نشریه زراعت و فناوری زعفران
جلد ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷ ص. ۲۶۷-۲۵۳

Saffron Agronomy & Technology
Vol. 6, No. 2, Summer 2018, P. 253-267

Archive of SID

ارزیابی ارگونومیکی برداشت زعفران به روش‌های سنتی و استفاده از ترولی

محمدحسین عباسپور فرد[۱*]، حسین یوسف زاده[۲]، امین اظهری[۳]، محمدعلی ابراهیمی نیک[۴]و معین حدادی مقدم[۵]

تاریخ دریافت: ۲۸ آذر ۱۳۹۵ **تاریخ پذیرش:** ۲۵ دی ۱۳۹۶

عباسپور فرد، م.ح.، یوسف زاده، ح.، اظهری، ا.، ابراهیمی نیک، م.ع.، و حدادی مقدم، م. ۱۳۹۷. ارزیابی ارگونومیکی برداشت زعفران به روش‌های سنتی و استفاده از ترولی. زراعت و فناوری زعفران، ۶(۲): ۲۶۷-۲۵۳.

چکیده

کشاورزی شغلی است که افراد را در معرض مشکلات بهداشتی به ویژه اختلالات اسکلتی- عضلانی قرار می‌دهد. این شغل جزء گسترده‌ترین و خطرناک‌ترین فعالیت‌های شغلی است که حدود ۴۰ ٪ از جمعیت کشورهای در حال توسعه به آن اشتغال دارند. ایران بزرگ-ترین تولید کننده زعفران جهان (حدود ۹۴ درصد تولید جهان) است که نیروی انسانی نقش کلیدی در تولید آن دارد. به همین سبب بررسی وضعیت ارگونومیکی نیروی انسانی دخیل در برداشت زعفران اهمیت پیدا می‌کند. در این مطالعه به‌منظور کاهش صدمات مکانیکی کارگران برداشت کننده‌ی گل زعفران، نوعی ارابه (ترولی) معرفی و مورد مقایسه با روش‌های سنتی برداشت قرار گرفت. در این آزمون‌ها نیروی وارده و درصد حد توانایی بر روی ۲۰ نفر در نقش برداشت کننده‌ی گل زعفران و با کمک نرم‌افزار 3DSSPP در دو روش برداشت زعفران به صورت سنتی (نیمه‌نشسته و ایستاده‌ی کمر خمیده) و دستگاه ترولی انجام شد. وضعیت‌های بدنی مختلف در روش‌های برداشت سنتی و نشستن بر روی ترولی به کمک تصاویر گرفته شده در این نرم شبیه‌سازی شد. بررسی‌های انجام شده نشان داد که بیشترین آسیب مربوط به حالت نیمه‌نشسته و بر روی زانوها است. ارزیابی دستگاه ترولی برای برداشت زعفران نشان داد که کمترین آسیب را به کشاورز در هنگام برداشت زعفران وارد می‌کند. اگر چه بیشترین فشار با استفاده از ترولی بر کمر وارد می‌شود، ولی در مقایسه با روش نشسته و کمر خمیده فشار کمتری به اجزای بدن وارد می‌نماید. لذا استفاده از این وسیله برای برداشت زعفران توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: فاکتورهای انسانی، اسکلتی-عضلانی، خستگی، گاری، نرم‌افزار 3DSSPP.

۱- استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار گروه طب فیزیکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد
۴- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۵- دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: abaspour@um.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2017.70506.1204

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کشاورزی شغلی است که افراد را در معرض مشکلات بهداشتی به ویژه اختلالات اسکلتی- عضلانی[1] قرار می‌دهد (Osborne et al., 2010). این اختلالات به عنوان یک خطر مشخص شغل کشاورزی رو به افزایش هستند (Kirkhorn et al., 2010). این شغل جزء گسترده‌ترین و خطرناک‌ترین فعالیت‌های شغلی است که حدود ۴۰ ٪ از جمعیت کشورهای در حال توسعه به آن اشتغال دارند (Moseley & Watson, 2016). انجام وظایف شغل کشاورزی باعث تغییرات فیزیکی نامناسب در بدن افراد می‌شود (Sadeghi et al., 2010).

ایران بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ی زعفران جهان (حدود ۹۴ درصد تولید جهان) است. سطح زیر کشت زعفران در سه دهه اخیر از حدود ۱۰۰۰۰ هکتار در سال ۱۳۶۵ به بیش از ۸۷۹۳۰ هکتار در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است که نشانگر رشد سالانه-ای معادل ۲۹ درصد به طور متوسط در طی ۲۷ سال گذشته بوده است. میزان تولید زعفران کل کشور در سال ۱۳۹۳، ۲۸۰/۶ تن با عملکرد متوسط ۳/۲۴ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. از مجموع ۸۷۹۳۰ هکتار سطح زیر کشت زعفران در کشور، استان‌های خراسان رضوی و جنوبی هر کدام با سطح زیر کشت ۶۹۴۰۷ و ۱۴۰۹۲ هکتار مقام اول و دوم در کشور را دارند. تعداد مزارع زعفران با مساحت کم تر از یک هکتار، بین یک تا دو هکتار و بالاتر از دو هکتار، به ترتیب برابر با ۱۲۰۱۶۲، ۲۷۹۰۲ و ۱۰۸۳۶ عدد می‌باشد. در مجموع هم اکنون تعداد ۱۸۲۰۳۷ نفر بهره‌بردار و ۶۰ تعاونی تولید در زمینه‌ی کشت و تولید زعفران در کشور فعالیت می‌کنند (Saiedirad et al., 2014 Agricultural statistics, 2015;).

عوامل انسانی[2] دارای اهمیت بسیار زیاد در توسعه ماشین-های کشاورزی می باشند، زیرا این ماشین‌ها اغلب توسط افرادی با حداقل مهارت و یا حداقل درک از سیستم هدایت می شوند، بنابراین ماشین‌های کشاورزی باید برای هدایت ساده و تا حد ممکن از خطر به دور باشند (Woodson et al., 1992).

