



پیش بینی انرژی اتلاف شده در چرخ در اثر پارامتر متغیر بار عمودی با استفاده از مدل

های تجربی

فاطمه قشلاقی¹، عارف مرداری²، سرمد محمد حسن کمارئزاده³

1- کارشناسی ارشد 2- استادیار 3- استاد

دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی

f.gheshlaghi@gmail.com

چکیده

علی‌رغم پیچیدگی شرایط درگیری چرخ و خاک مدل‌ها ی متعددی برای توصیف این فرایند تدوین شده است. مدل‌های تجربی یکی از این مدل‌ها می‌باشد که در این مطالعه جهت پیش‌بینی مقاومت غلتشی انتخاب و با آزمون‌های تجربی مقایسه شده است. بروز این ریزوی مقاوم در برابر حرکت موجب اتلاف انرژی در تایرها، افزایش مصرف سوخت و در نهایت کاهش پایداری و طول عمر تایر می‌گردد بنابراین مدلسازی این ریزوی مقاوم موجب صرفه‌جویی در هزینه و زمان انجام آزمایشات مزرعه‌ای شده و بازده انرژی را بهبود می‌بخشد. به منظور ارزیابی اعتبار مدل ویسمر-لوت آزمایشاتی با استفاده از یک آزمونگر تک چرخ در محیط انباره خاک صورت گرفته است. در این تحقیق جهت تامین بار عمودی متغیر بر روی چرخ، از یک مکانیزم بادامکی تعمیم شده در آزمونگر تک چرخ استفاده شده است. چرخ غی محرک در فشار تای 300 kPa (فشاری که در آن تای تقریباً صلب است) و در سطوح متفاوتی از بار عمودی و سرعت پیشروی آزمایش شده است. مقداری مقاومت غلتشی به دست آمده از مدل تجربی ویسمر-لوت در بارهای عمودی و سرعت‌های پیشروی مشابه با شرایط آزمایشگاهی انجام شد که در هر دو روش بررسی اثر بار داینامیکی بر روی چرخ نشان داد که نحوه تغییرات مقاومت غلتشی با تغییرات بار عمودی در تمامی سرعت‌ها هماهنگ بوده ولی میزان تغییراتشان با یکدیگر برابر نبوده است. به عبارتی دیگر کم کردن بار عمودی روی چرخ یکی از راه‌های موثر جهت کاهش انرژی اتلافی در چرخ‌ها می‌باشد.

کلمات کلیدی: آزمونگر تک چرخ، بار عمودی متغیر، مدل ویسمر-لوت، مقاومت غلتشی تایر.

مقدمه

در علم ترامکانیک روش‌های متفاوتی جهت مدل‌سازی برهم‌کنش چرخ و خاک و در نهایت، بررسی عملکرد چرخ وجود دارد که به طور کلی می‌توان آن‌ها را در سه دسته عمده تعریف کرد (ساریلا تی¹، 2001). گروه نخست، مدل‌هایی هستند که از روابط تحلیلی مرتبط با تغییر فرم خاک استفاده می‌کنند، گروه دوم، مدل‌های مبتنی بر معادله بکر هستند که بر مبنای روابطی تحلیلی - تجربی بنا شده‌اند و دسته سوم، مدل‌های تجربی می‌باشند که مبتنی بر روش WES هستند که بر اساس پارامتر عدد بدون بعد چرخ تعریف شده‌اند و می‌توان گفت که بیشترین کاربرد را در میان محققین دارا می‌باشند. در این روش مقاومت نفوذی خاک اندازه‌گیری می‌شود و از آنجایی که متغیرهای گسترده چرخ و خاک دخیل نمی‌شوند پژوهشگران جهت سهولت انجام کار به این مدل‌ها روی آورده‌اند به گونه‌ای که به کارگیری و انتخاب روز افزون این روش‌ها را می‌توان به وضوح ملاحظه نمود.

¹ Saarilahti.



