نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

طراحی و امکان‌سنجی ساخت سامانه اندازه‌گیری کشش وانتقال وزن در تراکتورها

سرهاد عزیزیان بالانجی[۱]، عارف مردانی کرانی[۲]،آرش محبی[۲]
۱و۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه
ایمیل نویسنده مسئول:Sarhad.azibal@gmail.com

چکیده

انتقال وزن در اثر عکس‌العمل‌های جلورفت و عقب‌رفت تراکتور در موقع کشش مالبندی پدید می‌آید. انتقال وزن علاوه بر تاثیر روی بازده کششی تراکتور، روی پایداری تراکتور در مزارع شیب‌دار نیز تاثیر بسزایی دارد، به‌طوری که اگر وزن روی چرخ‌های جلویی به میزان مناسب نباشد، تنها با یک نیروی اندک مالبندی یا بی‌دقتی از طرف راننده در کنترل کلاچ، تراکتور واژگون شده و صدمات جانی آن را نمی‌توان جبران کرد. در کارهای کشاورزی تراکتور با سرعت تقریباً ثابتی حرکت می‌کند، بنابراین انتقال وزن ناشی از کشش ادوات بیشتر از موارد دیگر انتقال وزن جلوه می‌کند. بنابراین دانستن بیشینه کشش ایجاد شده توسط تراکتور از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این تحقیق ابتدا به مرور روش‌های بررسی انتقال وزن و کشش پرداخته شده، سپس روشی جدید برای بررسی این دو مقوله مهم پیشنهاد می‌گردد. در این طرح توان کششی و انتقال وزن تراکتورها در حالت ایستا قابل اندازه‌گیری و ثبت است.

واژه‌های کلیدی:"انتقال وزن،کشش، مرکز ثقل، بار دینامیکی"

مقدمه

در راستای اندازه‌گیری بار دینامیکی محورهای تراکتور عباسپور یک تراکتور میتسوبیشی MT-250D را برای اندازه‌گیری بار دینامیکی محور عقب مجهز به سیستم اندازه‌گیری کرد. از آنجا که قطر محور تراکتور بزرگ می‌باشد، لذا نصب کرنش‌سنج‌ها بر روی خود محور جهت اندازه‌گیری بار دینامیکی حساسیت کمی داشته که از این روش بیشتر در اندازه‌گیری گشتاور محور استفاده می‌شود. لذا آنها از دو قطعه محور اضافه شده (Extended axle) با قطر کوچکتر که با فلانج بین سر محور و چرخ تراکتور وصل شدند، استفاده کرده و با نصب کرنش‌سنج بر روی آن و تشکیل پل وتسون بار دینامیکی را توسط یک ولتمتر دیجیتال حافظه‌دار اندازه‌گیری کردند.(عباسپور و همکاران، ۱۳۸۰)

کلارک و ادسیت یک تراکتور را برای اندازه‌گیری بازده مزرعه‌ای به سیستم اندازه‌گیری مجهز کردند. آنها در این سیستم برای اندازه‌گیری بار محورهای تراکتور از مبدل کرنش‌سنجی استفاده کردند. کالیبره کردن مقدار وزن روی هر یک از چرخ‌ها با قرار دادن یک سکوی توزین وزن زیر تایرها و ثبت کردن خروجی مبدل انجام شد(کلارک و همکاران، ۱۹۸۵).

بورت اثرات بار دینامیکی، نوع و شرایط فشردگی خاک را روی نسبت تنش مماسی و تنش نرمال در سطح تماس تایر و خاک مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق، بهترین مقدار برای این نسبت در ارتباط با شرایط خاک عدد یک به دست آمد.

او همچنین تنش های قائم در سطح خاک با تایر را با تغییر دادن بار دینامیکی اندازه‌گیری کرد و بدین منظور مبدل‌های فشاری را داخل آج تایر نصب کرد. با توجه به این که مبدل‌ها در داخل سوراخ‌های از قبل ایجاد شده در داخل تایر قرار می‌گیرند، این کار مستلزم از بین بردن و سوراخ کردن تایر می‌باشد که توجیه اقتصادی ندارد (بورت و همکاران، ۱۹۸۹).