ارگونومی شاخه‌ای از علوم کاربردی است که به بررسی علمی رابطه انسان با محیط کاری وی می‌پردازد. ارگونومی رابطه متقابل انسان، محیط و ماشین و ابزارها را بررسی می‌کند و در پی بهینه نمودن تناسب آن‌ها با یکدیگر است. هم چنین ارگونومی به سنجش و ارزیابی توانمندی انسان می‌پردازد و بدین ترتیب مهندسان و طراحان را در هر چه متناسب‌تر ساختن سیستم‌ها و فرآیندها با ویژگی‌های انسانی، یاری می‌دهد (Choobineh & Mououdi, 1997). وظیفه مهم دانش ارگونومی این است که تعیین کند کدام بخش از فشارهای کاری، انسان را می‌توان با تغییر وضعیت و شرایط حذف کرده و چگونه می‌توان از توانایی‌های خاص انسان در این زمینه به بهترین نحو استفاده کرد (Fadwa, 1999).

برداشت گل زعفران دشوارترین و پر زحمت‌ترین و در عین حال حساس‌ترین مرحله از زراعت زعفران است که شامل چیدن گل و جدا کردن کلاله از گل می‌باشد. این مرحله به شیوه سنتی صورت می‌گیرد که همواره با مشکلات متعددی همراه بوده است. لزوم استفاده از نیروی کارگری در حین برداشت محصول، انتقال محصول برداشت شده به مکان‌های جدا سازی محصول در حداقل زمان ممکن، نیروی کارگری بالا برای جداسازی کلاله و هزینه‌های مرتبط با هر بخش نیاز به مکانیزه کردن برداشت این محصول را ضروری می‌نمایاند. معمولا دو تا سه هفته بعد از آبیاری اول، بسته به درجه حرارت هوا و وضعیت آب

1- Musculoskeletal

2- Human Factors

www.SID.ir

Archive of SID

و هوا گل‌های زعفران ظاهر می‌شوند. زمان ظهور گل‌ها در خراسان رضوی و جنوبی از اواخر مهرماه تا اواخر آبان ماه می‌باشد. برداشت گل بهتر است در ساعات اولیه بامداد انجام گیرد چون جمع آوری گل به صورت غنچه آسان‌تر بوده و صدمه مکانیکی به گل در حین جابجایی کاهش می‌یابد. طی تحقیقات صورت گرفته در خصوص هزینه‌های برداشت زعفران در منطقه بناب شهرستان مرند، از طریق جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها از سرمایه‌گذاران بخش تولید زعفران، برآورد شد که برای برداشت یک هکتار زمین زراعی برای دوره ۲۰ روزه برداشت حدود ۲۴۰۰۰۰۰ تومان در مرحله برداشت و ۴۸۰۰۰۰۰ تومان در مرحله جداسازی مورد نیاز است که در مجموع هزینه‌ای بالغ بر ۷۲۰۰۰۰۰ تومان به مرحله برداشت محصول اختصاص می‌یابد، که درصد قابل توجهی از هزینه‌ی تولید محصول را شامل می‌شود. به طوری که برای برداشت محصول یک هکتار از پنج تا شش کارگر با دستمزد روزانه‌ی ۱۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ تومان و در مرحله‌ی جداسازی کلاله از ۱۰ تا ۱۲ کارگر استفاده می‌شود (Samadi et al., 2014). اکنون در سال ۱۳۹۶ (۲۰۱۷ م) که دستمزد هر نفر حدود ۴۰۰۰۰ تومان است هزینه برداشت و جداسازی به بیشتر از ده میلیون تومان در هکتار تخمین زده می شود. هم‌چنین نمی‌توان بحث‌های مهندسی انسانی (ارگونومیک) که در زمان برداشت برای کارگران برداشت مطرح می‌شود را نادیده گرفت، چرا که سالانه به علت سختی کار برداشت دستی تعداد زیادی از کارگران به بیماری‌هایی از جمله آرتروز و دردهای زانو و کمر دچار می‌شوند. علاوه بر این، تحقیقات نشان داده است که آمار سقط جنین در خانمان باردار که به برداشت زعفران می‌پرداختند بالا بوده به طوری که ۱۰/۵ درصد از خانم‌های باردار که با زعفران تماس داشتند، دچار سقط جنین شدند (Pharmacopoeia Europe, 2011).

در تحقیقی تأثیر آموزش اصول ارگونومی بر وضعیت بدنی زعفران‌کاران مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج این مطالعه، وضعیت‌های نامناسب کشاورزان در اثر آموزش تغییر کرده و در وضعیت بهتری قرار گرفت. پس آموزش می‌تواند یک روش مناسب در اصلاح وضعیت بدنی و نهایتاً کاهش ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی باشد (Sadeghi et al., 2013).

در مطالعه‌ای نیروهای وارد به کمر در وضعیت بلند کردن دستی بار با استفاده از نرم‌افزار 3DSSPP[1] (پیش بینی قدرت استاتیکی بصورت سه بُعدی) مورد بررسی قرارگرفت که نشان داد شیوع اختلالات اسکلتی – عضلانی به ویژه کمردرد در افراد مورد مطالعه بالاست. سطح ریسک ناشی از نیروهای فشاری و برشی در درصد کمی از کارگران مورد مطالعه از حد مجاز فراتر رفته است. البته گزارش شده است که نرم‌افزار 3DSSPP می‌تواند در ارزیابی فشار وارده به ستون فقرات محدودیت‌هایی داشته باشد (Asadi et al., 2015).

در مطالعه‌ای مدل‌سازی ارگونومیکی دستگاه دستی انتقال مواد با کمک نرم‌افزار 3DSSPP به بررسی وضعیت اپراتور در هنگام بارگیری و تخلیه نوارهای بزرگ نخ در کارخانه نساجی صورت گرفته است. نتایج نشان داد که نیروهای وارده به کمر اپراتور در هنگام استفاده از چرخ‌های نو در وسیله‌ی دستی انتقال مواد، فشار وارده به کمر و اختلالات اسکلتی عضلانی اپراتور را کاهش داده است(Matebu & Dagnew, 2014). این گونه مطالعات نشان می‌دهد که نرم‌افزار 3DSSPP می‌تواند به‌صورت رضایت بخشی به تحلیل ارگونومیکی افراد حین فعالیت‌های فیزیک مختلف بپردازد.

