

Research Article

Agricultural Engin., 44(4) (2022) 439-462  
DOI: 10.22055/agen.2022.38952.1618

ISSN (P): 2588-526X  
ISSN (E): 2588-5944

## Investigation of some ergonomic interventions in date palm crown access operation

A. Hayati<sup>1</sup>, A. Marzban<sup>2\*</sup> and M. Rahnama<sup>3</sup>

1. PhD in Agricultural Mechanization, Department of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran.
2. Associated Professor, Agricultural Mechanization, Department of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran.
3. Associated Professor, Agricultural Mechanization, Department of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran.

Received: 21 October 2021

Accepted: 26 February 2022

### Abstract

**Introduction:** Date fruit production has an important position in either Iran or the world. Life and economy of many of people who live in the West Asia and North Africa (WANA) depend on this agricultural product. Date palm crown access, as one of important operations of date fruit production, is performed in a traditional manner with a tool talked “Parvand” yet. It results in various ergonomic and safety problems, such as fall from height, sunstroke, and musculoskeletal disorders (MSDs). Meanwhile, mechanization could not adequately adopted by date palm growers. Possibly, ergonomic interventions in forms of simple tools mitigate ergonomic and safety problems in date palm crown access operation.

**Materials and Methods:** In this study, some ergonomic interventions were investigated to improve the present status of ergonomic and safety status of this operation with employing nine workers from Ramshir city, Khuzestan province, Iran. Evaluated date palm climbing tools were as follows: Parvand (traditional tool), Parvand+rubber shoes (intervened tool), harness (intervened tool), and harness+rubber shoes (intervened tool). Parvand consisted of a backrest and a towing wire. In two last mentioned intervened tools, harness was replaced with backrest in Parvand. Indeed, harness was the brief name of composition of harness and towing wire. Comparisons were done based on some ergonomic, safety, bio-mechanical, and technical indices. Ergonomic evaluations included physical and cognitive ones. Body discomfort (BD), heart rate (HR), worker energy expenditure (EE), working oral temperature (OT), and physiological strain index (PSI) were the physical indices. Perception-based heat Strain Index (PeSI) and acceptance of climbing tools in view of workers were the cognitive Indices. Acceptance comprised workers’ perception about safety, work speed, ease of use, technical properties, and preference of the tools. Safety evaluation was conducted using failure mode and effects analysis (FMEA) which resulted in a risk priority number (RPN) for each climbing tools. Bio-mechanical evaluations were performed using 3DSSPP software (to find the compression and shear forces on L5/S1 disc) and the investigation of



mechanical stresses of Parvand and harness (to achieve the factor of safety (FoS) of tools). Technical index was the total time cycle (TTC) to perform date palm crown access (install climbing tool, ascending, and descending). Statistical analysis was conducted using IBM SPSS 24. During evaluation, workers' qualitative feedbacks around intervened tools were recorded.

**Results and Discussion:** Mean age, height, mass and body mass index of workers were 33.1 years, 1.71 m, 74.0 kg, and 25.3 kg/m<sup>2</sup>, respectively. According to the statistical analyses, there was no any significant difference among climbing tools regarding BD, HR, EE, OT, PSI, PeSI, RPN, and TTC. Bio-mechanical evaluations showed that all four climbing tool caused a low risk compression force on L5/S1 (<3400), whereas interventions including harness were significantly higher than those including Parvand. Traditional and Parvand+rubber shoes with shear forces of 1120.9 and 1119.6 N, respectively, on L5/S1 disk resulted in high injury risk (>500 N) and were significantly higher than other two methods in which harness was used ( $p < 0.001$ ). FoS was achieved for Parvand and harness 1.21 and 3.53, respectively. Therefore, only harness could cover the minimum FoS required to work in height (2.4) according Ministry of Cooperative, Labor and Social Welfare's regulations. During cognitive evaluations, harness+rubber shoes gained the highest safety level (score of 17) as well as the highest preference level (score of 14), whilst, Parvand+rubber shoes had the highest cognitive-based acceptance score (score of 58). Workers' qualitative feedbacks, in order of frequency, were as follow: harness ropes should be wider (33%); towing wire-harness joint should be upper (from pelvis toward waist) (22%); harness ropes should be softer (especially around the thighs) (22%); harness should be integrated (i.e. without rope, like a short) from pelvis to thighs (11%); rope buckle should be used so that harness is more easily-and fast worn (11%).

**Conclusion:** Safety and work speed can be two main factors in the preference of a date palm crown access tool. Overall, intervened tools had a better state concerning safety, whereas, the qualifications were almost equal considering ergonomics. Notwithstanding it, the intervened tools had the lacks around work speed and technical properties which should be amended. Besides the attempts for development of date palm mechanization, further studies may be conducted on intervened date palm climbing tools, especially harness+rubber shoes method, based on workers' qualitative feedbacks to gain a more appropriated level.

**Keywords:** *Agricultural mechanization, safety assessment, date palm orchard, intervention acceptance, simple tool, parvand, harness*

## بررسی برخی مداخلات ارگونومیکی در عملیات دسترسی به تاج نخل خرما

عبدالله حیاتی<sup>۱</sup>، افشین مرزبان<sup>۲\*</sup>، مجید رهنما<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته‌ی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، خوزستان، ایران

۲- نویسنده‌ی مسوول، دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، خوزستان، ایران

۳- دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، خوزستان، ایران

### تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۹

پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۱۲/۰۷

### کلمات کلیدی:

مکانیزاسیون کشاورزی،

ارزیابی ایمنی،

نخلستان،

مقبولیت مداخله،

ابزار غیر پیچیده،

پروند،

هارنس

\* عهده دار مکاتبات

Email:

afshinmarzban@asnrukh.ac.ir

### چکیده

با وجود اهمیت و جایگاه خرما در کشور و جهان، تولید خرما به ویژه عملیات دسترسی به تاج نخل خرما به عنوان گسترده‌ترین و دشوارترین عملیات تولید خرما، به صورت سنتی و همراه با مخاطرات ارگونومیکی و ایمنی متعددی انجام می‌شود. در مطالعه حاضر، برخی مداخلات ارگونومیکی با سازوکار غیر پیچیده در عملیات دسترسی به تاج نخل خرما با به کارگیری ۹ شرکت کننده با هدف کاهش مخاطرات بررسی و از نظر شاخص‌های ارگونومیکی، ایمنی و فنی با روش مرسوم مقایسه شد. ارزیابی‌های بیومکانیکی با استفاده از نرم‌افزار 3DSSPP و بررسی تنش‌های مکانیکی وارد بر ابزار صورت گرفت. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS 24 انجام شد. ارزیابی‌های بیومکانیکی نشان داد که از بین چهار روش مورد بررسی صعود از نخل خرما (مرسوم (استفاده از پروند) و مداخله‌ای (پروند+کفش لاستیکی، هارنس و هارنس+کفش لاستیکی))، روش‌های مرسوم و پروند+کفش لاستیکی به ترتیب با وارد آوردن نیروهای برشی ۱۱۲۰/۹ و ۱۱۱۹/۶ نیوتون بر دیسک L5/S1 از این منظر از دو روش دیگر که در آن‌ها از هارنس استفاده می‌شد به طور معنی‌داری ( $p < 0.001$ ) پرخطرتر و دارای ریسک ابتلا به آسیب زیاد (۵۰۰ نیوتون  $>$ ) بودند. روش هارنس+کفش لاستیکی به لحاظ ارجحیت بالاترین میزان (۱۴ امتیاز) را به خود اختصاص داد. ابزارهای مداخله‌ای به لحاظ ایمنی وضعیت به نسبت مطلوب‌تری از روش مرسوم داشت، اما از نظر ارگونومیکی شرایط تقریباً برابر بود. با این وجود، ابزارهای مداخله‌ای به لحاظ سرعت کار و شرایط فنی دارای کاستی‌هایی بود که باید تا رسیدن به شرایط مطلوب، مورد مطالعه و بهسازی قرار گیرد.

### مقدمه

خرما یکی از مهمترین تولیدات کشاورزی در کشور است که بسیاری از فعالیت‌های مربوط به آن به خصوص عملیات دسترسی به تاج نخل خرما در مناطق عمده تولیدکننده خرما در ایران و جهان به صورت سنتی و با اتکا به نیروی انسانی انجام می‌شود. میوه خرما از جمله محصولات اصلی بسیاری از کشورهای مناطق خشک مدیترانه، آفریقا، آسیا، آمریکای شمالی و استرالیا به شمار می‌رود که در کنار داشتن مقادیر زیادی کربوهیدرات، ویتامین و انرژی و فرآورده‌های متنوعی همچون الکل، شربت، شکر مایع و اسیدهای آلی، تأمین‌کننده‌ی عمده‌ی غذا و منبع درآمد بسیاری از خانوارهای ساکن در مناطق ذکر شده می‌باشد (۱، ۴). همچنین ایران بعد از مصر و عربستان با تولید حدود ۱/۲ میلیون تن خرما در سال سومین تولیدکننده بزرگ خرما است. به طوری که مصر، ایران، عربستان، امارات متحده عربی و پاکستان در مجموع حدود ۶۵ درصد خرمای جهان را تولید می‌کنند. ایران با حدود ۱۶۰ هزار هکتار سطح برداشت خرما، دومین کشور در جهان از نظر سطح برداشت است (۱، ۱۲).

با وجود اهمیت و جایگاه خرما در کشور و جهان، تولید خرما با خطرات شغلی همراه است (۹). کارگران نخلستان برای انجام عملیات دسترسی به تاج نخل خرما به عنوان گسترده‌ترین و دشوارترین عملیات تولید خرما، به صورت سنتی از وسیله‌ای موسوم به پروند استفاده می‌کنند که معمولاً متشکل از یک طناب و پستی است. این وسیله را به دور کمر خود و تنه نخل حلقه کرده و از دم‌برگ‌های قدیمی بریده شده به عنوان پله برای قرار دادن پاهای خود استفاده می‌کنند. این روش سنتی، کارگران را با مخاطرات شغلی همچون خطر سقوط از ارتفاع و عوارض ناشی از آن (از کار افتاگی‌های موقت و دائم و مرگ)، گرم‌زدگی، فشارهای فیزیولوژیکی، درد و ناراحتی در اعضای مختلف بدن، به‌ویژه در ناحیه کمر و کف پاها مواجه می‌کند (۲۸، ۲۹، ۳۱، ۳۲). طبق آخرین مطالعات، ۱۹/۵ مورد سقوط به ازای هر هزار کارگر بالارونده از نخل در هر سال اتفاق می‌افتد که از این تعداد، ۳/۴ مورد به مرگ ختم می‌شود (۲۱). این تعداد مورد مرگ بسیار بالاتر از

برآورد سازمان جهانی کارگر برای حوادث مرگ‌آور کشاورزی به میزان ۰/۰۴۵۹ مورد به ازای هر هزار کارگر در سال می‌باشد (۲۲). علی‌رغم تلاش‌های مکانیزاسیون برای بهبود شرایط ایمنی و ارگونومیکی در کنار بهبود عملکرد تولید در نخلستان‌ها، تجهیزات مکانیزه چندان مورد استقبال قرار نگرفته و مشکلات ذکر شده کماکان به قوه خود باقی است (۱۳، ۲۰، ۳۶، ۳۷) و این مسئله عملیات دسترسی به تاج نخل خرما را مانند بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی مستعد بروز مشکلات ارگونومیکی و ایمنی کرده است (۱۴-۱۹، ۳۴).

