مجله علمی کشاورزی، جلد ۲۸، شماره ۲، سال ۱۳۸٤

کاربرد منحنی های کوپلر در دستگاه خردکن جدید

عبدالعلی فرزاد[1]

چکیده

در این تحقیق دستگاه جدیدی برای خرد کردن علوفه طراحی شده و جهت تغذیهٔ خودکار کشش علوفه به داخل فک خردکن از منحنی های کوپلر یک مکانیزم چهار رابطی استفاده گردیده است. برای این کار مؤثر ترین و کوتاهترین روش انتخاب منحنی کوپلر شناخته شد و بر حسب نیاز اطلس کاملی از این منحنی ها مشتمل بر ۸۰۰۰ منحنی، برای اولین بار در ایران، تولید شده است. این دستگاه هم می تواند به هر دو صورت دستی و برقی کار کند. کارائی دستگاه دستی طراحی شده نسبت به دستگاه های دستی متداول بیش از ۹ برابر است.

واژه های کلیدی: منحنی های کوپلر، دستگاه برش، خردکن علوفه

مقدمه

مکانیزاسیون کشاورزی کنونی ایران که برگرفته از مکانیزاسیون کشورهای صنعتی جهان است مناسب مزارع بزرگ و هموار و تأسیسات دامپروری بزرگ می باشد. ماشین آلات عرضه شده برای اکثر روستائیان فقیر ایران، که دارای مزارع کوچکی واقع در کوهپایه ها هستند چندان کارساز نمی باشد. ویژگی اصلی اقتصاد روستائی ایران زحمت زیاد با درآمد اندک است، که عامل اصلی کوچ بی رویهٔ روستائیان به شهرها می‌باشد. هدف عمده در این پژوهش یافتن روش یا روش‌هایی برای برهم زدن این ویژگی و حصول خصلتی از جمله: کاهش زحمت به ازای درآمد معمول، افزایش درآمد به ازای زحمت معمول، و در آرمانی ترین حالت، کاهش زحمت و افزایش درآمد آنان است. بدین منظور سعی شده است در بخشی از کار کشاورزی، یعنی دامپروری، ماشینی طراحی گردد که با نیروی بازوی ۲۰۰ نیوتونی و توان ۱۰۰ واتی کشاورز سازگار بوده و ارزان قیمت باشد.

تاریخچه: دستگاه علف خردکنی اره ای شاید قرنها است که در کار کشاورزی و دامپروری کاربرد داشته است.

این دستگاه توسط مبتکر ناشناسی ابداع گردیده است که نام و نشان و ملیتی از او ثبت نگردیده است. این دستگاه تشکیل شده است از یک تیغهٔ قائم دندانه دار بطول تقریبی ۳۰ سانتیمترکه انتهای بالایی آن اندکی خمیده رو به جلو می باشد که برش را ساده تر می کند. اپراتور دستهٔ علف را با دو دست می گیرد و در امتداد تیغه به طرف بالا عمود بر دندانه های تیغه می کشد. هرچند خطر بریدن دست و انگشتان اپراتور در این دستگاه وجود دارد ولی به علت آهسته بودن و تحت کنترل بودن حرکت، خطر بریدگی معمولاً جدی نیست. راندمان کار و سرعت عمل بستگی به تجربهٔ اپراتور دارد.

کار با این دستگاه به علت خمیدگی مداوم پشت و کمر اپراتور بسیار طاقت فرسااست و سرعت کار نیز پایین است. بوسیلهٔ این دستگاه یک نفرروزانه خوراک حدود۳۰ رأس گوسفند را می تواند آماده کند. همچنین دستگاه علف خردکنی اهرمی که در روستاهای ایران تقریباً در ۳۰ سال اخیر بکار گرفته شده است. این دستگاه تشکیل شده است از یک تیغهٔ صاف و لبهٔ تیز به طول تقریبی ۵۰ سانتی‌متر

۱- گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت:۸۱/۱۰/۲۸
تاریخ پذیرش: ۸۳/۷/٤

که انتهای پائینی آن حول لولائی می‌چرخد. برای کار با این دستگاه به دو نفر احتیاج می باشد که یک نفر دستهٔ علف را با دست گرفته و فرد دیگر با به حرکت در آوردن تیغه به سمت پایین برش را انجام می دهد. عملکرد این دستگاه نیز محدود است. با این دستگاه توسط دو نفر خوراک حدود ۸۰ تا ۹۰ رأس گوسفند را در روز می‌توان تهیه کرد.

