اندازه گیری سطح تماس چرخ با خاک در محیط سویل بین تحت بارگذاری و فشار باد مختلف

حمید علی‌آبادی[۱]، بهنام روشن[۱]، سید مجید میرزا حسینی[۱]، عارف مردانی[۲]
۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی **کارشناسی و** استاد گروه **مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه ارومیه**
aliabadihamid2009@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق، اندازه گیری سطح تماس چرخ با خاک که یک پارامتر تعیین کننده در معادلات چرخ و خاک است به واسطه یک روش ابداعی اندازه گیری شده است. به این منظور، سطح تماس چرخ با استفاده از یک روش تجربی به دست آمده است که این اندازه گیری با اعمال بار عمودی روی چرخ در سه سطح و نیز با در نظر گرفتن سه سطح فشار باد تایر به انجام رسیده است. به طور کلی می توان گفت: سطح با فشار رابطه عکس و با بار وارده رابطه مستقیم دارد.

واژه‌های کلیدی: سطح تماس چرخ، چرخ، سویل بین، تایر.

مقدمه

چرخ، عمده ترین عامل حرکت ماشین های مختلف است و علاوه بر این به عنوان یکی از مهمترین عامل های تولید کشش در ماشین های خارج از جاده نیز به شمار می رود. کشش قابل حصول توسط یک ماشین کشنده به طور مستقیم در ارتباط با چگونگی زمین گیرایی چرخ های ماشین بوده و این پارامتر نیز متاثر از برخی عوامل مربوط به خاک و چرخ است که سطح تماس چرخ با خاک یکی از این عوامل می باشد. به بیان ساده می توان به معادله کولمب اشاره کرد که تنش برشی و نیروی کشش عامل درگیر با خاک را به صورت تابعی از پارامترهای ابزار و خاک از جمله همچسبی یا کوهیژن خاک، اصطکاک داخلی خاک، بار روی چرخ (یا عامل درگیر با خاک) و اندازه سطح تماس چرخ معرفی کرده است. شکل سطح تماس یک چرخ با سطح زیرین با توجه به انحنای چرخ و انعطاف ناشی از بار روی چرخ و فشار باد درونی چرخ از پیچیدگی خاصی برخوردار است و از این رو مدل های متعددی برای تخمین این پارامتر متناسب با شرایط چرخ و سطح توسط محققین ارائه شده است. ساده ترین مدل ها با فرض دایره یا بیضی بودن سطح تماس از معادلات ریاضی مربوط به این منحنی ها برای تخمین سطح تماس استفاده کرده است. این مدل ها با توجه به ساده سازی های در نظر گرفته شده از دقت بالایی برخوردار نبوده و از اینرو در برخی مدل های اصلاح شده بعدی ضرائبی جهت تصییح معادلات سطح تماس درنظر گرفته شده است. از جمله این مدل ها می توان به مدل گریچنکو Grecenko 1995 و مدل بیضی Upadhyaya et Wulfsohn (1990) اشاره کرد.

Hallonborg (1996) مدل دیگری را در قالب یک بیضی با درجه بیشتر از دو جهت تقریب بهتر گوشه های سطح تماس معرفی کرده است.

(Mikkonen & Wuolijoki 1975) مدل ساده دیگری را ارائه کرده اند که با فرض نشست چرخ به اندازه ۱۵ درصد شعاع چرخ سطح تماس را به صورت حاصلضرب شعاع چرخ در عرض چرخ معرفی کرده است.