مداخلات ارگونومیکی در قالب بهسازی ابزار و معرفی و به‌کارگیری تجهیزاتی با سازوکار غیرپیچیده در تولید برخی محصولات کشاورزی توانست تا حد قابل قبولی در کاهش چالش‌هایی که به دلیل عدم موفقیت و ناسازگاری تجهیزات مکانیزه به صورت حل نشده باقی مانده‌اند، مؤثر واقع شود. برآیند چنین رویکردی، مواردی همچون کاهش خستگی‌های فیزیولوژیکی و اختلالات عضلانی-اسکلتی و افزایش سطح ایمنی و بهره‌وری نیروی کار را در بر می‌گیرد (۴۸، ۴۹). این رویکرد می‌تواند در مورد عملیات دسترسی به تاج نخل خرما نیز مورد ملاحظه قرار گیرد. بنابراین در مطالعه حاضر مداخلات ارگونومیکی در قالب به‌کارگیری تجهیزاتی با سازوکار غیرپیچیده با هدف بهبود وضعیت ارگونومیکی و ایمنی عملیات دسترسی به تاج نخل خرما مورد بررسی قرار گرفت.

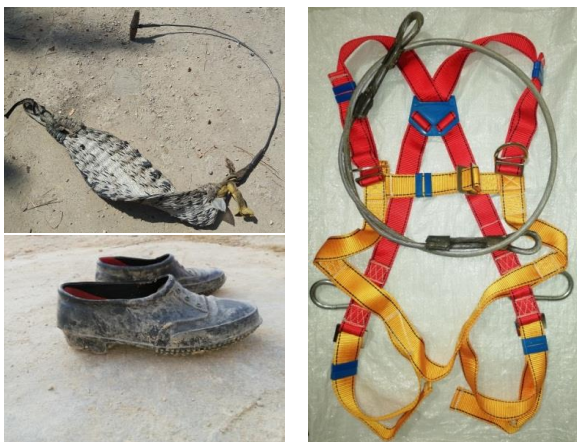
### مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر، عملیات دسترسی به تاج نخل خرما با استفاده از روش مرسوم و مداخلات ارگونومیکی، از نظر شاخص‌های ارگونومیکی، ایمنی، فنی و بهره‌وری نیروی کار مورد بررسی قرار گرفت. مداخلات ارگونومیکی طی انجام پیش‌مطالعه، تعیین گردید. سپس با روش سنتی دسترسی به تاج نخل خرما مورد مقایسه قرار گرفت. بررسی روی نه نفر از کارگران بالارونده از نخل خرما در روستای خرفریج واقع در شهرستان رامشیر در استان خوزستان در میانگین دمای محیط ۲۲/۴ درجه سلسیوس و میانگین رطوبت نسبی ۴۲/۰ درصد،

دو قلاب متصل می‌شد (شکل ۱). شرایط انتخاب مداخلات ارگونومیکی برای ارزیابی در مطالعه که شامل احتمال بهبود وضعیت ایمنی، راحتی یا بهره‌وری نیروی کار، در دسترس بودن، مقرون به صرفه بودن، قابل ارزیابی بودن و قابلیت بازتولید و نگهداری بود (۵۰). در مطالعه حاضر در نظر گرفته شد.

### ارزیابی‌های ارگونومیکی

بررسی‌های ارگونومیکی شامل ارزیابی‌های فیزیکی و شناختی بود. برای ارزیابی‌های فیزیکی، وجود درد و ناراحتی بدن، میزان ضربان قلب در حالت کار، برآورد انرژی مصرفی کارگر ناشی از فعالیت مورد نظر، دمای بدن و استرین گرمایی و برای ارزیابی‌های شناختی، چگونگی ادراک کارگران در خصوص ابزار به کار گرفته شده بررسی شد. برای تعیین وجود درد و ناراحتی اعضای بدن، از مقیاس آنالوگ بصری استفاده شد (۵۱). این مقیاس شامل یک خط افقی ده سانتی‌متری کشیده شده روی کاغذ بود. ابتدا و انتهای خط ده سانتی‌متری در کنار اعداد صفر و ده به ترتیب عبارت‌های «بسیار ناچیز» و «بسیار شدید» نوشته شد. از هر کارگر خواسته شد تا نظر خود را در خصوص میزان درد و ناراحتی هر یک از اعضای بدن را بر روی نقشه بدن با علامت زدن نقطه‌ای روی این خط اعلام کند (شکل ۲). فاصله این نقطه تا صفر (بسیار ناچیز) که با خط کش اندازه‌گیری شد مقدار عددی میزان درد و ناراحتی را مشخص می‌کرد.



شکل (۱) پروند (سمت چپ بالا)، و کفش لاستیکی (سمت چپ پایین) و هارنس و سیم‌بکسل (سمت راست)  
Figure (1) Parvand (left-up), elastic shoes (left-down), and harness and towing wire (right)

انجام شد. برای شرکت در مطالعه حاضر، شرط داشتن حداقل ۵ سال سابقه کار در عملیات مورد مطالعه، نداشتن بیماری و عدم مصرف دارو، داشتن رضایت کامل برای شرکت در مطالعه در نظر گرفته شد. برخی از مشخصات فیزیکی و فیزیولوژیکی کارگران شامل سن، قد، جرم بدن، شاخص توده بدنی، ضربان قلب در حالت استراحت و دمای دهانی در حالت استراحت ثبت شد. قد و جرم بدن به ترتیب با استفاده از متر و ترازو اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدنی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (۴۱):

$$BMI = \frac{M}{H^2} \quad (1)$$

که در آن BMI<sup>۱</sup> شاخص توده بدنی برحسب کیلوگرم بر متر مربع، M جرم بدن بر حسب کیلوگرم و H قد بر حسب متر است. بر اساس این شاخص، کارگران به چهار دسته سبک‌وزن (کمتر از ۱۸/۵ کیلوگرم بر متر مربع)، دارای وزن معمولی (۱۸/۵-۲۴/۹ کیلوگرم بر متر مربع)، دارای اضافه وزن (۲۵-۲۹/۹ کیلوگرم بر متر مربع) و چاق (بیش از ۳۰ کیلوگرم بر متر مربع) تقسیم شدند. نخل خرماي رقم «کبکاب» با تنه‌ای با محیط حدود ۱/۴ متر که به خوبی تکریب شده باشد و ارتفاع شش متر به عنوان ارتفاع بالا رفتن کارگر مد نظر قرار گرفت.

### مداخلات ارگونومیکی

روش مرسوم صعود از نخل با استفاده از ابزار سنتی موسوم به پروند صورت گرفت (شکل ۱). در نهایت بر اساس پیمایش صورت گرفته در پیش‌مطالعه، استفاده از ترکیب هارنس و سیم‌بکسل به جای پروند و استفاده از کفش لاستیکی به جای پای برهنه (که در روش مرسوم وجود داشت) پیشنهاد شد که با استقبال اولیه کارگران مواجه شد (شکل ۱). بنابراین استفاده از ترکیب پروند، هارنس و سیم‌بکسل و کفش لاستیکی به عنوان مداخلات ارگونومیکی مورد ملاحظه قرار گرفت (جداول ۱ و ۲). هارنس در ناحیه لگن (در زمان پوشیده شدن توسط کارگر) دارای یک قلاب در هر طرف بود و سیم‌بکسل، که دو سر آن به صورت حلقه در آمده، جوشکاری و با بست فلزی نگهداشته شده بود به این

حیاتی و همکاران: بررسی برخی مداخلات ارگونومیکی در...

جدول (۱) ابزارهای استفاده شده در روش‌های مرسوم و

مداخله‌ای

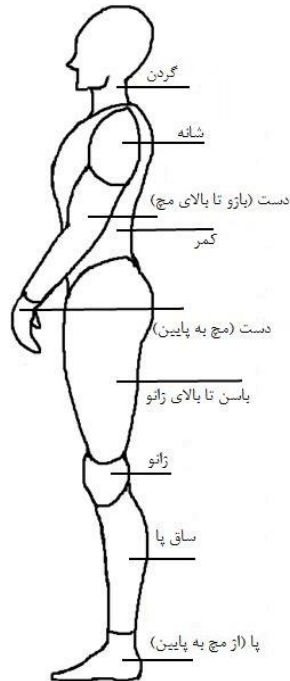
Table(1) Tools used in traditional and intervened methods

نام روش Name of method	ابزار مورد استفاده در روش Tool used in the method
مرسوم Traditional	استفاده از پروند و پای برهنه Use of Parvand and naked foot
پروند و کفش Parvand+rubber shoes	استفاده از پروند و کفش لاستیکی (مداخله) Use of Parvand and elastic shoes (intervention)
هارنس Harness	استفاده از هارنس و سیم بکسل (مداخله) Use of Harness (intervention)
هارنس و کفش Harness+rubber shoes	استفاده از هارنس، سیم بکسل و کفش لاستیکی (مداخله) Use of Harness and elastic shoes (intervention)

جدول (۲) مشخصات فنی ابزار مورد استفاده

Table (2) Technical specifications of utilized tool

ابعاد Dimensions	جرم (کیلوگرم) Mass (kg)	جنس Material	ابزار Tool
بسته به اندازه‌ی پای کارگران Depend on foot size	بسته به اندازه‌ی پای کارگران Depend on foot size	لاستیک Rubber	کفش Shoe
پروند Parvand			
طول: ۱/۱ متر Length: 1.1 m	1.12	پلاستیک Plastic	پشتی Backrest
قطر: ۸ میلی‌متر، طول: ۱/۸ متر Diameter: 8 mm, length: 1.8 m	0.58	فولاد Steel	بکسل Towing wire
هارنس Harness			
پهنای بندها: ۴/۵ سانتی‌متر Width of ropes: 4.5 cm	1.35	پلاستیک Plastic	بندهای هارنس Ropes of harness
قطر: ۸ میلی‌متر، طول: ۲/۲ متر Diameter: 8 mm, length: 2.2 m	0.71	فولاد Steel	بکسل متصل به هارنس Towing wire



شکل (۲) قسمت‌های مختلف بدن برای تعیین میزان درد و ناراحتی  
Figure (2) Body segments to determine body discomfort

برای برآورد استرین گرمایی، شاخص استرین فیزیولوژیکی (PSI) ناشی از گرما طبق رابطه (۳) به کار گرفته شد (۳۵). در این رابطه، دما و ضربان قلب به ترتیب بر حسب درجه سلسیوس و ضربه بر دقیقه مورد استفاده قرار می‌گیرد:

(۳)

$$PSI = 5 \times \frac{(T - T_0)}{(39.5 - T_0)} + 5 \times \frac{(HR - HR_0)}{(180 - HR_0)}$$

که در آن PSI (بدون بعد)، T، T<sub>0</sub>، HR و HR<sub>0</sub> به ترتیب شاخص استرین فیزیولوژیکی، دمای دهانی در حالت کار، دمای دهانی در حالت استراحت، ضربان قلب در حالت کار و ضربان قلب در حالت استراحت می‌باشد. دمای دهانی با استفاده از دماسنج دیجیتالی زیکلوسمد<sup>۲</sup> مدل BL-T900 ساخت کشور چین (Shenzhen Bliss Technology Co Ltd, China) اندازه‌گیری شد.

