

رویکردی جدید در برداشت گردو به روش مکانیکی

نادر ساکنیان دهکردی^{*۱}

چکیده

یکی از مسائل مهم در برداشت گردو ضرورت وجود دستگاهی است که بتواند هزینه‌های اقتصادی و صدمات بدنی را کاهش دهد. برداشت گردو در ایران عملی است که هر ساله هزینه و صدمات بدنی زیادی دربر داشته است. بنابراین برای حل این مشکل ماشین ساده و جدیدی طراحی و ساخته شد. این دستگاه می‌تواند تا ارتفاع نه متری کار کند و به راحتی انرژی خود را از یک موتورسیکلت دریافت کند و به آسانی حتی در اراضی شیب‌دار کار کند. در مقایسه با روش‌های برداشت سنتی گردو این دستگاه دارای صرفه اقتصادی و ایمنی کافی است و نمونه مشابهی در ایران ندارد. ظرفیت و کارایی این ماشین با آزمایش شاخصه‌هایی همچون سرعت و ارتفاع کار در سطوح مختلف بررسی شد. تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد بین سطوح مختلف ارتفاع (کمتر از ۲، ۲ تا ۳/۵، ۳/۵ تا ۵ و ۵ تا ۶/۵ متر) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. کاربرد این دستگاه علاوه بر صرفه اقتصادی، می‌تواند برای کشاورزان و باغداران ایمنی لازم در برابر صدمات بدنی به وجود آورد. براساس این مطالعه این دستگاه برای برداشت آسان گردو می‌تواند استفاده قرار شود.

واژه‌های کلیدی: برداشت گردو، فراوری، گردو، ماشین.

ارجاع: ساکنیان دهکردی ن. ۱۳۹۴. رویکردی جدید در برداشت گردو به روش مکانیکی. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۱(۲): ۲۹-۲۱.

۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

^{*} نویسنده مسئول : sakenian@agr.sku.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۳۰

مقدمه

یکی از مشکلات عمده باغستان‌های گردو برداشت محصول گردو است که علاوه بر هزینه بالا و رنج و زحمت بسیار، همه ساله آسیب‌های بدنی بسیار به کارگران و کشاورزان وارد می‌کند.

وجود دستگاهی که بتواند در رفع مشکلات یاد شده، باغداران را یاری نماید، ضرورتی انکارناپذیر است. بنابراین دستگاه برداشت گردو طراحی و نمونه آن ساخته شد.

روش برداشت گردو، فاکتور بسیار مهمی در برداشت این محصول است. که بستگی به کارایی مکانیزه‌های دستگاه برداشت دارد. برخی روش‌های سنتی در برداشت گردو در ایران استفاده قرار می‌شوند که کارایی این روش‌ها برای باغداران با داشتن هزینه بالا، صرفه اقتصادی لازم را ندارد. برخی باغداران با چوب‌های باریک و بلند با ضربه زدن به شاخه‌های درختان، گردو را از شاخه‌ها جدا می‌کنند. این عمل سبب می‌شود که بسیاری از شاخه‌های درختان شکسته شوند و جوانه‌های میوه‌های سال آینده نیز از میان رفته و کاهش یابند. در این شیوه برداشت، با توجه به ارتفاع درختان گردو، کارگران به بالای شاخه‌ها می‌روند و با توجه به حفظ تعادل نمی‌توانند محصول را به خوبی از درخت جدا کنند و همیشه خطر سقوط از روی شاخه‌ها وجود داشته که در برخی موارد سبب صدمات بدنی جبران‌ناپذیری نیز می‌شود. در بررسی منابع مرتبط با ماشین‌های برداشت گردو، موناکارا و همکاران (۲۰۰۵) دو نوع شیوه جمع‌آوری محصول گردو را پس از جدا شدن از درخت بررسی کرد و نتیجه گرفت ماشین برداشت خود محرک مکنده همراه با تریلر، ۴ تن در هکتار و ماشین برداشت کششی همراه با تریلر، ۷ تن در هکتار جمع‌آوری محصول دارند. وی با بررسی فاکتورهای مختلف، بدون اشاره به روش جداسازی گردو از درخت، بیشترین بازده ماشین‌های مورد آزمایش خود را هنگام کار در باغاتی که سطح زمین آن‌ها با پوشش گیاهی مانند چمن پوشیده شده، گزارش کرده است. جمیز و همکاران (۲۰۰۸)، با بررسی تجربیات برداشت مکانیزه و کاربرد ماشین‌آلات برداشت گردو، توجه به مسائل فرهنگی را مستلزم استفاده از روش‌های مکانیکی در برداشت محصول عنوان کرده است. آلتین تاس و اوزکان (۲۰۰۸) در بررسی خواص فیزیکی گردو و سرعت فشرده سازی، آستانه آسیب‌رسانی به گردو را در سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه گزارش کرده

است. شریفیان (۲۰۰۸)، با تعیین اثرات رطوبت، سرعت بارگذاری و بررسی موقعیت نیروی تغییر شکل و انرژی جذب شده برای رسیدن به گسیختگی ابتدایی پوسته گردو بررسی‌هایی را انجام داد که در راستای عملیات پس از برداشت بود.