در روش سنتی برداشت زعفران، برداشت توسط کارگر به دو صورت کمر خمیده و نیمه‌نشسته انجام می‌گیرد (شکل۱). در این تحقیق به بررسی ارگونومیک و شناسایی آسیب‌های عضلانی روش سنتی و هم چنین استفاده از یک وسیله ارابه ای یا اصطلاحاً ترولی[2] (شکل۲) در برداشت زعفران پرداخته می‌شود.

1- 3D Static Strength Prediction Program TM
2- Trolley

www.SID.ir

Archive of SID

برای مقایسه آسیب‌های عضلانی در روش سنتی و ماشین ترولی، زاوایای نقاط بدن (مانند، زانوها و کمر) و وزن فردا در وضعیت‌های مختلف اندازه گیری می‌شود.

ترولی دستگاهی سه چرخی است که برای اولین بار در گروه بیوسیستم دانشگاه ویسکانسین آمریکا و وزارت بهداشت آمریکا برای محصولات ردیفی طراحی شده بود که این دستگاه در گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد بهینه‌سازی و ساخته شد.

اگر چه این دستگاه از نقطه نظر مکانیزاسیون براساس تعداد نیروی کار انسانی (تعداد کارگران) کاهشی را ایجاد نمی‌کند ولی می‌تواند باعث کاهش خستگی و سرعت بخشیدن به کار شود. با استفاده از این وسیله اصول برداشت گل به درستی انجام می‌گیرد. برای مثال، کشاورزان در هر بار که جهت برداشت گل به مزرعه مراجعه می‌کنند با گل‌های مواجه می‌شوند که با ارتفاعات مختلفی از سطح خاک بیرون زده‌اند. بعبارتی کشاورز اقدام به برداشت گل زعفرانی که بطور کامل بیرون نیامده نمی‌کند و آن را به روز بعد موکول می‌کند. در صورتی که اکثر ماشین‌های برداشت خودکار اگر چه هنوز حتی تجاری هم نشده‌اند، امکان تشخیص گل‌هایی که نباید چیده شوند را ندارند و در نتیجه باعث صدمه به محصول می شوند. بنابراین اگر چه این دستگاه دستی و ساده است ولی تنها روش عملی برداشت گل زعفران تا این تاریخ است که قابل ارائه به زعفران‌کاران ایرانی است.

الف) کمر خمیده

a) Curved back.

ب) نیمه‌نشسته

b) Half-sitting.

شکل ۱- روش‌های سنتی برداشت زعفران

Figure 1- Traditional methods of saffron harvesting.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲- روش برداشت زعفران با استفاده از ترولی
Figure 2- Saffron harvesting with trolley.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق با درنظر گرفتن سه وضعیت متداول برای برداشت زعفران و شبیه‌سازی این وضعیت‌ها (شکل‌های ۱ و ۲) در نرم‌افزار 3DSSPP به بررسی مشکلات عضلانی کشاورزان در حین برداشت زعفران پرداخته شده است. در زمینی به طول ۱۰۰متر و عرض ۱۰ متر از تعدادی کشاورز خواسته شد که حالت‌های مختلف سنتی برداشت زعفران را اجرا کنند و از وضعیت آنها عکس‌برداری شد. بر این اساس بر روی تعداد ۲۰ نفر آقا و خانم (۱۰ نفر آقا و ۱۰ نفر خانم) برای ارزیابی اختلالات اسکلتی- عضلانی با اندازه‌گیری و وزن بدن و زاویای مختلف بدن انجام شد. روش انتخاب افراد بصورت تصادفی بود. این افراد از دانشجویان آشنا به روش‌های برداشت سنتی زعفران انتخاب شدند. محدوده‌ی سنی افراد ۲۰-۳۰ سال بود. دلیل این که فقط از آقا استفاده نشد و نمونه‌ها به طور مساوی از خانم وآقا برای این تحقیق انتخاب شدند، این بود که در مناطق برداشت زعفران توأما از نیروی کار آقا و خانم استفاده می‌شود البته خانم‌ها به علت هزینه و دستمزد کمتر ترجیح داده می‌شوند.

ترولی دستگاهی است که اولین بار توسط گروه بیوسیستم دانشگاه ویسکانسین آمریکا و وزارت بهداشت آمریکا در سال ۲۰۰۸ برای وجین برخی از محصولات ردیفی طراحی شده بود. این دستگاه اکنون در گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد برای برداشت گل زعفران بهینه سازی شده است. این دستگاه از سه چرخ (دوچرخ با قطر بزرگ ۵۰ سانتی‌متری و عرض ۵ سانتی‌متری و یک چرخ مسیر با قطر ۲۰ سانتی‌متری و عرض ۵ سانتی‌متری) و یک نشیمنگاه قابل تنظیم و محلی برای قرار دادن سبد جمع‌آوری محصول برای برداشت زعفران تشکیل شده است. چرخ‌ها به گونه ای طراحی شده‌اند که بصورت قابل تنظیم در بین ردیف‌های مزرع زعفران قرار گیرند. عرض دستگاه و ارتفاع محل نشیمنگاه برای جمع آوری محصول قابل تغییر است. در هر بار رفت دو ردیف از محصول زعفران توسط کشاورز قابل برداشت می‌باشد.