روش تجربی (که بیشتر به مدل سازی رایانه ای معروف است) کارایی خود را در بسیاری از مسائل پیچیده مهندسی به اثبات رسانده است. اما این روش جهت درک مبانی فرایندهای انجام شده مناسب نمی باشد. در روش تجربی برای پیش بینی عملکرد کششی، تنها یک پارامتر خاک اندازه گیری می شود. این پارامتر به "شاخص مخروطی" موسوم است و به اندازه گیری های تغییر شکل و یا نشست خاک که مورد نیاز جهت تعیین ضرایب مربوطه در روش نظری می باشند، بستگی ندارد. ساده بودن اندازه گیری شاخص مخروطی اجازه می دهد که با سرعت، بررسی سطح مورد نظر انجام گرفته و به طور ضمنی تغییرات زیاد حاصل از تغییر بافت رطوبتی و محتوای رطوبتی خاک که در نقاط مختلف و به مرور زمان در سطح مزرعه ایجاد می شود نشان داده شود. در تهیه الگوریتم هایی جهت مدل کششی، نیاز به اندازه گیری های متعددی از شاخص مخروطی و عملکرد تراکتور و نظیر آن است که در گزارش هایی نظیر فریتگ² (1965)، ویسمر و لوث³ (1974) و گی- کلا و همکاران⁴ (1978) آمده است. یکی از ساده ترین مدل هایی که در این روش ارائه شده است مدل کلاسیک ویسمر-لوث می باشد که به صورت معادله 2 است (ویسمر و لوث، 1974).

$$C_n = (CI \cdot b \cdot d) / W \quad \text{معادله 1-}$$

$$R = 0.04W + (1.2 / C_n) W \quad \text{معادله 2-}$$

در این رابطه CI شاخص مخروط خاک، C_n عدد چرخ، R مقاومت غلتشی و b پهناي چرخ می باشد.

مقاومت غلتشی چرخ یکی از بخش های مهم انرژی مصرفی در مزرعه می باشد و مدل کردن آن در رابطه با سایر پارامترهای خاک و ماشین از دیرباز مدنظر محققین بوده است. شناخت رفتار این مولفه می تواند در زمینه کنترل و تنظیم پارامترهای ماشین کشنده در تقابل با خاک و مدیریت انرژی مصرفی موثر واقع گردد، بنابراین توانایی پیش بینی مقاومت غلتشی چرخ می تواند بازده انرژی را بهبود دهد و نیاز به آزمایش های مزرعه ای پرهزینه را حذف کرده و زمان مورد نیاز آزمایش را کاهش دهد.

در طبیعت واقعی برهم کنش چرخ و خاک، بار روی چرخ، عملا یک بار دینامیکی و متغیر می باشد. این برهم کنش، با وارد شدن پارامتر سرعت پیشروی چرخ پیچیده می شود. در حالی که مدل های تجربی اولیه راجع به برهم کنش چرخ و خاک با فرض بار استاتیکی بر روی چرخ صورت گرفته اند.

تلاش های زیادی جهت پیش بینی مقاومت غلتشی صورت گرفته است که به عنوان پیشینه ای از روش های تئوری می توان به موارد چندی اشاره کرد.

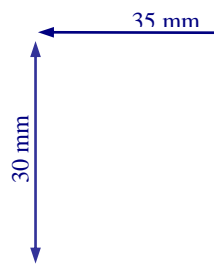
سلف و سامرز⁵ در سال 1988 مطالعاتی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که مقاومت غلتشی چرخ، به صورت معنی داری تحت تاثیر سرعت پیشروی و همچنین بار دینامیکی روی چرخ قرار دارد.

² Freitag.

³ Wismer and Luth.

⁴ Gee-Clough et al.

⁵ Self & Summers.





کشاورزی و پاندری در کشور هند جهت توسعه مدل های تجربی برای محاسبه مقاومت غلتشی آزمایشاتی بر روی چرخ ها در خاک های شنی انجام دادند و مقاومت غلتشی را با ترانسیدیوسر رینگی اندازه گیری کردند . آنها داده های تجربی را با مقاومت غلتشی مدل های بکر و ویسمر- لوث مقایسه کردند. نتایج کار آنها نشان داد که مدل ویسمر در تخمین مقاومت غلتشی قابلیت مناسب تری از مدل بکر دارد (Keshaw and Tiwari, 2006).

مواد و روش ها

30 mm

35 mm

در این تحقیق از یک آزمونگر تک چرخ که در یک انباره خاک تعبیه شده است، استفاده می گردد تا بتوان شرایط کنترل شده تری را برای آزمایش ها مهیا ساخت و به بررسی بر هم کنش چرخ و خاک پرداخت . آزمایش ها در گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه ارومیه به انجام رسیده است . انباره خاک مورد استفاده دارای عرض مفید 2 متر و طول 24 متر بوده است و تغییر ارتفاع لایه خاک در آن ریز تا 2 متر امکان پذیر می باشد.

