طرح ماشین جمع آوری سیب زمینی - بخش اول : طراحی و ساخت و ارزیابی

علی عادلخانی[۱] ، رضا علیمردانی[۲] و حجت احمدی[۲]
کارشناس ارشد و دانشیار رشته مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران

۱- چکیده:

تولید سیب زمینی جایگاه ویژه ای در بخش کشاورزی کشور ما دارد. شاید بتوان ادعا کرد اهمیت مسئله برداشت این محصول از کشت آن نیز بیشتر می باشد. در کشورهای پیشرفته از روش تمام مکانیزه برای برداشت این محصول استفاده می شود ولی در حال حاضر برداشت این محصول در ایران به صورت دستی و نیمه مکانیزه انجام می شود که دستگاه سیب زمینی کن محصول را از زیر خاک بیرون می آورد و توسط کارگران جمع آوری می شود. در کشور ما به دلیل سنگلاخی و کلوخه ای بودن بافت خاک ها و نبود ماشین های فرآوری خاک، استفاده از ماشین های برداشت بخصوص کمباین های سیب زمینی گران قیمت میسر نمی باشد. بنابراین ساخت ماشین مناسبی برای خاک های ایران ضروری است. در این راستا ماشین های مختلفی برای برداشت این محصول طراحی و ساخته شده است. در این پروژه مطالعات بر روی طراحی و ساخت ماشینی انجام شده که کار جمع آوری محصول را انجام می دهد. تمامی قطعات دستگاه توسط نرم افزار CATIA مدل شده است. ماشین ساخته شده شامل دماغه بردارنده، نقاله، سینی جدا کننده، مخزن، جعبه دنده، محورها و تسمه ها و یاتاقان هاست. دماغه ماشین طراحی شده شامل یک تیغه و یک چرخ و فلک می باشد. هنگامیکه تیغه به جلو حرکت می کند به کمک چرخ و فلک سیب زمینی ها را از روی زمین جمع می کند و آن ها را به نقاله بالا برنده تحویل می دهد. نقاله محصول را روی یک سینی جدا کننده می ریزد. سنگ و کلوخ هابه وسیله دو کارگر جدا شده و سیب زمینی ها به داخل مخزن می لغزند. ظرفیت مزرعه ای دستگاه در بازده مزرعه ای ٦٠ درصد ۰/۲٤ هکتار در ساعت و توان مورد نیاز آن، برای حرکت و راه اندازی در شیب ۱۰درصد ۲٦/۷۰۸ کیلووات است که دستگاه قابلیت استفاده با همه تراکتورهای موجود در کشور را دارا می باشد. با استفاده از این ماشین نیاز به ۱۲ کارگر برای هر هکتار کاهش یافته که بطور قابل ملاحظه ای در تعداد کارگر مورد نیاز برای جمع آوری محصول صرفه جویی می شود.

کلمات کلیدی : سیب زمینی،کمباین سیب زمینی، ظرفیت مزرعه ای

۲- مقدمه

امروزه سیب زمینی یکی از با ارزش ترین مواد غذایی محسوب می شود. در جهان سالانه ۲۰ میلیون هکتار زمین زیر کشت سیب زمینی می رود و تولید سالانه آن ۲۸۰ میلیون تن است که بعد از گندم، برنج و ذرت چهارمین محصول عمده در دنیاست. علاوه بر مصرف غذایی، این محصول جهت تهیه بیش از ۵۰ نوع فرآورده شامل نشاسته، آرد، نان، چسب، الکل، وسایل آرایشی، شیرینی، کنسرو، چیپس، گلوکز و ... استفاده می شود. مکانیزه کردن زراعت

این محصول می تواند یک راه حل مناسب برای کاهش هزینه های تولید باشد(Hoseini Tavana,2006). دو عامل زیر به عنوان مهمترین معضلات برداشت، مد نظر می باشد:

۱- هزینه کارگری : به دلیل کمبود کارگر در فصل برداشت تعیین هزینه روزانه با خود کارگران است تا تولید کننده، بطوری که اگر برای هر هکتار ۱۲ کارگر مورد نیاز باشد و دستمزد هر کارگر۱۵۰۰۰ تومان باشد، برای هر هکتار۱۸۰۰۰۰ تومان هزینه می شود. ۲- محدودیت زمان برداشت : از آنجائیکه سیب زمینی را در پایان فصل گرما و شروع فصول سرما و یخبندان برداشت می نمایند، مدت زمان برداشت محدود می باشد.

در سال ۱۹٦۵ سیب زمینی جمع کنی توسط پائول ساخته شد که شامل یک نقاله اصلی از جلو تا انتهای دستگاه می باشد و توسط یک نقاله کوچکتر به تیغه متصل شده است. تیغه سطحی را به وجود می آورد که با خاک در تماس است و خاک را به نقاله کوچکتر هدایت کرده به طوری که محصول بعد از حرکت روی تیغه روی نقاله کوچکتر ریخته شده و تا رسیدن به نقاله اصلی حمل می شود(Us pto1965). سیب زمینی جمع کن ساخته شده توسط کیت و هیلز در سال ۱۹۸۰ شامل یک قسمت بردارنده است که قسمت بردارنده این دستگاه شامل یک شانه و یک غلتک می باشد که روی محیط خود تعدادی دندانه ردیفی دارد. یک محافظ در قسمت پشتی غلتک بالا برنده تعبیه شده است که شامل دو میله و یک قاب خمیده می باشد. دندانه ها موجب بالا رفتن سیب زمینی ها از روی شانه می شوند Us (pto1980). ویلیام مرهات در سال ۱۹۹۵سیب زمینی جمع کنی را ساخت که قسمت بردارنده این دستگاه از تعدادی انگشتی تشکیل شده و سیب زمینی ها را از روی زمین جمع می کند. دندانه ها به تعداد کافی روی هر ردیف از محورهای زنجیر وجود دارند،طوری که سیب زمینی های کوچک و خراب می‌توانند از لابه لای آنها عبور کنند و روی خاک بریزند. دندانه های انتهایی در هر ردیف به یک صفحه وصل شده اند که نقش این صفحه حفاظت از نوک انگشتی ها است. هر یک از این ردیف انگشتی ها به یک اهرم بازویی متصل هستند که این اهرم ها منجر به حرکت بادامکی دندانه ها می شوند بطوری که دندانه ها در قسمت پائین نقاله باز می شوند(Us pto1995). با توجه به مکانیزم پیچیده سیب زمینی جمع کن های قبلی و اینکه اکثر مزارع کشت سیب زمینی در ایران کوچک می باشند و کمباین های ساخت خارج به دلیل ناسازگاری با شرایط خاک ایران و گران قیمت بودن قابل استفاده نمی باشند و تاکنون دستگاهی مبنی بر جمع آوری سیب زمینی در ایران گزارش نشده است، لذا در این پژوهش هدف، طراحی و ساخت مکانیزمی برای جمع آوری و تخلیه سیب زمینی به داخل مخزن دستگاه بود. که برای تحقق آن اقدام به طراحی و ساخت این ماشین شد.

