ارزیابی اثر عملکرد دیفرانسیل بر کاهش بازده گشتاور (کشش) در ماشین‌های کششی (تراکتور)

محسن جلیلی[1]، محمد لغوی[2]، سعادت کامگار[3]
(mohsen_jalili_ae@yahoo.com)

چکیده

یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر بازده کششی و گشتاوری ماشین‌های کششی از جمله تراکتورها، کنترل میزان لغزش چرخ های محرک (بکسوات) است. در تراکتورها به دلیل اجرای عملیات کاری در زمین کشاورزی و شرایط متغیر و گوناگون سطح آن، مدام هر کدام از چرخ‌های محرک دچار لغزش می‌شوند، که این حالت به دلیل خاصیت عملکرد دیفرانسیل، یعنی فراهم کردن گشتاوری، برابر گشتاور چ رخی که کمترین گشتاور را دارد، باعث اتلاف بالای انرژی و کاهش بازده خروجی می گردد . به منظور ارزیابی اثر استفاده از دیفرانسیل بر بازده گشتاوری تراکتور، میزان لغزش چرخ‌های محرک برای دو حالت دیفرانسیل معمولی و دیفرانسیل قفل‌شده در دو سطح آسفالت و زمین کشاورزی مورد بررسی قرار گرفتند. دستگاهی برای اندازه‌گیری لغزش به صورت لحظه‌ای، طراحی و ساخته و بر روی تراکتور MF399 نصب گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در حالت دیفرانسیل قفل شده درصد لغزش چرخ های محرک به میزان قابل توجهی، نسبت به حالت معمول، کاهش نشان داده و در سطح احتمال 1٪ معنی دار شده است. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق لزوم استفاده از قفل دیفرانسیل به منظور افزایش بازده گشتاوری برای کارهای کششی امری مطلق می‌باشد.

کلمات کلیدی: دیفرانسیل، قفل دیفرانسیل، لغزش، تراکتور MF399

مقدمه

دیفرانسیل مهم ترین قسمت انتقال نیرو در خودروها است (اسماعیلی علی بانی، 1385). یکی از وظایف آن توانایی انتقال سرعت متفاوت بین چرخ های محرک است، تحت شرایطی که به چرخ ها نیروی مقاوم غیر یکسان وارد می شود. این حالت به دلیل انتقال گشتاور یکسان بین چرخ ها رخ می‌دهد. گشتاور انتقالی برابر گشتاور چرخی است که کمترین نیروی مقاوم اصطکاکی را دارد . این حالت انتقال نیرو در دیفرانسیل تنها در زمان دور زدن مفید واقع می‌شود و در شرایط دیگر نیازی به آن نیست . در یک دیفرانسیل معمولی رابطه ی بین محور ورودی دیفرانسیل و چرخ‌ها به صورت زیر است (Duquesne at et al., 1995).

$$W_{in}=\frac{i}{2}(W_r+W_l) \qquad (1)$$

W_{in}= سرعت زاویه‌ای ورودی دیفرانسیل
W_r= سرعت زاویه‌ای چرخ سمت راست
W_l= سرعت زاویه‌ای چرخ سمت چپ

[1]- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز
[2]- استاد بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز
[3]- استادیار بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز

i = ضریب انتقال دیفرانسیل

طبق این رابطه در سرعت زاویه‌ای ثابت ورودی به دیفرانسیل وقتی که سرعت یکی از چرخ ها زیاد شود سرعت دیگری کم می‌گردد. این در حالی است که گشتاور چرخ‌ها با هم برابر است یعنی اگر یکی از چرخ‌ها ثابت شود عملاً هیچ گشتاوری انتقال نمی یابد. راه حل این مشکل قفل کردن دیفرانسیل و در نتیجه یکسان کردن سرعت چرخ‌های دوطرف است.

با افزایش لغزش از میزان بهینه بازده زمین‌گیرایی کاهش می یابد (Zoz and Grisso, 2003). بنابراین از میزان بازده توان کششی تراکتور کاسته می‌شود.

