طراحی و شبیه سازی سیستم اتوماتیک جابجایی وزنه های جلوی تراکتورهای دو دیفرانسیل

ایمان عبدالهی، ابراهیم رضوانی، علی میرزا خانی، علی اسحاق بیگی[1]

چکیده

در این مقاله سعی بر آن شده است تا راه حلی برای افزایش نیروی کشش و تعدیل در تقسیم قدرت بین چرخهای تراکتورهای دو دیفرانسیل بدست آید . در ابتدا با تحلیل نیروهای دینامیکی وارد بر تراکتوری که به سیستم مورد نظر مجهز نیست ، بررسی را آغاز نمودیم و سپس به صورت شماتیک نیروهای دینامیکی وارد بر تراکتور مجهز به سیستم را بررسی و با هم مقایسه کردیم .

این سیستم به این صورت عمل می کند که با افزایش طول اعمال گشتاور وزنه های جلوی تراکتور به صورت اتوماتیک در حالت کار و با تغییرات بافت و ساختمان خاک که موجب تغییرات در نیروهای کشش تراکتور می شوند می تواند تا جایی که مجاز به جابجایی وزنه ها است ، تعادل وزن روی محورهای جلو و عقب تراکتور را به حالت ایده آل نزدیک نماید .

کلمات کلیدی : نیروی کشش ، ارتفاع مالبندی ، تعدیل قدرت ، بکسوات، انتقال وزن

۱- دانشجوی کشاورزی ماشینهای کشاورزی
کارشناسی ارشد مکانیزاسیون ماشینهای کشاورزی
استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه شهر کرد

مقدمه

درگذشته اغلب تراکتورها به صورت تک دیفرانسیل بوده و عموماً محور محرک، محور عقب تراکتور میباشد.

معادله زیر رابطه بین وزن عمودی وارد شده برچرخ محرک وکشش ایجاد شده توسط همین چرخ را نشان میدهد:

$$p = 0.75W(1 - e^{-0.3cn*s}) - W(\frac{1.2}{cn} + 0.04)$$

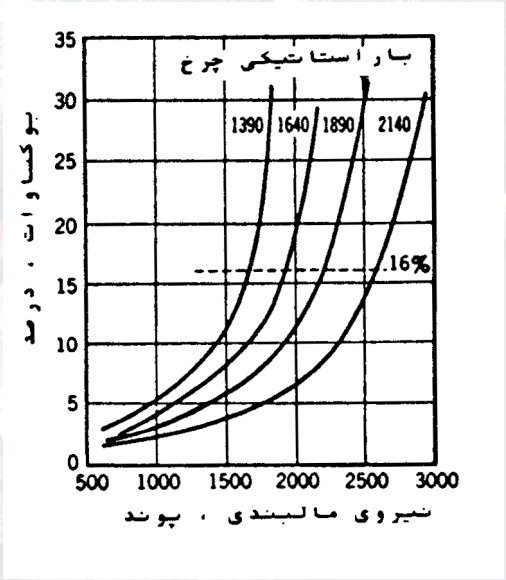
Cn *=ضریب شاخص مخروط خاک ،* ***s*** *= درصد بوکسوات ،* ***W*** *= نیروی عمودی وارد بر چرخ*

قسمت اول این معادله یعنی $0.75W(1 - e^{-0.3cn*s})$ مربوط به نیروی اصطکاک (**F**) وارد شده از خاک بر تراکتور بوده ؛ که باعث پیشروی تراکتور می شود وقسمت دوم یعنی $W(\frac{1.2}{cn} + 0.04)$ مربوط به مقاومت غلتشی خاک (**R**) خواهد بود . با محاسبات انجام شده معلوم می گردد که افزایش **W** بیشتر باعث افزایش **F** خواهد شد به عبارتی افزایش **W** مقدار **F** را بیشتر از **R** افزایش می‌دهد و بنابراین با افزایش **W** ، نیروی کشش(**P**) افزایش می یابد . در نتیجه در طراحی تراکتورهای تک دیفرانسیل سعی بر آن بود که با اعمال نیروی کشش(**P**) در نقطه ای مشخص بر تراکتور، وزن از محور جلو به محور عقب منتقل شود . این جابجایی از طرفی باعث افزایش کشش خواهد شد و از طرفی وزن روی محور غیر محرک را کم کرده که نهایتاً موجب کاهش مقاومت غلتشی در چرخهای جلو میشود.

