



کاربرد پردازش تصویر در تعیین سطح تماس و فشار تماسی چرخ و خاک درون انباره خاک

حمید تقوی فر^{۱*}، عارف مردانی^۲

۱- دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه، hamid.taghavifar@gmail.com

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه

چکیده

یک دوربین دیجیتال به آزمونگر تک چرخ درون محیط انباره خاک متصل شد تا از روش پردازش تصویر برای بدست آوردن سطح تماس بهره گرفته شود که منجر به حصول نتایج با دقت بالاتر در مقایسه با روشهای مرسوم، محاسباتی، تحلیلی و عددی گردید. محاسبات در ۴ سطح از فشار باد و ۶ سطح از بار روی چرخ مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده از محاسبه مساحت سطح برای مقادیر فشار تماسی استفاده شدند. مشاهده شد که مساحت سطح بصورت خطی تابع بار روی چرخ و بصورت خطی معکوس تابع فشار باد می باشد. همچنین مشخص گردید که فشار تماسی رابطه‌ی خطی با فشار باد و بار روی چرخ می باشد. با استفاده از رگرسیون چند متغیره مدلی برای تعیین مساحت سطح بدست آمد و با نتایج تجربی بدست آمده ارزیابش شدند. این مدل دارای ضریب همبستگی ۰/۹۸ می باشد.

واژه‌های کلیدی: انباره خاک، پردازش تصویر، تایر، فشار تماسی، مساحت سطح

مقدمه

هدف از مطالعه‌ی کنونی بدست آوردن نتایج در حوزه‌ی مساحت سطح تماس بین چرخ و خاک با استفاده از آزمونگر تک چرخ درون محیط انباره خاک و معرفی کاربرد موثر روش پردازش تصویر در بدست آوردن فشار تماسی با بهره گیری از مساحت تماس بدست آمده می باشد که در نهایت مدلی برای بدست آوردن سطح تماس معرفی می گردد که با نتایج تجربی مقایسه می شوند. در سالهای اخیر افزایش روز افزون وزن تراکتورها به واسطه‌ی عملیات سنگین تر کشاورزی، وارد شدن نیروهای بیشتر به خاک را به همراه دارد که این نیروها مستقیماً به فشردگی لایه‌های فوقانی، میانی و تحتانی منجر می شود. این فشردگی ها موجب کاهش محصول، فرسایش خاک، افزایش مصرف سوخت، فرسایش ادوات خاکورزی، مشکلات زهکشی و دیگر مشکلات محیطی می شود.

تعیین مساحت سطح به محاسبه‌ی فشار تماسی و پخش شدگی تنش-کرنش می باشد (Taghavifar and Mardani, 2012). تنش ایجاد شده در خاک به همراه محصولات جانبی آن (فشردگی خاک) تابعی از مساحت سطح تماس می باشد (Arvidsson and Keller, 2007). از این رو، تعیین با دقت بالای مساحت سطح تماس به عنوان فاکتور مهم و تاثیرگذار در منطقه‌ی فشرده شده از اهمیت بالایی برخوردار است. علاوه بر این، سطح تماس معیاری از پارامترهای کششی است (Taghavifar and Mardani, 2012). اگرچه اطلاعات در مورد مساحت تماس برای تایرهای جدید و نتایج موجود ناکافی می



باشند (Schjønning et al., 2008)، اندازه گیری های مساحت تماس برای تراکتورهای مختلف انجام شد (Bekker, 1983; Febo, 1978; Wong, 1978; Söhne, 1953; Chancellor et al., 1962)