داکسون و همکاران (1995) مطالعاتی را روی اثرات قفل دیفرانسیل بر میزان کار تراکتور در شرایط مختلف انجام دادند. آزمایشات آن‌ها نشان داد که توضیع بار بر روی چرخ‌ها، بر سرعت پیشروی و لغزش اثر دارد و به طور کلی لغزش چرخ با افزایش بار چرخ، کاهش می یابد. آن‌ها در آزمایشات خود حداکثر سرعت پیشروی را در حالتی که توضیع وزن روی چرخ‌ها ٪43 و چرخ‌ها دارای لغزش یکسان بودند، بدست آوردند.

در اندازه‌گیری‌های مربوط به پیش بینی عمل کرد تراکتور، لغزش به تنهایی مهم ترین پارامتر وابسته به حساب می - آید (کیهانی و طباطبایی فر، 1385). بنابراین در این تحقیق به منظور بررسی اثر دیفرانسیل معمولی بر بازده گشتاور خروجی، تغییرات میزان لغزش در دو حالت دیفرانسیل معمولی و دیفرانسیل قفل شده در تراکتورMF399، اندازه‌گیری و مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روشها

به منظور اندازه‌گیری لغزش چرخ های محرک تراکتور یک دستگاه لغزش سنج ساخته شد . برای این منظور از سه عدد سنسور مجاورتی القایی بهره گرفته شد . هر کدام از سنسورها به طور جداگانه بر روی چرخ متحرک جلو و دو چرخ محرک عقب نصب شدند. با استفاده از این سنسورها و اتصال به مدار میکروکنترلر ساخته شده سرعت حرکت واقعی تراکتور (V_a) از سنسور روی چرخ جلو و سرعت هر کدام از چرخ های محرک عقب به عنوان سرعت تئوری (V_t) اندازه گیری و در معادله‌ی لغزش وارد و در نهایت لغزش هر کدام از چرخ‌های محرک عقب محاسبه می‌شود.

آزمون در مزرعه ی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شیراز در منطقه ی باجگاه با بافت خاک لومی – رسی و رطوبت ٪16 بر پایه وزن خشک اجرا گردید.

روش کلی برای اندازه گیری لغزش با استفاده از تعریف لغزش توسط ASAE1983 می باشد که لغزش نسبت تعداد چرخ با بار به نسبت تعداد دور چرخ بدون بار تعریف می‌شود.

$$Percent - Slip = \left(1 - \frac{loaded - quantity}{unloaded - quantity}\right) \cdot 100$$

معادله‌ی تعیین درصد لغزش چرخ محرک تراکتور درحین کشش با استفاده از استاندارد ASAE, STANDARD S209.5 از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.

$S\% = ((V_t - V_a)/V_t)*100$

در این رابطه V_t سرعت تئوری یا بدون لغزش می‌باشد و V_a سرعت واقعی با لغزش می‌باشد.

با جایگزینی سرعت اندازه گیری شده مربوط به چرخ جلو به عنوان V_t و هم‌چنین سرعت چرخ‌های محرک عقب به عنوان V_a و نوشتن معادله‌ی لغزش در پردازنده‌ی مدار کنترل سرعت و لغزش چرخ‌ها به طور لحظه‌ای اندازه-گیری و محاسبه و ثبت می‌شود.

شعاع غلتش چرخ با توجه به استاندارد ASEAE, STANDARD S296.4 برابر $D/2\pi n$ در شرایط بدون بار اضافی بوده که D برابر فاصله معیار طی شده و n تعداد دور چرخش می‌باشد. به همین دلیل به منظور کاهش خطای اندازه‌گیری شعاع چرخ‌ها برای محاسبه‌ی سرعت و در نهایت لغزش از نسبت سرعت زاویه‌ای چرخ جلو به عقب برای محاسبه‌ی لغزش استفاده شد.