آزمونگر تک چرخ شامل چهار بازوی موازی افقی و یک بازوی عمودی جهت اعمال بار عمودی می باشد که در تمامی بازوها لودسل های S شکل با ظرفیت 200 کیلوگرم تعبیه شده است . شکل 1 آزمونگر تک چرخ را در محیط انباره خاک نشان می دهد. از آنجایی که مقاومت غلتشی چرخ مجموع نیروهای افقی خلاف جهت حرکت می باشد بنابراین این باید در هر لحظه داده های مربوط به هر بازو ثبت می گردید. از اینرو از یک سیستم داده برداری استفاده شد و داده ها در نهایت به یک لپ تاپ منقل شد. بار عمودی وارد بر چرخ نیز توسط پیچ قدرتی که در بازوی عمودی تعبیه شده بود قبل از انجام هر آزمایش در مقدار مورد نیاز ثابت نگه داشته شد که البته هنگام حرکت آزمونگر مدام تغییر نموده است. آزمایشات با سه سطح بار عمودی (1، 2 و 3 کیلونیوتن)، سه سطح سرعت پیشروی (0/7، 1/6 و 2/3 کیلومتر بر ساعت) و در فشار بادتای 300 کیلوپاسکال انجام شده است.



شکل 1- آزمونگر تک چرخ در محیط انباره خاک

جهت محاسبه مقاومت غلتشی در مدل ویسمر-لوث، در ابتدا باید پارامتر مکانیکی خاک محاسبه شوند لذا جهت اندازه گیری پارامتر شاخص مخروطی از یک نفوذسنج مخروطی دیجیتال (مدل Rimik CP20) استفاده شده است که در هر مسیر قبل از حرکت چرخ در 5 تکرار، پنترومتر به آهستگی تا عمق 20 سانتی متر به داخل خاک فرو برده شده و مطابق با تنظیماتی که صورت گرفته است در هر تکرار هشت داده با فاصله 2/5 سانتی متری ثبت شده و میانگین داده ها به عنوان پارامتر شاخص مخروطی مسیر مورد آزمایش به کار برده شده است (Carman, 2002)

35 mm

30 mm



این پارامتر می تواند به عنوان ورودی مدل ویسمر-لوث جهت تخمین مقاومت غلتشی چرخ استفاده شود. شکل 2 پنترومتر مورد استفاده در انجام آزمایش ها را نشان می دهد.



شکل 2- پنترومتر مورد استفاده در انجام آزمایش ها

جهت ثبت لحظه ای داده ها و مشاهده تغییرات محسوس بار عمودی و اثر آن بر مقاومت غلتشی چرخ مطابق با شکل 3 از یک سامانه جداگانه ای استفاده شده است که شامل یک اینترفیس می باشد تا داده های هر پنج لودسل را با فرکانس 30 هرتز به طور همزمان به کامپیوتر منتقل کند و در نهایت مقاومت غلتشی چرخ در هر لحظه از مجموع نیروهایی که به طور لحظه ای از لودسل های افقی ثبت شده است حاصل گردد.



شکل 3- سامانه جمع آوری و ثبت داده ها.

تایر مورد استفاده در این تحقیق، یک تایر پنوماتیکی متحرک Good year می باشد (9.5L-14, 6 ply, Good year) که سرعت پیشروی این تایر به واسطه اینورتر کنترل کننده سرعت حامل انباره خاک و فشار باد تایر نیز قبل از انجام هر آزمایش توسط یک کمپرسور و یک فشارسنج در مقدار 300 کیلوپاسکال تنظیم و ثابت نگه داشته شده است.

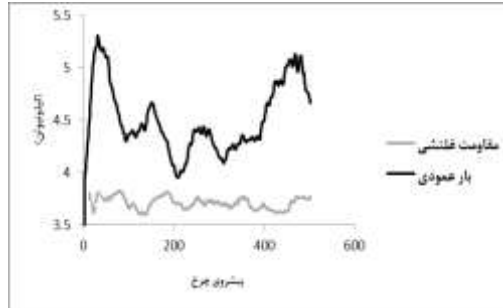
نتایج و بحث

میزان داده های مربوط به چهار لودسل افقی و یک لودسل عمودی در هر ثانیه حدودا 30 داده بوده است که بعد از همزمان سازی و درونیابی که بر روی داده ها صورت گرفته است 500 داده به عنوان بار عمودی و 500 داده نیز به عنوان مقاومت غلتشی حاصل گردیده است.