در این مطالعه از ابزاری هم چون نرم‌افزار نقاله (اپ اندروید جعبه ابزار[1] نسخه v5.0.5)، متر و ترازوی خانگی دیجیتال (QF-2003A, max=180kg d=0.1kg) استفاده شد. روش کار به این صورت بود که از افراد خواسته شد در وضعیت فرد برداشت کننده زعفران به صورت روش‌های سنتی و ماشین برداشت ترولی قرار گیرند. در روش سنتی که خود به دو صورت "ایستاده کمر خم" و "نیمه‌نشسته" که بیشترین انتخاب بین کشاورزان بود، استفاده شد. در وضعیت ایستاده کمر خم و نیمه-نشسته زاویای کمر، زانو و مچ پا اندازه‌گیری شد. در روش برداشت با وسیله ترولی، از افراد خواسته شد بر روی دستگاه نشسته و در وضعیت برداشت قرار گیرند، زوایای کمر، زانو (در حالت‌های جمع شده و کشیده) و مچ پا اندازه‌گیری شد. مجموع اطلاعات بدست آمده توسط نرم‌افزار 3DSSPP_Version

1- www.Bilgisoft.ir

www.SID.ir

Archive of SID

6.0.6 مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش کار با نرم‌افزار 3DSSPP: این نرم‌افزار طی ۳۵ سال در مرکز ارگونومی دانشگاه میشیگان آمریکا مورد توسعه و مطالعه قرار گرفته است. نتایج این نرم افزار نشان می‌دهد که یک نرم‌افزار بسیار مناسب برای ارزیابی ارگونومی و خواص بیو مکانیکی[1] (تجزیه و تحلیل حرکت اندام‌ها و اعمال نیرو در بافت‌های مختلف بدن) است (Yu, 2014). نرم افزارهای ارزیابی ارگونومیکی مانند OWAS[2]، PLIBEL[3]، QEC[4]، REBA[5] دارای محدویت‌هایی مثل زاویه و مقدار نیروی وارده به عضلات مختلف بدن هستند. همچنین محدودیت‌های در پاسخ عملکرد جسمانی دارند به گونه‌ای که پاسخ‌ها عموماً بصورت کیفی ارائه می‌شوند. اما در نرم‌افزار 3DSSPP این چنین محدویت‌های وجود ندارد. به دلیل درگیری کل بدن حین برداشت زعفران مخصوصا عضلات مفصلی کمر و پا از نرم‌افزار 3DSSPP استفاده شد. این نرم‌افزار قابلیت شبیه‌سازی وضعیت افراد را در فعالیت‌های مختلف از جمله به هنگام برداشت زعفران و ارزیابی مقدار فشار وارده و درصد حد توانایی بر روی عضلات را دارد. این نرم‌افزار امکان برآورد فشار وارده بر مهره-های L4/L5 کمر و هچنین درصد حد توانایی را در مچ دست، آرنج، شانه، بالاتنه، مفصل ران و زانو را داشته و به نحو مطلوبی نمایش می‌دهد. اما چون آسیب‌های وارده در هنگام برداشت زعفران طبق نظر پزشک مشاوره پروژه بر روی نقاط کمر، مفصل ران و زانو بیشتر می باشد، صرفاً این نقاط مورد بررسی قرار گرفت.

به منظور کمک به تجزیه و تحلیل نتایج، وزن و قد اندازه-گیری شده و سپس شاخص جرم بدن[6] (رابطه ۱) محاسبه می-شود تا مقدارآسیب وارده به ناحیه‌های مچ پا، زانو و کمر در هنگام کار با هم مقایسه شود. اگر این عدد کم‌تر از ۱۸/۵ باشد، وزن فرد کم‌تر از حد طبیعی است. شاخص بدن بین ۱۸/۵ تا ۲۵ به معنای وزن طبیعی است. شاخص BMI بیش از ۲۵ و بیش از ۳۰ به ترتیب بیانگر اضافه وزن و چاقی است (Fallahi et al., 2016).

$$BMI=\frac{\text{وزن (کیلوگرم)}}{\text{(قد (متر))}^2} \quad (۱)$$

نتایج و بحث

در گام نخست بعد از اندازه‌گیری وزن و قد هر فرد، شاخص جرم بدن هر فرد محاسبه شد. بر این اساس افرادی که در این پروژه شرکت داشتند در دو شاخص BMI وزن طبیعی و اضافه وزن قرار گرفته‌اند.

در گام دوم به علت این که سه وضعیت جسمانی مورد بررسی قرار گرفته است در زیر به شرح یک به یک آنها پرداخته شده است:

وضعیت ایستاده با کمر خمیده: مقدار زاویه کمر نسبت به افق و نسبت ران پا و زاویه زانو برای خانم‌ها و مردها مورد بررسی قرار گرفت. در این حالت دو نوع وضعیت مورد بررسی قرار گرفت. چون مشاهد شد که بعضی از کشاورزان خانم و مرد در این وضعیت به زانوی خود زاویه کمی می‌دهند و بعضی افراد این زاویه را نداشتند (شکل۳).

وضعیت نیمه‌نشسته: مقدار زاویه‌ی کمر نسبت به افق و نسبت به ران و زوایای زانو ها و زوایای مچ پاها برای خانم‌ها و مردها مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند (شکل ۴). در این وضعیت دو نوع وضعیت نیمه‌نشسته در بین کشاورزان مشاهد شد، وضعیت نیمه‌نشسته دو زانو (شکل ۴، (الف) و (ب)) و وضعیت نیمه‌نشسته

1- Biomechanical
2 -Ovako Working posture Assessment System
3-Plan för Identifiering av Belastningsfaktorer; A Method Assigned for Identification of Ergonomics Hazards
4- Quick Exposure Check
5- Rapid Entire Body Assessment

6- Body Mass Index (BMI)

www.SID.ir

Archive of SID

معمولی (شکل۴، (ج)).

وضعیت نشستن بر روی دستگاه ترولی: در این وضعیت زاویه کمر و زوایای زانو و مچ پا در وضعیت پا با زاویه بیشتر از ۹۰ درجه در موقعیتی ایجاد می‌شود که اپراتور برای حرکت رو به جلو اقدام می‌کند. وضعیت پا با زاویه کمتر از ۹۰ درجه در مرحله آخر حرکت رو به جلو است. که این وضعیت‌ها برای خانم‌ها و مردها مورد اندازه گیری قرار گرفتند (شکل ۵).