در معادله‌ی لغزش داریم:

$$S\% = \frac{V_t - V_a}{V_t} \times 100 = \frac{V_r - V_f}{V_r} \times 100 \qquad (1\text{-}3)$$

$S\%$ = درصد لغزش

V_t = سرعت تئوری

V_a = سرعت واقعی

V_r = سرعت چرخ عقب (اندازه‌گیری شده)

V_f = سرعت چرخ جلو (اندازه‌گیری شده)

از طرفی داریم:

$$V_r = r_r\omega_r \quad و \quad V_f = r_f\omega_f \qquad (2\text{-}3)$$

r_r = شعاع چرخ عقب

ω_r = سرعت زاویه‌ای چرخ عقب

r_f = شعاع چرخ جلو

ω_f = سرعت زاویه‌ای چرخ جلو

در نتیجه از معادلات 3-1 و 3-2 داریم:

$$S = \frac{r_r\omega_r - r_f\omega_f}{r_r\omega_r} = 1 - \left(\frac{r_f}{r_r}\right)\left(\frac{\omega_f}{\omega_r}\right) \qquad (3\text{-}3)$$

$$C = \frac{r_f}{r_r}$$

$$\Rightarrow S = 1 - C\left(\frac{\omega_f}{\omega_r}\right) \qquad (4\text{-}3)$$

در شرایط ایده آل و بدون لغزش سرعت چرخ جلو (متحرک) با سرعت چرخ های عقب (محرک) برابر است.

بنابراین داریم:

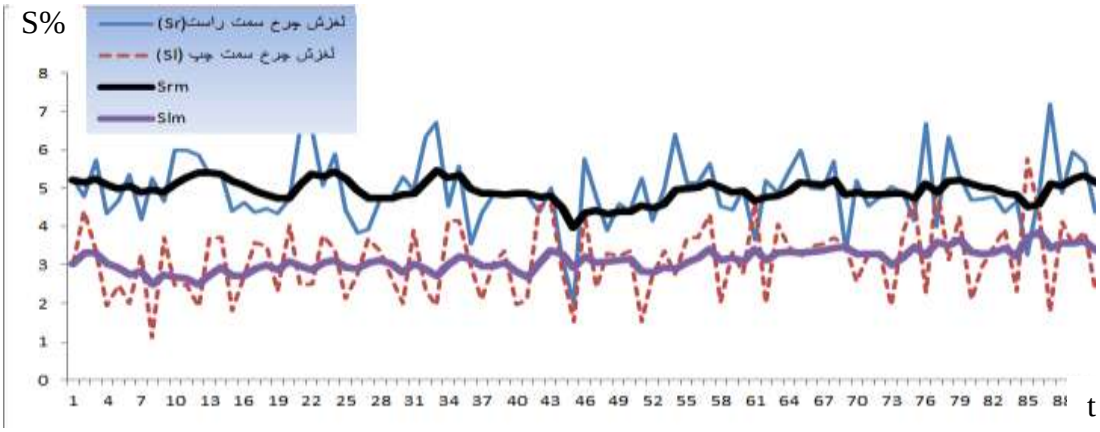
$$V_f = V_r \Rightarrow r_f\omega_f = r_r\omega_r \Rightarrow \frac{r_f}{r_r} = \frac{\omega_r}{\omega_f} \qquad (5\text{-}3)$$

برای فراهم کردن شرایط بدون لغزش تراکتور را در محیط مورد نظر با کم ترین به حرکت درآورده و داده گیری را آغاز می کنیم (دکمه‌ی A بعد C). در این حالت برنامه صد بار نسبت $\frac{\omega_r}{\omega_f}$ را گرفته و در نهایت مقدار میانگین را برای C در نظر می‌گیرد.

با این عمل برای محاسبه ی لغزش برنامه فقط به صورت لحظه‌ای مقادیر سرعت زاویه‌ای چرخ‌ها را گرفته و در معادله قرار می‌دهد. از طرفی امکان خطای اندازه‌گیری شعاع موثر چرخ‌ها حذف می‌شود.

نتایج و بحث

پس از اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها بر روی کامپیوتر نمودار لغزش هر کدام از چرخ ها به طور جدا گانه توسط نرم افزار Excel رسم شد و مورد مقایسه قرار گرفت . نتیجه آن که همان طور که در نمودار شماره 1 مشاهده می‌شود در حالت استفاده از دیفرانسیل معمولی میزان لغزش چرخ های دو سمت متفاوت است در حالی که در حالت دیفرانسیل قفل شده (شکل 2) درصد لغزش چرخ ها باهم برا بر است. از طرفی درصد لغزش چرخ های محرک در حالت دیفرانسیل قفل شده کاهش پیدا کرده که این خود حاکی از آن است که چرخ‌ها می‌توانند گشتاور بیشتری را منتقل کنند که نتیجه‌ی آن افزایش بازده گشتاوری چرخ‌ها و به طور کل تراکتور (ماشین کشنده) می‌باشد.