نیروی که از لودسل عمودی به دست آمده است به عنوان بار عمودی روی چرخ در نظر گرفته شده است و جهت محاسبه مقاومت غلتشی مدل ویسمر-لوث استفاده شده است، از آنجایی که مقاومت غلتشی با یک تاخیر زمانی اندک نسبت به بار عمودی صورت گرفته است، بنابراین همان تاخیر نیز در مقاومت غلتشی مدل ویسمر-لوث مشاهده خواهد شد. به عنوان نمونه رابطه بین بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در یکی از آزمایش ها در شکل 4



نشان داده شده است. البته در این نمودار برای اینکه تغییرات بار عمودی و مقاومت غلتشی در مقایسه با یکدیگر قابل ارزیابی باشند، مقادیر مربوط به مقاومت غلتشی به اندازه متناسبی به سمت بالا شیفت داده شده است به طوری که نمودار تغییرات مقاومت غلتشی بر روی نمودار تغییرات بار عمودی تا حدودی منطبق گردد.



شکل 4- تغییرات بار عمودی و مقاومت غلتشی با داده های همزمان و عدم هماهنگی فراز و فرودهای دو نمودار

با توجه به شکل 4 می توان گفت با افزایش یا کاهش بار دینامیکی، مقاومت غلتشی ریز به ترتیب افزایش یا کاهش یافته است، منتهی میزان افزایش یا کاهش مقاومت غلتشی، مشابه تغییرات بار دینامیکی نبوده است و به عبارتی، ارتفاع پرش های افزایشی یا کاهش مقاومت غلتشی، کمتر از پرش های همزمان بار دینامیکی بوده است. بارهای ناگهانی به وجود آمده بر روی چرخ فقط در صورت تداوم داشتن، منجر به تغییرات قابل ملاحظه و پایدار در مقاومت غلتشی شده است و مقاومت غلتشی، زمان بیشتری برای افزایش یافتن، نیاز دارد.

نحوه تغییرات مقاومت غلتشی مدل ویسمر-لوت و مقاومت غلتشی واقعی با تغییرات بار عمودی روی چرخ در هر آزمایش رسم شده است. با در نظر گرفتن سه سطح سرعت پیشروی و سه سطح بار عمودی، مجموعاً نه آزمایش رخ خواهد داد که نمودارهای مرتبط با این 9 آزمایش در محیط اکسل رسم شده است. داده ها در قالب شکل 5 نشان داده شده اند به طوری که در راستای افقی تغییرات سرعت حرکت آزمونگر و در راستای عمودی نیز تغییرات بار عمودی روی چرخ نشان داده شده است. هر چند بار عمودی روی چرخ قبل شروع آزمایش در یک میزان مشخصی تنظیم می شد، اما در طی حرکت آزمونگر، بار عمودی تغییر می کرد و امکان کنترل آن ممکن نبود. تمامی نمودارها، بار عمودی منحنی طوسی رنگ، مقاومت غلتشی واقعی منحنی مشکی رنگ و مقاومت غلتشی مدل ویسمر منحنی نارنجی رنگ می باشد و واحد آن ها کیلونیوتن می باشد.

همانطور که از تمامی نمودارها پیداست فراز و فرودهای هر سه نمودار مرتبط با مقاومت غلتشی با یکدیگر هماهنگی خاصی دارند و تمامی این فراز و فرودها هماهنگ با تغییرات بار عمودی بر روی چرخ بوده است به طوری که با افزایش بار عمودی مقاومت های غلتشی مدل های ویسمر-لوت و مقاومت غلتشی واقعی افزایش یافته است و با کاهش بار عمودی، کاهش یافته اند. البته در نمودارها جهت وضوح بهتر نحوه تغییرات بار عمودی و مقاومت های غلتشی در طی انجام آزمایش مقادیر مربوط به بار عمودی در راستای عمود شیفت داده شده است تا به مقادیر مقاومت غلتشی جهت مقایسه نزدیک تر شود.

بنابر این از آنجایی که با کاهش بار عمودی روی چرخ مقاومت غلتشی نیز کاهش یافته است لذا می توان یکی از عواملی که موجب کاهش انرژی مصرفی در تایرها می شود را کاهش بار عمودی روی چرخ دانست و از طرفی با توجه به نتایج به دست آمده دریافت که مقدار مقاومت غلتشی تاثیر مستقل از سرعت پیشروی می باشد.