اگر چه سرعت عمل این دستگاه حدود سه تا چهار برابر بیشتر از دستگاه قبلی است ولی افراد زیادی انگشتان دست خود را در اثر کار با این دستگاه از دست داده اند و به دلیل عدم ایمنی کافی استقبال گسترده ای از آن به عمل نیامده است.

استفاده از خرمنکوب های سنتی، که نیروی محرکهٔ آنها از چارپایان اهلی تأمین می شود، نیز گاهی برای بریدن و نرم کردن علوفه مورد استفاده قرار می گرفته است (۱۰).

امروزه استفاده از خرمنکوب های جدیدی، که توسط تراکتور بکار می افتند و عمدتاً برای خرد کردن و جدا سازی دانه های غلات مورد استفاده واقع می شوند، متداول شده است. هر چند که بعضی از سازندگان ادعا می کنند که این خرمنکوب ها با تعویض شبکهٔ فلزی زیر دستگاه برای خرد کردن یونجه نیز قابل کاربرد است ولی برای خرد کردن علوفه مناسب نیستند. زیرا، اولاً تراکتور در دسترس همهٔ کشاورزان فقیر نمی باشد. ثانیاً این دستگاه برای علوفهٔ تازه و خیس کارآئی ندارد. ثالثاً قسمت زیادی از علوفه خشک در این دستگاه ها بصورت پودر و غیر قابل استفاده در می آید.

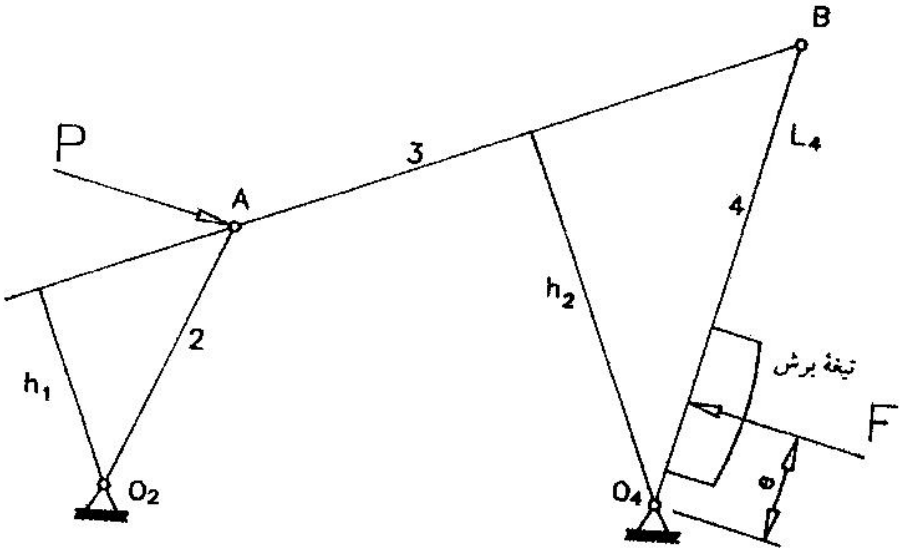
دستگاه دیگری برای خرد کردن علوفه به نام چاپر ساخته شده است که همزمان با درو علوفه آن را خرد کرده و از طریق یک لولهٔ بارگیری به داخل تریلی که در مجاورت دستگاه حرکت می‌کند، تخلیه می نماید (۳ و ۴).

متأسفانه اکثر ماشین آلات کشاورزی موجود برای مزارع بزرگ که محصولات زیادی تولید می‌کنند ساخته می شوند. این چنین ماشین هایی هیچ گاه به افرادی که دارای مزارع کوچک و دام کم هستند، و اکثر کشاورزان ایران را تشکیل می‌دهند، کمک نمی کند. ازدستگاههای چاپر نیز استقبال همه گیری بعمل نیامده است، بطوریکه در برخی از استانهای کشور، مثلاً در استان سیستان و بلوچستان، در چندسالهٔ اخیر حتی یک نمونه از آنها به فروش نرفته است.