در گام سوم، مشاهدات گام دوم به نرم‌افزار 3DSSPP انتقال داده شد و نیروها و آسیب‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. با کمک این نرم‌افزار مدل‌هایی از وضعیت جسمی کشاورزان با کمک اطلاعات مانند وزن، قد، جنسیت افراد و زاویای نقاط مختلف در پاها و کمر در وضعیت‌های مختلف در نرم‌افزار شبیه-سازی و برآورد شد (شکل۶). بر این اساس نیروی وارد شده به کمر و درصد حد توانایی در ران، زانو و مچ پا توسط این نرم‌افزار ارزیابی شد.

الف) زاویه زانو در وضعیت زانو خم شده
a) Knee angle with knee bent.

ب) زاویه کمر در وضعیت زانو خم شده

ج) زاوشیه کمر در وضعیت زانو بدون خم شدگی
c) Back angle without bent knee.

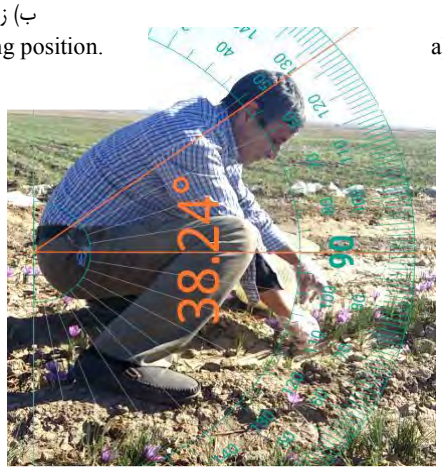
شکل ۳- وضعیت ایستاده کمر خمیده
Figure 3- Standing curved back position.

www.SID.ir

Archive of SID

الف) زاویه کمر در وضعیت دوزانو
a) Back angle with kneeling position.

ب) زاویه زانو در وضعیت دوزانو
b) Knee angle with kneeling position.



ج) زاویه کمر در وضعیت نیمه‌نشسته معمولی
c) Back angle with normal half-sitting position.

شکل ٤- وضعیت نیمه‌نشسته
Figure 4- Half-sitting position.

داده‌های بدست آماده در نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 22 ارزیابی و تحلیل شد. نرمال بودن داده‌ها در وضعیت های ایستاده کمر خمیده، نیمه‌نشسته و ترولی برای کمر (L4/L5)، ران، زانو و مچ پا با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنف مورد ارزیابی و سپس تأیید شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، آزمون ANOVA بر روی جنسیت و BMI انجام شد. بر این اساس مشاهده شد در خانم‌ها و مردها، درصد حد توانایی در ران، زانو و مچ پا بین وضعیت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بیشترین تفاوت میانگین در روش سنتی و در وضعیت نیمه-نشسته معمولی می‌باشد (شکل۷، (الف)، (ب)، (ج) و (د)). همچنین در خانم‌ها نیروی وارد بر کمر بین وضعیت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۱). همچنین نتایج نشان می‌دهد در افرادی که دارای وزن طبیعی بر اساس شاخص BMI می‌باشند، درصد حد توانایی در ران، زانو و مچ پا بین وضعیت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بیشترین تفاوت میانگین در روش سنتی و در وضعیت نیمه‌نشسته معمولی است. در افرادی که بر اساس شاخص BMI دارای اضافه وزن می‌باشند، مشخص شد که تفاوت معنی‌داری در درصد حد

www.SID.ir

Archive of SID

توانایی در زانو و مچ پا وجود دارد و درصد حد توانایی در ران و در نیروی وارد به کمر تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۲).

همچنین بر اساس شاخص BMI و جنسیت در روش ترولی (ترولی زانو۹۰ درجه، ترولی زانو کمتر از ۹۰ درجه و ترولی زانو بیشتر از ۹۰درجه) تفاوت در میانگین‌ها کمتر دیده می‌شود (شکل۷، (الف)، (ب)، (ج) و (د)).

تفاوت میانگین‌های نیروی وارده به کمر در مردها بیشتر می‌باشد. با توجه به شاخص جنسیت بیشترین نیروی وارد به کمر در روش ترولی است. کمترین نیروی وارده به کمر در وضعیت نیمه‌نشسته دوزانو نسبت به دیگر وضعیت‌ها می‌باشد (شکل۷، (و)).

الف) زاویه پا در وضعیت کشیده (اولین مرحله در حرکت رو به جلو)

a) Leg angle with stretched position (the first step of moving forward).

ب) زاویه پا در وضعیت معمول برای چیدن گل (مرحله وسط در حرکت رو به جلو)

b) Leg angle while picking flowers (middle step of moving forward).

ج) زاویه پا در وضعیت جمع شده (آخرین مرحله حرکت رو به جلو)

c) Leg angle with backward position (the last stage of moving forward).

د) زاویه کمر

d) Back angle.

شکل ۵- وضعیت نشستن بر روی دستگاه ترولی

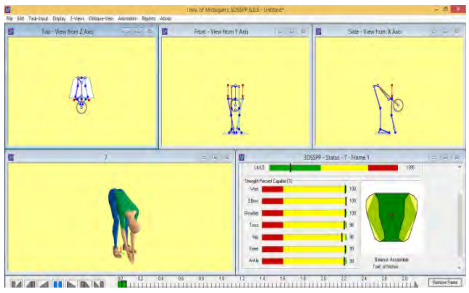
Figure 5- Posture of sitting on the trolley.

www.SID.ir

Archive of SID

الف) ارزیابی وضعیت نیمه‌نشسته برای خانم‌ها

a) Evaluation of half-sitting position for females.



ب) ارزیابی وضعیت ایستاده کمر خمیده در وضعیت زانو خم برای مردها

b) Evaluation of standing with bent back and bent knee position for males.

ج) ارزیابی وضعیت نشستن روی ترولی با زاویه بیش از ۹۰ درجه برای خانم‌ها

c) Evaluation of sitting on trolley, with knee angle greater than 90 degrees for females.

