ارزیابی تاثیر بار عمودی روی چرخ در حالت دینامیک برکشش ناخالص چرخ محرک

فرنوش دادک[۱*]، عارف مردانی[۲] و مرتضی رحیم لو[۱]

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی بیوسیستم، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه ارومیه، farnooshdadak@ymail.com
۲- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه ارومیه

چکیده

نیروی کششی که توسط یک تراکتور به وجود می‌آید نتیجه برهم کنش بین خاک و تایر آن تراکتور است. شکل هندسی پچیده تایر و پخش بارها روی تایر فاکتورهای محدود کننده برای مطالعه کشش و مطالعات وابسته به آن می‌باشند. در این تحقیق به بررسی تاثیر بار عمودی با استفاده از آزمونگر تک چرخ محرک سویل‌بینی پرداخته شده است. این آزمونگر بر روی سویل‌بینی که دارای طول مفید ۲۳ متر، عرض ۲ متر و عمق خاک یک متر است، حرکت می‌نمود. چندین آزمون با در نظر گرفتن دو سطح بار به انجام رسید. نتایج به دست آمده حاکی از آن بوده است که روند تغییرات نیروی کششی از بار روی چرخ تبعیت کرده است و هر دو متغیر در نمودار تقریبا به صورت موازی با یکدیگر امتداد یافته‌اند.

واژه های کلیدی: آزمونگر تک‌چرخ، بار عمودی، چرخ و سویل‌بین.

مقدمه

لاستیک‌ها یکی از اجزای مهم تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی به حساب می‌آیند. لاستیک‌هایی که در ادوات کشاورزی و تراکتورها مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید قادر به انتقال توان مناسب به خاک بوده، درگیری مناسب با خاک داشته، قادر به تحمل بار وسیله و ضمائم آن در قبال فشار کم به زمین بوده، ارتعاشات وارده از مسیر حرکت را به خوبی در خود جذب کرده، نیروی زمین گیرایی مناسبی تولید کرده و فرمان‌گیری و تعادل مناسبی به دستگاه بدهند و در نهایت هنگام کار در اراضی مختلف در مقابل سائیدگی از خود مقاومت نشان دهند. در این بین بار متغیر عبارت از بار موجود بر روی چرخ بصورت لحظه‌ای می‌باشد. یکی از مهمترین اثرات آن می‌تواند در کشش و تراکم خاک باشد، بدین گونه که هر چه بار روی چرخ محرک زیادتر باشد کشش ناخالص زیاد، ولی از سوی دیگر تراکم خاک بیشتر خواهد بود. همچنین کشش ناخالص عبارت است از کشش تئوریک که بر روی یک سطح فاقد مزاحمت در برابر حرکت قابل وصول است.

تاثیر بار متغیر برروی کشش ناخالص را می‌توان بر اساس معادله‌ی ویسمر و لوث تعریف کرد:

$$f=0.75w\,[1-e^{-0.3c_n^{i}}] \qquad (۱)$$

$$c_n = \frac{\mathrm{CI.b.d}}{W} \quad (۲)$$

$$i = \frac{V_t - V_r}{V_t} \quad (۳)$$

بار متغیر، یکی از عوامل تعیین کننده کشش است که از عوامل متغیر بودن بار روی چرخ محرک می‌توان به انتقال وزن و همچنین شرایط مختلف زمین، ناهمواری و شیب و... اشاره کرد. هر چه وزن روی چرخ‌ها زیادتر باشد، درگیری آن با زمین بهتر و در نتیجه نیروی کششی تراکتور بیشتر می‌شود. مقدار کشش ناخالص تولید شده توسط چرخ در ارتباط با شرایط چرخ و خاک است. این نیرو ناشی از تنش برشی بوجود آمده در زیر چرخ است و مثلا با استفاده از رابطه‌ی جانوس، هاناموتا قابل تعیین است. بار عمودی براساس پژوهش‌های بیشتر محققین باعث افزایش مقاومت غلتشی تایرها می گردد که این تاثیر را می‌توان در مدل ویسمر نیز مشاهده کرد.

از طرف دیگر W نیروی کشش ناخالص چرخ های محرک را نیز تعیین می‌نماید. وزن روی چرخ به عوامل زیر وابسته است:

۱–نیروهای استاتیکی شامل وزن تراکتور و آن بخش از وزن ادوات (در صورت وجود)که توسط تراکتور حمل می‌شود.