بنابراین وجود دستگاهی کارآمد که بتواند برداشت محصول گردو را آسان کند، به شدت مورد نیاز است. از سوی دیگر طراحی مطلوب برای ماشین برداشت، فاکتور مهمی در عملیات موفق‌آمیز برداشت است. بدین منظور بررسی‌ای انجام گرفت. این پروژه دارای دو بخش اصلی بود: بخش اول، طراحی ماشینی که در عملیات برداشت گردو، کارایی لازم را داشته باشد، بر این اساس نمونه‌ای از آن ساخته شد که نیروی محرک آن با موتورسیکلت تأمین می‌شد. در بخش دوم، عملیات ماشین در هنگام اجرا با شمارش گردوهای جدا شده با ماشین در مدت یک زمان مشخص و در شرایط مختلف مقایسه و ارزیابی شد. و در نهایت به این سؤال که آیا دستگاه از نظر ایمنی و اقتصادی اطمینان بخش است یا نه؟، پاسخ داده شد.

در این مورد اشاره و زمینه لزوم پژوهش مورد نظر تشریح شود و هدف این مطالعه حاضر مشخص شد.

مواد و روش‌ها

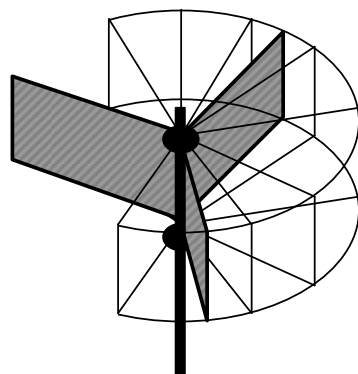
عملیات و طراحی دستگاه

دستگاه براساس انتقال قدرت از یک موتورسیکلت طراحی شده است. طرح‌واره این ماشین در شکل ۱، نشان داده شده است. کاربرد این دستگاه بسیار آسان می‌باشد؛ واحد گیرنده قدرت متشکل از دو غلطک استوانه‌ای است که با چرخ عقب یک موتورسیکلت به کار می‌افتد (شکل ۲). چرخ عقب موتورسیکلت روی استوانه‌ها قرار داده می‌شود. استفاده از موتورسیکلت برای ایجاد قدرت لازم یکی از ویژگی‌های خاص این دستگاه است. زمانی که موتورسیکلت کار می‌کند، سبب چرخش استوانه‌ها شده و گشتاور از چرخ موتورسیکلت به واحد کلاچ ایمنی و از طریق کابل انعطاف‌پذیر به پروانه لاستیکی منتقل و آن را به چرخش در می‌آورد. پروانه بر انتهای یک دیرک نصب شده است. ارتفاع آن می‌تواند با اضافه کردن طول دیرک تغییر کند. پره‌های پروانه به گردوهای آماده برداشت روی شاخه ضربه زده و گردو پایین می‌افتد. سرعت موتور را می‌توان با کمک کنترل‌کننده سرعت، برای یک محدوده مناسب

سرعت تنظیم کرد.

توان مورد نیاز

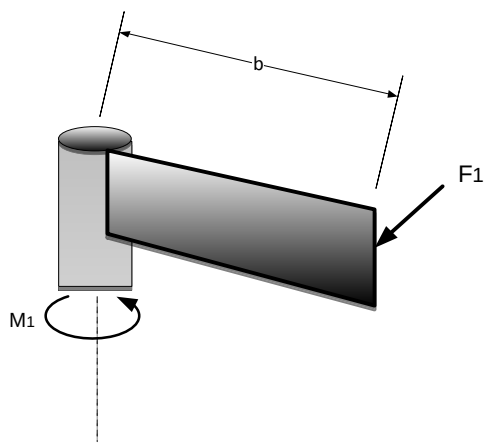
پره‌ها و نصب آن‌ها روی پروانه براساس شکل ۴، خواهد بود، به دلیل آنکه گردو بتواند بین پره‌ها قرار گیرد، تعداد آن‌ها سه عدد انتخاب شد.