30 mm

دانشگاه شیراز، 14 الی 16 شهریور 1391

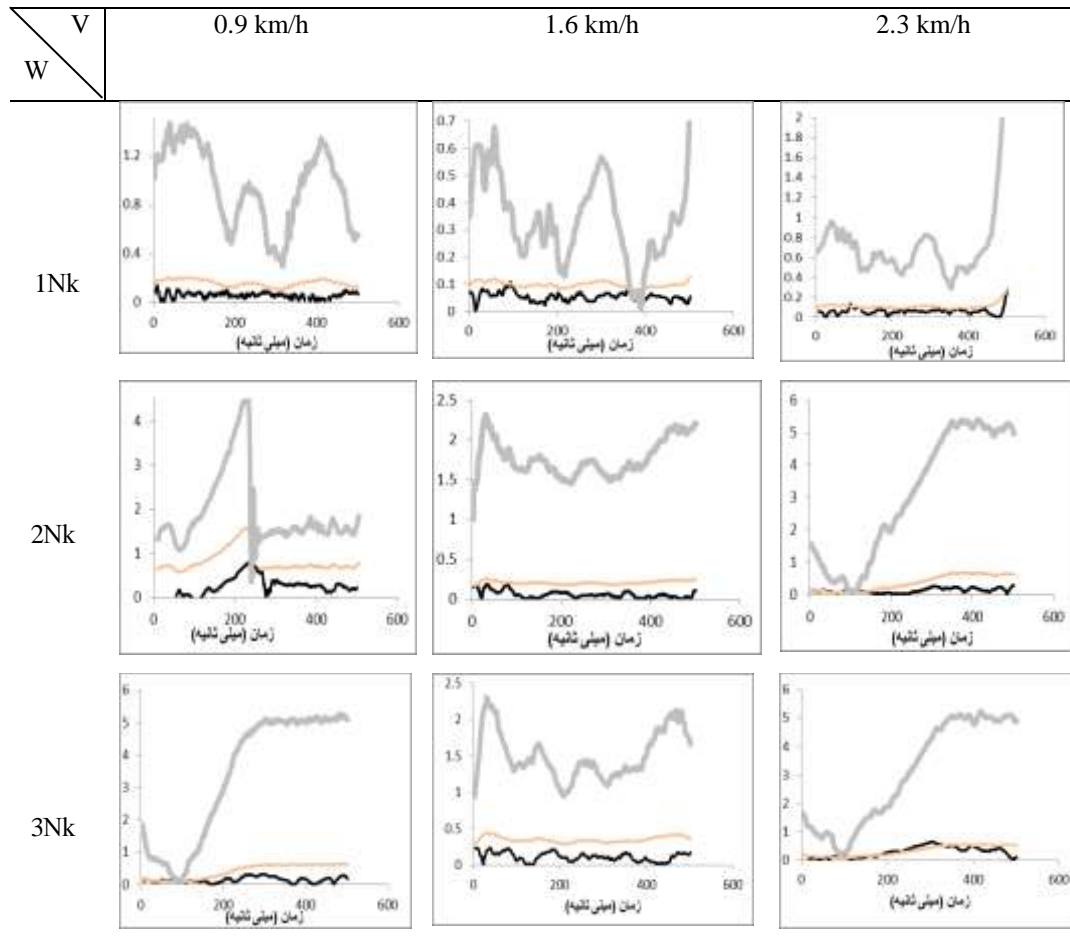
هفتمین کنفرانس ملی مهندسی

ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون



30 mm

35 mm



شکل 5- تغییرات بار عمودی و مقاومت غلتشی در اثنای پیشروی چرخ.

منابع

30 mm

-Carman, K. (2002). Compaction characteristics of towed wheels on clay loam in a soil bin. Soil & tillage research 65: 37-43.

-Freitag, D.R. (1965). A dimensional analysis of performance of pneumatic tyres in soft soils. WES Technical report No3- 688.

-Gee-Clough, D., M. McAllister, G. Pearson and D. W. Evernden. (1978). The empirical prediction of tractor implement field performance. Journal of Terramechanics 15(2): 81-94.

-Saarilahti, M. (2001). Evaluation of the WES-method in assessing the trafficability of forest terrain and the mobility of forestry vehicles. Part 2. WES mobility models. ECOWOOD.

University of Helsinki, Department of Forest Resource Management. Internal Report. 29 p.

-Self, K.P. and J.D. Summers. (1998). Dynamic load and wheel speed ratio effects on four wheel drive tractive performance. ASAE Paper No. 88- 1516. ASAE. St Joseph, MI 49085.

-Wismer, R.D., H. J. Luth. (1974). Off-road traction prediction for wheeled vehicles. Transactions of the ASAE 17(1): 8-10, 14. ASAE. St Joseph, MI 49085.

-Keshaw, P. and Tiwari, G. (2006). Rolling resistance of automobile discarded tyres for use in camel carts in sand. ASAE Paper No. 061097, ASAE, St. Joseph, MI.

35 mm

30 mm