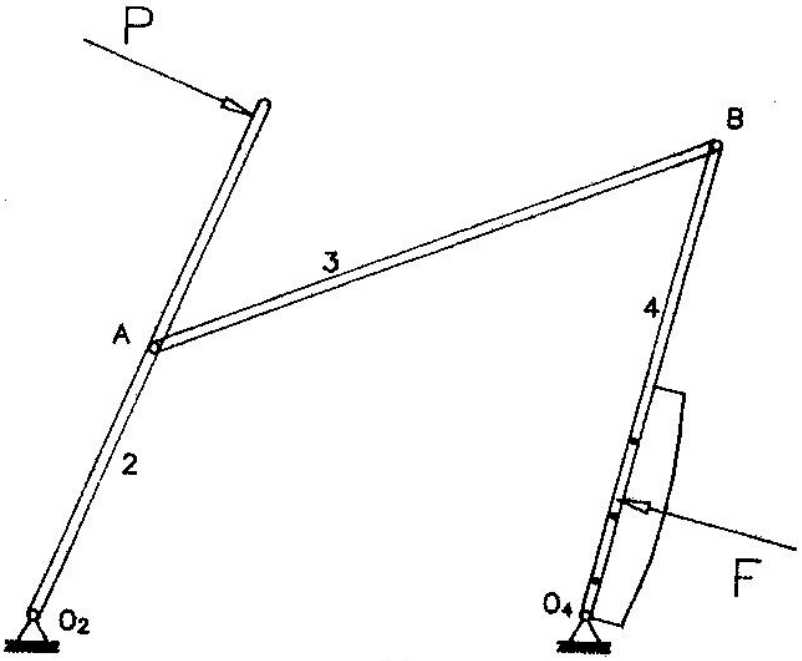
انتخاب مکانیزم مناسب

علاوه بر قیچی های ساده و گیوتین ها، مکانیزم‌های زیادی وجود دارند که بتوانند عمل برش را انجام دهند. یکی از مفیدترین مکانیزم ها، مکانیزم چهار رابطی لنگ و آونگ است. در این مکانیزم، مطابق شکل ۱، تیغهٔ برش نوسانی، بطول تقریبی ۱۵ سانتیمتر، روی رابط خروجی بلند ۴ نصب می‌گردد. رابط ورودی لنگ ۲ توسط دست کارگر به حرکت در می آید، که باید انتخاب طول آن متناسب با ارگانیزم بدن باشد. در منابع مربوط به رابطهٔ انسان با ماشین، مقدار نیرو و توان یک فرد با در نظر گرفتن راحتی کار و فیزیولوژی بدن نشان داده شده است. (۵) مناسب ترین طول برای این رابط حدود ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر پیشنهاد گردیده است. نیروی بازوی انسان برای کار مداوم بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ نیوتن و سرعت لنگ ورودی توسط دست ۲۵ دور در دقیقه پیش بینی می گردد.

در شکل ۱-الف، بازوی AB یک عضو دو نیروئی است. بنابراین، نیروی داخلی AB همواره در امتداد AB خواهد بود. عکس العمل نیروهای داخلی روی رابط های ۲ و ۴ در نقاط A و B نیز در امتداد AB می باشند. بدین ترتیب، هر نیرویی که از رابط ۲ به رابط واصل (کوپلر) ۳ وارد شود مستقیماً به رابط ۴ انتقال می یابد. نیروی وارده از رابط ۲ به رابط ۳ را $F_{۲۳}$ و نیروی وارده از رابط ۳ به رابط ۴ را $F_{۳۴}$ می نامیم (این نیروها در شکل ۱ نشان داده نشده اند) (۲).



الف



ب

شکل ۱- مکانیزم چهار رابطی لنگ و آونگ

الف- تحلیل نیروها ب- افزایش طول هرم کارگر

زوج نیروی وارده به رابط ۴ برابر $F_{34} \times h_2$ زوج نیروی مقاوم برابر $F \times e$ می باشند، که برای برقراری تعادل باید باهم برابر باشند:

$$F \times e = F_{34} \times h_2 \quad \text{..... .....} \quad (1)$$

در نتیجه، نیروی قابل دسترس در هر لحظه برابر است با:

$$F = \frac{F_{23} \times h_2}{e} \quad \text{.....} \quad (2)$$

اگر زوج نیروی ورودی روی لنگ را به $h_1 \times$ $T=F_{34}$ نمایش دهیم، نیروی F برابر خواهد بود با:

$$F = \frac{T}{e} \times \frac{h_2}{h_1} \quad \text{.....} \quad (3)$$

T زوج نیروی وارده از طرف دست کارگر یا موتور به لنگ ۲ و e فاصلهٔ نقطهٔ اثر نیروهای مقاوم تا مرکز لولای آونگ خروجی ۴ می باشند. بهترین حالت انتقال نیرو با کوپل ثابت زمانی خواهد بود که دو رابط ۳ و ۴ بر هم عمود و دو رابط ۲ و۳ در یک امتداد باشند.