برای ارزیابی‌های شناختی، ابتدا شاخص استرین ادراکی برآورد شد که با استفاده از میزان احساس گرمایی و میزان شدت فعالیت اعمال شده ادراکی و طبق رابطه (۴) به دست آمد:

ضربان قلب در حالت استراحت و در حالت کار با استفاده از ضربان‌سنج بیورر مدل (Beurer™, Germany) PM45 اندازه‌گیری شد. این دستگاه شامل دو قطعه است. میزان ضربان به صورت سیگنال از قطعه‌ای که دور سینه، بسته می‌شود به نمایشگر ضربان‌سنج (قطعه دوم) که به مچ بسته می‌شود ارسال می‌شود. در نهایت نمایشگر، ضربان قلب را به صورت تعداد ضربه بر دقیقه نمایش می‌دهد. ابتدا ضربان قلب در حالت استراحت، مورد ملاحظه قرار گرفت که پس از استراحت پنج دقیقه‌ای کارگر در حالت خوابیده به پشت یا تکیه داده، می‌توان آن را اندازه‌گیری کرد (۲۵). ضربان قلب در حالت کار در حین انجام عملیات دسترسی به تاج نخل خرما اندازه‌گیری شد. با استفاده از رابطه (۲) انرژی مصرفی کارگر (بر حسب کیلوژول بر دقیقه) با استفاده از سن (بر حسب سال)، جرم بدن (بر حسب کیلوگرم) و ضربان قلب در حالت کار (بر حسب ضربه بر دقیقه) برآورد شد (۲۶):

$$EE = -55.0969 + 0.6309 \times HR + 0.1988 \times M + 0.2017 \times A \quad (۲)$$

که در آن EE انرژی مصرفی کارگر، M جرم بدن، HR ضربان قلب در حالت کار و A سن کارگر می‌باشد.

1- Physiological Strain Index

2- Zyklusmed

مشخص شود) برای هر عامل بالقوه سقوط، برآورد شد. برای به دست آوردن درجه وقوع حادثه ناشی از هر یک از عوامل بالقوه سقوط، از هر کارگر شرکت کننده در مطالعه خواسته شد تا امکان سقوط از نخل خرما به دلیل عامل بالقوه مورد نظر را با پاسخ بله یا خیر بیان کند. برای هر عامل بالقوه، مجموع پاسخ‌های بله به کل افراد شرکت کننده، میزان (درصد) امکان وقوع حادثه را نشان می‌داد. در مورد درجه شناسایی و درجه شدت حادثه ناشی از هر عامل بالقوه، از مقیاس آنالوگ بصری استفاده شد. بعد از این مراحل، نمره اولویت ریسک ( $RPN^5$ ) با استفاده از رابطه (۵) برای هر عامل بالقوه سقوط بر حسب درصد به دست می‌آید:

$$RPN = O \times S \times D \quad (5)$$

که در آن، O، S و D به ترتیب درجه وقوع، درجه شدت و درجه شناسایی بر حسب درصد می‌باشد (۵). برای هر روش دسترسی به تاج نخل، نمره کلی اولویت ریسک از حاصل جمع اعداد RPN علل بالقوه سقوط به دست آمد. در نهایت چهار عدد RPN برای چهار روش مورد بررسی به دست آمد.

### ارزیابی‌های بیومکانیکی

در هر یک از روش‌های سنتی و مداخله‌ای دسترسی به تاج نخل خرما، نیروی وارد بر دیسک بین مهره‌های L5/S1 کارگر مشخص شد. برای این منظور، نرم‌افزار 3DSSPP نسخه 7.0.6 (University of Michigan, United States) مورد استفاده قرار گرفت. این نرم‌افزار جهت آنالیز حرکات آهسته که در آن‌ها اثر شتاب و مقدار حرکت قابل چشم‌پوشی است مناسب می‌باشد. چنین وظایف کاری را می‌توان با تقسیم فعالیت انجام شده به پوسچرهای استاتیک، مورد ارزیابی قرار داد (۳). روش کار این گونه بود که برای هر کارگر داده‌های قد و جرم در این نرم‌افزار وارد شد. پرتش‌ترین پوسچر برای هر روش، با بازبینی فیلم‌برداری‌های انجام شده، تعیین شد. سپس زوایای اعضای بدن نسبت به یکدیگر و جهت و اندازه نیروهای اعمال شده به کارگر که با استفاده از تصویربرداری از پرتش‌ترین پوسچر به دست آمده بود برای شبیه‌سازی وارد نرم‌افزار شد. اندازه‌گیری زوایا با

$$PeSI = 5 \times \frac{(TS - 7)}{6} + 5 \times \frac{PE}{10} \quad (4)$$

که در آن، PeSI شاخص استرین ادراکی (بدون بُعد)،  $TS^2$  احساس گرمایی (بدون بُعد) و  $PE^3$  میزان شدت فعالیت اعمال شده ادراکی (بدون بُعد) است (۴۷). میزان شاخص احساس گرمایی عددی بین ۷ (راحت) تا ۱۳ (غیرقابل تحمل) است که با استفاده از مقیاس آنالوگ بصری (مشابه روش برآورد میزان درد و ناراحتی بدن) به دست آمد. میزان شدت فعالیت اعمال شده ادراکی که عددی بین صفر (عدم وجود استرین گرمایی) تا ۱۰ (استرین گرمایی شدید) است با استفاده از مقیاس آنالوگ بصری (مشابه روش برآورد میزان درد و ناراحتی بدن) برآورد شد.

در خصوص دومین سنجه از ارزیابی‌های شناختی، از کارگران مربوط به روش‌های مختلف دسترسی به تاج نخل خرما، در مورد شاخص‌های مقبولیت ابزارهای مرسوم و مداخله-ای که شامل ایمنی، سرعت کار، سادگی استفاده، شرایط فنی و ارجحیت برای استفاده است پرسش به عمل آمد. این ارزیابی شناختی به صورت مقایسه دو به دوی ابزارها با یکدیگر برای هر شاخص صورت گرفت. بازخوردهای کیفی کارگران در مطالعه در خصوص مداخلات انجام شده و پیشنهادات آن‌ها به عنوان یکی از ویژگی‌های ارگونومی مشارکتی، جهت بهبود هر چه بیشتر مداخلات در جهت حفظ سلامت و بهبود بهره‌وری سیستم مورد توجه قرار گرفت (۴۵، ۴۹).

### ارزیابی ایمنی

ارزیابی ایمنی در عملیات دسترسی به تاج نخل خرما با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حالت شکست و آثار آن ( $FMEA^4$ ) صورت گرفت. روش FMEA این گونه است که ابتدا ریسک‌های بالقوه و علل آن با استفاده از مطالعات پیشین (جدول ۳) تعیین گردید (۲۰). پس از آن، درجه وقوع، درجه شدت (ارزیابی میزان پیامدها و پتانسیل اثرات یک خطر) و درجه شناسایی (احتمال تشخیص یک خطر قبل از آنکه اثر وقوع آن

- 1 Perception-based heat Strain Index
- 2 Thermal Sensation
- 3 Perceived exertion
- 4 Failure Mode and Effects Analysis



ایمنی ابزار برای هر روش دسترسی به تاج نخل خرما با استفاده از بررسی تنش‌های مکانیکی وارد شده به ابزار به عنوان دومین ارزیابی بیومکانیکی مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، جهت اندازه‌گیری بیشینه تنش وارد بر پروند و هارنس، ابتدا نیروهای وارد بر قسمت‌های مختلف این دو ابزار با استفاده از تحلیل نیروی وارد بر آن‌ها هنگام استفاده کارگر و مشخص کردن سهم هر قسمت از نیروی وارده، به دست آمد. همچنین سطح مقطع هر قسمت از این دو ابزار که این نیرو را باید تحمل کند (کمترین سطح مقطع هر قسمت) مشخص و با استفاده از رابطه (۶) تنش وارد بر هر قسمت از پروند و هارنس محاسبه شد (۵):

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (6)$$

که در این رابطه  $\sigma$ ، تنش وارد بر پروند یا هارنس (بر حسب مگاپاسکال)،  $F$ ، نیروی وارد بر هر قسمت از پروند یا هارنس (بر حسب نیوتون) و  $A$ ، کوچکترین سطح مقطع (بر حسب مترمربع) قسمت مورد نظر از پروند یا هارنس می‌باشد. جهت تعیین ضریب اطمینان هر قسمت، ابتدا با توجه به جنس هر قسمت، تنش مجاز آن مشخص گردید. سپس با استفاده از رابطه (۷) ضریب اطمینان هر قسمت از پروند و هارنس تعیین شد:

$$FoS = \frac{\sigma_{all}}{\sigma} \quad (7)$$

که در آن، FoS ضریب اطمینان هر قسمت و  $\sigma_{all}$ ، تنش مجاز آن قسمت (بر حسب مگاپاسکال) می‌باشد.

### برآورد عملکرد کارگر

عملکرد کارگر شامل مدت زمان صرف شده برای کار بود، به این معنی که برای هر روش دسترسی به تاج نخل خرما، مدت زمان عملیات دسترسی به تاج چه میزان بود. این مدت زمان از لحظه مهیا شدن برای صعود که شامل بستن پروند یا ابزار مداخله‌ای به دور تهِ نخل و کمر کارگر (سوار کردن ابزار) تا رسیدن به فاصله مطلوب نسبت به تاج نخل (بالا رفتن) و پایین آمدن از آن است در نظر گرفته شد. مدت زمان وظایف کاری عملیات دسترسی به تاج نخل خرما با استفاده از زمان سنج اندازه‌گیری شد.

استفاده از زاویه‌سنج آنلاین<sup>۱</sup> انجام شد. در این روش زاویه-سنجی، عکس‌های گرفته شده از کارگران در سایت بارگذاری گردید و زوایا با استفاده از ابزارهای موجود در سایت اندازه‌گیری شد. سپس برای هر کارگر، وضعیت بدنی در عکس‌های گرفته شده در محیط نرم‌افزار 3DSSPP با استفاده از زوایای به دست آمده شبیه‌سازی شد (شکل ۳). با لحاظ کردن این داده‌ها در نرم‌افزار، میزان نیروهای وارد شده بر دیسک بین مهره‌های L5/S1 به دست آمد. پس از مقایسه این نیروها با محدوده‌های مجاز و استاندارد موجود در خصوص نیروی وارد بر دیسک L5/S1، ریسک ابتلا به آسیب‌های کمری مربوط به این دیسک مشخص شد (۳۸).