شکل ۴- طرح‌واره پروانه

زمان برخورد پروانه با محصول گردو، که از جنس لاستیک فشرده تقویت شده با رشته‌های نخ (Compressed rubber) انتخاب شده‌اند، یک پره درگیر خواهد شد. جنس پره‌ها دارای انعطاف لازم بوده و هنگام برخورد با شاخه‌های درخت آن‌ها را زخمی نمی‌کند.

اگر براساس شکل ۵، نیروی وارد بر یک پره پروانه برابر F_1 و طول پره برابر b باشد،



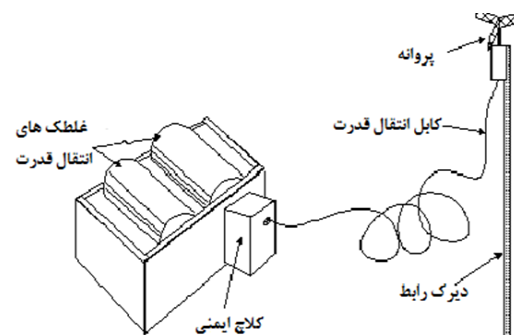
شکل ۵- نیروی وارد بر پره

آنگاه خواهیم داشت:

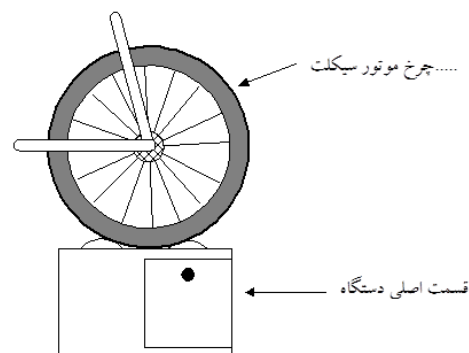
$$M_1 = b \times F_1 \quad (1)$$

با توجه به اصطکاک داخلی مفتول انعطاف‌پذیر با سطح داخلی کابل رابط، می‌توان نوشت:

$$M_b = M_1 + M_2 \quad (2)$$



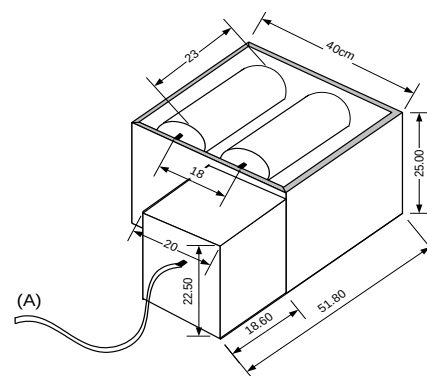
شکل ۱- قسمت‌های مختلف دستگاه



شکل ۲- موقعیت چرخ موتورسیکلت روی دستگاه

طراحی و ساخت دستگاه

قسمت‌های مختلف این دستگاه، گیرنده قدرت، کلاچ ایمنی، کابل انعطاف‌پذیر برای انتقال گشتاور، پروانه و پره‌های لاستیکی هستند. برخی خصوصیات مهم دستگاه و محاسبات تئوریک مربوطه به تفصیل توضیح داده می‌شود. ابعاد دستگاه، با توجه به ویژگی‌های مورد نیاز، از جمله امکان حمل و نقل و سهولت کاربرد و ابعاد موتور سیکلت‌های معمول براساس شکل ۳، پیشنهاد شد.



شکل ۳- ابعاد دستگاه

$$M_w = M_c \times \frac{R}{r} \quad (۷)$$

که می‌توان نوشت:

$$M_w = 1.22(b \times F_1 + M_2) \times \frac{R}{r} \quad (۸)$$

نیروی لازم برای جدا کردن یک گردو از شاخه درخت، در زمان‌های مختلف برداشت، تفاوت دارد؛ کمترین مقدار در هنگامی است که میوه گردو به طور کامل رسیده باشد. ولی چون به طور معمول کشاورزان آن را زودتر از وقت برداشت می‌کنند، باید مقدار نیروی بیشتری را نسبت به زمان رسیدگی میوه در نظر گرفت. و این نیرو براساس یافته‌های بیاتی در موارد مشابه که تنش برشی را در محدوده ۲/۵ تا ۱۰ مگاپاسکال به دست آوردند (بیاتی، ۱۳۸۴)، نیروی لازم را بین ۵ تا ۱۰ نیوتن می‌توان در نظر گرفت.