مطالعات آزمایشی همانند مطالعات ریاضیاتی برای بدست آوردن الگوریتم های قابل قبول بسط داده شدند. ساده ترین الگوریتم ها با فرض دایروی یا بیضوی بودن شکل سطح تماس معرفی شدند. یک مدل ساده بیان کردند با فرض اینکه سطح تماس با شعاع چرخ ضربدر عرض چرخ برابر می باشد منوط به اینکه نشست چرخ در خاک ۱۵٪ شعاع چرخ باشد بیان شد (Mikkonen and Wuolijoki, 1975). الگوریتم های ساده شده خطاهای غیر قابل اجتناب را بوجود می آورند گرچه ضرایب اصلاحی برای بهبود چنین مدل هایی ارائه شدند. ضرایب اصلاحی توسط محققین بعدی پیشنهاد شدند (Grechenko, 1995; Upadhyaya and Wulfson, 1990) گرچه در بهبود مدلها ناتوان بودند. به منظور بهبود پیش بینی شکل سطح تماس، یک مدل بیضوی با در نظر گرفتن مرزهای سطح تماس نیز پیشنهاد شد (Hallonborg, 1996) و ضریبی بین ۰/۸ و ۰/۹ برای شرایط تماس وارد محاسبات شد و بیان کرد که شکل تماس بیضوی بوده و دایروی و مستطیلی نیست (Grechenko, 1995). با این وجود، مدل های بهبود یافته با در نظر گرفتن ملاحظات بیشتری (نشست خاک، نشست چرخ، بار روی چرخ، فشار باد و ویژگی های خاک) با هدف بالاتر بردن دقت عملکرد بوجود آمدند (Silversides et al., 1989; Komandi, 1990; Kemp, 1990). مدل های ریاضیاتی بسیار پیچیده می باشند و ساده سازی آنها منتج به عیب بیشتر به واسطه ی عدم دقت بالا می شود. در نتیجه مدل های تجربی با استفاده از نتایج آزمایش مخصوصا اگر این آزمایش ها در شرایط کنترل شده ی محیط انباره خاک و آزمونگر تک چرخ از توانایی بهتری و دقت بیشتری برخوردار خواهند بود. نقش غیر قابل انکار مساحت تماس در فشار تماسی باید مورد توجه قرار گیرد. اکثر مطالعات از دو پارامتر برجسته فشار باد و بار روی چرخ در تشکیل فشار تماسی بحث کرده اند (Arvidsson and Keller, 2007). محقق دیگری از رده ی گسترده ای از تایرها استفاده کرد و از تاثیر بسیار زیاد فشار باد در فشار تماسی گزارش داد (Disersen 2009). همچنین محققان بسیاری به افزایش سطح تماس با افزایش بار روی چرخ اذعان داشتند (Schønning et al., 1979; Steiner, 1976; Komandi, 1976; Keller, 2004; 2008)

با مرور منابع مشخص است که آزمایشات تجربی انجام شده برای بدست آوردن سطح تماس با توجه به اهمیت آن درون محیط انباره خاک با توجه به شرایط کنترل شده ی آن برای حصول به نتایج دقیق کافی نیست. همچنین کاربرد پردازش تصویر در حوزه های مختلف علم و با دقت بالا مولفین تحقیق حاضر را به استفاده از این روش در بدست آوردن سطح تماس برانگیخت. روش پردازش تصویر در مقایسه با روش های ریاضیاتی و مرسوم و عددی نتایج عاری از خطایی با آزاد بودن از اجبار به بیان شکل هندسی خاص برای سطح تماس را ارائه می دهد. نتایج دقیق بدست آمده برای سطح تماس منتج به پیش بینی های دقیق تر فشار تماسی می شود. آزمایشات در این تحقیق با بکارگیری مهمترین پارامتر های موثر بر سطح تماس (فشار باد و بار روی چرخ) با اهداف ذیل گسترش یافتند.



۱: محاسبه ی سطح تماس و استفاده از روش پردازش تصویر برای انجام تحقیقات در محیط انباره خاک با تیمارهای مختلف برای

بدست آوردن دقت بالا

۲: تعیین مقادیر فشار تماسی با تیمارهای مطلوب درون محیط انباره خاک و با نتایج بدست آمده از مساحت تماس با روش پردازش

تصویر

۳: ارائه مدل برای مساحت سطح تماس و مقایسه آن با نتایج تجربی بدست آمده.