### جدول (۳) عوامل بالقوه سقوط (۱۸)

Table(3) Potential risks of fall from height (18)

پوسیدگی تنه درخت
Tree trunk rotteness
از دست دادن تعادل به دلیل حمایت و حفاظ نامناسب
Balance losing due to inappropriate guard
پوسیدگی پرونده (یا وسیله صعود)
Parvand (or climbing tool) rotteness
آسیب دیدن توسط خار
Injury by thorn
ترسیدن یا گزیده شدن توسط مار، عقرب یا زنبور
Sting or fear by snake, scorpion, or bee
دید ناکافی هنگام پایین آمدن
Insufficient vision when descending
آسیب دیدن توسط داس، اره یا سایر ابزارهای برنده
Injury by sickle, saw, or other cutting tools
خسته شدن در بالای نخل
Being tired in the top of tree
آسیب دیدن توسط داس، اره یا سایر ابزارهای برنده
Injury by sickle, saw, or other cutting tools
خسته شدن در بالای نخل
Being tired in the top of tree
صاف و صیقل بودن تنه درخت
Evenness of tree trunk surface
حواس پرتی و نداشتن تمرکز
Distraction
گرما
Heat

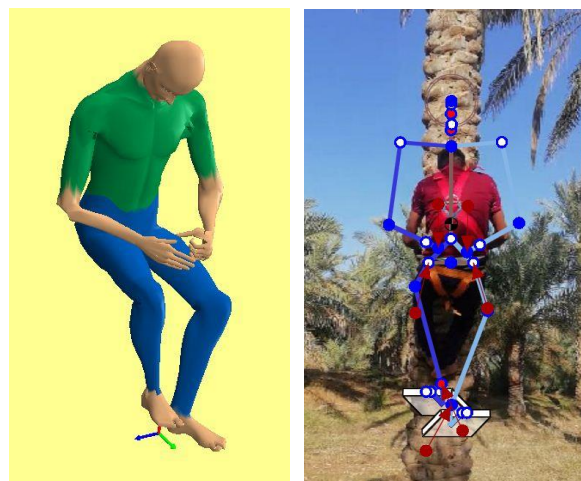
بود. اگر چه چهار نفر از آن‌ها (۴۴ درصد) از لحاظ شاخص توده بدنی در محدوده‌ی وزن معمولی (۱۸/۵ تا ۲۴/۹ کیلوگرم بر متر مربع) قرار داشتند، اما پنج نفر دیگر دارای شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۲۹/۹ و حتی بالای ۳۰ کیلوگرم بر متر مربع بودند که بر اساس طبقه‌بندی‌های صورت گرفته در خصوص شاخص توده بدنی (۴۱) نشان دهنده‌ی وجود اضافه‌وزن و چاقی بین این افراد بود.

تعداد افراد در نظر گرفته شده برای فرآیند مقایسه روش-های دسترسی به تاج نخل خرما که یک مطالعه‌ی آزمایشی به حساب می‌آید نه نفر بود. معمولاً در مطالعات پیمایشی به خصوص در حوزه مورد بحث یعنی سلامت شغلی در کشاورزی، حجم نمونه (تعداد تکرار) بالاتری نسبت به مطالعه حاضر برای بررسی صفات در نظر گرفته می‌شود (۳۳، ۴۴).

جدول (۴) مشخصات فردی کارگران (تعداد: ۹ نفر)

Table (4) Personal feature of workers (No.: 9)

مشخصه Feature	میانگین (انحراف معیار) Mean (SD)
سن (سال) Age (year)	33.1 (6.9)
قد (متر) Height (m)	1.71 (0.03)
جرم (کیلوگرم) Mass (kg)	74.0 (9.4)
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع) Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	25.3 (3.3)
ضربان قلب در حالت استراحت (ضربه بر دقیقه) Resting heart rate (beat/min)	75.0 (13.2)
دمای دهانی در حالت استراحت (درجه سلسیوس) Resting oral temperature (°C)	23.5 (1.2)
تعداد (درصد) No. (%)	
وضعیت تأهل (متأهل) Marital status (married)	8 (88.9)
مصرف دخانیات (بله) Smoking (yes)	5 (55.6)
سطح تحصیلات (پایین‌تر از دیپلم) Educational level (lower diploma)	5 (55.6)
دست‌برتری (راست‌دست) Handedness (right handed)	7 (77.8)



شکل (۳) شبیه‌سازی در نرم‌افزار 3DSSPP (سمت راست: نمایشی از پشت سر؛ سمت چپ: آدمک شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار) Figure (3) simulation in 3DSSPP software (right: back of worker; left: manikin simulated in software)

### تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل‌های آماری مورد نیاز با استفاده نرم افزار IBM Corporation, ) IBM SPSS Statistics 24 (USA) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ صورت گرفت. مقایسات میانگین در مورد داده‌های کمی با استفاده از آزمون دانکن انجام شد و در مواردی که فرض برابری واریانس‌ها در آزمون لُون<sup>۱</sup> برقرار نبود از آماره تامهانس تی<sup>۲</sup> دو<sup>۲</sup> استفاده شد. مقایسات میانگین در خصوص داده‌های کیفی با استفاده از آزمون کروسکال-والیس<sup>۳</sup> صورت گرفت. بررسی همخوانی‌های مورد نظر با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن انجام شد.

### نتایج و بحث

#### کارگران مورد مطالعه

برخی از مشخصات فردی کارگران در جدول (۴) نشان داده شده است. متوسط سن کارگران شرکت‌کننده در فرآیند مقایسه روش‌های مرسوم و مداخله‌ای ۳۳/۱ سال بود که بر اساس طبقه‌بندی‌های صورت گرفته در خصوص سن (۴۰) در محدوده‌ی سنی بزرگسال (۱۹ تا ۵۹ سال) قرار داشتند. شاخص توده‌ی بدنی برای کارگران مذکور ۲۵/۳ کیلوگرم بر متر مربع

1- Levene  
2- Tamhane's T2  
3- Kruskal-Wallis

دهند میزان بار حمل شده می‌تواند باعث افزایش مصرف انرژی و ضربان قلب شود (۲۴، ۴۲). در مطالعه حاضر، اختلاف جرم ابزار صعود در روش‌های مختلف ناچیز بود و همین مسئله می‌تواند عدم وجود اختلاف معنادار بین روش‌های مختلف از نظر فشارهای فیزیولوژیکی را توجیه کند. کاهش مصرف انرژی و فشارهای فیزیولوژیکی اغلب در مورد مطالعات و مداخلات ارگونومی صورت گرفته روی فعالیت‌هایی که با حمل بار قابل توجه همراه هستند مطرح می‌شود و به کارگیری مداخله در این مطالعات بیشتر برای کاهش فشارهای فیزیکی و فیزیولوژیکی از طریق تغییر وضعیت‌های بدنی یا تغییرات کلی و جزئی در ابزار کار می‌باشد (۱۱). اگر چه در مطالعه حاضر، تحلیل وضعیت بدنی صورت نگرفت اما مشاهدات نشان می‌داد تغییر چندان در وضعیت بدنی کاری ایجاد نشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد تغییر در انرژی مصرفی ارتباط زیادی با تغییر در وضعیت بدنی کاری دارد (۱۰). این مهم نیز می‌تواند عدم تغییر معنادار در مشخصه‌های فیزیولوژیکی کارگران در روش‌های مرسوم و مداخله‌ای را توجیه کند.

### ارزیابی‌های شناختی

احساس گرمایی، شدت فعالیت اعمال شده ادراکی و شاخص استرین ادراکی در مقایسه‌ی آماری هر چهار روش دسترسی به تاج نخل خرما معنادار نشد (جدول ۷). این مهم نشان می‌دهد که ابزارهای مداخله‌ای، تلقی کارگران در خصوص شاخص‌های شناختی ذکر شده را به طور معنی‌داری تغییر نداده است. مطالعات روی لباس آتش‌نشانان نشان داد پوشیدن تجهیزات محافظت شخصی می‌تواند به طور کلی روی فشارهای گرمایی تأثیر بگذارد (۷). به صورت مشاهده‌ای نیز مشخص بود که تفاوت چندان بین چهار روش صعود از نخل به لحاظ پوشش سطح بدن وجود ندارد، بنابراین عدم تفاوت معنی‌دار شاخص‌های مذکور، می‌تواند تا حدودی متوجه این امر باشد. شاخص استرین ادراکی به دست آمده برای هر چهار روش پایین‌تر از یکی از مطالعات پیشین در شرایط آزمایشگاهی و حرکت روی تردمیل بود که در آن، میزان این شاخص بین ۶/۴ تا ۶/۹۴ به دست آمده بود (۴۲).

اما در مطالعات آزمایشی به خصوص مطالعاتی که در آن‌ها مقایسه بین روش‌ها، ابزارها، عملیات و مواردی از این دست انجام می‌شود، تعداد تکرار به مراتب کمتر است. در این مطالعات، تعداد تکرار (افراد شرکت‌کننده) برای جمع‌آوری داده از صفت یا تیمار مورد نظر به چهار، سه و حتی یک نفر هم می‌رسد. به عنوان نمونه در مورد مقایسه ارگونومیکی عملیات مختلف تولید برنج در مالزی تعداد افراد شرکت‌کننده در هر عملیات (تعداد تکرار هر تیمار) دو نفر بوده است (۳۹). همچنین در مقایسه سه روش شیر دوشی در کره جنوبی برای یکی از روش‌ها دو نفر (دو تکرار) و برای هر یک از دو روش دیگر تنها از یک نفر (یک تکرار) استفاده شد (۲۳). در مطالعه حاضر، تعداد نه نفر کارگر، به عنوان نه تکرار برای هر روش دسترسی به تاج نخل خرما در نظر گرفته شد.

### ارزیابی‌های فیزیکی

همانطور که نتایج آزمون کروسکال-والیس در خصوص میزان درد و ناراحتی اعضای بدن نشان می‌دهد، با تغییر روش دسترسی به تاج نخل خرما از مرسوم به روش‌های مداخله‌ای میزان بدن درد در هیچ یک از اعضای بدن به طور معناداری کاهش پیدا نکرد (جدول ۵). با این وجود، میزان درد در ناحیه کمر به عنوان یکی از چالش‌های ارگونومیکی کارگران بالارونده از نخل خرما در روش سنتی، پایین آمده بود (۲۷). پخش شدن نیروی وارد بر کمر توسط بندهای هارنس در نواحی مختلف کمر و پشت کارگر به جای تمرکز نیرو در ناحیه‌ای محدود از کمر کارگر در پروند می‌تواند این کاهش هرچند معنی‌دار نشده را توجیه کند. این در حالی است که کارگران در قسمت باسن تا بالای زانو، درد و ناراحتی بالاتری در زمان استفاده از هارنس احساس می‌کردند. پوشیدن کفش توانست درد در ناحیه پا را تقلیل دهد، اگر چه این کاهش معنی‌دار نشد (کای-دو: ۵/۲۱۲؛ معنی‌داری: ۰/۱۵۷).

