

## کاربرد منحنی های کوپلر در دستگاه خردکن جدید

عبدالعلی فرزاد<sup>۱</sup>

### چکیده

در این تحقیق دستگاه جدیدی برای خرد کردن علوفه طراحی شده و جهت تغذیه خودکار کشتش 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

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 تیغه قائم دندانه دار بطول تقریبی ۳۰ سانتیمتر که انتهای بالایی آن اندکی خمیده رو به جلو می باشد که برش را ساده تر می کند. اپراتور دسته 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 تجربه اپراتور دارد. کار با این دستگاه به علت خمیدگی مداوم پشت و کمر اپراتور بسیار طاقت فرسا است و سرعت کار نیز پایین است. بوسیله این دستگاه یک نفر روزانه خوراک حدود ۳۰ 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 تیغه صاف و لبه تیز به طول تقریبی ۵۰ سانتی متر

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 رویه روستائیان به شهرها می باشد. هدف عمده در این پژوهش یافتن روش یا روش هایی 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 اهرمی شاید قرنها است که در کار کشاورزی و دامپروری کاربرد داشته است.

تاریخ دریافت: ۸۱/۱۰/۲۸

تاریخ پذیرش: ۸۳/۷/۴

۱- گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

می‌کنند ساخته می‌شوند. این چنین ماشین‌هایی هیچ‌گاه به افرادی که دارای مزارع کوچک و دام کم هستند، و اکثر کشاورزان ایران را تشکیل می‌دهند، کمک نمی‌کند. ازدستگاه‌های چاپر نیز استقبال همه‌گیری بعمل نیامده است، بطوریکه در برخی از استانهای کشور، مثلاً در استان سیستان و بلوچستان، در چندساله اخیر حتی یک نمونه از آنها به فروش نرفته است.

### انتخاب مکانیزم مناسب

علاوه بر قیچی‌های ساده و گیوتین‌ها، مکانیزم‌های زیادی وجود دارند که بتوانند عمل برش را انجام دهند. یکی از مفیدترین مکانیزم‌ها، مکانیزم چهار رابطی لنگ و آونگ است. در این مکانیزم، مطابق شکل ۱، تیغه برش نوسانی، بطول تقریبی ۱۵ سانتیمتر، روی رابط خروجی بلند ۴ نصب می‌گردد. رابط ورودی لنگ ۲ توسط دست کارگر به حرکت در می‌آید، که باید انتخاب طول آن متناسب با ارگانیزم بدن باشد. در منابع مربوط به رابطه انسان با ماشین، مقدار نیرو و توان یک فرد با در نظر گرفتن راحتی کار و فیزیولوژی بدن نشان داده شده است. (۵) مناسب‌ترین 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 پیش‌بینی می‌گردد.

در شکل ۱-الف، بازوی AB یک عضو دو نیروئی است. بنابراین، نیروی داخلی AB همواره در امتداد AB خواهد بود. عکس‌العمل نیروهای داخلی روی رابط‌های ۲ و ۴ در نقاط A و B نیز در امتداد AB می‌باشند. بدین ترتیب، هر نیرویی که از رابط ۲ به رابط واصل (کوپلر) ۳ وارد شود مستقیماً به رابط ۴ انتقال می‌یابد. نیروی وارده از رابط ۲ به رابط ۳ را  $F_{۳۳}$  و نیروی وارده از رابط ۳ به رابط ۴ را  $F_{۴۴}$  می‌نامیم (این نیروها در شکل ۱ نشان داده نشده‌اند) (۲).

که انتهای پائینی آن حول لولائی می‌چرخد. برای کار با این دستگاه به دو نفر احتیاج می‌باشد که یک نفر دسته علف را با دست گرفته و فرد دیگر با به حرکت در آوردن تیغه به سمت پایین برش را انجام می‌دهد. 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 داده‌اند و به دلیل عدم ایمنی کافی استقبال گسترده‌ای از آن به عمل نیامده است.

استفاده از خرمکوب‌های سنتی، که نیروی محرکه آنها از چارپایان اهلی تأمین می‌شود، نیز گاهی برای بریدن و نرم کردن علفه مورد استفاده قرار می‌گرفته است (۱۰).

امروزه استفاده از خرمکوب‌های جدیدی، که توسط تراکتور بکار می‌افتند و عمدتاً برای خرد کردن و جدا سازی دانه‌های غلات مورد استفاده واقع می‌شوند، متداول شده است. هر چند که بعضی از سازندگان ادعا می‌کنند که این خرمکوب‌ها با تعویض شبکه فلزی زیر دستگاه برای خرد کردن یونجه نیز قابل کاربرد است ولی برای خرد کردن علفه مناسب نیستند. زیرا، اولاً تراکتور در دسترس همه کشاورزان فقیر نمی‌باشد. ثانیاً این دستگاه برای علفه تازه و خیس کارائی ندارد. ثالثاً قسمت زیادی از علفه خشک در این دستگاه‌ها بصورت پودر و غیر قابل استفاده در می‌آید.