۳- مواد و روش ها

۳-۱ طراحی و ساخت دستگاه

پس از مطالعه منابع موجود و با رعایت اصول اساسی در طراحی، مدل کامپیوتری دستگاه مورد نظر توسط نرم افزار *CATIA* تهیه و ساخت دستگاه آغاز گردید. ماشین های زیادی در جهان وجود دارند که از تیغه و پروانه جهت انجام عملیات برداشتاستفاده می کنند(Hoseini Tavana,2006). با تغییراتی در ساختار این ماشین ها می توان آن ها را برای جمع آوری محصولات مختلف استفاده کرد. به عنوان مثال ماشین های جمع آوری پیاز از همین مکانیزم برای جمع آوری بهره جسته اند. طرح های مختلفی در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته اند، طرح نهایی ساخته شده بصورتی است که بعد از دستگاه سیب زمینی کن حرکت کرده و با بهره گرفتن از یک چرخ و فلک و تیغه

محصول را جمع آوری می کند(شکل ۱). سطح تیغه طوری ساخته شده است که خاک ها و مواد اضافی دیگر می توانند از لابه لای آن پایین بریزند. همانطور که در شکل۱ مشاهده می شود، دستگاه شامل شاسی، تیغه، پروانه، مکانیزم های تنظیم، سینی تخلیه، مخزن، چرخ ها، تسمه ها و سامانه انتقال توان دورانی و مالبندی می باشد. مواد بعد از هدایت شدن روی تیغه (توسط پروانه)، به نقاله بالا برنده تحویل داده می شوند. سطح نقاله سوراخ دار در نظر گرفته شده است تا خاک های بالا آمده از بین سوراخ ها روی زمین بریزند. نقاله مواد را روی سینی تخلیه می ریزد. سینی طوری طراحی شده است که دو کارگر می توانند همزمان با ریخته شدن سیب زمینی ها آن ها را تقسیم بندی کنند یا مواد اضافی را از بین آن ها بردارند. سینی شیب دار تنظیم شده تا غده ها در اثر نیروی وزن خود به داخل مخزن بلغزند. البته لازم به ذکر است که مکانیزم ذکر شده با در نظر گرفتن پارامترهایی مانند مقبولیت، سادگی، ارزانی، عمر مفید، سادگی تنظیمات و تعمیرات و چندین عامل دیگر از بین چند مکانیزم انتخاب و ساخته شد.

شکل(۱):تصویردستگاه سیب زمینی جمع کن ساخته شده

۳-۲ محاسبات دستگاه

شاسی دستگاه طوری طراحی شده است که عرض آن مناسب ردیف های کاشت سیب زمینی و جاده های ایران باشد تا برای حمل و نقل دستگاه و برداشت محصول مشکلی پیش نیاید. طول شاسی ۳/۵۰ متر و عرض آن ۱/٤۰ متر است. مهمترین بخش دستگاه قسمت دماغه آن می باشد. به منظور تامین توان برای حرکت، نقاله و چرخ و فلک از پی تی او تراکتور استفاده می شود و نیروی محرکه دستگاه، توسط تسمه و پولی از تراکتور گرفته می شود. انتقال توان به نحوی است که محور توان دهی تراکتور به یک جعبه دنده با نسبت ورودی به خروجی ۱:۱ متصل می شود و توان از جعبه دنده توسط تسمه و پولی به نقاله و چرخ و فلک منتقل می شود. لازم به ذکر است که با محاسبه مقاومت غلتشی چرخ ها، توان لازم برای کشیدن و به گردش درآوردن اجزای دستگاه ۲٦/۷۰۸ کیلووات بدست آمد.

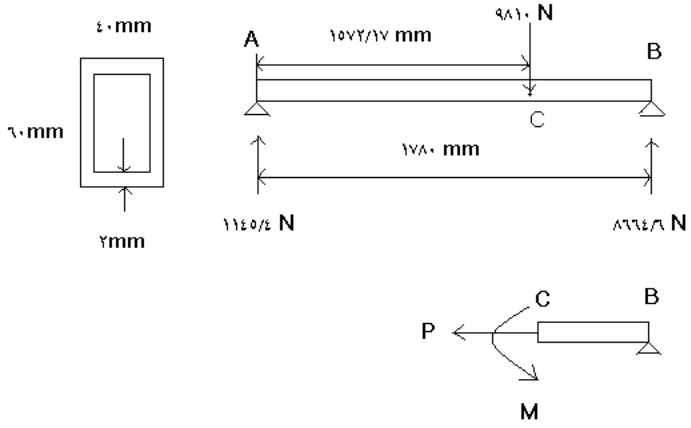
۳-۳ استحکام کششی شاسی

با توجه به مرکز ثقل دستگاه (نقطه c)، نسبت به چرخ های جلو (نقطه A) و چرخ های عقب (نقطـه B) و وزن کل دستگاه که به مرکز ثقل وارد می شود(شکل۲)، عکس العمل چرخ ها که همان تکیه گاه های تیر نشان داده شده در شکل ۲ هستند، بدست می آید. با داشتن سطح مقطع شاسی مقادیر I(گشتاور سطح) و A(سطح مقطـع) بترتیـب $۰/۱۹ \times ۱۰^{-۶}\ m^{۴}$ و $۳۸٤ \times ۱۰^{-٤}\ m^{۲}$ بدست آمد. از آنجا که نیروی کششی به کل شاسی وارد می شود و محاسـبات اسـتحکام کششـی بـرای یـک طـرف شاسـی اسـت، پـس نیـروی کششـی کـل را بایـد بـر دو تقسـیم نمـود.