در مورد هر چهار شاخص دمای دهانی در حالت کار، ضربان قلب در حالت کار، انرژی مصرفی و شاخص استرین فیزیولوژیکی، تفاوت معناداری بین روش‌های مختلف دسترسی به تاج نخل خرما وجود نداشت (جدول ۶). مطالعات نشان می‌-

حیاتی و همکاران: بررسی برخی مداخلات ارگونومیکی در...

جدول (۵) میانگین و انحراف معیار میزان درد و ناراحتی بدن کارگران در روش‌های مختلف دسترسی به تاج نخل خرما (بدون بُعد)  
Table (5) Mean and SD of body discomfort in date palm crown access methods (no-dimension)

آزمون کروسکال-والیس* Kruskal-Wallis H test	روش‌های دسترسی به تاج نخل خرما Date palm crown access methods				عضو بدن Body segment
	هارنس و کفش Harness+rubber shoes	هارنس Harness	پروند و کفش Parvand+rubber shoes	مرسوم Traditional	
Chi <sup>2</sup> = 0.017 <sup>ns</sup>	1.4 (1.1)	1.4 (1.1)	1.7 (1.6)	1.7 (1.6)	گردن Neck
Chi <sup>2</sup> = 0.066 <sup>ns</sup>	2.5 (1.8)	2.5 (1.8)	2.5 (1.8)	2.5 (1.8)	شانه Shoulder
Chi <sup>2</sup> = 0.005 <sup>ns</sup>	3.4 (2.4)	3.3 (2.4)	3.5 (2.5)	3.5 (2.5)	دست (بازو تا بالای مچ) Arm
Chi <sup>2</sup> = 0.007 <sup>ns</sup>	3.5 (2.4)	3.5 (2.4)	3.8 (2.4)	3.3 (2.4)	دست (مچ به پایین) Hand
Chi <sup>2</sup> = 4.010 <sup>ns</sup>	3.5 (2.5)	3.1 (2.5)	4.9 (3.3)	4.9 (3.3)	کمر Back
Chi <sup>2</sup> = 0.017 <sup>ns</sup>	4.2 (1.7)	4.9 (2.7)	4.1 (2.7)	4.1 (2.7)	باسن تا بالای زانو Thigh
Chi <sup>2</sup> = 0.004 <sup>ns</sup>	3.3 (2.7)	3.3 (2.7)	3.4 (2.6)	3.4 (2.6)	زانو Knee
Chi <sup>2</sup> = 0.038 <sup>ns</sup>	3.1 (2.4)	3.1 (2.4)	3.3 (2.6)	3.3 (2.6)	ساق پا Calf
Chi <sup>2</sup> = 5.212 <sup>ns</sup>	3.3 (2.7)	5.9 (3.7)	3.6 (2.7)	6.1 (3.5)	پا (مچ به پایین) Foot

\*آزمون‌های کروسکال-والیس معنی‌دار نشد، بنابراین مقایسات میانگین صورت نگرفت. <sup>ns</sup> عدم معنی‌داری در سطح معنی‌داری ۰/۰۵.

\*Kruskal-Wallis H tests were not significant, therefore mean comparisons were not done. <sup>ns</sup> Non-significance at level of 0.05.

جدول (۶) دمای دهانی در حالت کار (درجه سلسیوس)، ضربان قلب در حالت کار (ضربه بر دقیقه)، انرژی مصرفی کارگر (کیلوژول بر دقیقه) و شاخص استرین فیزیولوژیکی (بدون بُعد) در روش‌های مختلف دسترسی به تاج نخل خرما (میانگین (انحراف معیار))  
**Table (6) Working oral temperature (°C), working heart rate (beat/min), worker energy expenditure (kj/min), and physiological strain index (no-dimension) in date palm crown access methods, (mean (SD))**

آنالیز واریانس یک طرفه* ANOVA*	روش‌های دسترسی به تاج نخل خرما Date palm crown access methods				شاخص‌ها Indices
	هارنس و کفش Harness+rubber shoes	هارنس Harness	پروند و کفش Parvand+rubber shoes	مرسوم Traditional	
F=0.199 <sup>ns</sup>	33.9 (1.2)	34.1 (1.3)	34.3 (1.4)	34.4 (1.4)	دمای دهانی در حالت کار Working oral temperature
F=0.174 <sup>ns</sup>	133.7 (8.6)	133.3 (7.8)	133.6 (11.7)	131.0 (7.6)	ضربان قلب در حالت کار Working heart rate
F=0.190 <sup>ns</sup>	50.6 (4.7)	50.3 (4.5)	50.6 (7.7)	48.9 (4.2)	انرژی مصرفی کارگر Worker energy expenditure
F=0.207 <sup>ns</sup>	3.1 (0.7)	3.3 (0.8)	3.4 (1.0)	3.6 (0.9)	شاخص استرین فیزیولوژیکی Physiological strain index

\*آزمون آنالیز واریانس یک طرفه معنی دار نشد، بنابراین مقایسات میانگین صورت نگرفت. برای هر چهار مقایسه صورت گرفته، درجه آزادی (۳۲، ۳) بود.<sup>ns</sup>  
 عدم معنی داری در سطح معنی داری ۰/۰۵.

\*ANOVAs were not significant, therefore mean comparisons were not done. Degree of freedom was (3, 32) for each ANOVA. <sup>ns</sup> Non-significance at level of 0.05.

جدول (۷) میانگین و انحراف معیار شاخص احساس گرمایی، شدت فعالیت اعمال شده ادراکی و شاخص استرین ادراکی  
 روش‌های مختلف دسترسی به تاج نخل خرما (هر سه متغیر بدون بُعد هستند)

**Table (7) Mean and SD of thermal sensation, perceived exertion, and perception-based heat strain index in date palm crown access methods (all are no-dimension)**

شاخص استرین ادراکی Perception-based heat strain index	شدت فعالیت اعمال شده ادراکی Perceived exertion	احساس گرمایی Thermal sensation	روش‌ها Methods
5.1 (1.8)	5.6 (2.8)	9.8 (1.4)	مرسوم Traditional
5.1 (2.1)	5.2 (3.0)	10.0 (1.4)	پروند و کفش Parvand+rubber shoes
4.4 (1.6)	5.0 (1.9)	9.3 (1.9)	هارنس Harness
4.6 (1.3)	4.9 (2.2)	9.7 (1.8)	هارنس و کفش Harness+rubber shoes
آنالیز واریانس یک طرفه* ANOVA*	آزمون کروسکال-والیس* Kruskal-Wallis H tests*	معنی داری Significance	
F=0.362 <sup>ns</sup> Degree of freedom: (3, 32)	Chi <sup>2</sup> = 0.756 <sup>ns</sup> Degree of freedom: 3	Chi <sup>2</sup> = 0.756 <sup>ns</sup> Degree of freedom: 3	

\*آزمون‌های کروسکال-والیس و آنالیز واریانس یک طرفه معنی دار نشد. بنابراین مقایسات میانگین صورت نگرفت.

\* Kruskal-Wallis H tests and ANOVA were not significant, therefore mean comparisons were not done.

رُجحان دادن هر روش نسبت به روش دیگر توسط کارگر بیشتر با کدامیک از مشخصه‌های مقبولیت همبستگی دارد. نتیجه بررسی همخوانی نشان داد که ایمنی (ضریب هم خوانی:  $0/770$ ؛ آلفا:  $0/001$ ) و سرعت کار (ضریب هم خوانی:  $0/668$ ؛ آلفا:  $0/001$ ) مهم‌ترین ملاک‌ها در ارتباط با ارجحیت روش‌ها نسبت به هم بود (جدول ۹). بنابراین جا دارد ایمنی و سرعت کار به عنوان دو عامل مهم در جلب نظر کاربران ابزارهای مداخله‌ای بیش از پیش مورد مطالعه و بهبود قرار گیرد.

بازخوردهای کیفی کارگران برای بهبودهای آینده مداخلات نشان می‌دهد پهن‌تر بودن بندهای هارنس دارای بالاترین فراوانی بود (جدول ۱۰). این احتمال وجود دارد که کمتر بودن مقبولیت سادگی هارنس در مقایسه با پروند (جدول ۸) با پیشنهاد کارگران برای فراهم شدن شرایط پوشیدن آسان‌تر هارنس بی-ارتباط نباشد. بالاتر بودن درد و ناراحتی در ناحیه باسن تا بالای زانو می‌تواند دلیلی بر پیشنهاد کارگران مبنی بر پهن‌تر بودن و نرم‌تر بودن بندهای هارنس یا یکپارچه بودن هارنس از لگن تا بالای ران باشد.

### ارزیابی ایمنی

جدول (۱۱) نشان می‌دهد که نمره اولویت ریسک برای روش مرسوم، پروند و کفش، هارنس و هارنس و کفش به ترتیب  $1/3$ ،  $1/3$ ،  $1/1$  و  $1/1$  به دست آمد. چنانچه در این جدول ملاحظه می‌شود، به کارگیری هارنس در مداخلات ارگونومیکی دسترسی به تاج نخل خرما توانست نمره کلی اولویت ریسک را تقلیل دهد، اگر چه این کاهش معنادار نشد (معنی‌داری:  $0/518$ ). همانطور که پیش از این اشاره شده بود، در ابزار مداخله‌ای هارنس، سیم بکسل به وسیله قلاب‌هایی به هارنس متصل می‌شد، در حالی که در پروند تنها با یک قطعه چوبی به پشتی متصل می‌شد. قطعاً به لحاظ علمی، ایمنی اتصال به وسیله قلاب که بکسل حلقه شده را کاملاً ننگه می‌دارد از قطعه چوبی نگهدارنده در پروند بالاتر است. این احتمال وجود دارد که اگر کارگران در مطالعات آینده در بازه‌ی زمانی طولانی‌تری با هارنس کار کنند به تدریج بی به این مهم برده و درجه وقوع و درجه شدت پایین‌تری را برای علل بالقوه ریسک در استفاده از هارنس گزارش دهند.