مک لافین تراکتوری را برای اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی مزرعه مجهز کرد.وی در این سیستم برای اندازه‌گیری مقدار وزن روی محور جلو یک پین حساس را که حسگرهای کرنش‌سنجی روی آن نصب شده بودند بر روی محور جلوی تراکتور نصب کرد و با استفاده از آن به مقدار وزن روی محور پی برد. به منظور ثبت داده‌ها در این سیستم اندازه‌گیری از یک سیستم تحصیل داده بر پایه کامپیوتر شخصی استفاده شد (مک‌لافین و همکاران ۱۹۹۳).

کلارک و داهو یک مدل را برای انتقال وزن و کشش برای واحدهای توان مزرعه‌ای ارایه کردند. در سیستم به کار گرفته شده هر کدام از چرخ‌های عقب توسط یک سیلندر هیدرولیکی حمایت شد و با توجه به جابجایی سیلندرها مقدار وزن روی هر یک از چرخ‌ها اندازه‌گیری شد (کلارک و همکاران، ۱۹۹۵).

ژانک و چنسلر چهار عامل مربوط به هم و در عین حال متضاد که در طراحی و کارکرد یک تراکتور دو چرخ محرک در ارتباط با مقادیر توزیع نیروی حامل بین خاک- چرخ روی محور جلو و عقب وجود دارند را بشرح ذیل بیان کردند (ژانک و همکاران، ۱۹۸۹):

۱-افزایش کلی وزن تراکتور، انرژی تلف شده ناشی از مقاومت حرکتی را افزایش می دهد.

۲-افزایش نیروی عمودی چرخ - خاک در محور محرک حداکثر کششی که در هر سطحی از لغزش چرخ در خاکهای کشاورزی به دست می آید را افزایش می‌دهد.

۳-افزایش نسبتی از کل وزن که روی محور عقب اعمال می‌شود حداکثر نیروی کششی نسبت به وزن کل تراکتور را افزایش، و مقاومت کلی در برابر حرکت را کاهش می‌دهد.

۴-لازم است که مقدار مشخصی نیروی حامل چرخ - خاک روی محور جلو بماند تا تعادل طولی تراکتور حفظ شود و موجب نیروی کافی برای فرمان دادن شود.

محققین زیادی معادلات پیش‌بینی کننده برای عملکرد مزرعه‌ای تراکتور ارائه کردند (پرسن (۱۹۶۹)، زوز (۱۹۷۰)، ویسمر و لوت (۱۹۷۲)، اوزکان و ادوارد (۱۹۸۳) و همچنین مدل هایکامپیوتری شبیه‌سازی عملکرد مزرعه‌ای تراکتور نیز مورد استفاده بسیاری از محققین قرار گرفت (دیویس و رهوگلر (۱۹۷۴)، ماکناب و همکاران (۱۹۷۷)، کالوین و همکاران (۱۹۸۴)، علیمردانی و همکاران (۱۹۸۹)، الحمد و الجانوبی (۲۰۰۱)، و کاتالان و همکاران (۲۰۰۷).

بار دینامیکی چرخ محرک تاثیر مستقیم بر فرو رفتگی چرخ و نسبت کشش خالص می گذارد. این پارامتر توسط وزنه های اضافه چرخ، انتقال وزن از محور جلو و همچنین انتقال وزن از ادوات افزایش می‌یابد. این پارامتر با جمع کردن بار استاتیکی و انتقال وزن به دست می‌آید. معادلاتی که در این تحقیق استفاده شدند عبارتند از :

(۱)(کالوین و همکاران، ۱۹۸۴)

$$DWL_1 = TSWT$$

(۲)(بارگر و همکاران، ۱۹۶۳)

$$DWL_2 = SWL + DBP\left(\frac{DBH}{WB}\right)$$

(۳) (اروین، ۱۹۶۱)