جدول ۱- اندازه‌های کاربردی

اندازه	پارامتر
۱۲۰ mm	طول پره
۱۰-۵ N	نیروی وارد بر پره
۰/۳ Nm	گشتاور داخلی میله رابط
۶۲ mm	شعاع استوانه اصلی
۳۶۰ mm	شعاع چرخ موتور سیکلت

با در نظر گرفتن مقادیر جدول ۱، برای گشتاور مورد نیاز خواهیم داشت:

$$M_w = 1.22(120 \times 10^{-3} \times 5 + 0.3) \times \frac{360 \times 10^{-3}}{62 \times 10^{-3}} = 6.375 \text{ Nm} \quad (۹)$$

می‌توان توان را در دوره‌های مورد نیاز ماشین محاسبه کرد:

$$P = M_w \times \omega = M_w \times \frac{2\pi n}{60} \quad (۱۰)$$

توان حداقل برای دور ۳۳۰ دور در دقیقه خواهیم بود:

$$P = 6.375 \times \frac{2 \times 3.14 \times 330}{60} = 220.2 \text{ W} \quad (۱۱)$$

و توان حد اکثر برای ۶۳۰ دور در دقیقه می‌شود:

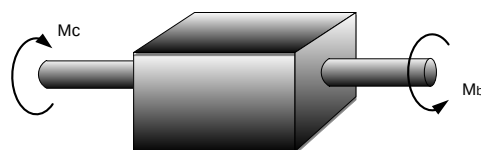
$$P = 6.375 \times \frac{2 \times 3.14 \times 630}{60} = 420.36 \text{ W} \quad (۱۲)$$

و با در نظر گرفتن ۱۰ نیوتن، مقادیر ۳۳۶/۸۱ و ۷۰۰/۲۸ وات به دست می‌آید.

با توجه به ویژگی‌های موتور سیکلت‌های معمول و براساس کاتالوگ کارخانه سازنده در بازار با خصوصیات زیر:

$$M_b = b \times F_1 + M_2 \quad (۳)$$

که M_2 ، گشتاور مقاوم ناشی از اصطکاک است.



شکل ۶- گشتاور ورودی و خروجی

اگر ۱۰٪ ضریب اطمینان را نیز اضافه کنیم، برای گشتاور مورد نیاز خواهیم داشت:

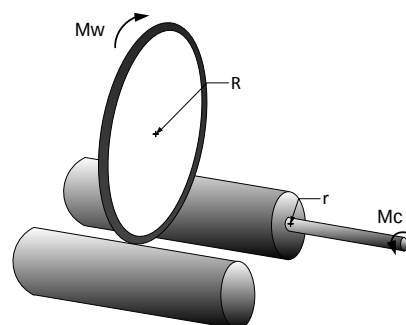
$$M_b = 1.1 \times (b \times F_1 + M_2) \quad (۴)$$

با توجه به سامانه کلاچ و گشتاورهای ورودی و خروجی (شکل ۶)، با در نظر گرفتن گشتاورها با احتساب راندمان ۹۰٪ در خروجی می‌توان، گشتاور ورودی M_c را برآورد کرد:

$$M_b = \eta \times M_c \quad (۵)$$

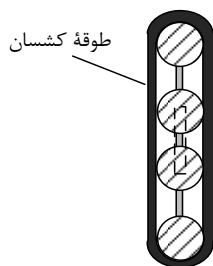
$$M_c = \frac{M_b}{0.9} = \frac{1.1 \times (b \times F_1 + M_2)}{0.9} = \frac{1.22(b \times F_1 + M_2)}{0.9} \quad (۶)$$

این گشتاور بر محور ورودی سامانه کلاچ که با محور استوانه اصلی دستگاه که با چرخ موتورسیکلت در تماس است، وارد می‌شود؛ به دلیل هم‌محور بودن، گشتاور مؤثر بر استوانه اصلی نیز با گشتاور ورودی برابر است. توضیح این مطلب ضروری است که چون نیروی اصطکاک بین چرخ موتور و استوانه‌ها از تأثیر وزن موتورسیکلت بر محل تماس ایجاد می‌شود به دلیل کم بودن لغزش، نقش مؤثری در مقدار گشتاور نداشته و بی‌تأثیر فرض می‌شود. بنابراین اگر شعاع استوانه اصلی r و شعاع چرخ موتورسیکلت R باشد، گشتاور لازم بر چرخ موتور سیکلت، M_w براساس شکل ۷، می‌شود:

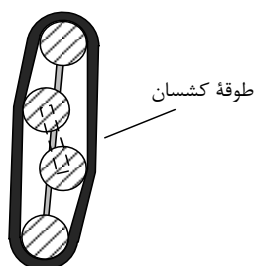


شکل ۷- انتقال حرکت از چرخ به استوانه‌ها

در هنگام عملیات یکی از دو وضعیت براساس شکل ۱۰، ممکن است اتفاق بیفتد:



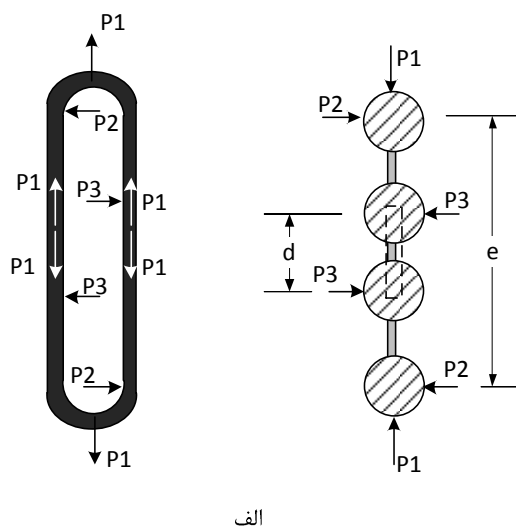
الف ۱- وقتی که گشتاور خروجی مساوی و کمتر از گشتاور ورودی است (هنگام چرخش پروانه)



ب ۱- وقتی که گشتاور خروجی بیشتر از گشتاور ورودی است (هنگام گیر کردن پروانه)

شکل ۱۰- وضعیت چرخش پروانه

اگر گشتاور خروجی با گشتاور ورودی برابر و یا کمتر از آن باشد، پروانه در حال چرخش به کار خود ادامه می‌دهد. و نمودار آزاد نیروها براساس شکل‌های ۱۱ و ۱۲، خواهد بود:



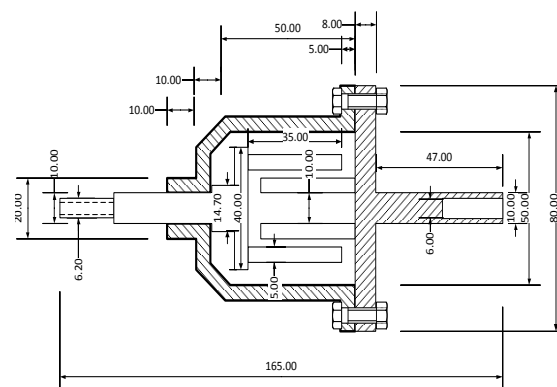
الف

شکل ۱۱- نمودار نیروها در وضعیت (الف)

توان موتور ۷/۴۳ کیلووات در دور ۸۵۲۰ دور در دقیقه، با مصرف ۲/۱ لیتر بنزین در هر ۱۰۰ کیلومتر پیشروی. گشتاور با توجه به توان موتور در دور حد اکثر کار دستگاه یعنی ۶۳۰ دور در دقیقه خواهد بود:

$$M = \frac{7430 \times 60}{2 \times 3.14 \times 630} = 112.67 \text{ Nm} \quad (13)$$

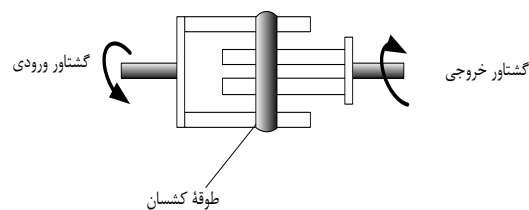
این مقدار بیش از ۱۱ برابر نیاز دستگاه است و افزودن بر مقادیر طراحی است (over design). با این توضیح که برای دورهای پایین‌تر، گشتاور خروجی موتورسیکلت بسیار بالاتر از نیاز دستگاه است.



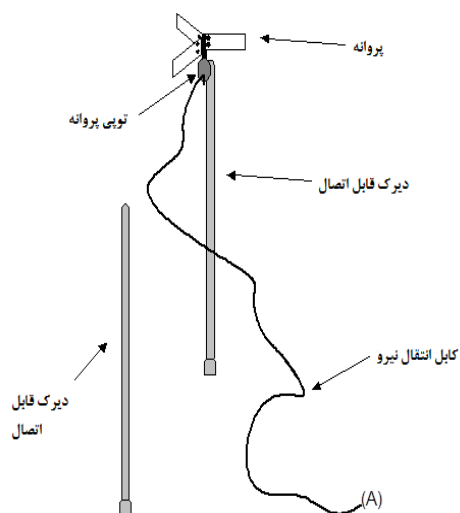
شکل ۸- برش مقطع سامانه کلاچ ساخته شده

سامانه کلاچ ایمنی

یکی دیگر از قسمت‌های دستگاه، سامانه کلاچ است. سامانه کلاچ در مواقعی که پروانه به هر دلیلی در لابلای شاخه‌های درخت گیر کند، دستگاه را از آسیب احتمالی محافظت می‌کند. به عبارت دیگر در هنگام درگیری پروانه، امکان قطع شدن ارتباط پروانه از منبع حرکت را به طور موقت فراهم می‌کند و پس از رها شدن پروانه، دوباره به چرخیدن ادامه می‌دهد. شکل ۸، مقطع سامانه کلاچ ایمنی را نشان می‌دهد. انتقال گشتاور، براساس شکل ۹ است:



شکل ۹- انتقال گشتاور



شکل ۱۳- اتصال دیرک

عملیات برداشت

پس از ساخت دستگاه عملیات آزمون دستگاه با انجام آزمون فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در اواخر مهر ماه در یکی از باغات گردو انجام شد. در این آزمون فاکتورهای زیر بررسی شد:

فاکتور ارتفاع (A) در چهار سطح براساس جدول ۲، در نظر گرفته شد.

جدول ۲- سطوح فاکتور ارتفاع

سطوح فاکتور	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁
مقادیر سطوح (متر)	۶/۵-۵	۵-۳/۵	۲-۳/۵	۲ تا

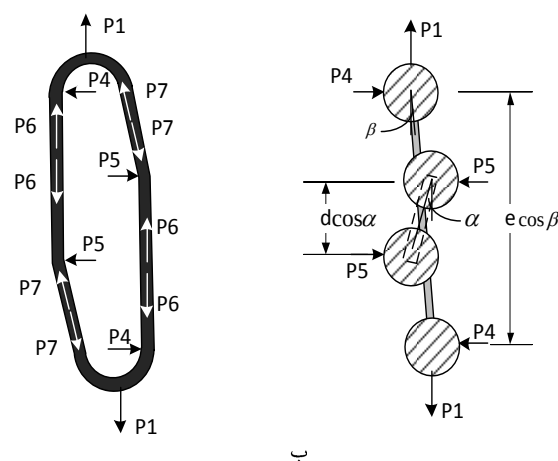
فاکتور سرعت چرخش پروانه (B) در سه سطح براساس جدول ۳، در نظر گرفته شد.

جدول ۳- سطوح فاکتور سرعت چرخش پروانه

سطوح فاکتور	B ₃	B ₂	B ₁
مقادیر سطوح (rpm)	۶۰۰-۶۳۰	۴۵۰-۴۸۰	۳۰۰-۳۳۰

نصب موتورسیکلت روی دستگاه با نصب پایه‌های نگه دارنده انجام شد. و اطمینان از ایمنی دستگاه در موقع کار به دست آمد. چگونگی رها شدن گردو و نصب موتورسیکلت روی دستگاه به ترتیب در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ نشان داده شده‌اند.

در هر مرحله با تغییر طول دیرک، ارتفاع‌های مورد نیاز تأمین شد. و برای سرعت‌های مورد آزمون با تغییر دور موتور و در نتیجه سرعت دورانی چرخ موتورسیکلت با



شکل ۱۲- نمودار نیروها در وضعیت (ب)

برای تعادل گشتاور خواهیم داشت:

$$P_2 \times e = P_3 \times d \quad (14)$$

و هنگامی که پروانه گیر کند، یعنی:

$$P_2 \times e < P_3 \times d \quad (15)$$

شود، وضعیت براساس شکل ۱۲، می‌شود.

از تعادل نیروها خواهیم داشت:

$$P_4 \times e \cos \beta - P_5 \times d \cos \alpha + P_1 \times e \sin \beta = 0 \quad (16)$$

مقادیر نیروها بسته به کشش طوقه کشان دارد و زاویه‌های α و β در هر دور، بین صفر تا ۹۰ درجه متغیر هستند که حداکثر و حداقلی خواهند داشت که با اندازه کشش طوقه قابل محاسبه خواهد بود. ولی در هر صورت موقعی چرخش پروانه اتفاق می‌افتد که:

$$P_2 \times e \geq P_3 \times d \quad (17)$$

باشد.

دیرک و کابل انتقال نیرو

دیرک براساس شکل ۱۳، از لوله‌های سبک آلومینیمی در قطعاتی که قابل اتصال به یکدیگر هستند ساخته شده است. کابل انتقال نیرو انعطاف‌پذیر با توجه به ارتفاع نهایی ۹ متر و با قدرت انتقال گشتاور محاسبه شده در بخش عملیات و طراحی دستگاه، در نظر گرفته شد.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بین میانگین‌های تمام سطوح ارتفاع تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۴- آنالیز واریانس مقادیر متغیرها