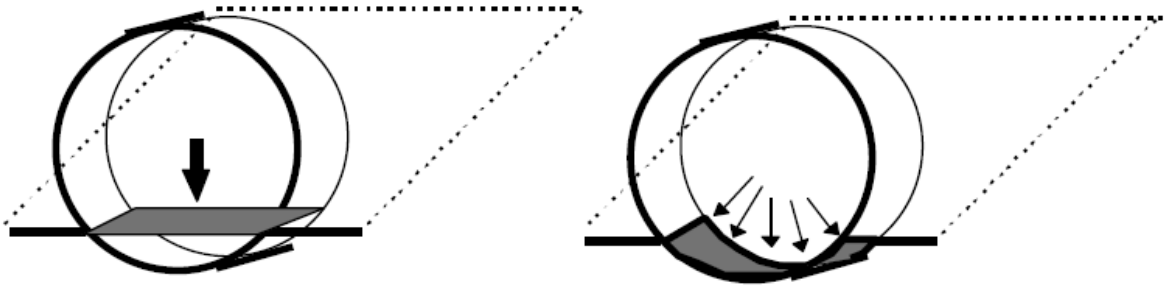
مدل های کامل تری که در پژوهش های بعدی ارائه گردید با در نظر گرفتن متغیرهای بیشتر سعی در تخمین دقیق تر سطح تماس داشته است که از جمله این پارامترها می توان به نشست چرخ، نشست خاک، بار روی چرخ، فشار باد تایر و مشخصه های مربوط به خاک اشاره نمود

یکی دیگر از مدل های تخمین سطح تماس چرخ، مدل کماندی Komandi (1990) است که علاوه بر پارامترهای هندسی چرخ شامل اثر فشار باد تایر و بار روی چرخ نیز می باشد. Silversides & Sundberg (1989) نیز مدل دیگری را ارائه کرده اند که بر اساس فشار باد تایر و بار روی چرخ تعریف شده است. Kemp (1990) کمپ نیز مدل مشابهی را بر اساس همین پارامترها پیشنهاد کرده است. Grecenko (1995) روابطی را با در نظر گرفتن یک ثابت مربوط به وضعیت سطح تماس به همین منظور ارائه کرده است. برخی از پژوهشگران مدل هایی را با در نظر گرفتن پارامتر خوابیدگی تایر ارائه کرده اند که از این جمله می توان به مدل Krick (1969) و همینطور مدل Pillai & Fielding (1986) اشاره کرد. Lyasko (1994) مدل دیگری را با اضافه کردن اثر ارتفاع مقطع تایر پیشنهاد کرده است.Godbole et al. (1993) مدلی جهت پیش بینی خوابیدگی تایر ارائه کرده است و با استفاده از این تخمین، عبارت جدیدی جهت اندازه سطح تماس چرخ به دست آورده است. این مدل نسبتا مفصل تر بوده و بر اساس انواع چرخ های مختلف روابط متمایزی جهت سطح تماس چرخ ارائه کرده است.Dwyer (1984) مدلی را بر اساس مدل های مبتنی بر عدد چرخ (مدل های WES) معرفی کرده است که با تعیین شاخص مربوط به فشار زیر چرخ به تخمین سطح تماس می پردازد.

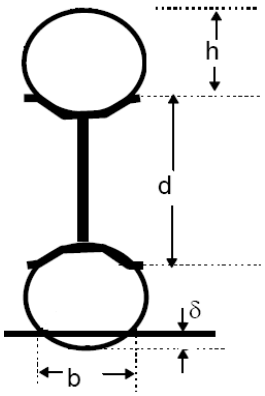
Ziesak & Matthies (2001) مدل پیچیده تری را ارائه کرده اند که مشخصات ارتجاعی بدنه تایر را نیز در خود جای داده است. این مدل دربر گیرنده سایر پارامترهای مربوط به مدل های قبلی نیز می باشد و سختی تایر در قالب ضریبی در آن وارد شده است. هر یک از مدل های اشاره شده در شرایطی متناسب با پیشنهاد مولف آن ارائه شده است و از این رو نمی توان شاخص ثابتی را برای مقایسه کلی این مدل ها در نظر گرفت اما آنچه از مجموعه این مدل ها بر می آید آن است که مدلهای شامل پارامترهای بیشتر، تخمین بهتری از سطح تماس را میسر می کند که البته این موضوع باید با در دست داشتن سطح تماس واقعی چرخ مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

سطح تماس چرخ با خاک معمولا به دو صورت در نظر گرفته می شود. این سطح ممکن است در قالب سطح خمیده ای منطبق بر بدنه تایر لحاظ گردد و یا اینکه تصویر افقی این سطح به عنوان سطح تماس چرخ فرض شود. شکل ۱ این دو روش را برای تعریف سطح تماس نمایش داده است.