برای افزایش زوج نیروی دست کارگر می توان اهرم دست اورا مطابق شکل ۱-ب، بلندتر اختیار نمود. این کار مخصوصاً هنگامیکه رابط ورودی نیز حرکت نوسانی داشته باشد سودمنداست.

با ثابت بودن T، e، h_1، مقدار F متناسب با h_2 می گردد. اثر تغییر h_2 در شکل های ۴ – a، b و c نشان داده شده است. بطوریکه ملاحظه می شود، بدون تغییر پارامترهای دیگر مکانیزم فقط با افزایش طول آونگ خروجی می توان به افزایش نیروی F دست یافت.

با وجود محدودیت های یاد شده در رابط ورودی و رابط خروجی، به دلیل اینکه رابط زمین ۱ و رابط واصل (کوپلر) ۳ می توانند طول های مختلفی را بپذیرند، بی نهایت طرح امکان پذیر است.

تعداد تیغه های برش

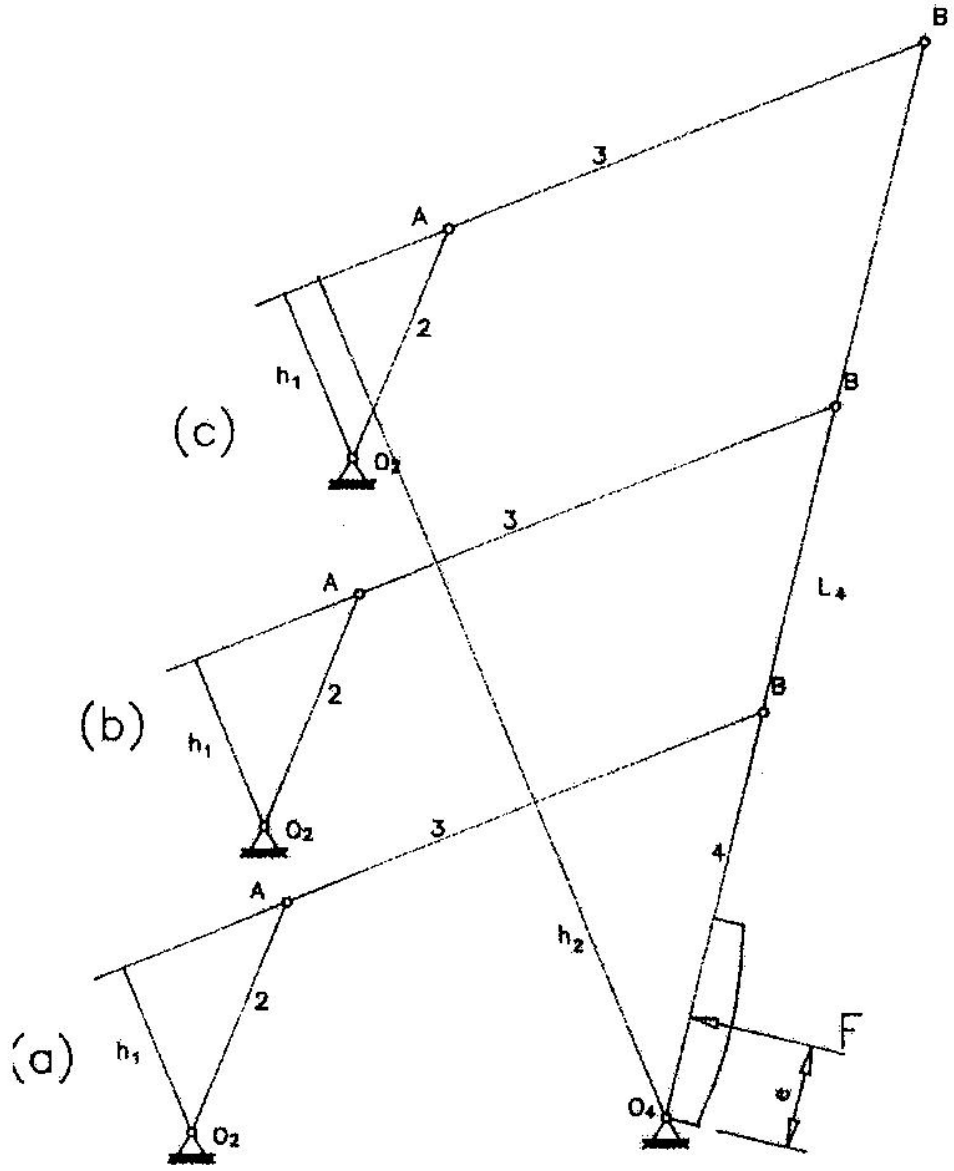
طول برش یکی از اصلی ترین پارامترها است، که بر اساس آن حجم تغذیهٔ علوفه در هربار برش و تعداد تیغه های لازم همزمان معین می گردد. طول برش بر اساس تجربه معمولاً بین ۵ تا ۷ سانتیمتر انتخاب می شود (۴). بدین ترتیب، اگر طول علوفه را ۶۰ سانتیمتر فرض کنیم، تعداد تیغه های لازم بین ۹ تا ۱۲ خواهد بود. بدیهی است که اگر طول علوفه بیش از ۶۰ سانتیمتر باشد، باید یا به و سیله ای ابتدا آن را کوتاه کرد و یا تعداد تیغه هارا افزایش و بار تغذیه را کاهش داد.