منابع	درجه آزادی	مربع میانگین	F
تکرار	۳	۱۵۳۹۲/۲۲۷	۱/۵۲۷
ارتفاع (A)	۳	۱۳۱۰۸۸۱/۵۴۷*	۱۳۰/۰۱۲
سرعت (B)	۲	۳۵۹/۹۴۳	۰/۰۳۶
A×B	۶	۲۲۶۴۱/۵۲۶	۲/۲۴۶
خطا	۳۳	۱۰۰۸۲/۷۵۸	
جمع	۴۸		

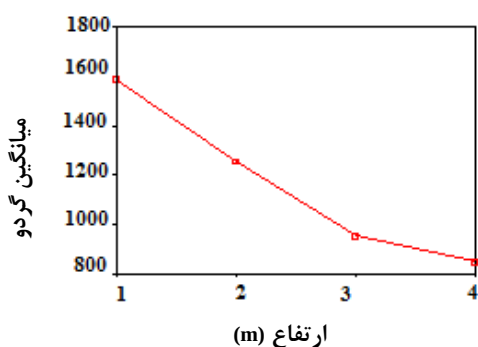
* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

جدول ۵- مقایسه میانگین‌ها در اثر متغیر ارتفاع (آزمون LSD).

ارتفاع (I)	ارتفاع (J)	اختلاف میانگین‌ها (I-J)
	A ₂	۳۳۱/۰۴*
A ₁	A ₃	۶۳۰/۲۹*
	A ₄	۷۳۵/۰۴*
	A ₁	-۳۳۱/۰۴*
A ₂	A ₃	۲۹۹/۲۵*
	A ₄	۴۰۴/۰۰*
	A ₁	-۶۳۰/۲۹*
A ₃	A ₂	-۲۹۹/۲۵*
	A ₄	۱۰۴/۷۵*
	A ₁	-۷۳۵/۰۴*
A ₄	A ₂	۴۰۴/۰۰*
	A ₃	-۱۰۴/۷۵*

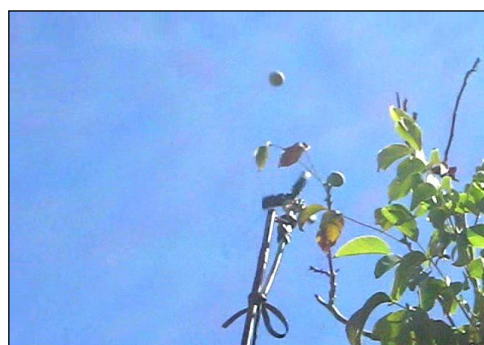
* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

شکل‌های ۱۶ و ۱۷ برآورد میانگین‌ها در اثرات اصلی ارتفاع و سرعت چرخش را نشان می‌دهند. بین اثرات سطوح سرعت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.



شکل ۱۶- برآورد میانگین‌ها در اثر ارتفاع

اندازه‌گیری‌های لازم روی محور خروجی کلاچ با اندازه‌گیری دور با دورسنج مدل testo 470 ساخت شرکت تستو آلمان، محدوده سرعت‌های مورد اشاره به دست آمد. در مجموع ۱۲ مشاهده در هر بلوک و با چهار تکرار یعنی ۴۸ مشاهده مورد بررسی شدند. تعداد گردوهای رها شده توسط ماشین در مدت زمان مساوی به‌عنوان مقادیر هر مشاهده اندازه‌گیری شد. مقادیر به دست آمده با نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل آماری شدند و نتایج به دست آمد.



شکل ۱۴- رها شدن گردو



شکل ۱۵- نصب موتور سیکلت

نتایج و بحث

پس از اندازه‌گیری و شمارش گردوهای رها شده، تعداد گردو در هر مشاهده مشخص شد سپس با نرم‌افزار SPSS، آنالیز واریانس مقادیر مشاهده‌ها براساس جدول ۴، به دست آمد.

براساس جدول تجزیه واریانس، بین میانگین‌های مقادیر برآورد شده ناشی از اثر ارتفاع، تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ ولی بین میانگین‌های ناشی از اثر سرعت، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

با استفاده از آزمون LSD میانگین‌های اثر ارتفاع ارزیابی و مقایسه شدند که نتایج براساس جدول ۵، به دست آمد.

نتیجه گیری

به طور خلاصه نتایج نشان می‌دهد که محدوده سرعت‌های انتخاب شده در چرخش پروانه با توجه به گشتاور پیش‌بینی شده تأثیر زیادی در عملیات دستگاه ندارد. با این حال عملکرد دستگاه در باغ گردو بستگی به توانایی و چابکی کاربران دارد که یک پارامتر مؤثر در عملیات برداشت است.