د) ارزیابی وضعیت نشستن روی ترولی با زانوی با زاویه کمتر از ۹۰ درجه در مردها

d) Evaluation of sitting on trolley, with knee angle less than 90 degrees for males.

شکل ٦- انواع وضعیت‌های برداشت زعفران در نرم‌افزار شبیه‌ساز 3DSSPP

Figure 6- Simulation of various body positions in saffron harvesting with 3DSSPP software.

جدول ۱- ارزیابی داده‌ها در آزمون ANOVA از نظر جنسیت

Table 1- ANOVA test data evaluation in terms of sex

جنسیت Sex	متغییر Variable	*F	معنی داری Significant
مرد Male	کمر Back	3.422	0.005
	ران Hip	27.121	0.000
	زانو Knee	190.978	0.000
	مچ پا Ankle	40.523	0.000
خانم Female	کمر Back	0.870	0.507
	ران Hip	14.267	0.000
	زانو Knee	94.996	0.000
	مچ پا Ankle	7.758	0.000

*مقدار آماره آزمون توزیع فیشر

*Fisher test statistics value.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- ارزیابی داده‌ها در آزمون ANOVA از نظر BMI

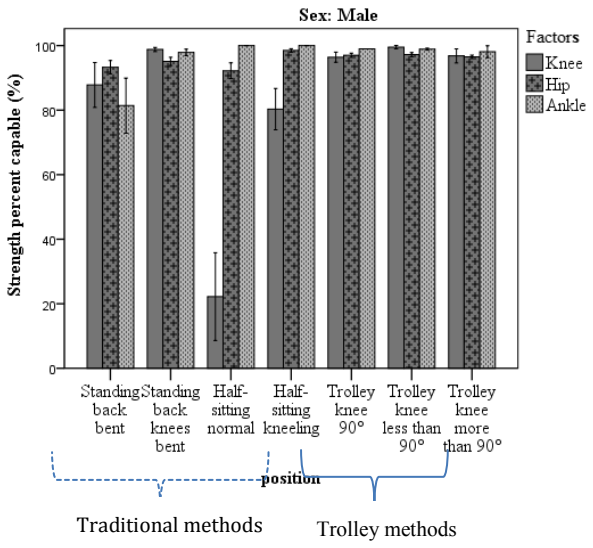
Table 2- ANOVA test data evaluation in terms of BMI

BMI	متغییر Variable	*F	معنی داری Significant
وزن طبیعی Normal weight (18/5<BMI<25)	کمر Back	2.459	0.031
	ران Hip	35.796	0.000
	زانو Knee	282.804	0.000
	مچ پا Ankle	47.837	0.000
اضافه وزن Overweight (25<BMI<30)	کمر Back	0.969	0.472
	ران Hip	3.517	0.016
	زانو Knee	28.859	0.000
	مچ پا Ankle	54.020	0.000

*: مقدار آماره آزمون توزیع فیشر

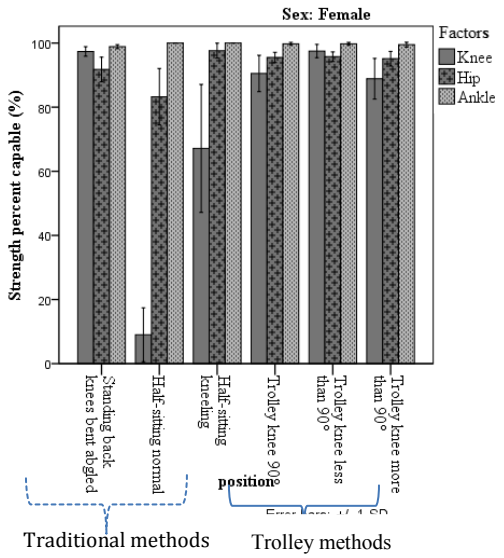
*: Fisher test statistics value.

با توجه به شکل ۷ (ه) بیشترین نیروی وارده به کمر در افرادی است که در وزن طبیعی قرار دارند. در شاخص وزن طبیعی بیشترین نیرو وارده به کمر در وضعیت نیمه‌نشسته معمولی و کمترین نیروی وارده در وضعیت ایستاده کمر خمیده است. در اضافه وزن بیشترین نیروی وارد به کمر در وضعیت نشسته بر روی ترولی با زاویه زانو ۹۰ درجه است و کمترین نیروی وارده به کمر در وضعیت نیمه‌نشسته دوزانو مشاهد شده است (شکل۷، (ه)).



الف) مقایسه درصد حد توانایی ران زانو و مچ پا در مردها

a) Comparison of the strength percent capable in hip, knee and ankle of males.

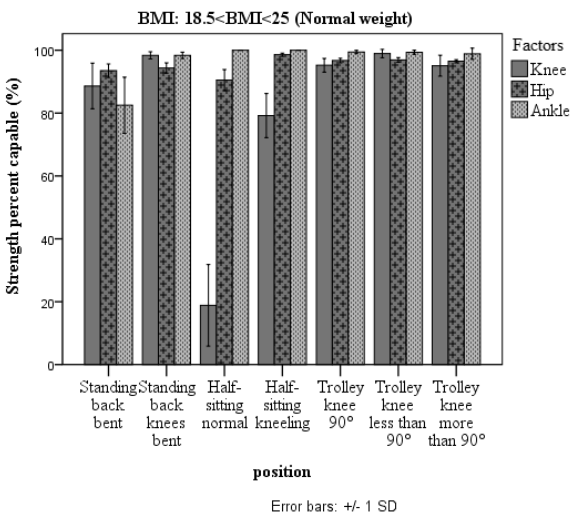


ب) مقایسه درصد حد توانایی ران زانو و مچ پا در خانم‌ها

a) Comparison of the strength percent capable in hip, knee and ankle of females.