مقبولیت روش هارنس و کفش و هارنس به لحاظ ایمنی از روش‌هایی که در آن‌ها از پروند استفاده می‌شد، وضعیت بهتری داشت (جدول ۸). همچنین استفاده از کفش، مقبولیت به لحاظ ایمنی را بهبود داد. بنابراین به کارگیری کفش و هارنس توانست تا حدودی کارگران را به لحاظ روانی نسبت به ایمنی مداخلات ارگونومی اقتناع کند. در مداخله‌ای که روی بیل دستی در کشور گامبیا انجام شد ۵۲ درصد از افراد بیل بهسازی شده را ایمن‌تر از بیل سنتی تشخیص دادند (۴۹). با وجود اینکه مداخلات باعث بهبود وضعیت روانی به لحاظ ایمنی شد، اما از نظر سرعت کار نتوانست موفقیت لازم را کسب کند. مطالعات ارگونومیکی پیشین نیز نشان داد که بهسازی سطل جمع‌آوری میوه نتوانست سرعت کار را در ذهن کارگران برداشت دستی سیب درختی نسبت به سطل مرسوم بهبود ببخشد (۶). تلفی کارگران از سادگی کار با هارنس در مقایسه با پروند، نتیجه مطلوبی در بر نداشت. پروند با کفش در مقایسه با پروند بدون کفش و هارنس با کفش در مقایسه با هارنس بدون کفش، مطابق جدول ۸، نشان می‌دهد که استفاده از کفش در کنار پروند و هارنس توانسته مقبولیت روش را نسبت به زمانی که از کفش استفاده نمی‌شود تا حدودی بهبود بخشد. ارجحیت، ماهیتی بسیار مهم و در عین حال پیچیده دارد که ممکن است متأثر از عوامل متعددی بوده و همیشه ارتباط مستقیمی با عملکرد مطلوب یا حفظ سلامتی نیروی کار نداشته باشد (۹). این که در مطالعه حاضر نیز، روش‌های هارنس و هارنس و کفش با وجود کسب امتیاز پایین از نظر فنی و سرعت کار، ارجحیت بالاتری بین شرکت‌کنندگان کسب کرد در همین راستا قابل ارزیابی است. در مجموع می‌توان گفت مسائل شناختی، پیچیدگی‌های منحصربه‌فردی دارد و همین امر، ارتباط خروجی-های ارزیابی‌های شناختی در خصوص ابزارهای مورد بررسی را به خصیصه‌های فیزیکی آن‌ها، مشکل می‌سازد. مقبولیت کلی روش پروند و کفش نسبت به بقیه روش‌ها بالاتر بود (جدول ۸). روش‌های مداخله‌ای شامل هارنس نتوانست بالاترین مقبولیت را به دست آورد. بنابراین باید با لحاظ کردن نظرات کاربران در بهسازی‌های آینده، برای بهبود هارنس تلاش کرد.

با بررسی رابطه بین شاخص‌های مقبولیت از لحاظ ایمنی، سرعت کار، سادگی و قابلیت فنی با ارجحیت مشخص شد که

جدول (۸) امتیازهای مقبولیت روش‌های مختلف دسترسی به تاج نخل خرما به لحاظ ایمنی، سرعت کار، سادگی استفاده، قابلیت فنی و ارجحیت (بدون بُعد)

Table (8) Scores of safety, work speed, ease of use, technical capability, and preference in date palm crown access methods (all are no-dimension)

روش‌ها Methods				شاخص‌های مقبولیت Indices of acceptance
هارنس و کفش Harness+rubber shoes	هارنس Harness	پروند و کفش Parvand+rubber shoes	مرسوم Traditional	
17	12	6	2	ایمنی Safety
8	6	13	10	سرعت کار Work speed
3	3	16	17	سادگی استفاده Ease of use
4	2	16	14	قابلیت فنی Technical capability
14	10	7	6	ارجحیت Preference
46	33	58	49	امتیاز مقبولیت از بُعد روانی Cognitive-based acceptance score

جدول (۹) همخوانی بین ایمنی، سرعت کار، سادگی استفاده و قابلیت فنی با امتیاز ارجحیت

Table (9) Correlation between safety, work speed, ease of use, and technical capability and preference

قابلیت فنی technical capability	سادگی استفاده ease of use	سرعت کار work speed	ایمنی Safety	ارجحیت Preference
-0.027	-0.168	0.668**	0.770**	
0.848	0.223	<0.001	<0.001	

در هر ستون، عدد بالایی و پایینی به ترتیب مقدار ضریب همبستگی اسپیرمن و معنی‌داری ضریب است. همخوانی معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ با \*\* و اعداد برجسته نشان‌دهنده شده‌است.

In each cell, upper and lower values are correlation coefficient (r) and significance level (p) respectively. Significant correlations at level of 0.01 are shown with \*\*.

## ارزیابی‌های بیومکانیکی

فشار وارد بر دیسک L5/S1 بود. وضعیت ریسک آسیب‌های ناحیه کمر با توجه به نیروهای فشاری وارد بر دیسک L5/S1 در مورد کارگران مطالعه حاضر نسبت به کارگران حمل بار در کارخانه‌های سیمان، نوشابه، فرآورده‌های لبنی، روغن نباتی، لاستیک‌سازی، کاشی‌سازی و لعاب (۲) بهتر بود. با این وجود، استفاده از پروند نسبت به مطالعه مذکور که در آن نیروی برشی بالای ۵۰۰ نیوتون (ریسک بالا) تنها برای ۱۰/۸ درصد از افراد گزارش شد، ریسک بالاتری را با خود به همراه داشت.

محل‌های در نظر گرفته شده برای پیدا کردن نقاط بحرانی پروند و هارنس و نتایج بررسی تنش متحمل شده در این نقاط بحرانی به ترتیب در شکل (۴) و جدول (۱۳) نشان داده شده

همانطور که ملاحظه می‌شود، روش‌هایی که در آن‌ها از هارنس استفاده شد به طور معناداری از روش‌های به کار رفته به کمک پروند نیروی فشاری بالاتری بر دیسک بین مهره‌ای مورد نظر وارد می‌کرد (جدول ۱۲). استفاده از هارنس باعث شد تمامی نیروهای برشی وارد بر دیسک L5/S1 کمتر از ۵۰۰ نیوتون (ریسک پایین) باشد و از این لحاظ نسبت به پروند که در آن تمامی نیروهای برشی وارد بر دیسک مورد نظر بالای ۵۰۰ نیوتون (ریسک بالا) بود برتری داشت (جدول ۱۲). می‌توان در مطالعات آتی با پهن‌تر کردن بندهای هارنس با توجه به بازخوردهای کارگران (جدول ۱۰)، شاهد کمتر شدن

۱۴). چهار روش مورد بررسی به لحاظ مدت زمان کل (سوار کردن ابزار، بالا رفتن و پایین آمدن) که به عنوان سرعت کار در نظر گرفته شد، اختلاف معناداری با یکدیگر نداشت (آلفا: ۰/۹۴۷). در مطالعه‌ای در کشور هند، مدت زمان انجام عملیات دانه کردن ۵۰ کیلوگرم بلال ذرت در روش پدالی که به عنوان روش مداخله‌ای معرفی شده بود، ۱۰/۶ دقیقه به طول انجامید و توانست این کمیت را حدود ۴۰ درصد نسبت به روش دستی که به عنوان روش مرسوم مورد مطالعه قرار گرفته بود بهبود دهد (۴۵). عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین عملکرد ابزارهای مرسوم و مداخله‌ای در مطالعه حاضر، می‌تواند به این دلیل باشد که برخلاف مطالعه اشاره شده (۴۵)، اصلاحات و بهسازی‌های ابزار مرسوم صعود از نخل خرما، به گونه‌ای که در ساختار فیزیکی ابزار تغییر قابل توجه و در ادامه از لحاظ عملکردی تفاوت قابل ملاحظه‌ای را رقم بزند، نبوده است. در مطالعات دیگری نیز سابقه این گونه مداخلات به طوری که ساختار فیزیکی ابزار چندان دچار دگرگونی نشود وجود دارد (۸، ۴۹).

جدول (۱۱) میانگین و انحراف معیار نمره کلی اولویت ریسک برای روش‌های مختلف دسترسی به تاج نخل خرما (بدون بُعد)  
Table (11) Mean and SD of risk priority number in date palm crown access methods (no-dimensional)

نمره اولویت ریسک Risk Priority Number (RPN)	روش‌های دسترسی به تاج نخل خرما Date palm crown access methods
1.3 (0.4)	مرسوم Traditional
1.3 (0.4)	پروند و کفش Parvand+rubber shoes
1.1 (0.3)	هارنس Harness
1.1 (0.3)	هارنس و کفش Harness+rubber shoes
F= 0.772 <sup>ns</sup> Degree of freedom: (3, 32)	
ANOVA*	
*آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه معنی‌دار نشد. بنابراین مقایسات میانگین صورت نگرفت.	

\*ANOVA was not significant, therefore mean comparison was not done.

است. در بررسی تنش‌های مکانیکی، ضریب اطمینان برای فردی با جرم ۱۲۰ کیلوگرم محاسبه شد. حداقل ضریب اطمینان برای این فرد در استفاده از پروند ۱/۲۱ بود که مربوط به طناب پلاستیکی می‌باشد. بنابراین نقطه بحرانی پروند مربوط به طناب پلاستیکی بود. در استفاده از هارنس، حداقل ضریب اطمینان برای فرد مورد نظر ۳/۵۳ بود که مربوط به بند هارنس (به عنوان نقطه بحرانی هارنس) می‌شد. در مجموع می‌توان گفت هارنس به لحاظ تنش‌های مکانیکی دارای ضریب اطمینان بالاتری است و از این نظر برتر است. ضریب ایمنی در استانداردهای کار در ارتفاع نباید از ۲/۴ کمتر باشد (۲۹). این در حالی است که نتایج مطالعه حاضر نشان داد تنها هارنس می‌تواند این استاندارد را پوشش دهد و پروند به لحاظ ایمنی کار در ارتفاع، حائز حداقل‌های استاندارد نمی‌باشد.

### ارزیابی عملکردی

در ارزیابی عملکردی روش‌های مرسوم و مداخله‌ای مشخص شد در تمام روش‌ها، مدت زمان سوار کردن وسیله از دو وظیفه کاری دیگر به طور معناداری پایین‌تر است (جدول

جدول (۱۰) بازخوردهای کیفی کارگران برای در نظر گرفتن در بهبودهای آتی مداخلات

Table (10) Workers' qualitative feedbacks to be considered in future amendments of interventions

فراوانی (درصد) Frequency (%)	بازخوردها Feedbacks
3 (33)	بندهای هارنس پهن‌تر باشد Harness ropes should be wider
2 (22)	محل اتصال بکسل به هارنس کمی بالاتر باشد (از لگن به کمر) Towing wire-harness joint should be upper (from pelvis toward waist)
2 (22)	بندهای هارنس نرم‌تر باشند (خصوصاً دور ران‌ها) Harness ropes should be softer (especially around the thighs)
1 (11)	هارنس از لگن تا بالای ران به صورت یکپارچه باشد Harness should be integrated (i.e. without rope, like a short) from pelvis to thighs
1 (11)	آسان‌تر باشد Rope buckle should be used so that harness is more easily-and fast worn





شکل (۴) محل‌های در نظر گرفته شده برای پیدا کردن نقطه بحرانی در پروند (بالا) و هارنس (پایین)

Figure (4) Considered points to find bio-mechanical stress based critical point for Parvand (up) and harness (down)

جدول (۱۲) نیروهای فشاری و برشی وارد بر دیسک L5/S1 در روش‌های مختلف دسترسی به تاج نخل خرما (مقادیر نیروها بر حسب نیوتون می‌باشد)

Table (12) Compression and shear forces on L5/S1 disc in date palm crown access methods (N)