شکل ۱: روش های مختلف تعریف سطح تماس چرخ و خاک

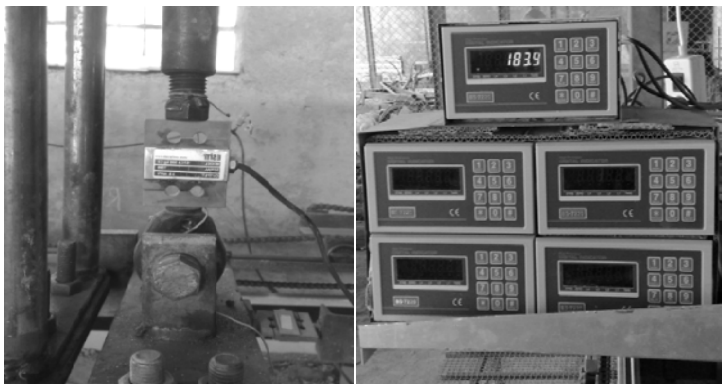


شکل ۲: پارامترهای مورد استفاده چرخ در مدل های تخمین سطح تماس

در مقاله حاضر برای اندازه گیری سطح از تصویر افقی سطح تماس چرخ استفاده شده است .

برای اندازه گیری سطح روی خاک از مجموعه سویل بین و آزمونگر تک چرخی که مجهز به یک تایر Good Year به قطر ۷۰ سانتیمتر و عرض ۲۰ سانتیمتر می باشد استفاده شده است.

آزمونگر تک چرخ مجهز به یک لود سل عمودی برای اندازه گیری بار وارده بر روی چرخ و مکانیزم بار گذاری متغییر بر روی چرخ می باشد.



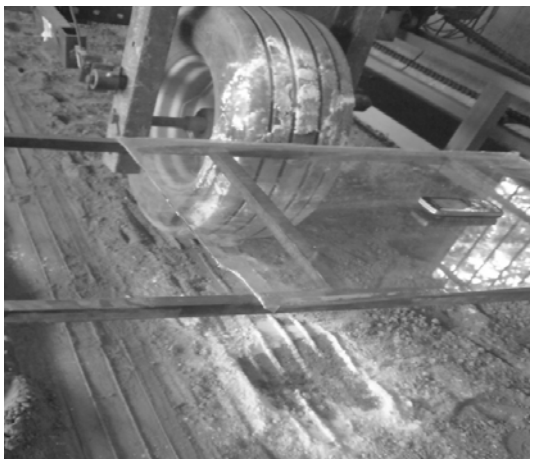
شکل۳: مکانیزم اندازه گیری و ثبت بار وارده بر روی چرخ

برای انجام آزمایش ابتدا فشار باد مشخصی بر تایر اعمال شده است. در فشار مشخص شده بارهای عمودی در سه سطح ۱۹۶۲-۲۹۴۳-۳۹۲٤ نیوتن بر روی چرخ اعمال شده است. آزمایش در فشارهای ۱۰۰-۱۵۰-۲۹۰ (کیلو پاسکال) انجام شده است. برای افزایش دقت آزمایش به ازای هر بار وارده ۳ بار تکرار شده است. مساحت سطح تماس با استفاده از پودر هنگامی که بار بر روی چرخ وجود دارد مشخص شده است. بار برداری انجام شده و چرخ از سطح تماس جدا شده است.

شکل٤: استفاده از پودر برای مشخص سازی سطح تماس

شکل٥: سطوح تماس پس از باربرداری

از سطح تماس به وسیله ی دوربین دیجیتال عکس برداری به عمل آمده است . از یک پایه برای ثابت نمودن فاصله ی دوربین از سطوح تماس استفاده شده است. عمق نفوذ چرخ ، در هر مرحله از آزمایش به وسیله ی کولیس اندازه گیری شده است.