۲–تاثیر نیروهای دینامیکی حاصل از کار ادوات بر تراکتور شامل بارگذاری ناشی از انتقال وزن و نیروهای کششی.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی برهم کنش چرخ و خاک در ماشین‌های برون جاده‌ای از جمله ماشین‌های کشاورزی ممکن است از سیستم‌های تست و ارزیابی تحت عنوان سویل‌بین‌ها و آزمونگر تک‌چرخ استفاده گردد که می‌توانند پارامترهای عملکردی چرخ‌ها، چرخهای زنجیری و حتی ادوات را در شرایط مختلف عملیاتی با دقت بالایی ارزیابی کنند. انجام آزمونهای چرخ و خاک در شرایط کنترل شده به دلیل وجود امکان کنترل بیشتر بر روی متغیرهای چرخ و خاک معمولا" در قالب آزمونگر تک‌چرخ مطرح می‌شود که در محیط انباره‌های خاک به کار گرفته می‌شوند. آزمون مورد نظر در این پژوهش برای بررسی کشش ناخالص در اثر اعمال بار متغییر بر یک چرخ محرک در شرایط کنترل شده مستلزم در اختیار داشتن یک سویل‌بین و آزمونگر تک‌چرخ می‌باشد که بر همین اساس سویل‌بین و آزمونگر تک‌چرخ متناسب با این هدف در گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه مورد استفاده قرار گرفت.

سویل‌بین یا انباره خاک عبارت است از یک کانال خاک با شرایط کنترل شده به گونه‌ای که خاک کاملا" همگن و دارای شرایط یکنواختی باشد. انباره‌های خاک به گونه‌های مختلفی ساخته می‌شوند. برخی از این انواع دارای ریل‌های قابل جابه‌جایی در مزرعه بوده وثابت نمی‌باشد و در برخی از انواع دیگر به صورت کانال‌های ثابت خاک ساخته می‌شوند که ممکن است در درون

زمین حفر شوند و یا اینکه به صورت یک سازه بر روی سطح زمین قرار داده شده باشند. سویل‌بینی که در این طرح مورد نظر قرار گرفته است یک سویل‌بین از انواع ثابت است که به صورت یک سازه‌ی فلزی بر روی سطح زمین قرار گرفته و محیط خاک، کاملا بصورت جدا از سطح زمین و در قالب یک کانال خاک طراحی شده است. این سویل‌بین به طول ۲۴متر، عرض ۲ متر و عمق ۱متر می‌باشد. شکل ۱ تصویری از سویل‌بین استفاده شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

شکل ۱. سویل بین مورد استفاده از نوع ریل ثابت.

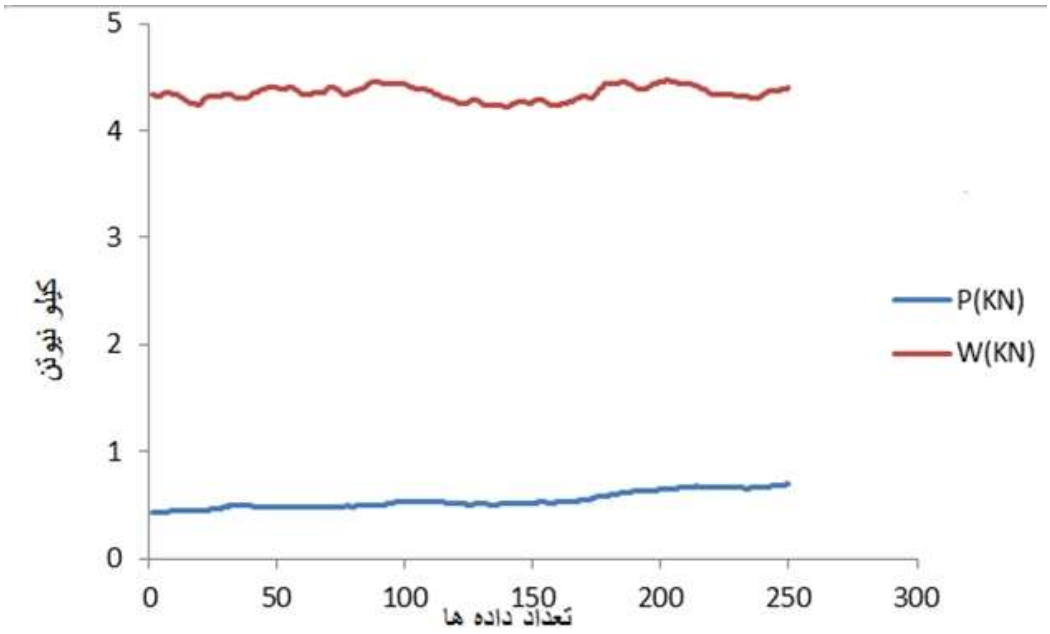
شکل ۲ . آزمونگر تک چرخ مورد استفاده در تحقیق.