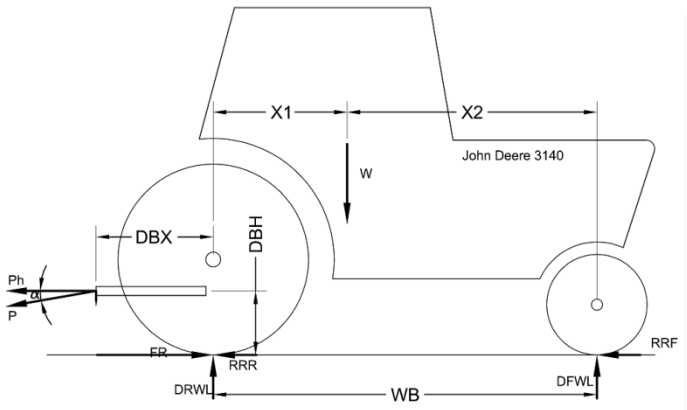
$$DWL_3 = SWL + \frac{[TI - DBP(RRR - DBH) - RRFW(RRR)]}{WB}$$

(۴) (برلارگ، ۱۹۶۹)

$$DWL_4 = SWL + \frac{[TI - DBP(RRR - DBH) - RRFW(RRR - FRR)]}{WB}$$

که در این معادلات DWL بار دینامیکی چرخ (N)، TSWT وزن استاتیکی کل تراکتور (N)، SWL بار استاتیکی چرخ عقب (N)، DBP کشش مالبندی (N)، DBH ارتفاع مالبند (m)، WB فاصله افقی دو محور تراکتور (m)، TI گشتاور ورودی به محور عقب (N-M)، FFR شعاع غلتشی چرخ جلو (m)، RRR شعاع غلتشی چرخ عقب (m)، RRFW مقاومت غلتشی چرخ های جلو (N) می‌باشند.

معادله (۱) بار دینامیکی محور عقب را برابر با وزن استاتیکی کل تراکتور قرار داده و در این معادله فرض بر این است که در حین کشش چرخ جلو در آستانه بلند شدن از روی زمین بوده و تمام وزن تراکتور بر روی محور عقب می باشد. معادله دوم بار دینامیکی را از جمع کردن بار استاتیکی محور عقب و انتقال وزن از محور جلو در اثر بار کششی قرار داده و اثرات مقاومت غلتشی و گشتاور ورودی در این معادله در نظر گرفته نشده است. در معادلات (۳) و (۴) اثرات مقاومت غلتشی و گشتاور محور نیز در نظر گرفته شده است.



شکل ۱– نمودار جسم آزاد تراکتور در حین کشش

نیروی کششی تراکتورها تابعی ازدرصد لغزش چرخ‌ها می‌باشد لیکن همیشه یک مقدار متوسط برای لغزش وجود دارد که بیشینهٔ بازده کششی را فراهم می‌سازد. دانستن کشش ولغزش به‌دست آمده درحداکثر بازده کششی حائزاهمیت است. چرا

که آنها اندازه ادوات وسرعت حرکت لازمه برای استفاده کامل از توان در دسترس را تعیین می‌کنند.ضریب کشش خالص یا نسبت کشش دینامیکی نیز واژه‌ای پذیرفته‌شده برای بیان سطح بازدهی است. تغییرات ضریب کشش خالص وبازده کششی درارتباط با لغزش چرخ محرک درنمودارهای مختلفی نشان داده شده است مطابق چنین نمودارهایی بازده کششی، کشش و توان مالبندی بهینه درگسترهٔ لغزش ۲۰-۱۰ بدست می‌آید همچنین اندازه این پارامترها تابعی از خصوصیات مکانیکی خاک ، ابعاد تایر وبار روی تایر می‌باشد(کوماندی، ۱۹۹۹).