بر اساس محاسبات انجام یافته نیروی موجود F در رابط خروجی برای برش ۳ تا ۴ تیغه بطور همزمان کفایت می کند. بنا براین، می توان ۳ ردیف ۳تائی یا ۴تائی از تیغه ها را تحت زاویهٔ ۲۰° تا ۳۰° نسبت به هم مطابق شکل ۳ بر روی رابط خروجی نصب کرد.

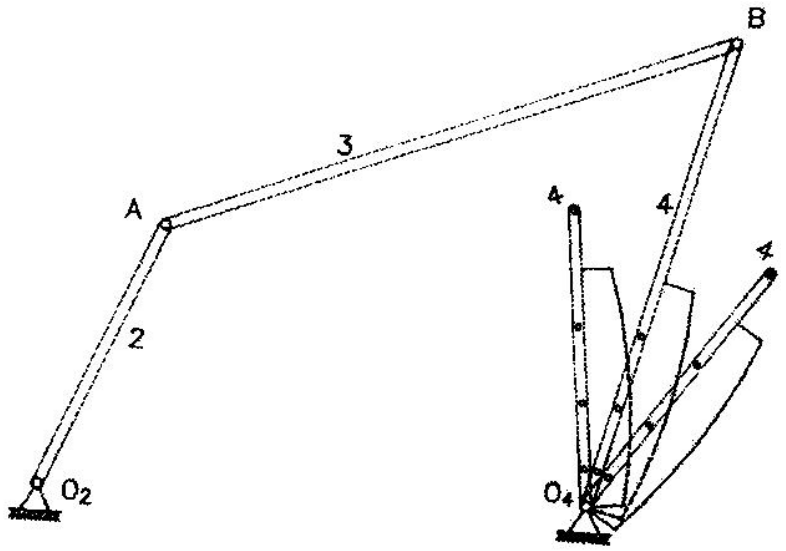
در دستگاه علف خردکنی اهرمی در هر چرخهٔ کار یک برش صورت می گیرد، در حالیکه در این دستگاه در هر چرخهٔ کار ۹ تا ۱۲ برش انجام می‌شود. لذا کار با این وسیله اگر با دست انجام بگیرد ۹ تا ۱۲ برابر نسبت به دستگاه مزبور سریعتر است.