$$M = ۱۱٤٥/٤ \times ۱۵۷۲/۱۷ = ۱۸۰۱/٤\ N.m$$

$$\delta_{max} = \frac{MC}{I} \pm \frac{P}{A} \quad (۱$$

در نتیجه با جایگذاری مقادیر بالا در رابطه ۱ بیشینه تنش کششی ۲۸٤/۱۹٦ MPa بدست آمد. استحکام کششی آهن ۹۰-٦۰Mpa است(Badiee,1986).در نتیجه شاسی گسیخته می شود. برای جلوگیری از شکست شاسی، دو طرف قوطی بکار رفته در ساخت شاسی، توسط تسمه ای به ارتفاع ۸۰mm و ضخامت ۱۰mm تقویت شد که مقادیر I و A بترتیب به $۱/۰٤ \times ۱۰^{-٦}\ m^{٤}$ و $۱۲۸٤ \times ۱۰^{-٤}\ m^{۲}$ تغییر یافتند. در نتیجه بیشینه تنش کششی شاسی ۵۲ MPa می شود که از کمترین مقدار استحکام کششی آهن کمتر می باشد.



شکل(۲):نمای برش زده شاسی دستگاه

۳-٤ ظرفیت انتقال مواد چرخ و فلک

با توجه به این موضوع که تعداد پره های چرخ و فلک شش عدد می باشد لذا زاویه بین آنها ٦۰ درجه است و با توجه به اینکه شعاع موثر چرخ و فلک ۰/۲۳ متر است. بنابراین طول کمانی که هر پره طی می کنـد ۰/۲٤ متـر است و از ضرب آن در سرعت پیشروی و قطر متوسط غده ها مقدار حجمی که در هر ثانیه توسط پروانه منتقل می شود بدست می آید. لازم به ذکر است که با توجه به استفاده بیشتر از مقدار توصیه شده کود شیمیایی، توسط مراکـز خدمات کشاورزی و مطالعات میدانی صورت گرفته در مزارع برداشت سیب زمینی قطر متوسط پنج سانتیمتر بـرای استقرار سیب زمینی روی تیغه در نظر گرفته شد(Mousazadeh,2005).

$$۱/۱۱\ m/s \times ۰/۲٤\ m \times ۰/۰۵\ m = ۰/۰۱۳\ m^{۳}/s$$
$$۰/۰۱۳\ m^{۳}/s \times ٦٤۱\ kg/m^{۳} = ۸/۳۳\ kg/s$$

۳-٤-۱ محاسبه سرعت زاویه ای چرخ و فلک

برای محاسبه سرعت زاویه ای چرخ و فلک سرعت خطی چرخ و فلک با سرعت پیشروی تراکتور برابر، یعنی ٤ کیلومتر در ساعت (۱/۱۱m/s) فرض شد. از آنجا که متوسط عملکرد مزارع سیب زمینی ۳۰ تـن در هکتـار فـرض شد، لذا در واحد طول مزرعه ۳ کیلوگرم محصول وجود دارد. پس باید با سرعت پیشـروی مـذکور ۳/۳۳ کیلـوگرم محصول در یک ثانیه را جمع آوری نمود.

$$۳\,kg/m \times ۱/۱۱\,m/s = ۳/۳۳\,kg/s$$

پس می توان این نتیجه را گرفت که فرض اولیه صحیح بوده و این پروانه قادر به کار کردن در زمین های با عملکرد بالاتر نیز می باشد و سرعت خطی پروانه ۱/۱۱ متر در ثانیه در نظر گرفته شد.

۳-۵ ظرفیت انتقال مواد نقاله:

برای محاسبه توان مورد نیاز نقاله به ظرفیت انتقال مواد (T) آن نیاز است که از رابطه ۲ محاسبه می شود(Brook,1971).

$$T = \frac{c.b.v}{p} \qquad (۲$$

که c حجم مواد در هر باکت برابر است با:

$$c = ۰/۰۵\,m \times ۱\,m \times ۰/۱\,m = ۰/۰۰۵\,m^۳$$

و v سرعت که ۱/۲۵m/s است، P فاصله پیاله ها که ۱۲سانتیمتر و b جرم حجمی مواد که $٦٤١\ kg/m^۳$ می باشند(Emadi.1994). با جایگذاری در رابطه T برابر۳۳/۳۸ کیلوگرم در ثانیه بدست آمد.

۳-۵-۱ سرعت خطی زنجیر نقاله

برای برداشت سیب زمینی‌ها باید تیغه به زیر محصول نفوذ کند و همزمان پروانه با ضربه زدن پشت محصول، آن را روی نقاله بریزد و برای اینکه کل غده‌ها روی نقاله بریزد و غده‌ها از فاصله‌ی بین تیغه و نقاله پایین سقوط نکند، بنابراین سرعت خطی نقاله باید ۱/۲۵ برابر سرعت خطی پروانه یا چرخ و فلک باشد(Behroozi-lar,2000).

$$V = ۱/۲۵ \times ۱/۱۱\,m/s = ۱/۳۹\,m/s$$

۳-٦ انتقال توان به چرخ و فلک

در ارائه طرح دستگاه سیب زمینی جمع کن، چون موتور ندارد برای به حرکت در آوردن چرخ و فلک و نقاله از محور توان دهی تراکتور استفاده شده است. که این انتقال توسط پولی و تسمه انجام شد. در این دستگاه برای انتقال توان از محور توان دهی تراکتور به چرخ و فلک از یک جعبه دنده ۱:۱ استفاده شده است که مسیر انتقال توان را بـه ۹۰ درجه تغییر می‌دهد(شکل۱). از آنجا که جعبه دنده از نوع کاهنده نیست و۵٤۰ دور محور توان دهـی را مسـتقیم انتقال می دهد، بنابراین باید با تغییر قطر پولی ها این دور را کاهش داد تا سرعت خطی چرخ و فلک بـه ۱/۱۱m/s برسد که در این دستگاه این کار در سه مرحله انجام شد (شکل۳).