دو نوع مقاومت غلتشی وجود دارد، یکی مقاومت غلتشی داخلی تراکتور است که در داخل خود وسیله نقلیه به دلیل اصطکاک، ارتعاشاعات، پسماند و تاثیر فشردگی تایرها تولید شده است که نیروی ضروری برای کشیدن تراکتور روی یک جاده آسفالت است. دیگری نیروی مقاومت غلتشی خارجی تراکتور است که توسط تغییر شکل خاک ایجاد شده است که یک کاهش نیروی ضروری برای کشیدن تراکتور روی خاک رسی شنی خاکورزی شده است که این خود سبب تغییر مرکز ثقل تراکتور می‌شود (نانگ و همکاران، ۲۰۰۸).

نادری بلداجی و همکاران به بررسی معادلات ارایه شده برای پیش‌بینی بار دینامیکی محور عقب و انتخاب بهترین معادله با استفاده از اندازه‌گیری لغزش چرخ محرک پرداختند. بدین منظور پارامترهایی نظیر لغزش چرخ جلو، شاخص مخروطی خاک، شعاع غلتش چرخ، مقاومت غلتشی چرخ جلو و گشتاور ورودی به محور محرک تراکتور را اندازه‌گیری و محاسبه کردند . به منظور انتخاب بهترین معادله برای پیش بینی بار دینامیکی وارد بر محور عقب تراکتور دو چرخ محرک، آزمایشی بر مبنای اندازه‌گیری لغزش چرخ محرک تراکتور انجام دادند و مقادیر لغزش اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با استفاده از برازش خطی مقایسه شد و معادله کالوین به عنوان بهترین معادله برای پیش بینی بار دینامیکی انتخاب شد و بر اساس آن وزن استاتیکی کل تراکتور جایگزین مناسبی برای بار دینامیکی می‌باشد(نادری بلداجی و همکاران، ۱۳۸۹).

مواد و روش‌ها

پس از بررسی‌های صورت گرفته اهمیت انتقال وزن در تراکتورها و وابستگی دو مقوله انتقال وزن و کشش مشهود می‌باشد. به منظور پیش‌بینی عملکرد تراکتور و همچنین شرایط بهینه استفاده از وزنه‌های اضافی و لغزش چرخ محرک برای

دست-یابی به بازده کششی بهینه نیاز به مقادیر بار دینامیکی چرخ‌های محرک در حین عملیات می‌باشد. به این منظور می-توان این پارامتر را اندازه‌گیری کرد و یا از معادلات پیش‌بینی‌کننده این پارامتر به دست آمده بر مبنای اندازه‌گیری استفاده نمود.

افزایش بیش از حد نیروی عمودی روی چرخ‌های محرک موجب کاهش شدید بازده کششی می‌شود که باید از آن اجتناب نمود. توسعه و کاربرد روزافزون ادوات سوار به دلیل مانورپذیری خوب و انتقال وزن به محور عقب در تراکتورهای دو چرخ محرک موجب افزایش کارایی تراکتور می‌شود. بنابراین داشتن دانش کافی برای شناخت پدیده انتقال وزن و پیش‌بینی یا اندازه‌گیری بار دینامیکی چرخ محرک ضروری می‌باشد. از آنجا که اندازه‌گیری بار دینامیکی روی محور کاری پر هزینه و مشکل می‌باشد، لذا یافتن راهی کم‌هزینه از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.

با بررسی‌های صورت گرفته نیاز به دستگاهی احساس می‌شود که این قابلیت‌ها را داشته باشد:

۱- یک سامانه ترمز کننده چرخ‌های محرک تراکتور قابلیت ثبت همزمان بار دینامیکی و کشش را داشته باشد.

۲- کشش بحرانی یک تراکتور را در وضعیت استاتیک تراکتور بتواند اندازه‌گیری نماید.

۳- انتقال وزن در ترکیب تراکتور- دنباله‌بند را بتوان توسط سامانه ساخته شده در وضعیتهای مختلف تعیین کرد.