ولی این عمل با محدودیت هایی همراه است که ناشی از کاهش فرمان پذیری بر اثر کاهش وزن روی چرخهای جلو و همچنین حد تعادل تراکتور می باشد که با کاهش وزن ممکن است تراکتور ناپایدار شود.

اما در تراکتورهای دو دیفرانسیل اگر بخواهیم وزن از اکسل جلوبه عقب منتقل شود چون چرخهای جلو نیز اعمال نیرو می نمایند و محرک می باشند ؛ طبق نمودار شکل (۱) با کاهش وزن از روی محور جلو بکسوات افزایش ونیروی کشش ، کاهش می یابد که این نیروی بکسوات و کشش مربوط به چرخهای جلو می باشد.

برای حل این مشکل می توان وزنه های جلوی تراکتور راافزایش داد که این وزنه ها قابلیت تغییر فعال در تغییرات پیوسته نیروی کشش را ندارند واز طرفی در موقع حرکتِ بدون بار تراکتور ابزاری زائد هستند .



شکل ۱) تاثیر وزن بر کشش و بکسوات

ما در این طراحی وزنه های جلوی تراکتور را از حالت ثابت خارج کرده ایم که توسط دو عدد جک هیدرولیکی فاصله وزنه ها تا تراکتور تغییر می کند و بنا بر این طول اعمال گشتاور زیاد می شود و با افزایش این طول جابجایی وزن از محور جلو به عقب تا حدی جبران می شود.

از سوی دیگر در هنگام کارتراکتور، دستگاه مورد نظر مجهز به سیستم کنترل الکترونیکی برای سنجش وزن و اعمال دستور به جکهای هیدرولیکی بوده تا بتواند بهترین طول گشتاور رابدست آورد و به یک تعدیل وزن مناسب در حالت کار در شرایط مختلف برسد .

بررسی چگونگی انتقال وزن از محور جلو به عقب و تاثیرات آن بر نیروی کشش تراکتور و رسم نمودارهای مربوط به آن

در این بررسی فرضیات زیر لازم هستند:

۱- تراکتور با سرعت ثابت حرکت می کند .

۲- از مقاومت غلتشی صرف نظر کرده ایم.

۳- شیب زمین را صفر در نظر می گیریم.

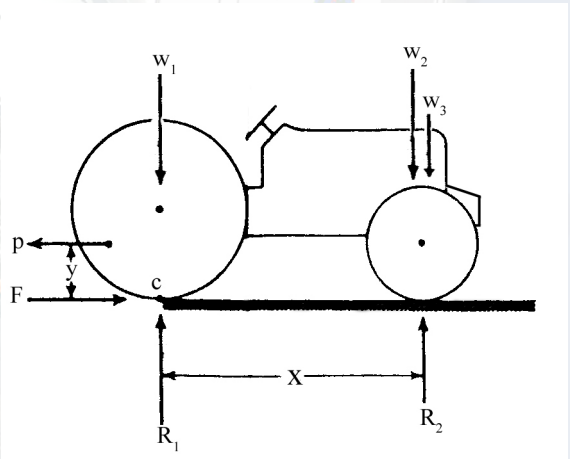
۴- **W1** و **W2** نشان دهنده تقسیم وزن روی محورهای تراکتور هستند

۵- **R1**و**R2** عکس العملهای خاک روی چرخهای تراکتور هستند.