استفاده از منحنی کوپلر برای خودکار کردن کشش علوفه

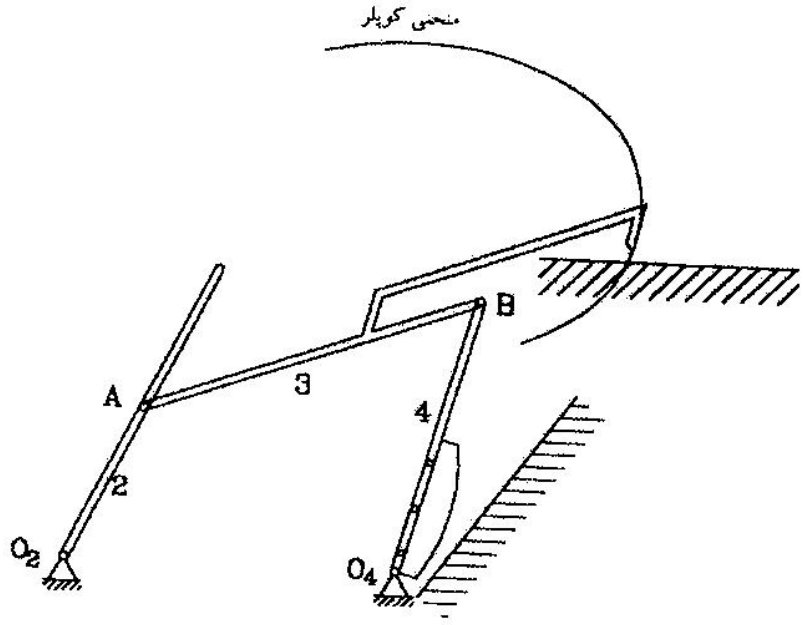
آنچه در دستگاه علف خرد کنی اهرمی باعث عدم ایمنی دستگاه برش می‌گردد، روش تغذیهٔ علوفه به دستگاه است. در طرح حاضرتغذیهٔ دستگاه به طریق خودکار پیش بینی گردیده است. برای این منظور از مسیر حرکت یک نقطهٔ مناسب در روی رابط واصل استفاده شده است. این نقطه همان نقطهٔ کوپلر است. نقطهٔ کوپلر در مسیر حرکت خود علوفه را از روی سینی مقابل دستگاه به فک دستگاه کشیده و بدین ترتیب دست انسان در تغذیهٔ علوفه



شکل ۲- افزایش نیروی F با تغییر طول آونگ



شکل ۳- نصب تیغه های برش در روی رابط آونگ



شکل ٤- نقطه کوپر به عنوان چنگک کشش

نقش مستقیم ندارد. بدین منظور، مطابق شکل ۴، به جای نقطهٔ کوپلر یک چنگک کشش نصب می‌گردد.

برای اینکه نقطهٔ کوپلر از مسیر معین و از پیش تعیین شده ای (منحنی کوپلر) عبور کند، باید اندازه‌های رابط زمین و رابط واصل، و همچنین موقعیت نقطهٔ کوپلر در روی رابط واصل به تناسب معینی نسبت به رابط ورودی انتخاب گردند. برای دست یابی به چنین هدفی سه طریقه امکان پذیر است:

الف) استفاده از روش نقاط دقت

اصول این روش در مرجع(۶) توضیح داده شده است. در این روش طول لنگ ورودی، طول رابط زمین و فاصلهٔ بین لولاهای رابط واصل طی مراحل طراحی انتخاب می گردند. با این روش، اگر چه نقطهٔ کوپلر از نقاط دقت عبور می کند ولی به دلیل اینکه طول رابط خروجی اختیاری نیست ممکن است طول بدست آمده در محدودهٔ مطلوب قرار نگیرد. بدین دلیل، این روش بسیار خسته کننده و وقت گیر است و برای بدست آوردن طول های مناسب و مطلوب طرحهای خیلی زیادی را باید امتحان کرد. نویسندهٔ این مقاله بیش از ۱۵ بار تکرار به نتیجهٔ مطلوب دست نیافت و در نهایت از ادامهٔ کار به این روش انصراف حاصل نمود.

ب) استفاده از اطلس منحنی های کوپلر

منحنی های کوپلر آماده ای در بعضی از مراکز طراحی وجود دارد، که می توان منحنی دلخواه را انتخاب و تناسب طول رابط های مکانیزم را تعیین نمود. چنین اطلسی، به دلیل گرانی فوق العادهٔ آن، در ایران وجود ندارد.

بدلیل عدم دسترسی به اطلس منحنی‌های کوپلر، یک برنامهٔ کامپیوتری توسط نویسندهٔ این مقاله آماده گردیده وبا استفاده از آن اطلس ارزشمندی از این منحنی ها متجاوز از ۸۰۰۰ مورد، برای اولین بار در ایران، تهیه گردیده است. نمونه‌ای از منحنی های کوپلر ترسیم شده با این برنامه در شکل ۵، نشان داده شده است.