مرحله اول: یک پولی دو راهه به قطر هشت سانتیمتر به محوری که از جعبه دنـده خـارج مـی شـود متصـل شـد، بنابراین سرعت دورانی این پولی نیز همان ۵٤۰ دور در دقیقه است. توان از این پولی توسط تسمه به پولی شماره ۱

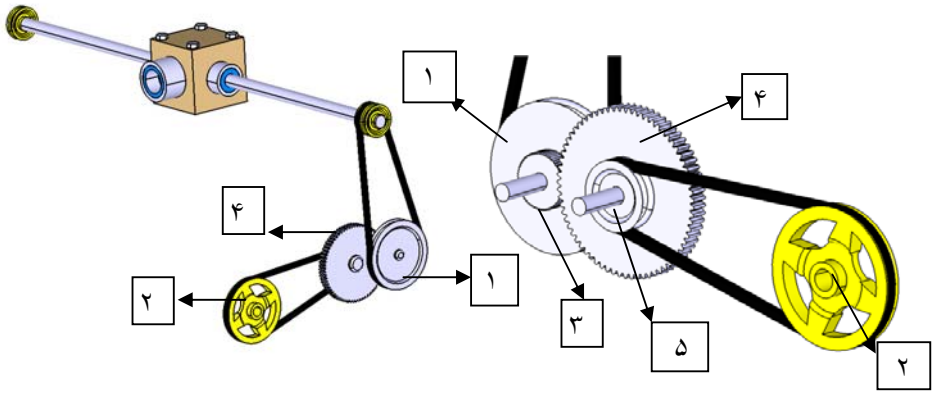
به قطر ۱۷ سانتیمتر انتقال داده می شود(Pazooki,2000).

(۳

$$D_1 N_1 = D_2 N_2$$

که D، قطر پولی محور جعبه دنده بر حسب سانتیمتر، N، دور پولی محور جعبه دنده بر حسب دور در دقیقه، D_1 قطر پولی شماره ۱ و N_1 دور پولی شماره ۱ می باشند. از رابطه (۳) داریم:

$$۵٤۰ rpm \times ۸ cm = N_2 \times ۱۷ cm \qquad N_2 = ۲۵٤/۱ rpm$$



شکل(۳): تصویر ایزومتریک سامانه انتقال توان

مرحله دوم: همان طور که در شکل (۳) مشاهده می شود چرخ دنده شماره ۳ به پولی شماره ۱ اضافه شده بنابراین این چرخ دنده نیز با سرعت rpm ۲۵٤/۱ می چرخد. حال چرخ دنده شماره ٤ را با این چرخ دنده درگیر کرده از آن جا که قطر چرخ دنده شماره ٤ سه برابر چرخ دنده شماره ۳ است بنابراین طبق رابطه (۳)

$$N_3 = \frac{۲۵٤/۱}{۳} \ rpm = ۸٤/۷ \ rpm$$

که N_3 دور چرخ دنده بزرگ می باشد .

مرحله سوم: پولی شماره ۵ به چرخ دنده شماره ٤ اضافه شده، بنابراین با سرعت rpm ۸٤/۷ می چرخد. حال این پولی با تسمه به پولی شماره ۲ که سر محور چرخ و فلک قرار گرفته، متصل می شود.(شکل ۳). پس طبق رابطه(۳)

$$۸٤/۷ \ rpm \times ۸ cm = N_4 \times ۱٦ cm \qquad N_4 = ٤۲/۳۵ rpm$$

$$N_4 = ٤۲/۳۵ \times \frac{۲\pi}{٦۰} = ٤/٤۳ \ rad/s$$

که N_4 پولی سر محور چرخ و فلک است.

۳-۷ انتقال توان به زنجیر نقاله

نقاله نیز مانند چرخ و فلک حرکت خود را از محور توان دهی می‌گیرد. همان طور که در شکل ٤ مشاهده می شود محور جعبه دنده طوری طراحی شده است که از داخل جعبه دنده عبور کرده و این امکان را فراهم می سازد که توان را از دو طرف به نقاله انتقال دهد که این دو مزیت اتلاف توان (سرش تسمه) و پیچش محور محرک را به حداقل می رساند. در مباحث قبلی به این موضوع اشاره شد که سرعت خطی تسمه ۱/۳۹m/s است. بنابراین از آنجا که قطر پولی محور جعبه دنده هشت سانتیمتر است پس باید قطر پولی سر محور محرک نقاله را محاسبه

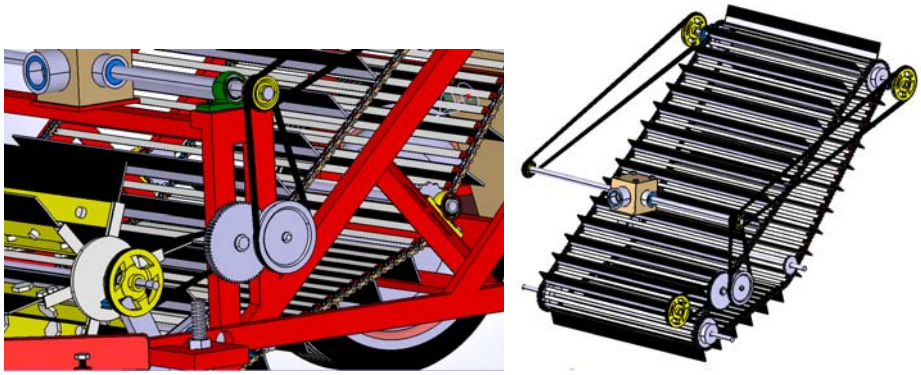
نماییم(شکل ٤) لذا

$$N_{۲} = \frac{V_{۲}}{d_{.}} = \frac{۱/۳۹}{۰/۰٤٥} = ۳۰/۸۹\ Rad/S$$

که $N_{۲}$ سرعت دورانی نقاله و D شعاع چرخ دنده‌ای است که زنجیر نقاله روی آن حرکت می کند.

$$۵٦/۵۲ Rad/s \times ۸ cm = ۳۰/۸۹ Rad/s \times D \qquad D = ۱٤/٦٤\ cm$$

که برای اطمینان از سرعت نقاله قطر این پولی به جای ١٤/٦٤ سانتیمتر، ٢٠ در نظر گرفته شد.