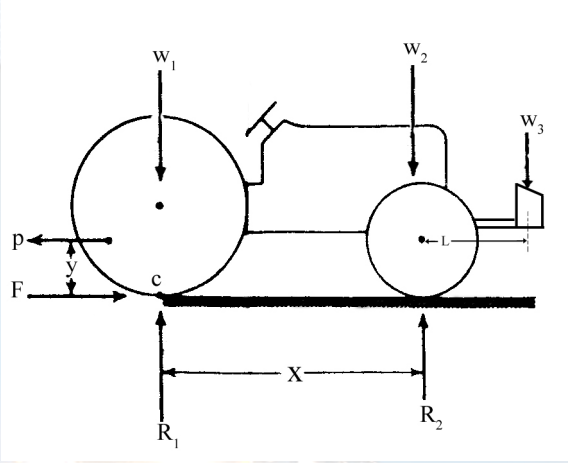
۶- **x**فاصله بین دو اکسل تراکتور میباشد.

۷- درشکل شماره دو فرض بر آن است که**W3**به طور عمودبر اکسل جلو وارد می شود.

۸- نیروی **P** در راستای افق بر تراکتور وارد می شود.



شکل ۲)



شکل۳)

از روی شکل ۲ و با فرض اینکه نیروی **W3** به طور عمود بر محور جلویی وارد شود روابط زیر را بدست آوردیم :

$$\sum M_c = Py - W_2X - W_3X + R_2X = 0$$

رابطه (۱)

$$\Rightarrow R_2 = W_2 + W_3 - \frac{Py}{X}$$

$$\sum Fy = 0 \Rightarrow W_2 + W_1 - R_2 - R_1 + W_3 = 0$$

رابطه (۲)

$$\Rightarrow R_1 = W_1 + \frac{Py}{X}$$

ب) بررسی نیروهای دینامیکی وارد بر تراکتور مجهز به دستگاه درحین انجام کار:

از روی شکل شماره ۳ روابط زیر حاصل شده است :

$$\sum M_c = Py + R_2X - W_2X - W_3(X + L) = 0$$

رابطه (۳)

$$\Rightarrow R_2 = W_2 + W_3 + \frac{W_3L}{X} - \frac{Py}{X}$$

$$\sum Fy = 0 \Rightarrow W_1 + W_2 + W_3 - R_1 - R_2 = 0$$

رابطه (۴)

$$\Rightarrow R_1 = W_1 - \frac{W_3L}{X} + \frac{Py}{X}$$

در رابطه های (۱)و(۲)مقدار $\frac{Py}{X}$ از **R2** کم و به **R1** اضافه می شود.

عبارت $\frac{Py}{X}$ یا وزن انتقال یافته در طراحی یک تراکتور که بتواند کشش ایده آلی را اعمال نماید ، به یقین اعمال شده است . به عبارتی فاصله بین دو محور و همچنین وزن **W3** به گونه ای انتخاب شده است که تراکتور نیروی کشش بهینه ای را بدست آورد.

نیروی **P** در حین انجام کار ثابت نخواهد ماند و با تغییر بافت ، ساختمان ورطوبت خاک تغییر خواهد کرد. حال اگر بر اثر شرایط کاری نیروی کشش **P** افزایش پیدا کند به اندازه $\frac{Py}{X}$ از نیروی عکس العمل خاک بر چرخهای جلو کاسته خواهد شد و در نتیجه نیروی کشش چرخهای جلو نیز کم خواهد شد و اگر **P** به اندازه ای زیاد شود که

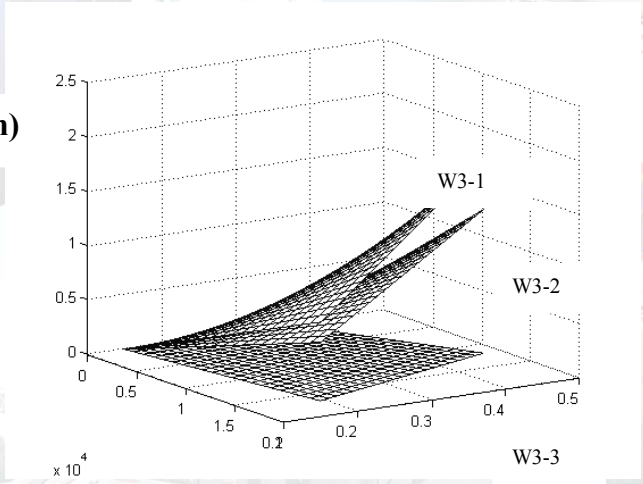
$W_2 + W_3 = \frac{Py}{X}$ در این صورت چرخهای جلو کشش خـود را کـاملا از دسـت داده وشـروع بـه بکسوات خواهند کرد.