مواد و روشها

نحوه ی داده برداری

یک انباره خاک موجود در دانشکده ی کشاورزی دانشگاه ارومیه (Mardani et al., 2010) مورد استفاده قرار گرفت. این انباره خاک دارای ۳۳ متر طول، ۲ متر عرض و ۱ متر عمق می باشد. سیستم متشکل از حامل چرخ، آزمونگر تک چرخ و شاسی انباره می باشد. یک لود سل عمودی با ظرفیت ۲۰۰۰ کیلوگرم کالیبره شد و به سیستم داده برداری که خود متشکل از نمایشگرهای دیجیتال^۱ و دیتالاگر^۲ می باشد متصل شد. یک موتور سه فاز توان مورد نیاز برای شافت محرک و سیستم زنجیری را تامین می کند. یک سیستم آزمونگر تک چرخ نیز به حامل متصل می باشد. تایر مورد استفاده (Good year 9.5L-14, 6 radial ply) می باشد. سیستم کلی در شکل ۱ نشان داده شده است. خلاصه آزمایش های صورت گرفته در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. انباره ی خاک و قسمت های متصل با آن

1- Digital Indicator

2- Data Logger



جدول ۱. طرحواره‌ی آزمایشات انجام شده

پارامتر های ورودی	پارامتر های خروجی	
بار روی چرخ (کیلو نیوتن)	فشار باد (کیلو پاسکال)	
0.75	70	
1.75	100	
2.75	140	مساحت سطح
3.75	175	
4.75		فشار تماسی
5.75		



شکل ۲. مساحت تماس در طول کانال خاک

جدول ۲. اجزای تشکیل دهنده و مشخصات خاک استفاده شده

مقدار	مورد
34.3	(%) شن
22.2	(%) سیلت
43.5	(%) رس
2360	(kgm ⁻³) چگالی حجمی
32	(°) زاویه اصطکاکی
700	(kPa) شاخص مخروطی

از پودر گچ حول محیط سطح تماس چرخ و خاک در هر تیمار پاشیده شد تا سطح تماس بدست آید. آزمایش ها در سه سطح تکرار انجام شده و میانگیری شدند تا دقت کافی حاصل شود. شکل ۲ نشان دهنده‌ی سطح تماس در حالت های مختلف و در طول کانال می باشد. جزئیات خاک مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است.

بکارگیری پردازش تصویر در محاسبه سطح تماس

در حالت کلی سیستم های مبتنی بر رایانه شامل یک دوربین دیجیتال برای گرفتن عکس و ابزارهای معین برای تحلیل عکس ها می باشند. این فاز از تحقیق شامل یک دوربین دیجیتال، صفحه شیشه ای برای قرار دادن دوربین روی آن و نرم افزار متلب بهره گیری شد. عکس ها از فاصله ثابت گرفته شدند و سپس وارد محیط "Adobe Photoshop CS4" شدند. عکس ها به حالت پس زمینه تبدیل شدند و الگوریتمی مناسب برای پردازش تصاویر نوشته شد. تصاویر در محیط RGB گرفته شدند. با استفاده از مولفه ی S در محیط HSV و مولفه ی b در فضای Lab، جداسازی مناسب اثر رد تایر از گچ انجام شد. شدت پیکس های هر دو مولفه در رده ی ۰ تا ۱ نرمالیزه^۱ شدند. دو مولفه با هم جمع شدند و در همان رنج نرمالیزه مجدد شدند.

$$X_1 = (s + b) \quad (1)$$

برای انجام جداسازی بهتر از تابع ترانسفورم گاما^۲ به صورت زیر استفاده شد.

$$X_2 = (X_1)^\alpha \quad (2)$$

که در مورد مطالعه ی کنونی مقدار α بهینه ۲ می باشد. سپس با استفاده از روش اتسو^۳ سطح مناسبی از آستانه گیری برای جداسازی رد تایر و گچ صورت گرفت. تصویر باینری حاصل گشادسازی^۴ و آستانه گیری^۵ بود. شکل ۳ نشان دهنده ی یک نمونه از تصاویر گرفته شده و پردازش شده مساحت سطح می باشد. سرانجام تصاویر دوتایی^۶ استخراج شده و مساحت پیکسل و ناحیه ی کالیبره بر حسب cm^2 بدست آمدند. از یک شاخص با ابعاد معلوم برای کالیبراسیون در کنار هر ناحیه ی تماسی استفاده شدند.