شکل(٤): تصویر ایزومتریک سیستم انتقال توان

٣-٨ گشتاور لازم برای دوران چرخ و فلک

بیشترین مقدار گشتاور برای دوران چرخ و فلک هنگام درگیری پره‌های لاستیکی چرخ و فلک با صفحه سوراخ دار تیغه(خمیده شدن پره ها)به وجود می آید. در آزمایشی که در گروه ماشین های کشاورزی کرج صورت گرفت مشخص شد که اگر قطعه‌ای از لاستیک مورد نظر به طول ١٠٠ سانتیمتر و عرض ١٢ سانتیمتر را بین گیره نگه داریم برای این که به صورت خمیده در آید باید باری برابر ٤٠٠ نیوتن بر مرکز لاستیک وارد آید. چرخ و فلک برای رساندن مواد به نقاله نیز باید نیرویی را اعمال کند که این نیرو شامل دو مؤلفه است. مؤلفه اول نیروی اصطکاک میان خاک و فلز است و مؤلفه دوم نیرویی است که به علت شیب دار بودن تیغه به مواد وارد می شود (مواد تمایل دارند به پایین سطح شیب دار تیغه سر بخورند). به علت اینکه صفحه ای که بعنوان تیغه از آن استفاده شده سوراخ دار است و سطح مقطع درگیر بین مواد و تیغه کوچک است بنابراین می توان از اصطکاک بین مواد و فلز صرف نظر کرد. برای محاسبه مؤلفه دوم باید جرم مواد محصور بین دو پره از پره های چرخ و فلک را بدست آورد. و در بحرانی ترین حالت فرض شد که فضای بین دو پره پر از سیب زمینی است لذا:

از آنجا که شعاع چرخ و فلک ٠/٢٣ متر است پس حجم استوانه فرضی دور چرخ و فلک ٠/١٦٦ مترمکعب می باشد و برای محاسبه حجم بین دو پره، باید ٠/١٦٦ را بر عدد شش تقسیم نموده و در چگالی سیب زمینی که ٦٤١ $kg/m^{۳}$ است ضرب کرد(Emadi.1994) لذا:

$$۰/۰۲۸ m^{۳} \times ٦٤١ kg/m^{۳} = ۱۷/۹۵\ kg$$

برای محاسبه مقدار نیروی لازم برای هدایت مواد، باید مؤلفه نیرویی را که در راستای سطح تیغه است معین

شود لذا:

$$۱۷/۹۵kg \times ۹/۸۱ \times Sin ۲۰ = ۶۰/۲۳ N$$

از جمع این نیرو با نیروی مورد نیاز برای خم کردن پره های لاستیکی، کل نیروی مورد نیاز برای حرکت چرخ و فلک به دست می آید پس مقدار گشتاور لازم برای هر پره لاستیکی برابر است با:

(٤

$$T_{reel} = F.r$$

$$T = ٤٦۰/۲۳ N \times ۰/۲۳ m = ۱۰۵/۸۵۳ N.m$$

برای اطمینان از حرکت مطمئن چرخ و فلک این مقدار گشتاور بدست آمده برای چرخ و فلک را در یک ضریب ایمنی برابر ۱/۵ ضرب می شود:

$$T_{reel} = ۱/۵ \times ۱۰۵/۸۵۳ = ۱۵۸/۷۷۹ \quad N.m$$

۳-۹ گشتاور لازم برای غلبه بر اینرسی چرخ و فلک

به طور کلی اجزای یک مکانیزم تحت تاثیر هر دو نیروی استاتیکی و دینامیکی قرار دارند. در ماشین ها با سرعت خیلی زیاد، مقدار شتاب ها و در نتیجه نیروهای اینرسی در مقایسه با نیروهای استاتیکی که کار مفید انجام می دهند، می توانند خیلی زیاد باشند. مقاومت اینرسی نیرویی است که در مقابل تغییر سرعت یک وسیله نقلیه عمل می کند. تغییر در سرعت پیشروی یک وسیله با تغییر در سرعت دورانی چرخ ها و سیستم انتقال توان حاصل می شود(Pazooki,2000).گشتاور لازم M برای این تغییر در سرعت دورانی از رابطه ۵ بدست می آید.

$$M = I \times \alpha \quad (۵$$

که در آن I ممان اینرسی حول محور چرخ و فلک بر حسب کیلوگرم در متر مربع و α شتاب زاویه ای چرخ و فلک بر حسب رادیان بر مجذور ثانیه است.به منظور محاسبه توان لازم برای غلبه بر اینرسی چرخ و فلک فرض می شود که پروانه یک استوانه توخالی با شعاع خارجی۲۳۰ و شعاع داخلی۱۵۰ میلیمتر است. با مراجعه به جداول استاندارد برای استوانه توخالی، استوانه ای انتخاب شد، بطوریکه وزن این استوانه با وزن پروانه مساوی و برابر۲۶/۵۵ کیلوگرم است (Valinezhad,2002).لذا برای محاسبه I از رابطه ٦ استفاده شد University of (Guelph,1566)

$$I = \frac{۱}{۲} m_۲ (r_۲^۲ + r_۱^۲) \quad (٦$$

که $r_۱$ و $r_۲$ شعاع داخلی وخارجی استوانه و $m_۲$ جرم چرخ و فلک می باشند.

$$I = \frac{۱}{۲} ۲٦/۵۵ (۰/۲۳^۲ + ۰/۱۵^۲) = ۱/۰۰۱ \ kgm^۲$$

شتاب زاویه ای از طریق اندازه گیری مستقیم بدست آمد. مدت زمان لازم برای اینکه پروانه از سرعت صفر به سرعت زاویه ای ثابت ٤۲/۲۳ دور در دقیقه برسد ۱/۲۳ ثانیه بدست آمد. لذا شتاب زاویه ای برابر ۳/۵۹ رادیان بر مجذور ثانیه می باشد. با قرار دادن در رابطه ۵ گشتاور اینرسی چرخ و فلک۳/۵۹ N.m بدست می آید. از رابطه ۹ توان مورد نیاز برای غلبه بر اینرسی را می توان بدست آورد. لذا:

$P_۲ = ۱۵/۸۷\ W$

با ضرب در ۱/۵ : $P_۲ = ۱۵/۸۷ \times ۱/۵ = ۲۳/۸۱\ W$

با توجه به مقدار کم توان اینرسی چرخ و فلک، از توان اینرسی تسمه نقاله بدلیل کوچک بودن قطر پولی هـایی کـه تسمه نقاله روی آنها قرار دارد صرفنظر می شود.