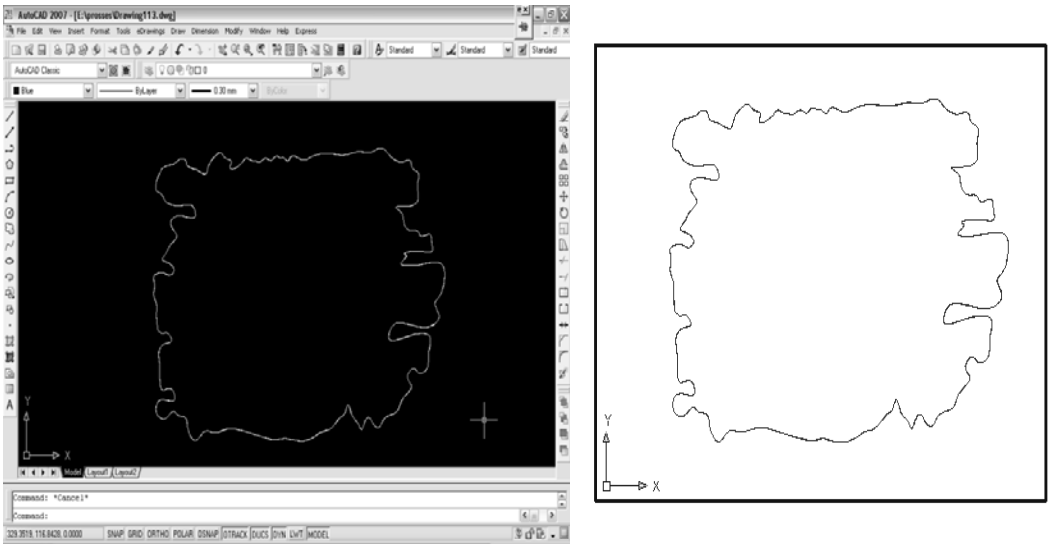
شکل٦: عکس برداری از سطح تماس به وسیله ی دوربین

شکل٧: اندازه گیری عمق

از شاخصی با ابعاد مشخص ۱۱*۱۱ برای به دست آوردن مقیاس عکس ها استفاده شده است. از یک پلاک برای شماره گذاری عکس ها استفاده شده است. عدد اول فشار باد ، عدد دوم بار عمودی وارد شده و عدد سوم شماره ی آزمایش را نشان می دهد.

شکل۸: اثر چرخ بر روی خاک به همراه شاخص و پلاک شماره گذاری

عکس های تهیه شده به وسیله نرم افزار اتوکد ۲۰۰۷ پردازش شده و مساحت های دقیق سطح تماس چرخ با خاک به دست آمده است.



شکل۹: پردازش عکس ها در نرم افزار

به منظور کاهش خطاهای موجود، از میانگین گیری بین داده های به دست آمده از ۳ تکرار برای هر بار وارده استفاده شده است.

نتایج و بحث

داده های حاصل از اندازه گیری سطح در جدول ۱ ارایه شده است. داده های حاصل از اندازه گیری عمق هم در جدول ۲ ارایه شده است. داده های جدول ۱ به صورت نمودار شکل ۱۰ ارایه شده است.

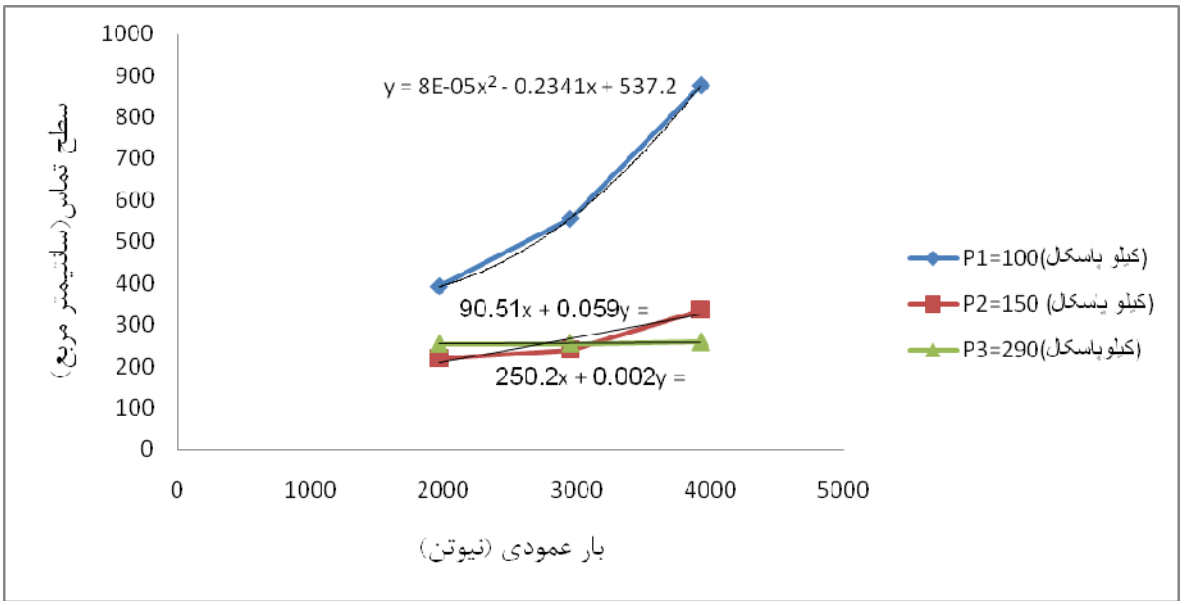
جدول ۱: داده های به دست آمده از آزمایش های اندازه گیری سطح تماس چرخ با خاک