ج) روش پویا

در این روش یک برنامهٔ کامپیوتری آماده گردیده و با استفاده از یک دستگاه کامپیوتر نسبت اضلاع، موقعیت نقطهٔ کوپلر و توانائی حرکت مکانیزم در روی مونیتور بطور سعی و خطا مورد مطالعه قرار می گیرد.

در این تحقیق هرسه روش یادشده توسط نویسنده امتحان گردید. مفیدترین و کوتاهترین روش برای انتخاب منحنی های کوپلر روش استفاده از اطلس تشخیص داده شد.

افزودن تجهیزات بیشتر روی دستگاه

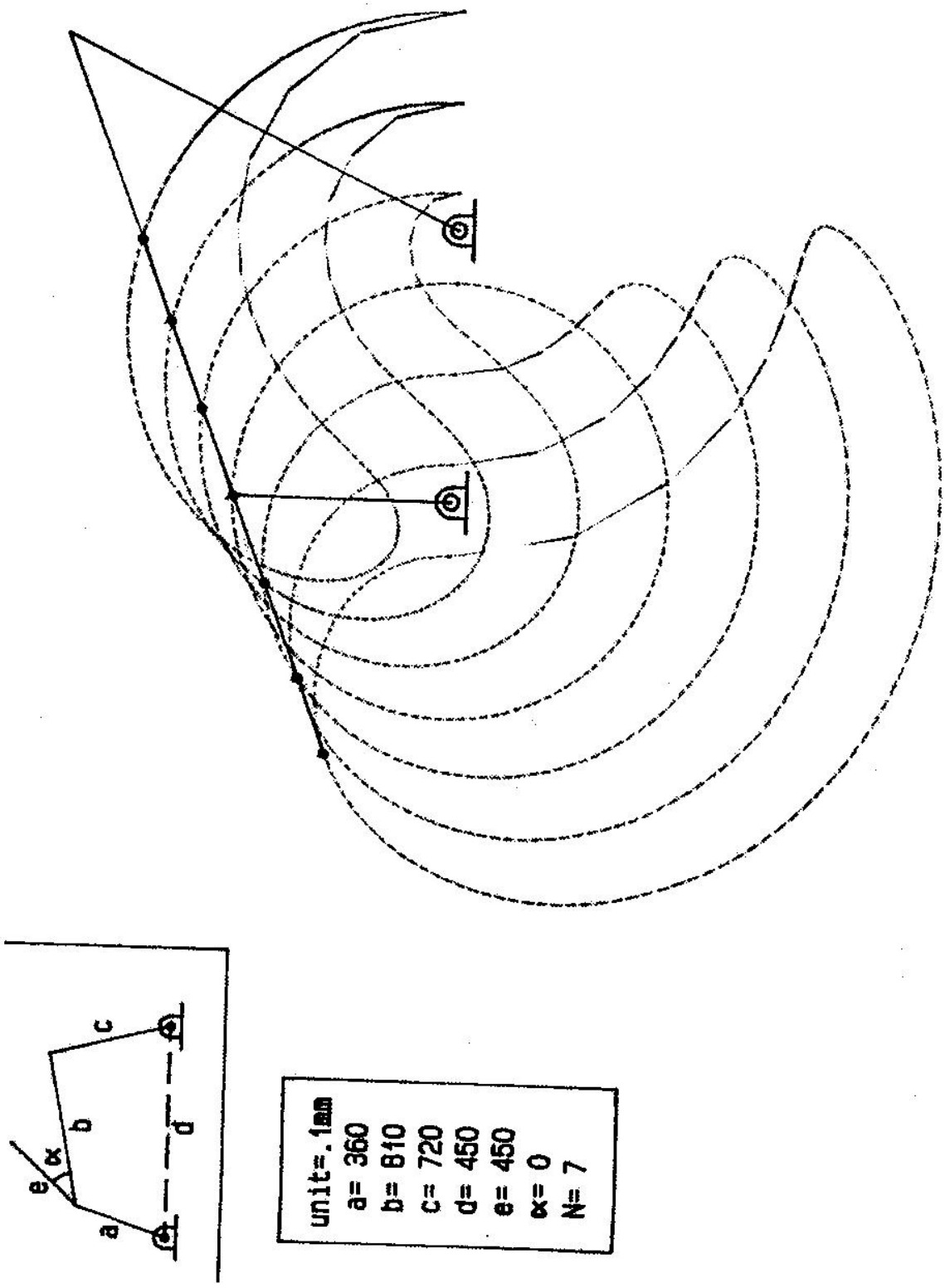
طرح نشان داده شده در شکل ۴ (با افزودن ۲ یا ۳ پره به آن مشابه شکل ۳) ارزان ترین دستگاه طراحی شده است که کارائی لازم را هم دارد. با وجود این می توان تجهیزات دیگری به آن اضافه نمود از جمله چرخ لنگر، موتور برقی و سینی نواری که بطور اختصار به شرح آن ها می پردازیم.