٤- نتایج و بحث:

اگرچه کمباین های سیب زمینی سال هاست که در اکثر نقاط دنیا طراحی و ساخته می شوند، ولی همـانطور کـه در اکثر مناطق ایران دیده می شود، کشاورزان تمایلی به استفاده از این کمباین ها ندارنـد و بیشـتر از دسـتگاه هـای ساده سیب زمینی کن که داخل کشور ساخته می شوند استفاده می کنند.

٤-١ ظرفیت مزرعه ای

بازده مزرعه ای برای ماشین های برداشت سیب زمینی بین۷۰-۵۵ درصد و بطور معمول ٦۰ درصد می باشد(Behroozi-lar,2000). بنابراین ظرفیت مزرعه ای دستگاه از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد

$$Ca = \frac{v.w.\eta}{۱۰} \qquad (۷$$

که در آن v سرعت، ٤km/h و w عرض کار، ۱m و η بازده مزرعه ای، ٦۰درصد می باشند. باجایگذاری، ظرفیت مزرعه ای ۰/۲٤ هکتار در ساعت بدست آمد.

٤-٢ توان لازم برای حرکت پیشروی دستگاه

توان مورد نیاز دستگاه P_o، بر حسب وات از ضرب نیروی کششی کل بـر حسـب نیـوتن در سـرعت پیشـروی دستگاه بر حسب متر بر ثانیه محاسبه گردید. پس با توجه به مقدار بدست آمده برای نیروی کششی:

(۸

$$P_o = f_x V$$

$$P_o = ۱۵۰۱۵ \times ۱/۱۱ = ۱٦/٦۷\ kW$$

برای اطمینان در ضریب ۱/۵ ضرب می نماییم.

$$P_o = ۱٦/٦۷ \times ۱/۵ = ۲۵\ kW$$

٤-٣ توان لازم برای دوران چرخ و فلک

با داشتن گشتاور لازم برای دوران چرخ و فلک و سرعت زاویه‌ای چرخ و فلک توان مورد نیاز برای آن از رابطه ۹ بدست می آید.

(۹

$$P_۱ = T_{reel}.\omega$$

که در آن T گشتاور بر حسب نیوتن متر و ω سرعت زاویه‌ای برحسب رادیان بر ثانیه و P تـوان بـر حسـب وات می باشند.

$$P_۱ = ۱۵۸/۷۷۹ \times ٤/٤۳\ Rad/S = ۷۰۳/۳۹۱\ W$$

٤-٤ توان لازم جهت به حرکت درآوردن نقاله:

مهمترین توان جهت بلند کردن مواد به ارتفاع h است و مانند همه نقاله های دیگر این توان از رابطه ۱۰ بدست می آید(Brook,1971).

$$W_r = T.g.h \qquad (۱۰$$

و با جایگذاری توان انتقال مواد برابر است با :

$$W_r = ۳۳/۳۸ kg/s \times ۹/۸ m/s^۲ \times ۱ m = ۳۲۷/۱۸ W$$

و کل توان لازم در این نوع بالابرها دو برابرمقدار بدست آمده از رابطه ۱۰ است و این به دلیل اصطکاک بین زنجیر و چرخ دنده و ... است(Brook,1971).در نتیجه کل توان لازم برای حرکت نقاله $P_۳ = ۲W_r$ است. پس :

$$P_۳ = ٦٥٤/۳٥ W$$

باید مقدار بدست آمده را در ضریب اطمینان ۱/۵ ضرب کرد لذا:

$$P_۳ = ۹۸۱/۵۳ W$$

بنابراین مجموع توان لازم برای حرکت چرخ و فلک و زنجیر نقاله برابر است با:

$$\begin{cases} P_٤ = P_۱ + P_۲ + P_۳ \\ ۷۰۳/۳۹۱ + ۹۸۱/۵۳ + ۲۳/۸۱ = ۱/۷۰۸ kW \end{cases}$$

٤-٥ بیشینه توان مورد نیاز دستگاه:

کل توان دستگاه با احتساب توان کششی برابر است با:

$$\begin{cases} P_T = P_٤ + P_o \\ ۱/۷۰۸ + ۲۵ = ۲٦/۷۰۸ kW \end{cases}$$

٤-٦ آزمون مزرعه ای دستگاه

آزمون دستگاه در مزرعه ای در منطقه خدابنده زنجان انجام شد. در اکثر مناطق ایران از جمله زنجان، فاصله ردیف های کشت یا پشته ها ۷۵ سانتیمتر است و کشاورزان توسط دستگاه سیب زمینی کن، دو ردیف از غده ها را از زمین در آورده و به صورت یک ردیف ۷۵ سانتیمتری روی زمین می ریزند و سپس کارگرها محصول را جمع آوری می کنند. با توجه به این موضوع و ارتفاع جوی و پشته ها، ارتفاع دستگاه تنظیم شد و تراکتور درحالیکه پی تی او فعال شده بود، شروع به کشیدن دستگاه نمود. لازم به ذکر است که برای عبور خاک بیشتر از روی تیغه، صفحه سوراخدار توسط میله هایی جایگزین گردید و مشاهده شد که در شرایط واقعی خاک بیشتری از لابه لای میله ها عبور می کند اما بعد از مدتی پیشروی حجم خاک و غده ها به حدی می رسید که پروانه توان هدایت مواد به سمت نقاله را نداشت و این مسئله به خاطر ضعیف بودن پره های پروانه و کمانش آن ها پیش می آمد. به همین خاطر برای رهایی از مزاحمت کلوخ ها و خرد کردن آن ها پروانه با پره های لاستیکی توسط پروانه با انگشتی های فنری در مزرعه جایگزین شد. بعد از نصب این پروانه، دستگاه دوباره در مزرعه آزمایش شد(شکل۵). در این مرحله همانطور که دستگاه حرکت می کرد و محصول همراه با کلوخ ها وارد دماغه دستگاه می شدند، پروانه انگشتی دار با ضرباتی که به کلوخ ها وارد می کرد باعث خرد شدن آنها می شد ولی این ضربات به غده های سیب زمینی نیز آسیب وارد می کردند که مشکل آسیب به غده ها با پوشاندن انگشتی ها توسط لاستیک هایی به