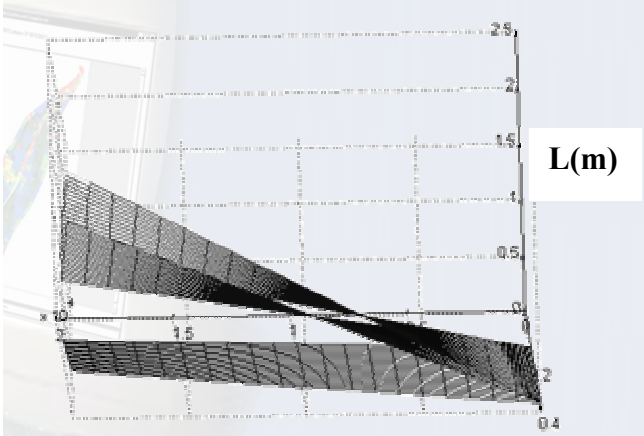
برای کاهش مقدار عبارت $\frac{Py}{X}$ می توان **y** را کاهش داد که این کار با محدودیت هایی از جمله ناصافی های سطح زمین و وجـود موانـع سـطحی روبرو خواهد شد .

که در رابطه های ۳و۴ عبارت $\frac{W_3 L}{X}$ به عنوان جبران کننده عمل مـی کنـد ، بـه عبـارتی اگـر در کشش تراکتور(**P**) ویا اگر در ارتفـاع مالبنـدی(**y**) تغییراتی رخ دهد سیستم به طـور اتوماتیـک بـا تغییر دادن طول **L** ودر نتیجه تغییر در $\frac{W_3 L}{X}$ می تواند تغییرات به وجود آمـده را جبـران و کشـش مورد نیاز را تامین کند .

برای مثال اگر نیروی کشش تراکتور بـه انـدازه **P** Δ افزایش یابد ، طول اعمال گشتاور وزنه ها باید بـه انـدازه **L** افـزایش یابـد تـا عبـارت $\frac{W_3 L}{X}$ برابر $\frac{\Delta P y}{X}$ بشود .

در شـکل شـماره (۴) نمـودار تغییـرات **L** را برحسب تغییرات**y** و**P**Δ ؛ با فرض اینکه محدوده تغییـرات**P**Δ از**0** تـا**20,000** نیـوتن ومحـدوده تغییرات**y** از**0.15** تا **0.37** متر باشد را برای سـه مقدار **W3** رسم نموده ایم . از آنجا که نمودارهـا بصورت سه بعدی هستند برای نمـایش بهتـر ، از دو نمای متفاوت بهره برده ایم :





*شکل۴) نمودار تغییرات **L** بر حسب **ΔP** و **y** (**W3-1=3453.12، W3-2=4334.88، W3-3=5412.27**)*

برای مثال اگـر **W3=3453.12** باشـد و ارتفـاع مالبندی برابر **0.2** متر باشد ، با رسیدن طول **L** به یک متر، تراکتور می تواند تغییرات نیروی کشـش ،تا **17.266** کیلو نیوتن را جبران و تحمل کند.

طراحی دستگاه

از آنجا که سیستم مـورد نظـر، قابلیـت نصـب بـر روی انواع تراکتور ها را دارد ،در ایـن مقالـه یـک طرح کلی برای این سیستم مطرح شده اسـت کـه جزئیات هر قسمت دستگاه بر حسب نـوع ومـدل تراکتور می تواند جداگانه بررسی و طراحی شود.