به این منظور سامانه‌ای در نظر گرفته شد که به طور همزمان وزن روی چرخ‌های محرک و مقدار بیشینه کشش ایجاد شده توسط تراکتور در دورهای مختلف موتور را گزارش دهد.

برای دست‌یابی به این مهم ابتدا باسکولی دیجیتالی که باید در چهار گوشه‌ی آن لودسل‌هایی قرار بگیرند طراحی شد. اندازه‌ی سامانه باید متناسب با استانداردهای طراحی و ساخت تراکتورها باشد تا تراکتور به شکل کامل روی این باسکول قرار گیرد.

در مرکز این دستگاه مکانیزمی با سه استوانه‌ی غلتان در نظر گرفته شده است که در زیر دو چرخ محرک تراکتور قرار می-گیرد. در ادامه با افزودن یک پایه‌ی ثابت در قسمت عقب باسکول، نصب یک کرنش‌سنج بر روی آن و وصل کردن این کرنش‌سنج به اتصال سه نقصه‌ی تراکتور می‌توان حداکثر مقاومت کششی تراکتور را با اعمال بارهای متفاوت بر روی چرخ-های محرک آن به دست آورد.

از طریق این سامانه به طور همزمان می‌توان مرکز ثقل و حداکثر کشش ایجاد شده توسط تراکتور را به دست آورد.

شکل ۲- باسکول دیجیتالی و سکوی اصلی سامانه اندازه گیری کشش و انتقال وزن در دست ساخت دانشگاه ارومیه

بحث و نتیجه‌گیری

مجموعه معرفی شده در این طرح در صورت تکمیل و اعمال مکانیزم ترمزی بر روی استوانه‌های غلتان قابلیت بالایی در ارزیابی عملکرد کششی تراکتورها و همچنین کنترل تناسب تراکتور- دنباله‌بند را دارا خواهد بود و در وضعیت ثابت تراکتور قابل استفاده است. این طرح طبق بررسی های انجام گرفته فاقد نمونه مشابه در کشور بوده و کاربردی است. همچنین می-توان در صورت نیاز موتوری به قسمت استوانه‌ها اضافه کرده و از این طریق بر روی چرخ‌ها و در نتیجه موتور تراکتور اعمال بار صورت گیرد.

در این تحقیق پارامترهای مختلفی قابل اندازه‌گیری خواهند بود از جمله:

۱) اندازه‌گیری بار عمودی توسط کرنش‌سنج‌های اندازه‌گیری نیرو که در چهار گوشه‌ی باسکول نصب می‌شوند.

۲)یافتن محل مرکز ثقل در حالت تراکتور خالی از ادوه و حالت تراکتور همراه با ادوات سوار شده بر آن.

۳)بررسی رابطه تعیین‌کننده‌ی بین انتقال وزن و کشش بر روی ظرفیت‌های کششی و تعادل تراکتورها.

۴) به دست آوردن حداکثر نیروی کششی تراکتور در حالت‌های مختلف اعمال بار بر روی چرخ‌های محرک آن.

منابع

۱. عباسپور گیلانده،ی۱۳۸۰،" اندازه‌گیری وزن دینامیکی وارد بر محور عقب تراکتور"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی.

۲. نادری بلداجی، م.، علیمردانی، ر.، عباس‌زاده، ر.، ۱۳۸۹. "بررسی معادلات بار دینامیکی و انتخاب معادله مناسب با اندازه‌گیری لغزش چرخ تراکتور"، مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون.