راحتی اصلاح شد. لازم بذکر است که دستگاه ساخته شده کماکان مشکل انتقال سنگ و کلوخ های خرد نشده به داخل مخزن را دارد. با تغییرات ذکر شده دستگاه توانست سیب زمینی ها را از روی زمین جمع کند. از عملکرد دستگاه مشخص شد که تغییرات ایجاد شده در تیغه و چرخ و فلک روی کاهش توان مصرفی دستگاه تاثیر گذار است. انگشتی های چرخ و فلک انگشتی دار طوری روی دستگاه نصب شده اند که با سطح تیغه برخورد ندارند پس توان لازم برای چرخش این چرخ و فلک شامل دو بخش است. بخش اول توان برای هل دادن مواد روی سطح شیبدار تیغه است و بخش دوم توان برای غلبه بر اینرسی است. دستگاه ساخته شده دارای خصوصیاتی از جمله امکان ساخت و تولید در کشور، حمل و نقل ساده، وزن کم، ظرفیت مزرعه ای بالا، تناسب لازم با ماشین های کاشت و برداشت، قیمت پایین، قابلیت استفاده با انواع تراکتورهای موجود و تنظیمات ساده می باشد.

شکل (۵) : نمایی از شاسی تغییر یافته و چرخ و فلک انگشتی دار

٤-٧ توجیه فنی و اقتصادی دستگاه

با توجه به ظرفیت مزرعه ای ۰/۲٤ بدست آمده، اگر دستگاه ۸ ساعت در روز کار کند می تواند ۱/۹۲ هکتار محصول را در روز برداشت نماید. هزینه پر کردن و دوختن هر کیسه ۳۰۰ تومان می باشد. اگر متوسط عملکرد سیب زمینی را در یک زمین زراعی۳۰ تن در هکتار و وزن هر کیسه سیب زمینی را ۵۰ کیلوگرم در نظر گرفته شود، برای هر هکتار ۱۸۰۰۰۰ تومان هزینه می شود.لذا عملکرد ریالی دستگاه برابر است با:

$$۱/۹۲\,ha/day \times ۱۸۰۰۰۰۰\,Rial/ha = ۳٤٥٦۰۰۰\,Rial$$

از تقسیم هزینه تمام شده دستگاه بر عملکرد ریالی، تعداد

روزهایی که دستگاه می تواند با کار کردن هزینه های خود را جبران کند بدست می آید لذا:

۱۵۰۰۰۰۰ / ۳٤٥٦۰۰ = ٤/۳٤ روز

در نتیجه بعد از ۵ روز همه کارکرد دستگاه به عنوان سود کشاورز محسوب می شود. ارائه طرح دستگاه جمع آوری و تخلیه سیب زمینی بر اساس معیارهای مهمی انجام گرفت که عبارتنداز : سادگی، قیمت ساخت کم، عملکرد مناسب و قابلیت کار در اکثر مناطق کشور بخصوص مناطقی که شرایط خاک خیلی سنگین نیست. دستگاه سیب زمینی هایی را که توسط سیب زمینی کن از زمین درآورده شده و روی زمین ریخته شده اند را جمع می کند و در حالت کلی با استفاده از این دستگاه مسئله نیاز به ۱۲ کارگر برای هر هکتار به ۲ کارگر کاهش می یابد. ظرفیت مزرعه ای دستگاه در بازده مزرعه ای ٦۰ درصد ۰/۲٤ هکتار در ساعت و توان مورد نیاز برای کشش و راه اندازی