نیروی محرکه سویل‌بین توسط الکتروموتوری که در انتهای سویل‌بین قرار گرفته تامین می‌گردد. آزمونگر تک‌چرخ مورد استفاده از نوع آزمونگر چهار بازویی می‌باشد که هم قابلیت اعمال بار عمودی زیادی دارد و هم از تعادل بالاتری برخوردار می‌باشد. تایر مورد استفاده یک چرخ تراکتور گلدونی به شماره‌ی 220/65R21 می‌باشد که توسط یک شفت فولادی و دو یاتاقان در دو سر به قاب چرخ متصل شده است. آزمایشات با استفاده از بارگذاری در دو سطح اولیه و در شرایط یکسان خاک انجام شده است. خاک سویل‌بین به صورت یکنواخت مورد فرآوری و تسطیح قرار گرفته است و همه آزمایشات در سه تکرار بر روی این خاک در سرعت ثابت پیشروی 1m/s به انجام رسیده است. داده‌برداری‌ها با استفاده از ثبت نیروی تعداد پنج لودسل مربوط به آزمونگر چرخ انجام گرفته که این داده‌ها با استفاده از نمایشگر لودسل‌ها و سامانه‌ی داده‌برداری و ثبت‌داده تعبیه شده بر روی حامل سویل‌بین ذخیره گردید.

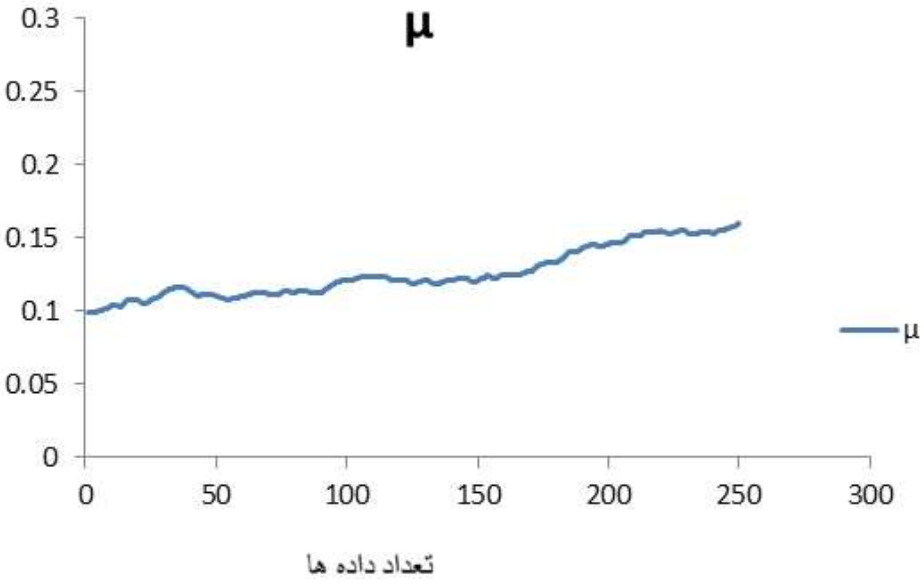
نتایج و بحث

داده‌برداری در حین انجام آزمایش‌ها شامل ثبت داده‌های چهار لودسل افقی و یک لودسل عمودی بوده است. مجموع نیروی چهار لودسل افقی در قالب نیروی کششی چرخ و نیروی لودسل عمودی هم به عنوان بار دینامیکی روی چرخ درنظر گرفته شده است. داده‌برداری با ظرفیتی درحدود ۳۰ داده در ثانیه انجام گرفته است و برای هر یک از حالت‌های مورد آزمایش، مقدار نیرو در هر لودسل در مقابل زمان، ثبت شده است. در نهایت، پس از انتقال داده‌ها به محیط اکسل و تشکیل ستون‌های نهایی مربوط به بار دینامیکی و نیروی کششی، تغییرات این دو پارامتر در مقابل زمان، ترسیم شده است. برای اینکه تغییرات بار دینامیکی و نیروی کششی در مقایسه با یکدیگر قابل ارزیابی باشند، مقادیر مربوط به نیروی کششی به اندازه متناسبی به سمت بالا شیفت داده شده است به طوری که نمودار تغییرات نیروی کششی بر روی نمودار تغییرات بار دینامیکی منطبق گردد. در ابتدا، نمودارهای ترسیم شده ناهماهنگی محسوسی را از نظر انطباق فراز و فرودهای دو نمودار بر روی یکدیگر نشان داده است. بررسی بیشتر این نمودارها نشان داده است که نمودار نیروی کششی با یک تاخیر زمانی اندک از نظر نحوه تغییرات، با نمودار تغییرات بار دینامیکی هماهنگی پیدا می‌کند. این تاخیر زمانی با استفاده از مقایسه قله‌های پشت سر هم دو نمودار و تفاضل زمان مربوط به آنها در هر نمودار استخراج شده است و در نهایت، داده‌های مربوط به نیروی کششی چرخ به اندازه این تاخیر زمانی و به صورت افزایشی شیفت داده شده است.

