety and health information to forestry workers: The felling safety game. *Journal of Tropical Forest Science* **2015,** 213-221.