برای درک بهتر چگونگی کار دستگاه می توان آن را به چنـد قسـمت تقسـیم و در مـورد هـر کـدام توضیح داد.

واحد گیرنده اطلاعات موارد تغییر یافته

در حین انجام عملیات کشاورزی طبق موارد ذکـر شده در قسمتهای قبلی ما می خواهیم **R1** و**R2** که عکـس العملهـای خـاک نسـبت بـه چرخهـای تراکتور می باشند را ثابت نگه داریم .

البته با ثابت نگه داشتن یکی ، دیگری را نیز ثابـت نگه داشته ایم . در اینجـا بـرای داشـتن اطلاعـات مربوط به **R2** در هـر لحظـه از یـک فشـار سـنج دیجیتالی که بر روی شیر هـوای لاسـتیک مسـتقر شده است استفاده می کنیم.

بـرای یـک تراکتـور مشـخص توسـط آزمایشـات مربوطه مـی تـوان عکـس العمـل خـاک را بـرای نیروی کششی مشخص بدست آورد . این عکـس العمل بدست آمده را **Ra** می نـامیم . پـس از آن هر گونه تغییر در عکس العمل خاک بر روی فشار لاستیک اثر خواهد گذاشت و این تغییرات توسـط فشار سنج در هر لحظه اندازه گیـری و بـه واحـد مقایسه کننده و کنترلر فرستاده خواهد شد.

در اینجا فرض را بر این گذاشته ایم کـه لاسـتیک تغییر حجم نخواهد داد.

واحد مقایسه کننده و کنترلر

این سیستم به صورت فیدبک آن قدر کار خود را ادامه می دهد تا به یک حالت تعادل برسد. ازآنجا که شرایط کـاری تراکتـور در هـر لحظـه در حـال تغییر است ، دستگاه اگر بخواهد به طور اتوماتیک به یک عدد مشخص برسد ، مـادام بایـد در حـال کار باشد . برای جلوگیری از این موضوع با توجه بـه نـوع فشارسـنج ، یـک بـازه عـددی مطلـوب برای **Ra** منظور کرده ایم که حد بالای این بـازه را **Y** وحد پایین را**Z** می نامیم. اطلاعـات گرفتـه شده از فشار سنج به صورت دیجیتال به یک **IC** قابل برنامه ریزی **8051** می رسد کـه برنامـه ایـن **IC** در ادامه ذکر شده است . داده های ثابت ایـن برنامـه بـرای تراکتورهـای مختلـف و همچنـین فشارسنج های مختلف قابل تغییر می باشند .

```
LOOP5:   MOV  A,P1
         CJNE  A,Y,LOOP1
LOOP3:   CJNE  A,Z,LOOP2
         SJMP  LOOP5
LOOP1:   JC  LOOP3
         SETB  P0.1
         SJMP  LOOP5
LOOP2:   JC  LOOP4
         SJMP  LOOP5
LOOP4:   SETB  P0.2
         SJMP  LOOP5

END
```

نحوه کار این برنامه به این صورت است که عـدد خوانده شده(**P1**) از فشار سنج بـه **IC** وارد مـی شود. اگر مقدار **P1** بزرگتر از **Y** باشـد ؛**IC** بـه شیر برقی شماره یک دستور مـی دهـد کـه مسـیر

روغن را باز کرده و فاصله وزنه ها بـا تراکتـور را کم کند تا مقدار **P1** به دامنـه مجـاز **Y ‹ P1 ‹ Z** برسد و اگر مقدار **P1** بین **Z** و **Y** بود آنگاه **IC** هیچگونه عملی را انجـام نخواهـد داد و اگـر **Z ‹ P1** بود شیر برقی شماره دو بـاز خواهـد شـد تـا فاصله وزنه ها با تراکتور زیاد شود و **P1** به دامنـه مجاز برسد.

واحد اجرای تغییر طول :

روغنی که از سیسـتم هیـدرولیک تراکتـور توسـط شـیر وارد سیسـتم مـی شـود بـه دو عـدد جـک هیدرولیکی که در دو طرف شاسی تراکتور نسـب شده اند ، خواهد رسید وطول جـک هـا را تغییـر خواهد داد.