۱- افزودن چرخ لنگر

در ۳۶۰° چرخش لنگ ورودی فقط ۴۰° از لنگ خروجی مورد استفادهٔ مفید واقع می شود. اگر این ۴۰° مفید خروجی را متعلق به گردش ۱۲۰° لنگ ورودی بدانیم تقریباً ۲۴۰° از لنگ ورودی بی بار می چرخد. انرژی این کورس بی بار از چرخش لنگ ورودی را می توان ذخیره کرد و در کورس ۱۲۰° مفید استفاده نمود. در نتیجه می توان تعداد تیغه‌های برش و همچنین میزان تغذیهٔ علوفه را افزایش داد.

۲-افزودن محرک برقی

همانگونه که گفته شد، طرح اولیهٔ دستگاه طوری طراحی شده است که حرکت ورودی آن توسط دست کارگر انجام گیرد. این کار هم به جهت اینکه در مزارع، و مکانهائی که فاقد نیروی الکتریکی است مورد استفادهٔ بیشتری خواهد بود و هم ارزانتر تمام



شکل ۵- نمونه ای از منحنی های کوپلر اطلس منحنی ها

شکل ٦- افزودن تجهیزات بیشتر روی دستگاه

خواهد شد. با وجود این، می توان حرکت ورودی را از یک موتور الکتریکی گرفت، که توان آن بسته به ظرفیت طراحی انتخاب می گردد. استفاده از موتور الکتریکی ظرفیت دستگاه را بطور نامحدودی بالا می برد. استفاده از چرخ لنگر با استفاده از موتور الکتریکی مفیدتر خواهد بود.

۳-افزودن سینی نواری

برای انتقال علوفه از فاصلهٔ دورتری به دهانهٔ فک دستگاه، جهت افزایش ایمنی، می توان نوار نقاله ای به آن اضافه نمود. حرکت نقاله توسط تسمه پروانه ای که یک پولی آن در روی محور لنگ ورودی نصب است تأمین می شود. در صورت نصب این سینی ممکن است نیاز به چنگک نقطهٔ کوپلر هم نباشد. طرح نهائی دستگاه در شکل ۶ نشان داده شده است.

نتیجه گیری

۱- با محاسبات ساده ای نشان داده شده است که کارآئی دستگاه دستی طراحی شده نسبت به دستگاه برش سنتی دندانه دار بیش از ۱۸ برابر و نسبت به دستگاه تیغه ای بیش از ۹ تا ۱۲ برابر است.

۲- مؤثرترین و کوتاهترین راه برای دستیابی به منحنی کوپلر مناسب روش استفاده از اطلس شناخته شد و برحسب ضرورت و نیاز، چنین اطلسی با طرح ریزی یک برنامهٔ کامپیوتری برای اولین بار در ایران، تهیه گردید.

۳- با استفاده از منحنی های کوپلر، اتوماسیون دستگاه باعث افزایش قابل ملاحظه ای در ایمنی دستگاه طراحی شده نسبت به دستگاههای متداول می شود.

منابع

۱- آل احمد، ج.، ۱۳۵۶ " تات نشینهای بلوک زهرا، چاپ چهارم، امیرکبیر، ص ۵۱.

۲- فرزاد، ع.، ۱۳۷۵ "دینامیک ماشین"، انتشارات فنی حسینیان.

۳- هانت، دانل آر، ترجمهٔ بهروزی لار، ۱۳۷۰ "مدیریت تراکتور و ماشینهای کشاورزی" چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

4- Bell Brian, 1985 "Farm Machinery", Farming Press LTD.

5- Sanders, Mark, S., and McCormick, E. J., 1987 "Human factors in engineering and design", 6th ed., McGraw-Hill.

6- Shigley, J. E., 1988 "Theory of machines and mechanisms", McGraw-Hill.