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

متأسفانه اکثر ماشین‌آلات کشاورزی موجود برای مزارع بزرگ که محصولات زیادی تولید

### تعداد تیغه های برش

طول برش یکی از اصلی ترین پارامترها است، که بر اساس آن حجم تغذیه علوفه در هر بار 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 وسیله 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 ۳ تائی یا ۴ تائی از تیغه ها را تحت زاویه ۲۰° تا ۳۰° نسبت به هم مطابق شکل ۳ بر روی رابط خروجی نصب کرد.

در دستگاه علف خردکنی اهرمی در هر چرخه کار یک برش صورت می گیرد، در حالیکه در این دستگاه در هر چرخه کار ۹ تا ۱۲ برش انجام می شود. 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 خود کار کردن

#### کشش علوفه

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

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:

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

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

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

اگر زوج نیروی ورودی روی لنگ را به  $h_1$  نمایش دهیم، نیروی  $F$  برابر خواهد بود با:

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

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

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

با ثابت بودن  $T$ ،  $e$ ،  $h_1$  مقدار  $F$  متناسب با  $h_2$  می گردد. اثر تغییر  $h_2$  در شکل های ۴-ا، 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.

نقش مستقیم ندارد. بدین منظور، مطابق شکل ۴، به جای نقطه کویلر یک چنگک کشش نصب می‌گردد. برای اینکه نقطه کویلر از مسیر معین و از پیش تعیین شده ای (منحنی کویلر) عبور کند، باید اندازه‌های رابط زمین و رابط واصل، و همچنین موقعیت نقطه کویلر 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 فاصله بین لولاهای رابط واصل طی مراحل طراحی انتخاب می‌گردند. با این روش، اگر چه نقطه کویلر از نقاط دقت عبور می‌کند ولی به دلیل اینکه طول رابط خروجی اختیاری نیست ممکن است طول بدست آمده در محدوده 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. نویسنده این مقاله بیش از ۱۵ بار تکرار به نتیجه مطلوب دست نیافت و در نهایت از ادامه کار به این روش انصراف حاصل نمود.

#### ب) استفاده از اطلس منحنی های کویلر

منحنی های کویلر 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 العاده آن، در ایران وجود ندارد.

بدلیل عدم دسترسی به اطلس منحنی‌های کویلر، یک برنامه کامپیوتری توسط نویسنده 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 کویلر ترسیم شده با این برنامه در شکل ۵، نشان داده شده است.

#### ج) روش پویا

در این روش یک برنامه کامپیوتری آماده گردیده و با استفاده از یک دستگاه کامپیوتر نسبت اضلاع، موقعیت نقطه کویلر و توانائی حرکت مکانیزم در روی مونیتور بطور سعی و خطا مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

در این تحقیق هر سه روش یادشده توسط نویسنده امتحان گردید. مفیدترین و کوتاهترین روش برای انتخاب منحنی های کویلر 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  $360^\circ$  چرخش لنگ ورودی فقط  $40^\circ$  از لنگ خروجی مورد استفاده مفید واقع می شود. اگر این  $40^\circ$  مفید خروجی را متعلق به گردش  $120^\circ$  لنگ ورودی بدانیم تقریباً  $240^\circ$  از لنگ ورودی بی بار می چرخد. انرژی این کورس بی بار از چرخش لنگ ورودی را می توان ذخیره کرد و در کورس  $120^\circ$  مفید استفاده نمود. در نتیجه می توان تعداد تیغه‌های برش و همچنین میزان تغذیه علوفه را افزایش داد.

#### ۲- افزودن محرک برقی

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

### نتیجه گیری

۱- با محاسبات ساده ای نشان داده شده است که کارائی دستگاه دستی طراحی شده نسبت به دستگاه برش سنتی دندان‌دار 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 برنامه 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.

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 فاصله دورتری به دهانه 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 نقطه کوپلر هم نباشد. طرح نهائی دستگاه در شکل ۶ نشان داده شده است.

### 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، دانیل آر، ترجمه 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”, 6<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill.
- 6- Shigley, J. E., 1988 “Theory of machines and mechanisms”, McGraw-Hill.

## Application of Coupler Curves in a New Designed Chopper

A. Farzad <sup>1</sup>

### Abstract

A new device was designed for chopping fodder and for its automation. To feed the fodder into the jaws of the chopper, coupler curves of a four-bar mechanism was used. The most efficient and time saving method of selection of the coupler curve was identified, accordingly an Atlas of these curves, for the first time in Iran, containing more than 8000 items was produced. The device can be operated manually as well as by an electric motor. It is shown that the performance of the designed machine is 9 times better than the commonly used choppers.

**Keywords:** Coupler curves - Cutter- Chopper

---

1-Agricultural Machines Division, University of Mashad.