شکل ۳ یک نمودار شامل تغییرات زمانی بار عمودی و نیروی کششی را در یکی از آزمایشات و عدم هماهنگی در تغییرات دو نمودار را نشان داده است. شکل۴ نمودار شکل ۳ را پس از شیفت کردن داده‌های مربوط به نیروی کششی نشان داده است و هماهنگی خوبی را بین دو نمودار مزبور نمایان کرده است. در این نمودارها W و P به ترتیب، بار دینامیکی و نیروی کششی چرخ است.



شکل ۳ . تغییرات زمانی بار عمودی و نیروی کششی در یکی از آزمایشات.

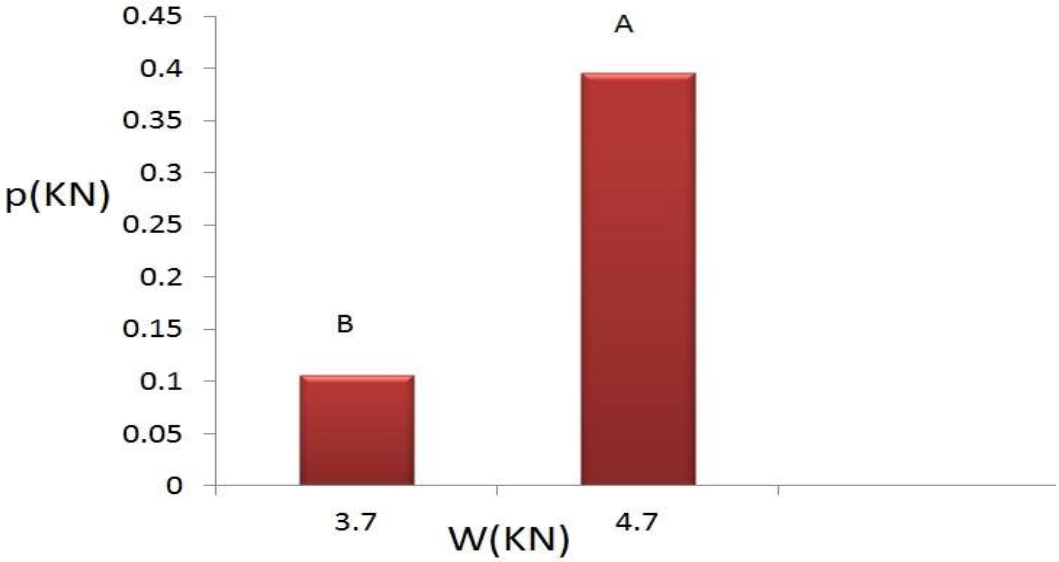


شکل ۴ . تغییرات زمانی ضریب کشش خالص در یکی از آزمایشات.

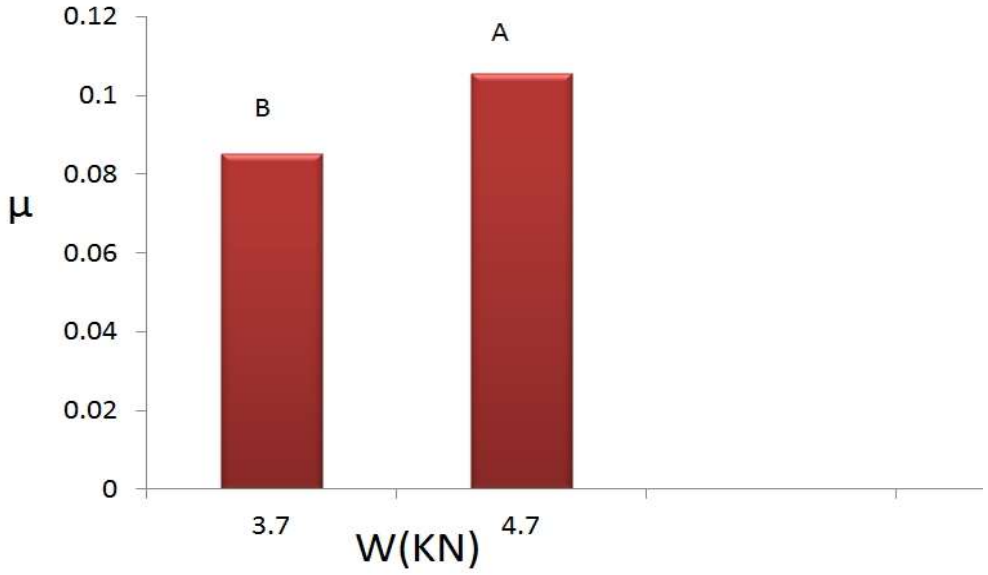
نتایج مربوط به تحلیل‌های آماری و تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۱ و نیز نمودارهای شکل‌های ۵ و ۶ نمایش داده شده است. نتایج این تحلیل‌ها نشانگر تاثیر معنی‌دار پارامتر بار عمودی روی تایر بر مقدار کشش تولیدی و همچنین ضریب کشش است که این موضوع در قالب مدل‌های تجربی و تحلیلی برهم کنش چرخ و خاک نیز به بیان دیگری مشهود است.