وزنه ها دیگر در جلوی تراکتور ثابت نیستند بلکـه به جکهای مذکور متصـلند وقابلیـت جابجـایی در راستای طول تراکتور را یافته اند.

جکهای هیدرولیکی این سیستم مجهز به سیسـتم قطع اتوماتیک فشار می باشند، به نحـوی کـه هـر موقع به انتهای محـدوده حرکتـی خـود رسـیدند ، مسیر روغنِ روی جک باز شده وروغن بـه منبـع روغن باز می گردد و دیگـر فشـاری روی جکهـا اعمال نمی شود .

نتیجه گیری

بـا اسـتفاده از ایـن دسـتگاه در تراکتورهـای دو دیفرانسیل اگر در حین انجام عملیات کشـاورزی نیروی کشش ادوات بر تراکتور زیـاد شـود ، ایـن تغییر را می توان جبران نمـود ودر نتیجـه نیـروی کشش تراکتور را افزایش داد.

از طرفـی بـا کنتـرل کشـش در دامنـه تغییـرات مشـخص ، از وارد شـدن تنشـهای ناگهـانی بـر تراکتور کاسته خواهد شد . همچنین ایـن سیسـتم می تواند پایداری تراکتور را در موقع حمل و نقل ادواتِ سوار شونده افزایش دهد .

این دستگاه از کم شـدن عکـس العمـل خـاک بـر چرخهای جلوئی تراکتور جلـوگیری کـرده وطبـق نمودار نشان داده شده در شکل(۱) از زیـاد شـدن بکسوات جلوگیری می کند .بـا کـاهش بکسـوات وافزایش نیـروی کشـش سـرعت انجـام عملیـات کشاورزی زیاد خواهد شد.

با توجه به موارد ذکر شده در بالا اسـتفاده از ایـن دستگاه مصرف انرژی را کاهش داده واز استهلاک بی مورد تراکتور می کاهد .

پیشنهاد

در مـورد تراکتورهـای تـک دیفرانسـیل ویـا دو دیفرانسیلی که در هنگام انجام عملیات شخم یـک چرخ آنها در شیار شخم حرکت می کند می توانیم وزنه هایی که قابلیت جابجایی در عرض تراکتور را داشته باشند را طراحی کنیم که قابلیـت کشـش تراکتور را افزایش دهنـد واز بکسـوات چرخهـای خارج از شیار بکاهند.

منابع

۱. کاتسوهیکو اوگاتا . ۱۳۷۰ . کنترل. ترجمه علی کافی . تهران . نشر دانشگاهی .

۲. حسن کماریزاده . ۱۳۷۷. مکانیک تراکتور و ماشینهای کشاورزی . ارومیه . جهاد دانشگاهی .

۳. اسکات مکنزی . ۱۳۷۶. میکروکنترلر **8051** . تفرش . چاپخانه مهر قم .

4. **ASAE Standards.1992.American Society of Agricultural Engineering .MI.USA**
5. **Goering Carrol F. .1992.Engine And Tractor Power . ASAE .U.S.A**
6. **Michael j.Pinches &John G.Ashby"Power Hydraulics" Prentice Hall 1989 .**

Abstract

This paper attempts to find a solution to increasing of net traction in four wheel drive tractor and also the problem of balancing power division between the wheels of four-wheel- drive tractor .

This mechanism works in such a way to increase the distance of front weights of particular tractor. It is assumed that the tractor works in a farm which had a variable soil structure.

In the first stage; the dynamic forces exerted to a tractor which is not facilitated with the above mechanism have been studied.

In the second stage the dynamic forces had been studied for a tractor which is facilitated with the above mechanism.

The results of the above stages have been compared.

The developed mechanism has the ability to balance the soil reaction forces on the tractor axels.

The benefit of using the above mechanism is to greatly reduce the energy consumption and the possible slipping of the tractor.