ردیف	بار عمودی(نیوتن)	سطح (سانتیمتر مربع)
1	1962	392.03
2	2943	555.08
3	3924	875.22
4	1962	219.65
5	2943	239.97
6	3924	336.15
7	1962	254.83
8	2943	255.89
9	3924	259.09

جدول۲: داده های به دست آمده از آزمایش های اندازه گیری عمق نفوذ چرخ در خاک

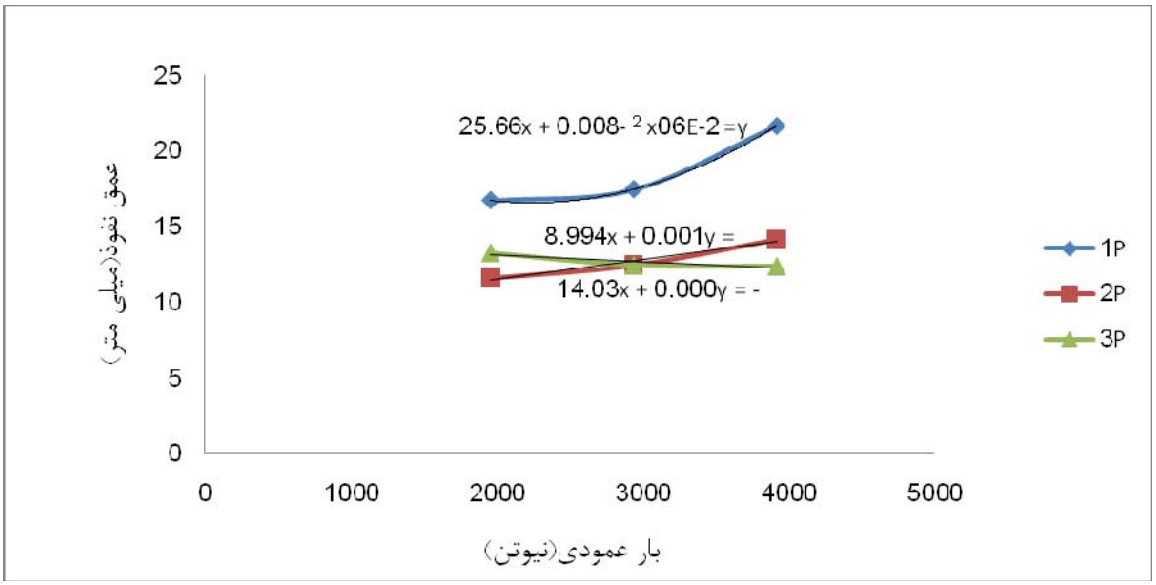
ردیف	بار عمودی(نیوتن)	عمق نفوذ(میلی متر)
1	1962	16.73
2	2943	17.47
3	3924	21.67
4	1962	11.63
5	2943	12.47
6	3924	14.13
7	1962	13.27
8	2943	12.43
9	3924	12.37

تغییرات سطح تماس چرخ در فشار باد بالا چندان محسوس نبوده است حال آنکه برای سطوح پایین فشار باد تایر این تغییرات، شیب بیشتری داشته است. افزایش بار روی چرخ در همه آزمایشات منجر به افزایش سطح تماس چرخ با خاک گردیده است که برای فشارهای پایین باد تایر محسوس تر بوده است. افزایش عمق پروفیل سطح تماس چرخ با خاک هم همراه با افزایش بار مشاهده شده است. برای فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال تغییرات عمق پروفیل نسبت به بار عمودی با دقت بالایی به صورت یک تابع درجه دو قابل مدل سازی بوده است. این تغییرات در فشارهای بالاتر تقریبا خطی بوده است.