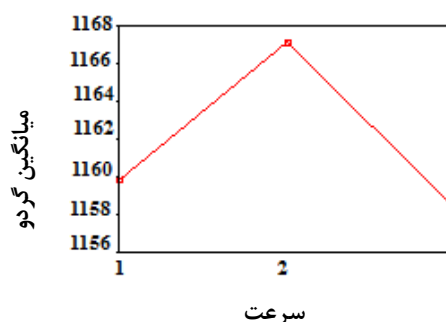
همچنین نتایج حاصل از بررسی نشان می‌دهد که افزایش ارتفاع در میزان ریزش و رها شدن گردو مؤثر است و این امر بسیار مهم خواهد بود. به کارگیری دستگاه نشان داد که نصب و راه‌اندازی آن ساده بوده و نیروی محرکه آن به سادگی در دسترس باغ‌داران است. به کارگیری دستگاه در باغات با سطوح شیب دار به آسانی ممکن است. بر اساس آزمایش‌های انجام شده و براساس مشاهدات هنگام به کارگیری، از دیگر ویژگی‌های مهم این دستگاه می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- نیاز به انرژی کمی دارد.
- به یک نفر کاربر نیاز دارد.
- تعمیرات آن به سادگی میسر است.
- سبب آسیب رساندن به درختان نمی‌شود.
- هیچ‌گونه آسیب بدنی برای کاربران نخواهد داشت.

پیشنهادهای

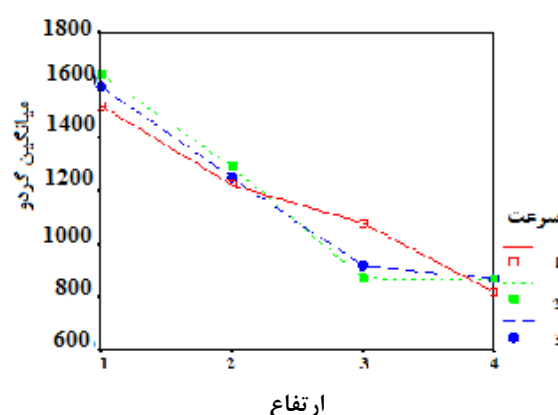
از مواردی که هنگام کاربرد دستگاه قابل ذکر است آن است که نیازمند توجه و صرف حوصله و دقت کافی است و در برداشت گردوهای نارس ممکن است بازده مورد انتظار را نداشته باشد. این امر می‌تواند به طور جداگانه بررسی شود.

برای کارایی بهتر، با افزایش گشتاور خروجی و با سرعت‌های افزون‌تر، همچنین کابل انتقال گشتاور قوی‌تر بازده دستگاه بررسی شود.



شکل ۱۷- برآورد میانگین‌ها در اثر سرعت چرخش

شکل ۱۸، اثر متقابل بین متغیرهای ارتفاع و سرعت چرخش را نشان می‌دهد؛ بر اساس نتایج نشان داده شده در جدول واریانس، بین سطوح مختلف اثرات متقابل تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.



شکل ۱۸- اثر متقابل بین متغیرهای ارتفاع × سرعت چرخش

نتایج همچنان نشان داد که میزان مصرف سوخت موتورسیکلت هنگام کار، با معادل‌سازی دور با مقدار پیشروی موتورسیکلت در شرایط جاده براساس اطلاعات کارخانه سازنده، به طور تقریبی ۲ لیتر در ساعت است. میزان هزینه ساخت یک دستگاه با توجه به هزینه‌های نمونه ساخته شده نیز به طور تقریبی ۵ میلیون ریال برآورد می‌شود و امکان ساخت کلیه قطعات در کشور وجود دارد. از سوی دیگر این دستگاه صدمات بدنی برای کاربران نخواهد داشت و به سادگی با یک نفر روی زمین به کار گرفته می‌شود.

منابع

۱. بیاتی ب. ۱۳۸۴. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، ۶۱ ص.
2. Altauntas E. and Ozkan Y. 2008. Physical and mechanical properties of some walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. International journal of food engineering, 4(4): 1-16.

3. James E. Jones Rita Mueller and Van Sambeek JW. 2008. Nut Production Handbook for Eastern Black Walnut. Southwest Missouri Resources. Conservation & Development (RC&D). Inc, 3 p.
4. Monraca D. Cecchini M. Antonelli D. 2005. Modern machines for walnut harvesting. ISHS Acta Horticulturae 705. V International Walnut Symposium. pp. 505-514.
5. Robert L. Norton. 1992. Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms an Machines. McGraw-Hill Book Inc, 924 p.
6. Sharifian F. Hadad Derafshi MA. 2008. Mechanical behavior of walnut under cracking condition. Journal of Applied Sciences. 8 (5): 886-890.