روش‌ها	فراوانی ریسک ابتلا به آسیب، تعداد (درصد)	میانگین (انحراف معیار)	آنالیز واریانس یک طرفه
Methods	Frequency of injury risk exposure, No. (%)	Mean (SD)	ANOVA
Compression forces*			
	>6400 (high risk)	3400-6400 (medium risk)	<3400 (low risk)
مرسوم	0 (0)	975.2 <sup>a</sup> (131.1)	F= 3.622 Degree of freedom: (3, 32) Sig.: 0.023
Traditional	0 (0)	964.0 <sup>a</sup> (124.3)	
پروند و کفش	0 (0)	1114.0 <sup>b</sup> (130.1)	
Parvand+rubber shoes	0 (0)	1114.9 <sup>b</sup> (141.9)	
هارنس	0 (0)	1114.0 <sup>b</sup> (130.1)	F= 117.095 Degree of freedom: (3, 32) Sig.: <0.001
Harness	0 (0)	1114.9 <sup>b</sup> (141.9)	
هارنس و کفش	0 (0)	246.4 <sup>a</sup> (28.7)	
Harness+rubber shoes	0 (0)	145.1 <sup>a</sup> (31.2)	
Shear forces**			
	>500 (high risk)	≤500 (low risk)	
مرسوم	9 (100)	1120.9 <sup>b</sup> (195.2)	F= 117.095 Degree of freedom: (3, 32) Sig.: <0.001
Traditional	9 (100)	1119.6 <sup>b</sup> (196.2)	
پروند و کفش	9 (100)	246.4 <sup>a</sup> (28.7)	
Parvand+rubber shoes	9 (100)	145.1 <sup>a</sup> (31.2)	
هارنس	0 (0)	1120.9 <sup>b</sup> (195.2)	F= 117.095 Degree of freedom: (3, 32) Sig.: <0.001
Harness	0 (0)	1119.6 <sup>b</sup> (196.2)	
هارنس و کفش	0 (0)	246.4 <sup>a</sup> (28.7)	
Harness+rubber shoes	0 (0)	145.1 <sup>a</sup> (31.2)	

\* مقادیر با علامت‌های یکسان تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ با یکدیگر نداشتند.

\*\* به دلیل اینکه مقدار آلفای به دست آمده برای آماره لاون (۶/۱۸۰) کمتر از ۰/۰۵ بود (آلفا: ۰/۰۰۲)، بنابراین فرض برابری واریانس‌ها برقرار نبود و از آزمون تامهانس تی دو در سطح معنی داری ۰/۰۵ برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. مقادیر با علامت‌های یکسان تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ با یکدیگر نداشتند.

\* Values with the same letters were not different at significance level of 0.05.

\*\* Value of Levene statistic was 6.180. As its p-value was 0.002 and lower than 0.05, assumption of variances' equality was not established. Therefore Tamhane's T2 test was used at significance level of 0.05. Values with the same letters were not different at significance level of 0.05.

جدول (۱۳) تنش‌های مکانیکی وارد بر پرونده و هارنس  
Table(13) Mechanical stresses on Parvand and harness

ضریب اطمینان برای کارگری با جرم ۱۲۰ کیلوگرم	ضریب اطمینان (تنش) مجاز بر تنش محاسبه شده)	تشنس وارد شده بر حجم کارگر (M) (مگاپاسکال)	وزن وارده بر حسب وزن کارگر (W=10M)	منابع ذکر کننده تنش	تنش مجاز (نصف تنش تسلیم) (مگاپاسکال)	تنش تسلیم (مگاپاسکال) Yield stress (MPa)	سطح مقطع (میلی- مترمربع) Cross- sectional area (mm <sup>2</sup> )	جنس Material	قسمت‌های بحرانی مورد بررسی Considered points to find bio- mechanical stresses based critical point	ابزار صعود Climbing tool
Factor of safety for a worker with 120 kg mass	Factor of safety (allowable stress divided by calculated stress)	Stress based on worker's mass (MPa)	Force based on worker's weight (W=10M)	References	Allowable stress (MPa)	Yield stress (MPa)	Cross-sectional area (mm <sup>2</sup> )	Material	Considered points to find bio-mechanical stresses based critical point	Climbing tool
12.56	1507/M	0.099520M	W/2	(2)	125	250	50.27 <sup>C</sup>	فولاد Steel	سیم بکسل Towing wire	
43.28	5258/M	0.00275M	W/4	(52)	12.05	24.1	900 <sup>R</sup>	پلی اتیلن با جرم مولکولی بسیار زیاد* UHMWPE*	قسمت انتهایی پستی (باریک‌ترین قسمت پستی)	
21.91	2629/M	0.0055M	W							
1.21	145/M	0.099520M	W/2	(52)	12.05	24.1	50.27 <sup>C</sup>	پلی اتیلن با جرم مولکولی بسیار زیاد UHMWPE	پلی اتیلن با جرم مولکولی بسیار زیاد UHMWPE	پرونده Parvand
42.62	4994/M	0.0071M	W/2	(43)	29.55	59.1	706.86 <sup>C</sup>	چوب Wood	طاب پلاستیکی Plastic rope	
14.1	1689/M	0.021M	W						نگهدارنده‌ی چوبی Wooden holder	
23.58	2830/M	0.053M	W/2	(2)	125	250	95.03 <sup>C</sup>	فولاد Steel	قلاب Carabiner	
7.6	847/M	0.0185M	W/4	(46)	13.041	26.082	135 <sup>R</sup>	فیلامنت Filament	بند هارنس Harness rope	هارنس Harness
3.53	423/M	0.037M	W							
12.56	1507/M	0.099520M	W/2	(2)	125	250	50.27 <sup>C</sup>	فولاد Steel	سیم بکسل Towing wire	

\*Ultra High Molecular Weight Polyethylene. <sup>C</sup> Circle. <sup>R</sup> Rectangular.

جدول (۱۴) مدت زمان بستن ابزار به دور کمر و تنه نخل (سوار کردن ابزار)، بالا رفتن و پایین آمدن در روش‌های مختلف دسترسی به تاج نخل خرما (مقادیر به صورت «میانگین (انحراف معیار)» و بر حسب ثانیه می‌باشد)

Table (14) Mean and SD of time cycle of work tasks (installing climbing tool, ascending, and descending) in date palm crown access methods

آنالیز واریانس یک-طرفه ANOVA	عامل مقایسه شده Compared factor			متغیر وابسته Dependent variable	
مقایسه وظایف کاری در هر روش به طور مجزا <sup>*</sup> Comparison of work tasks in each methods <sup>*</sup>					
	پایین آمدن Descending	بالا رفتن Ascending	سوار کردن ابزار Install climbing tool		
F= 28.184	22.1 <sup>b</sup> (6.2)	20.3 <sup>b</sup> (5.1)	7.0 <sup>a</sup> (1.0)	مرسوم Traditional	
F= 18.254	19.7 <sup>b</sup> (4.8)	20.7 <sup>b</sup> (7.1)	7.5 <sup>a</sup> (2.5)	پروند و کفش Parvand+rubber shoes	
F= 39.467	21.3 <sup>b</sup> (3.5)	18.7 <sup>b</sup> (4.3)	7.1 <sup>a</sup> (2.9)	هارنس Harness	
F= 28.449	19.5 <sup>b</sup> (4.7)	21.9 <sup>b</sup> (4.3)	7.9 <sup>a</sup> (3.5)	هارنس و کفش Harness+rubber shoes	
مقایسه روش‌ها بر اساس وظایف کاری متناظر (همتا) <sup>**</sup> Comparison of methods based on counterpart work tasks <sup>**</sup>					
	هارنس و کفش Harness+rubber shoes	هارنس Harness	پروند و کفش Parvand+rubber shoes	مرسوم Traditional	
F= 0.211 <sup>ns</sup>	7.9	7.1	7.5	7.0	سوار کردن Install climbing tool
F= 0.539 <sup>ns</sup>	21.9	18.7	20.7	20.3	بالا رفتن Ascending
F= 0.621 <sup>ns</sup>	19.5	21.3	19.7	22.1	پایین آمدن Descending
F= 0.122 <sup>ns</sup>	49.4 (8.5)	47.2 (6.4)	47.8 (11.9)	49.5 (11.0)	مدت زمان کل Total time cycle

<sup>\*</sup> در هر ردیف، مقادیر با علامت‌های یکسان تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ با یکدیگر نداشتند. برای هر چهار مقایسه صورت گرفته، درجه آزادی (۳، ۳۲) و آلفا ۰/۰۰۱ < بود.

<sup>\*\*</sup> در هر ردیف، آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه معنی‌دار نشد. بنابراین مقایسات میانگین صورت نگرفت. برای هر چهار مقایسه صورت گرفته، درجه آزادی (۳، ۳۲) بود.

\* Values with the same letters were not different at significance level of 0.05 in each row. Degree of freedom and *p*-value were (3, 32) and <0.001 respectively for each of four comparisons.

\*\*ANOVA was not significant in each row, therefore mean comparison was not done. Degree of freedom (3, 32) for each of four comparisons.

## نتیجه‌گیری

اصلی در ارجحیت ابزار دسترسی به تاج نخل خرما از نگاه نیروی کار باشد که باید در بهسازی‌ها مورد توجه قرار گیرد. مطالعات بیشتری روی بهسازی ابزارهای مداخله‌ای دسترسی به تاج نخل خرما مورد مطالعه، به ویژه روش هارنس و کفش با توجه به پیشنهادات کارگران تا رسیدن به شرایط مطلوب مورد نیاز است.

ابزارهای مداخله‌ای به لحاظ ایمنی، وضعیت به نسبت مطلوب‌تری از روش مرسوم داشت، اما به لحاظ ارگونومیکی شرایط تقریباً برابر بود. با این وجود، ابزارهای مداخله‌ای از نظر سرعت کار و شرایط فنی دارای کاستی‌هایی بود که باید تا رسیدن به شرایط مطلوب‌تر مورد مطالعه و بهسازی قرار گیرد. ایمنی و سرعت کار می‌تواند دو عامل

خوزستان برای تأمین مالی این مطالعه و همچنین از کارگران شرکت کننده در مطالعه اعلام می‌دارند.