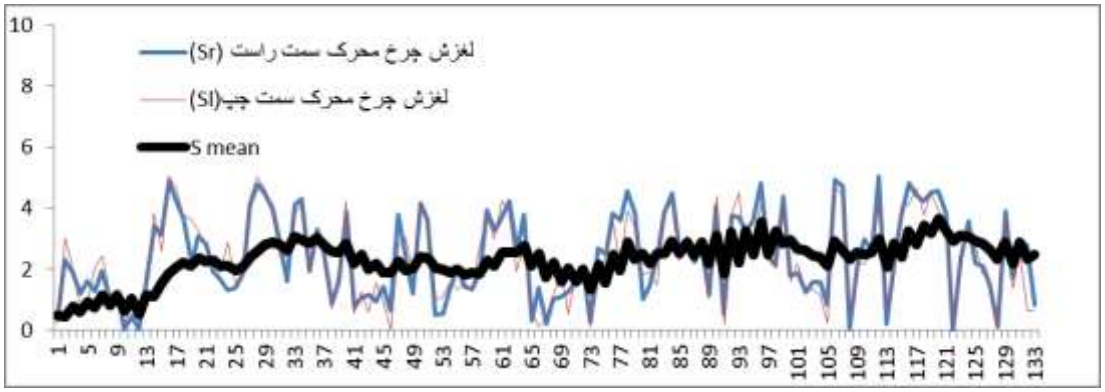


شکل1- نمودار درصد لغزش لحظه‌ای چرخ‌ها برای حالت استفاده از دیفرانسیل معمولی در حرکت بر روی سطح آسفالت

با قفل شدن دیفرانسیل میزان لغزش چرخ های محرک، به طور متوسط بین 2تا 3 درصد متغیر بود (شکل 2)، در حالی که این میزان برای حالت دیفرانسیل معمولی بین 3 تا 6 درصد متغیر است.

همچنین مومنی و همکاران (1383) در بررسی اثر قفل دیفرانسیل نیمه اتوماتیک ساخته شده برای تراکتور MF285 بر لغزش، با اندازه‌گیری لغزش به روش شمارش تعداد دور چرخ ها در یک مسافت مشخص به این نتیجه

دست یافتند که بین چرخ های سمت راست و چپ، در عملیات خاک ورزی حدود 6 درصد تفاوت وجود دارد و همچنین استفاده از قفل دیفرانسیل موجب کاهش لغزش نسبت به چرخی که لغزش بیشتری داشته، می شود.



شکل2- نمودار درصد لغزش لحظه‌ای چرخ‌ها برای حالت استفاده از دیفرانسیل قفل شده در حرکت بر روی سطح آسفالت

منابع

- کیهانی، ع. ر. و طباطبایی فر، الف. 1385. مکانیک عملکرد تراکتور و ادوات خاکورزی. انتشارات دانشگاه تهران. 69ص.

-Zoz, F.M. and Grisso, R.D., 2003. Traction and tractor performance. ASAE Distinguished Lecture Series No. 27. St. Joseph, Mich.

-Duquesne, F., Kermis, L. and Verschoore, R. 1995. Influence of differential locking on tractor. Work rate: part 1, simulation of a single. Axle vehicle. Journal of Agricultural Engineering Research, 60(3): 201-209.

- Duquesne, F., Kermis, L. and Verschoore, R. 1995. Influence of differential locking on tractor. Work rate: part 2, simulation of a single. Axle vehicle. Journal of Agricultural Engineering Research, 64:79-92.

- ASAE Standards. 2006. ASAE Standard 296.4. General Terminology for Traction of Agricultural Tractors, Self-Propelled Implements, and Traction and
Transport Devices. ASAE St. Joseph, MI 49805

- ASAE Standards. 2006. ASAE Standard S209.5. Agricultural Machinery Management Data. ASAE St. Joseph, MI 49805.