جدول ۱. جدول تحلیل آماری داده‌های آزمایش.

μ	P		تیمار
0.08527731 0.10557401	0.10561807 0.39601262	3.7 4.7	W(kN)
0.0001	0.0001		P value



شکل۵ . نتایج اثر بار دینامیکی بر نیروی کششی در تحلیل آماری.



شکل۶. نتایج اثر بار دینامیکی بر ضریب کشش در تحلیل آماری.

با توجه به نمودارهای مربوط به تغییرات بار دینامیکی و نیروی کششی و نمودارهای تغییرات ضریب کشش، چندین مورد را می توان به عنوان برداشت‌هایی از نمودارهای مزبور استنتاج کرد. تغییرات نیروی کششی در همه نمودارها از نظر افزایش یا کاهش تابع تغییرات بار دینامیکی بوده است، یعنی با افزایش یا کاهش بار دینامیکی در هر لحظه، نیروی کشش چرخ هم به ترتیب افزایش یا کاهش یافته است. تغییرات نیروی کششی چرخ نسبت به تغییرات بار دینامیکی روی چرخ، همراه با یک تاخیر زمانی بوده است، به طوری که افزایش یا کاهش ناگهانی بار دینامیکی، بلافاصله موجب افزایش یا کاهش نیروی کششی چرخ نگردیده است.

نتیجه‌گیری

بار دینامیکی متغیر روی چرخ، منجر به ایجاد نیروی کششی متغیری شده است که از نظر فراز و فرودهای خود، انطباق زیادی با نمودارهای بار دینامیکی دارد اما پرش‌های ناگهانی بار روی چرخ، افزایش ملایم‌تری را در نمودارهای نیروی کششی چرخ از خود نشان داده است. پیشنهاد می‌شود در کارهای مشابه و یا در قالب تغییراتی در مجموعه ساخته شده، بارگذاری چرخ با استفاده از یک سیستم هیدرولیکی صورت گیرد به گونه ای که امکان اعمال بارهای بیشتر و نیز کنترل‌های دقیق‌تر بار روی چرخ مهیا گردد.

منابع

۱- کیهانی، ع. و طباطبایی فر، ا. ۱۳۸۴. مکانیک عملکرد تراکتور و ادوات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران.

1- Wismer, R.D. and H. J. Luth. 1973. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. Transaction ASAE17(1):8-10,14.

2- Wismer R. D. 1984. Soil bin facilities: characteristics and utilization. In Proc. 8th International conference, International Society for Terrain−Vehicle Systems Vol. III: 1201-1216. 6-10 Aug. Cambridge, England.

Investigating the Effect of Dynamic Vertical Load Applied to the Tire on Gross Traction of Driven Wheel

Farnoosh Dadak[1*] Aref Mardani[2] and Morteza Rahimlou[1]

1- B.Sc. student, Department of Biosystems Engineering, Urmia University
farnooshdadak@ymail.com

2- Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Urmia University

Abstract

Traction force that the tractor produces is the result of interaction between soil and the tractor wheel. Twisted Geometric form of tire and distribution of loads on it are restrictive factors for the study of traction and relative research. In this research, the effect of vertical load with utilizing soil bin's driving single-wheel tester has been investigated. This tester moved o soil bin that has 23 meters length, 2 meters width and one meter soil depth. Several tests had been performed with considering 2 levels of load. The results showed that the variation procedure of traction force was related to the wheel load and both parameters in diagram were approximately parallel with each other.

Keywords: Single-wheel tester, Soil bin, Vertical load and Wheel.