دستگاه۲۶/۷۰۸ کیلووات می باشد. با مقایسه این مقدار با توان تولیدی تراکتورهای موجود در کشور، می توان پیش بینی کرد دستگاه قابلیت کار با همه گروه تراکتورهای موجود در کشور را دارا می باشد. حالت اتصال نیمه سوار برای دستگاه انتخاب مناسبی است زیرا کنترل عمق شخم با استفاده از سیستم اتصال سه نقطه چندان میسر نیست. تیغه باید روی سطح خاک و زیر غده ها حرکت کند و حتی المقدور کمترین خاک را بالا بیاورد و این کار باید با حداقل مصرف انرژی صورت گیرد. برای جلوگیری از بیش باری روی تیغه و جریان پیوسته مواد به قسمت نقاله، تعیین مقادیر بهینه زاویه قرارگیری تیغه، طول تیغه و ارتفاع بالا بردن خاک دارای اهمیت فراوان است. با توجه به زاویه اصطکاک استاتیکی سیب زمینی که ۳۵ درجه است(Emadi.1994)، زاویه تیغه۲۰ درجه انتخاب شد و در آزمون مشاهده شد که غده ها بعد از بالا آمدن روی تیغه به سمت پایین غلت نمی خورند. البته لازم به ذکر است که زاویه تیغه دستگاه ساخته شده قابلیت تنظیم در بازه۱۰ الی۳۰ درجه را دارا می باشد. همچنین طول تیغه نیز به علت وجود زمان کافی برای سقوط خاک از لابه لای میله های تیغه ٦۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد و این اندازه برای طول تیغه انتخاب مناسبی بود. عرض تیغه نیز با توجه به فاصله پشته های سیب زمینی موجود در مزارع کشور ۱۰۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. طرح چرخ و فلک استفاده شده در دستگاه از نظر ظرفیت انتقال مواد مناسب می باشد ولی از نظر استحکام کافی برای انتقال مواد چندان مناسب نبود. سرعت زاویه ای چرخ و فلک نیز طوری انتخاب شده است که این پروانه قابلیت کار در زمین های با عملکرد حداکثر ۷۵ تن در هکتار را نیز دارا می باشد. سیستم نقاله بالابر همانطور که قبلا هم اشاره شده از دو زنجیر شاخک دار یکطرفه ساخته شده بطوریکه ورق های آهن سفید بین این دو زنجیر پرچ شده اند. فاصله بین این ورق ها طوری انتخاب شد که خاک و سنگ های ریز از بین آن ها پایین سقوط کنند. سرعت خطی نقاله نیز با توجه به مطالعاتی که صورت گرفت ۱/۲۵ برابر سرعت خطی پروانه در نظر گرفته شد که این ضریب از سقوط غده ها از فضای بین تیغه و نقاله جلوگیری کرده و در عمل هم ثابت شد که این انتخاب مناسب بوده است. در وسط نقاله مکانیزم زنجیر سفت کن تعبیه شده است. طرح این مکانیزم طوری است که کل مجموعه محور زنجیر سفت کن و یاتاقان های آن، توسط دو پیچ تنظیم می شوند. برای تنظیم ارتفاع شاسی نیز از دو پیچ استفاده شده است که به دو چرخ در طرفین دستگاه متصل شده اند و با چرخش این دو پیچ ارتفاع دستگاه نیز به راحتی قابل تنظیم است. طرح سینی تخلیه برای دستگاه مناسب بود ولی در ساخت آن باید عملکرد زمین زراعی و ظرفیت انتقال مواد توسط نقاله را مد نظر قرار داد. با توجه به شرایط واقعی معلوم شد که اگر قرار است این سینی فقط وظیفه هدایت غده ها به مخزن را بر عهده داشته باشد اندازه آن مناسب است ولی اگر قرار است که سنگ ها و کلوخ های بالا آمده توسط نقاله روی این سینی توسط دست جمع آوری شوند، طول این سینی چندان مناسب نیست و بهتر است که بجای این سینی از سیستمی استفاده شود که سرعت آن سیستم با توجه به عملکرد محصول و سنگ و کلوخ های بالا آمده قابل تنظیم باشد. کشش تحت تاثیر دو عامل سطح و وزن قرار دارد و بطور جدی با مقاومت غلتشی متناسب می باشد. پارامترهایی چون رطوبت، اندازه چرخ، باد چرخ، شیب زمین، نوع خاک و وزن دستگاه، میزان مواد انتقالی، اینرسی اجزا دوار دستگاه و وزن کارگران مستقر روی دستگاه بر مقاومت غلتشی تاثیرگذارند(Alimardani,2002). مقاومت غلتشی دستگاه ساخته شده با فرض شیب ۱۰ درصد برای زمین محاسبه شد. در ضمن در محاسبات وزن مواد داخل مخزن و مواد روی نقاله و کارگرهای ایستاده در عقب دستگاه نیز منظور شده است. توان مورد نیاز برای غلبه بر مقاومت پیشروی

دستگاه ۲۵ کیلووات بدست آمد. می توان برای محاسبه توان کششی دستگاه از یک مبدل نیـرو کـه بـین دسـتگاه و تراکتور نصب می شود استفاده کرد و با این مبدل مقدار عدد دقیق توان کششی دستگاه و کل توان مورد نیـاز بـرای حرکت و راه اندازی دستگاه را بدست آورد.

REFRENCES

1.Agriculture Jehad Ministry Retrieved February 2,2010, fromhttp://www.agri-jahad.ir

2. Alimardani,R . 2002. Tractor Implement Systems. Agricultural Science Publishers.Tehran,Iran.(In farsi)

3.Badiee.M.1986.Numbers and Formuls in Engineering Science.Honar Publishers.Tehran,Iran.(In farsi).

4.Behroozi-lar,M.2000.Engineering Principles of Agricultural Machines.Islamic Azad University Scientific Publication Center.Tehran,Iran.(In farsi)

5.Brook. N. 1971. Mechanics of Bulk Material Handling. First Publishers. Butterworths, London.

6. Emadi,B.1994. Design Equipment of the Potato storage According to the Weather of the eastern Azarbaijan. M.Sc. Thesis, College of Agriculture , University of Tehran.

7.Hoseini Tavana,H.2006. Design And Development Method of Potato Harvester. M.Sc. Thesis in University of Urmia.

8.Klenin, N.I. I.F. Popov, and V.A. Sakun,.1986. Agricultural machines. Kolos Publishers.

9.Mckyes, E. 1985. Soil Cutting and Tillage. Elsevier Science Publishers B.V.

10.Meriam, J.L. 1980. Engineering Mechanices Vol 1 ,Statics, SI version. John Wiley and Sons, Inc.

11.Mousazadeh,H.2005.Design And Development Method of Potato Harvester. M.Sc. Thesis,College of Agriculture , University of Tehran.

12.Pazooki,M.2000.Kinematic and Dynamic of Machines.Azmoon Publishers.Tehran,Iran. .(In farsi)

13.United states patent and trademark Office Retrieved February 2,2010,from http://www.uspto.gov/patft/index.html

14. University of Guelph,Department of Physics,Retrieved February 2.2010, from http://www.physics.uoguelph.ca

15.Valinezhad, A. 2002. Charts and Standards of the Designe and machine product.Tarah Publishers.Tehran,Iran. .(In farsi)

Abstract

The production of potato has a special place in the field of agriculture in our country.maybe we can claim that importance of harvesting is morethan from planting. Full mcanization methods are used for harvesting this product in developed countries; but in Iran semi-mecanization and handing are used for picking it. Potato digger pour the product on the land and potatoes pick with workers.
But in our country, because of existence of stone and clods in most soils and lack of soil processing machines, it limits the application of imported machines.
Therefore suitable machinary should be designed and manufactured in order to overcome difficult conditioning of Iran.By the way for picking the potato different machine designed and developed. In this research ovservation done for designe and development amachine for picking potato.All of the sections of machine designed in Katia software.The machine includ head,conveyor,sorting plate,storage,gearbox,axles,belts,sleeves.The head of designed machine includ a blade and a reel.When the blade ahead whit the help of reel collect potatoes from the land and give them to the conveyor.Conveyor dischaege the potatoes on the sorting plate;stones and clods removed with two workers and potatoes slip to storage.
The field capacity with considering an efficiency of 80 percent was 0.32 Hectare/hr and required power of the machine for 10 percent field slope was 8/2 kW. According to this performance and power, the machine can be used with all available tractors in Iran and reduced the needs of 12 workers for each hectare considerably. For the best performance of this machine, it is suggested to redesign the main components and then evaluate it through field tests.

Key words : Potato, Potato Harvester, field Capacity.