3. Al-Hamed S.A, and A.A. Al-Janobi, 2001. A program for predicting tractor performance in visual C++. Computers and Electronics in Agriculture, v(31): 137–149.
4. Alimardani, R., T.S. Colvin, and S.J. Marley, 1989. Verification of the "TERMS" traction prediction model. Transaction of the ASAE, v(32): 817-821 .
5. Barger, E.L., J.B. Liljedahl, W.M. Carleton and E.G. Mckibben, 1963. Tractors and Their Power Units. New York: John Wiley.
6. Berlarg, A.G. and W.F. Buchele, 1969. Mechanics of tractor operating on yieldingsoil. ASAE Paper No. 66-147. St . Joseph, MI: ASAE.
7. Burt, E.C., R.K. Wood and A.C.Baily, 1989. Dynamic load effect on tangential – to – normal stress ratio for pneumatic tiers. Transaction of the ASAE, v(23): 1177-1181.
8. Clark, R.L., A.H. Adsit, 1985. Microcomputer based instrumentation system to measure tractor field performance. Transaction of the ASAE, v (28): 393-396.
9. Clark, R.L., and Z. Dahua, 1995. A theoretical ballast and traction model for awide span tractor. Transaction of the ASAE, v(38): 1613-1620.
10. Colvin, T.S., K.L. McConnel and B.J. Catus, 1984. A computer model for field simulation. ASAE Paper No. 84-1523. St. Joseph, MI: ASAE.
11. Davis, D.C. and G.E. Rehkugler, 1974. Agricultural wheel tractor overturns – Part 1: Mathematical model. Transaction of the ASAE, v(17): 477-483.
12. Erwin, R.L, 1961. Agricultural Engineering Handbook, Ch. 6. New York: McGraw- Hill.
13. George Komandi, 1999. An evaluation of the concept of rolling resistance. Journal of Terramechanics 36 , 159-166.
14. H. Catalan, P. Linares, and V. Mendez, 2007. A traction prediction software for agricultural tractors. Computer and Electronic in Agriculture. In Press.
15. Mclaughlin, N.B., L.C. Heslop, D.J. Buckley, G.R.St. Amour, B.A. Compton, A.M. Jones and P.Van Bodegom, 1993. A general purpose tractor instrumentation and data logging system. Transaction of the ASAE, v(36): 265-268.
16. Macnab, J.E., R.B. Wensink and D.E. Booster, 1997. Modeling wheel tractor energy requirements and tractive performance. Transaction of the ASAE, v(40): 602-605.
17. Nang N. V., Takaaki. M., Tatsuya. K. and Shigeki. I, 2008. Effects of Tire Inflation Pressure on Soil Contact Pressure and Rolling Resistance of Farm Tractors. Bull. Fac. Agr., Saga Univ. No 93 : 101-108.
18. Ozkan, E. and W. Edwards, 1983. Machinery management with microcomputers. CP/AG6.1. Lowa State University. Ames.
19. Persson, S.P.E., and S. Johanson, 1967. A weight transfer hitch for pull-type implement. Transaction of the ASAE, v(10): 487-489.
20. Wismer, R.D. and H.L. Luth, 1972. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. ASAE paper No. 72-619. St. Joseph, MI: ASAE.
21. Zhang, N. and W. Chancellor, 1989. Automatic ballast position control for tractor. Transaction of the ASAE, v(32): 1159-1164.
22. Zoz, F.M, 1970. Predicting tractor field performance. ASAE Paper No. 70-118. St. Joseph, MI: ASAE.

Design and construction feasibility tension measurement system and transfer weight of the tractor

Abstract

Weight transfer in accordance with forward and backward counteractions of tractor occurs during drawbar tension. In addition to affecting the tension efficiency and consuming maximum power of the motor, this phenomenon has direct effect to the stability of tractor in inclined farms in which if the weight on front wheels is not suitable enough, then by means of a small drawbar force or carelessness from driver in clutch control, the tractor will overturn and its injuries can not be compensated. The tractor moves with a constant velocity in agricultural works, therefore, weight transfer due to tension of the devices draws much more attention than other effects of weight transfer. Knowing the maximum value of tension created by tractor is such an important factor.

In this research, analyzing methods for weight transfer and tension are reviewed and then a new method for study and analysis of these parameters is proposed.

Keywords: Weight transfer, Tension, Center of gravity, Dynamic load