### سپاس‌گزاری

نویسندگان مراتب سپاسگزاری خود را از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

### References

1. Abdelouahhab, Z., and Arias-Jimenez, E.J. 2002. Date palm cultivation, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Agricultural Services, Bulletin No. 156. FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/006/Y4360E/y4360e00.htm> (accessed November 2018)
2. Asadi, N., Choobineh, A., Keshavarzi, S., and Daneshmandi, H. 2015. Estimation of forces exerted on the lower back in manual load lifting using 3DSSPP software. *Iranian Journal of Ergonomics*, 2(4): 25-31.
3. Ashraf, Z., and Hamidi-Esfahani, Z. 2011. Date and date processing: a review. *Food Reviews International*, 27 (2): 101-133.
4. Ayyub, B. M. 2014. *Risk Analysis in Engineering and Economics*. Chapman and Hall/CRC, New York, USA. 642p.
5. AZOMaterials. 2012. ASTM A36 Mild/Low Carbon Steel. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6117> (accessed February 2020)
6. Beer, F.P., Russell Johnston, E. Jr., Dewolf, J.T., and Mazurek, D.F. 2012. *Mechanics of materials*, 6<sup>th</sup> edition. McGraw Hill, New York, USA. 838p.
7. Bourbonnais, R., Zayed, J., Levesque, M., Busque, M-A., Duguay, P., and Truchon, G. 2013. Identification of workers exposed concomitantly to heat stress and chemicals. *Industrial Health*, 51 (1): 25-33
8. Earle-Richardson, G., Jenkins, P., Fulmer, S., Mason, C., Burdick, P., and May, J. 2005. An ergonomic intervention to reduce back strain among apple harvest workers in New York State. *Applied Ergonomics*, 36 (3): 327-334.
9. Eydizadeh, M., Sheikhdavoodi, M.J., and Salehisahlabadi, A. 2014. Ergonomic Evaluation of the Posture of Dates Packinghouse Workers by REBA Method. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization*, (Scientific Journal of Agriculture), 37(1): 13-22.
10. Fathallah, F.A., Miller, B.J., and Miles, J. A. 2008. Low back disorders in agriculture and the role of stooped work: scope, potential interventions, and research needs. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 14 (2): 221-245.
11. Fathallah, F.A., Tang, S.C., and Waters, T. 2016. Development and evaluation of ergonomic interventions for bucket handling on farms. *Human Factors*, 58 (5): 758-776.
12. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2018. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed February 2020)
13. Hayati, A. 2018. A review on the reasons of existence of ergonomic strain in the agricultural sector despite mechanization development. 1<sup>st</sup> Conference on Agricultural and Environmental Sciences of Iran. Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran. 30 January.
14. Hayati, A., and Marzban, A. 2021. Ergonomic problems in agricultural farms: explainable linkage between awkward postures and body discomforts in Iranian leafy vegetable cultivation. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment, and Rehabilitation*. [Accepted]
15. Hayati, A., and Marzban, A. Linkage between machine power utilization and ergonomics, with reference to reducing exertions at work. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment, and Rehabilitation*, 67(4): 949–957.

16. Hayati, A., Marzban, A., and Asoodar, M.A. 2015. Ergonomic assessment of hand cow milking operations in Khuzestan province of Iran. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 17 (2): 140-145.
17. Hayati, A., Marzban, A., and Asoodar, M.A. 2015. Ergonomic evaluation of hand and mechanized milking in dairy farms. *Iranian Journal of Ergonomics*, 3(3): 65-75.
18. Hayati, A., Marzban, A., and Asoodar, M.A. 2020. Workplace and Gravity: Two Mechanized Cow Milking Systems Compared for Human Physiological Strains. *Journal of Agricultural Machinery*, 12(1): 21-32.
19. Hayati, A., Marzban, A., and Leylizadeh, M. 2018. Discovering the physical onerous activities in manual sesame seed harvest using postural analysis. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 20 (4): 126-131.
20. Hayati, A., Marzban, A., and Rahnama, M. 2020. Strategic analysis of ergonomic and safety problems in mechanization of date palm crown access operation with the sustainable agricultural development approach. *Iran Occupational Health*, 17(1): 1-16.
21. Hayati, A., Marzban, A., and Rahnama, M. 2021. Occupational safety and health in traditional date palm works. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 94: 1455-1473.
22. Health and Safety Authority. 2019. Fatal Accidents. [https://www.hsa.ie/eng/Your\\_Industry/Agriculture\\_Forestry/Further\\_Information/Fatal\\_Accidents/](https://www.hsa.ie/eng/Your_Industry/Agriculture_Forestry/Further_Information/Fatal_Accidents/) (accessed February 2020)
23. Hwang, J., Kong, Y.K., and Jung, M.C. 2010. Posture evaluations of tethering and loose-housing systems in dairy farms. *Applied Ergonomics*, 42 (1): 1-8.
24. Jena, S., Kumar, A., Singh, J.K., and Mani, I., 2016. Biomechanical model for energy consumption in manual load carrying on Indian farms. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 55: 69-76.
25. Jurca, R., Jackson, A.S., LaMonte, M.J., Morrow Jr, J.R., Blair, S.N., Wareham, N.J., Haskell, W.L., van Mechelen, W., Church, T.S., Jakicic, J.M., and Laukkanen, R. 2005. Assessing cardiorespiratory fitness without performing exercise testing. *American Journal of Preventive Medicine*, 29 (3): 185-193.
26. Keytel, L.R., Goedecke, J.H., Noakes, T.D., Hiiloskorpi, H., Laukkanen, R., Van Der Merwe, L., and Lambert, E.V. 2005. Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *Journal of Sports Sciences*, 23 (3): 289-297.
27. Marzban A, Hayati A. 2018. Ergonomic Evaluation of Traditional Date Fruit Harvesting. *Iranian Journal of Ergonomics*, 6: 11-20.
28. Marzban, A., and Hayati, A. 2014. Ergonomic Assessment of Manual Harvesting of Date Palm. 1<sup>st</sup> International Scientific Conference on Applied Sciences and Engineering. Kuala Lumpur, Malaysia. 20-21 December.
29. Marzban, A., and Hayati, A. 2016. Ergonomics and sustainability: towards more sustainable date palm production systems. *Ajman 4th International Environment Conference*. Ajman. 2-3 March.
30. Ministry of Cooperative, Labor and Social Welfare. 2012. Safety of Work in Height Regulations. Ministry of Cooperative, Labor and Social Welfare, Tehran, Iran. 65p. [https://www.mcls.gov.ir/icm\\_content/media/law/636629376165060360.pdf](https://www.mcls.gov.ir/icm_content/media/law/636629376165060360.pdf) (accessed March 2020)
31. Mokdad, M., 2004. Heat stress in date-palm workplaces: a study in the Algerian oases. *African Newsletter on Occupational Health and Safety*, 14 (2): 34-36.
32. Mokdad, M., Bouhafs, M., Lahcene, B., and Mokdad, I. 2019. Ergonomic practices in Africa: date palm agriculture in Algeria as an example. *Work: A Journal of Prevention, Assessment, and Rehabilitation*, 62 (4): 657-665.

33. Momeni, Z., Choobineh, A., Razeghi, M., Ghaem, H., Azadian, F., and Daneshmandi, H. 2020. Work-Related musculoskeletal symptoms among agricultural workers: a cross-sectional study in Iran. *Journal of Agromedicine*, 25 (3): 339-348.
34. Monjezi, N. 2019. Analysis of occupational risk factors for musculoskeletal injuries in the sugarcane workers using QEC and Nordic questionnaire. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture)*, 42(3): 97-112.
35. Moran, D.S., Shitzer, A., and Pandolf, K.B. 1998. A physiological strain index to evaluate heat stress. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 275 (1): R129-R134.
36. Mostaan, A. 2006. Evaluation and Comparison of Date Palm Frond Stub Cutting Methods. *The Scientific Journal of Agriculture*, 29 (2): 105-115.
37. Mostaan, A., Marashi, S.S. and Ahmadizadeh, S. 2010. Development of a new date palm pollinator. In: *Proceeding of 4<sup>th</sup> International Date Palm Production*. United Arab Emirates, Abu Dabie. March 15-17. *Acta Horticulturae*, 882: 315-320.
38. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1981. *Work practices guide for manual lifting*, publication No. 81—122. NIOSH, Virginia, USA. 198p.
39. Nawi, N.M., Yahya, A., Chen, G., Bockari-Gevao, S.M., and Maraseni, T.N. 2012. Human energy expenditure in lowland rice cultivation in Malaysia. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 18 (1): 45-56.
40. Nithyashri, J., and Kulanthaivel, G. 2012. Classification of human age based on Neural Network using FG-NET Aging database and Wavelets. In *2012 Fourth International Conference on Advanced Computing (ICoAC)*. Chennai, India. 13-15 December.
41. Pizzol, D., Smith, L., Fontana, L., Caruso, M.G., Bertoldo, A., Demurtas, J., McDermott, D., Garolla, A., Grabovac, I., and Veronese, N. 2020. Associations between body mass index, waist circumference and erectile dysfunction: a systematic review and META-analysis. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 21 (4): 657-666.
42. Ramana, C., and Ananthkrishnan, D. 2002. Modified handhoe handle for operational comfort. *Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development*, 17 (1): 28-32.
43. Raposo, P.C., Correia, J.A., Sousa, D., Salavessa, M.E., Reis, C., Oliveira, C., and de Jesus, A. 2017. Mechanical Properties of Wood Construction Materials from a Building from the 19th Century. *Procedia Structural Integrity*, 5: 1097-1101.
44. Roquelaure, Y., Jégo, S., Geoffroy-Perez, B., Chazelle, E., Descatha, A., Evanoff, B., Garlantézec, R., and Bodin, J. 2020. Carpal tunnel syndrome among male French farmers and agricultural workers: Is it only associated with physical exposure? *Safety and Health at Work*, 11 (1): 33-40.
45. Souza, C.D.R., and Silva, R.A.V. 2012. Impacts of introducing a new tool for the manual harvesting of sugar cane: the ergonomic analysis contribution. *Work*, 41 (Supplement 1): 4967-4970.
46. Subramaniam, S.R., Samykano, M., Selvamani, S.K., Ngui, W.K., Kadirgama, K., Sudhakar, K., and Idris, M. S. 2019. Preliminary investigations of polylactic acid (PLA) properties. *Proceedings of the 3rd International Conference on Automotive Innovation Green Energy Vehicle*. In *AIP Conference Proceedings 2059*. American Institute of Physics Publishing, USA.
47. Tikuisis, P., McLellan, T. and Selkirk, G. 2002. Perceptual versus physiological heat strain during exercise-heat stress. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34 (9): 1454-1461.
48. Tiwari, P.S., Pandey, M.M., Gite, L.P., and Shrivastava, A.K. 2014. An ergonomic intervention in operation of a rotary maize sheller. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 84 (7): 791-795.

49. Vanderwal, L., Rautiainen, R., Kuye, R., Peek-Asa, C., Cook, T., Ramirez, M., Culp, K., and Donham, K. 2011. Evaluation of long-and short-handled hand hoes for land preparation, developed in a participatory manner among women vegetable farmers in The Gambia. *Applied Ergonomics*, 42 (5): 749-756.
50. Vanderwal, L., Rautiainen, R., Ramirez, M., Kuye, R., Peek-Asa, C., Cook, T., Culp, K., and Donham, K. 2011. Participatory approach to identify interventions to improve the health, safety, and work productivity of smallholder women vegetable farmers in the Gambia. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 24 (1): 36-47.
51. Wilson, J.R., and Sharples, S. 2015. *Evaluation of Human Work*. CRC Press, New York USA. 1018p.
52. Zhang, K., Li, W., Zheng, Y., Yao, W., and Zhao, C. 2020. Dynamic constitutive model of ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE): Considering the temperature and strain rate effects. *Polymers*, 12 (7).