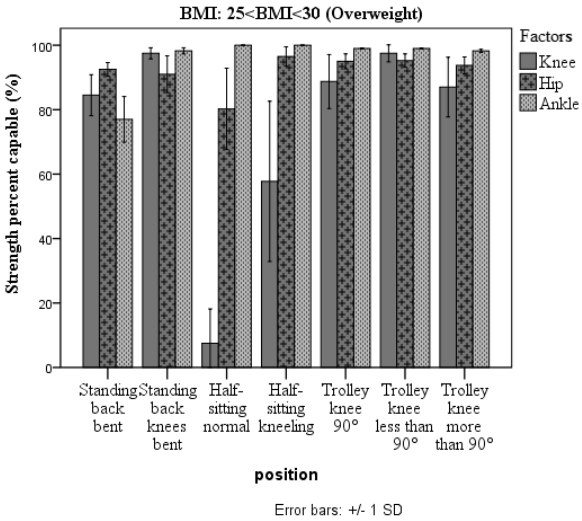
www.SID.ir

Archive of SID



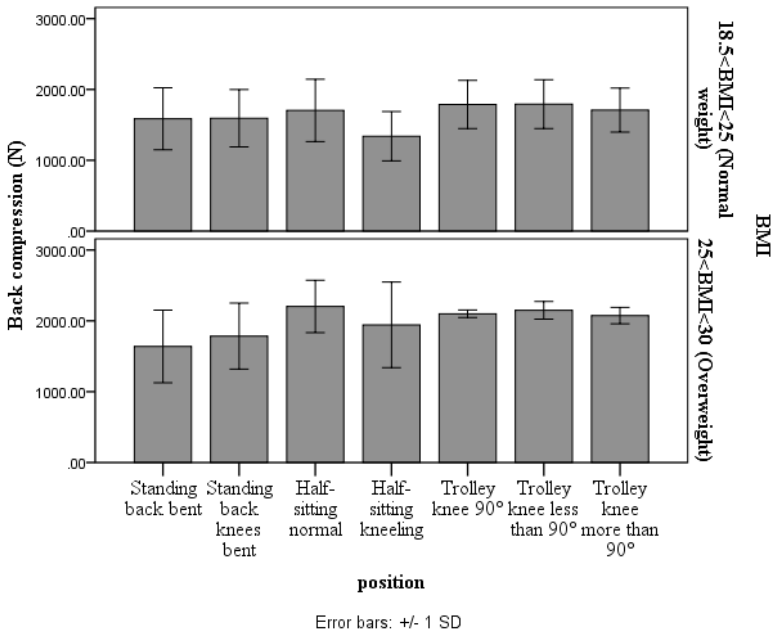
ج) مقایسه درصد حد توانایی ران زانو و مچ پا در شاخص وزن طبیعی (18.5<BMI<25)

c) Comparison of the strength percent capable in hip, knee and ankle of normal weights (18.5 <BMI <25).



د) مقایسه درصد حد توانایی ران زانو و مچ پا در شاخص اضافه وزن (25<BMI<30)

d) Comparison of the strength percent capable in hip knee and ankle of overweight (25<BMI<30).

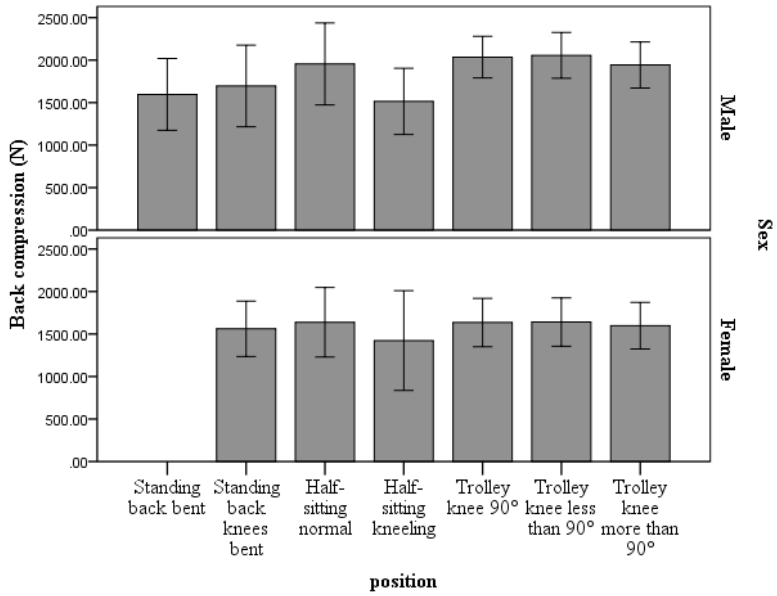


ه) مقایسه نیروی وارد به کمر (نیوتن) در شاخص‌های BMI

e) The effect of BMI index on back compression (N).

www.SID.ir

Archive of SID



و) مقایسه نیروی وارده به کمر (نیوتن) در جنسیت‌های

f) The effect of Sex on back compression (N).

شکل ۷- انواع مقایسه میانگین‌ها در وضعیت‌های مختلف

Figure 7- Comparison of different types of positions.

نتیجه‌گیری کلی

براساس پژوهش صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که بهترین روش استفاده از ترولی است. زیرا تفاوت معنی‌داری در نیروهای وارده بر ران و زانو و مچ پا مشاهده نشد و اجزاء مختلف بدن از درصد حد توانایی بالایی برخورد بودند. اما باید در این روش میزان زاویه کمر بیشتر شود که این خود مستلزم آن است که ارتفاع نشیمنگاه در ترولی کاهش یابد. با توجه به روش سنتی و وضعیت‌های آن، باید از وضعیت نیمه‌نشسته معمولی و نشسته دوزانو جدا خوداری کرد. چرا که از درصد حد توانایی کمتری در بین وضعیت‌های مختلف در ران، مچ پا و خصوصاً زانو برخوردار بود.

همچنین در مصاحبه‌های انجام شده با کشاورزان اظهار داشتند که ترولی باعث سرعت بخشیدن به برداشت و عدم خستگی و مخصوصاً عدم فشار بر روی پاها می‌شود. بعضی از کشاورزان گفتند آنقدر روش‌های وضعیت سنتی طاقت فرسا هستند که گاهی از خستگی زیاد در آن وضعیت‌ها مجبور می‌شوند کاملاً روی زمین بنشینند، که این امر باعث می‌شود سرعت انجام برداشت خیلی زیاد کاهش یابد.