شکل۱۰: نمودار بار عمودی_ سطح تماس

داده های جدول۲ به صورت نمودار شکل ۱۱ ارایه شده است.



شکل۱۱: نمودار بار عمودی_عمق نفوذ

نتیجه گیری

اثر بار عمودی بر سطح چرخ و خاک در چند سطح فشار باد تایر مورد بررسی قرار گرفته و افزایش سطح تماس چرخ با خاک طی افزایش بار روی چرخ تایید شده است. افزایش سطح تماس در فشارهای باد پایین، آهنگ تندتری نسبت به فشارهای بالا داشته است و تغییرات میزان سطح تماس در فشارهای بالاتر از۱۵۰کیلو پاسکال تفاوت معنی داری نشان نداده

است.در فشارهای پایین، شکل ایجاد شده بر روی خاک به بیضی نزدیک و در فشارهای بالا به دایره نزدیک تر است. افزایش عمق نفوذ چرخ در خاک طی افزایش بار روی چرخ نیز طی آزمایش های انجام شده تایید شده است.

پیشنهاد می شود که در کارهای پژوهشی مشابه ، از چرخ های با ابعاد مختلف و در سطوح مختلف سختی خاک استفاده شده و نتایج در حالت کلی تری تعمیم داده شود.

منابع و مآخذ

1. Grecenko, A. 1995. Tyre footprint area on hard ground computed from catalogue value. Journal of Terramechanics 32(6):325-333.
2. Hallonborg, U. 1996. Super ellipse as tyre-ground contact area. Journal of Terramechanics 33(3):125-132.
3. Koolen, A. J. P., Lerink, D.A. g., Kurstjens, J. J. H., van der Akker & Arts, W. B. M. 1992. Prediction of aspects of soil-wheel systems. Soil and Tillage Research 24: 381-396.
4. Lyasko, M., I. 1994. The determination of deflection and contact characteristics of a pneumatic tire on a rigid surface. Journal of Terramechanics 31(4):239-242.
5. Lach, B. 1996. The influence of tire inflation pressure - a comparison between simulation and experiment. In: Off road machines and vehicles in theory and practice. Proceedings of the 1st International Conference, Wloclaw, Poland. September 23-24, 1996. 265-272.
6. Bekker, M.G.., 1969: *Introduction to Terrain-Vehicle Systems*. The University of Michigan Press, 793 pp.
7. Way, T. R., Johnson, Kishimoto, T., 2004 : Interface pressures of a tractor drive tyre and loose soils. Biosystem Engineering, 87, 375-386.
8. Boling, I. H. 1985. How to predict soil compaction from agricultural tires. Journal of terramechanics. 22(4):205-226
9. Febo, P. 1987. Contact area tests of a new wide section agricultural tyre. Proceedings of the 9th International ISTVS Conference, Barcelona, Spain, 31 August-4 September 1987. I:236-243
10. Saarilahti, M. & Anttila, T. 1999. Rut depth model for timber transport on moraine soils. Proceedings of the 13th International conference of the ISTVS, Munich, Germany, September 17-17, 1999: 29-37

Abstract:

Tire contact area is one of the most important parameters of soil- tire interaction and traction phenomena. This research is about defining a new method of soil- tire area measurement. During this experimental method three level of vertical load and three level of tire inflation pressure were applied on a transport tire using a soil bin and single wheel tester. This method was based on appearing the tire contact profile on the soil with a white powder. Results showed a direct relationship between vertical load and tire contact area but increasing the inflation pressure decreased the contact area.

Keywords: tire contact area, wheel, tire, soil bin.