منابع

Agricultural Statistics. 2015. Information and communication technology center. Department of planning and economy, ministry of Jahad-agriculture, The Islamic republic of Iran. Volume III, Horticultural products. Volume: 2-073-467-964-978; C 0.1: 9-074-467- 946- 978; V.2: 6-075-467-964-978; C 0.3: 3-076- 467-964-978. (in Persian).

Asadi, N., Choobineh, A., Keshavarzi, S.,

www.SID.ir

Archive of SID

and Daneshmandi, H. 2015. Estimation of forces exerted on the lower back in manual load lifting using 3DSSPP software. Journal of Ergonomics 2 (4): 25-31. (in Persian with English Summary).

Choobineh, A., and Mououdi, M. 1997. Bodyspace: anthropometry, ergonomics, and design.ISBN: 9789643051549. (in Persian).

Fadwa, A. 1999. Ergonomics and productivity. Journal Tadbir (86): 56-60. (in Persian).

Fallahi, H., Abbaspour-Fard, M.H., Azhari, A., Khojastehpour, M., and Nikkhah, A. 2016. Ergonomic assessment of drivers in MF285 and MF399 tractors during clutching using algometer. Information Processing in Agriculture 3 (1): 54-60.

Kirkhorn, S.R., Earle-Richardson, G., and Banks, R.J. 2010. Ergonomic risks and musculoskeletal disorders in production agriculture: recommendations for effective research to practice. Journal of Agromedicine 15 (3): 281-299.

Matebu, A., and Dagnew, B. 2014. Design of manual material handling system through computer aided ergonomics: a case study at BDTSC textile firm. International Journal for Quality Research 8 (4): 557–568.

Moseley, W.G., and Watson, N.H. 2016. Agriculture, food production, and rural land use in advanced placement® Human Geography. Journal of Geography 115 (3): 118-124.

Osborne, A., Blake, C., McNamara, J., Meredith, D., Phelan, J., and Cunningham, C. 2010. Musculoskeletal disorders among Irish farmers. Journal Occupational Medicine (Oxford) 60 (8): 598-603.

Pharmacopoeia Europe. 2011. Council of Europe (*Opiicrocata tincture*). Strabourg, Council of Europe, ©2011.

Sadeghi, N., Delshad, A., and Fani, M. 2010. REBA method posture analysis in saffron pickers in Gonabad. Ofogh-e-Danesh, Journals of Gonabad University of Medical Sciences and Health Services 15 (4): 47-54. (In Persian with English Summary).

Saiedirad, M.H., Abrishami, M.A., Mustafa-Vand, H., Zarifneshat, S., and Nazarzade-Oghaz, S. 2014. Investigation and research on mechanization development probability and provide the most optimum method for saffron harvesting mechanization. The 8th National Congress on Agricultural-Machinery Eng. (Biosystem) and mechanization. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).

Sadeghi, N., Askarimoghaddam, M., Rahdar, H., and Tolide-ie, H. 2013. Effect of ergonomic training on saffron picker's postures. tkj 4 (4) :1-7. URL: http://tkj.ssu.ac.ir/article-1-261-fa.html (In Persian with English Summary).

Samadi, M., Abdollahpour, N., and Babaei, A. 2014. Problems facing the mechanized harvesting of saffron. The 8th National Congress on Agricultural-Machinery Eng. (Biosystem) and mechanization. Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).

Woodson, W.E., Tillman, B., and Tillman, P.

www.SID.ir

Archive of SID

1992. Human factors design handbook: information and guidelines for the design of systems, facilities, equipment, and products for human use. New York: McGraw-Hill.

Yu, D. 2014. Application of human factors in surgery: studies on technique, displays, and performance. Doctoral dissertation, University of Michigan.

www.SID.ir

Archive of SID

Ergonomic evaluation of conventional saffron harvesting versus using a trolley

Mohammad Hossein Abbaspour-Fard[1], Hossein Yousefzadeh[2], Amin Azhari[3], Mohammad Ali Ebrahimi Nik[4] and Moein Haddadi-Moghaddam[5]*

Submitted: 18 December 2016 **Accepted:** 15 January 2018

Abbaspour-Fard, M.H., Yousefzadeh, H., Azhari, A., Ebrahimi Nik, M.A., and Haddadi Moghaddam, M. 2018. Ergonomic evaluation of conventional saffron harvesting versus using a trolley. Saffron Agronomy & Technology 6(2): 253- 267.

Abstract

Agriculture is an occupation in which the workers are prone to health problems, particularly musculoskeletal disorders. This job is one of the most strenous and most dangerous work activities with approximately 40% of the engaged population living in the developing countries. Iran is the world's largest producer of saffron (about 94% of the world production). Labour has the highest impact on the production of this crop. In this research, a kind of trolley is introduced in order to reduce the mechanical damages on the body of labors during saffron harvesting, and then the results are compared with traditional harvesting methods. In the experiments, the force and strength percent capability of 20 workers as saffron harvesters is evaluated using the 3DSSPP software. Two methods of saffron harvesting namely the traditional method with two common postures (half sitting and bowing) and harvesting while sitting on the trolley are considered. The different postures for the traditional harvesting methods and harvesting with the trolley were simulated and imported to the software. It was found that the most harm on the farmers occurs in their knees with half sitting. Evaluation of harvesting saffron with trolley showed that it results in the exertion of the least damage to farmers. However, harvesting with trolley exserts the most pressure on the back. However, the pressure is very little compared to half sitting and bowing postures. Hence this simple device is recommended for harvesting saffron.

Keywords: Human factors, Musculoskeletal, Fatigue, Trolley, Software 3DSSPP

1 - Professor Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
2 - MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
3 - Assistant Professor Department of Medical, Mashhad University of medical sciences
4 - Assistant Professor Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
5 - BS Student Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
(*-Corresponding author Email: abaspour@um.ac.ir)
DOI: 10.22048/jsat.2017.70506.1204

www.SID.ir