شکل ۳. ب) تصویر پردازش شد



شکل ۳. الف) تصویر بدون پردازش و اولیه

- 1- Normalized
- 2- Gamma Transform
- 3- Ottsu
- 4- Dilation
- 5- Thresholding
- 6- Binary

نتایج و بحث

تعیین سطح تماس

جدول ۳ نتایج بدست آمده از تحلیل واریانس داده ها در ۶ سطح از بار روی چرخ و ۴ سطح از فشار باد را در قالب طرح فاکتوریل را نمایش می‌دهد. جداول ۴ و ۵ نیز به ترتیب مقادیر متوسط و انحراف استاندارد مساحت سطح برای ۶ سطح از بار روی چرخ و ۴ سطح از فشار باد لاستیک را نمایش می‌دهند. مقدار بیشینه‌ی سطح تماس در تمامی تیمارها برای کمترین فشار باد به همراه بیشترین بار روی چرخ به دست آمدند. رابطه‌ی کاملاً عکس برای کمترین بار روی چرخ و بیشترین فشار باد حاصل شد. شرایط میانی همانند بیشینه و کمینه‌ی مساحت سطح به صورت آشکار در شکل ۴ که تصاویر چاپ شده و کنار هم قرار گرفته شده می‌باشند قابل مشاهده است. تغییرات مساحت تماس در برابر بار روی چرخ در شکل ۵ نشان داده شده است. افزودن بار روی چرخ باعث افزایش مساحت تماس می‌شود. بیشترین مقدار مساحت تماسی در تمامی فشار بادهای تست شده در بالاترین مقدار بار روی چرخ بدست آمدند. این امر به واسطه افزایش خوابیدگی چرخ^۱ تحت بارهای بیشتر می‌باشد. بارهای بالاتر روی چرخ گرایش به فشردگی چرخ به درون خاک دارند. خاک تا رسیدن به نقطه‌ی مقاومت به نفوذ لاستیک تغییر شکل می‌دهد. هر مقدار بار روی چرخ بالاتر باشد، مقدار نیروی مقاومتی بیشتری مورد نیاز می‌باشد. شیب منحنی‌ها در شکل ۵ تقریباً برای همه‌ی فشار بادهای تست شده یکسان است. با ارزیابی نقش فشار باد در مساحت تماسی، نتایج حاصل شده در شکل ۶ قابل مشاهده است.

جدول ۳. تحلیل واریانس انجام شده در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی: بار روی چرخ و فشار باد

منبع تغییرات	درجات آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	گسترده‌گی آماری
بار	5	0.005856	0.001171	3432.23**
فشار باد	3	0.001619	0.00054	1581.45**
بار×فشار باد	15	4.67×10^{-5}	3.11×10^{-6}	9.12 ^{ns}
خطا	48	1.64×10^{-5}	3.4×10^{-7}	
مجموع	71	0.007538		

** و ns به ترتیب عبارتند از: معنی داری در سطح ۱ درصد و عدم اختلاف معنی دار

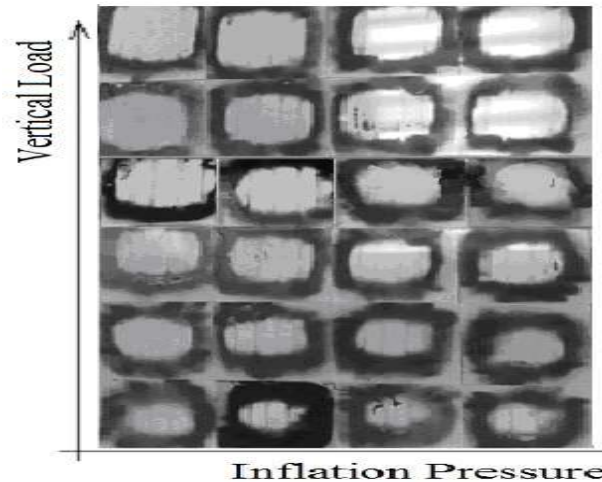


جدول ۴. مقادیر متوسط و انحراف استاندارد مساحت سطح برای شش سطح از بار روی چرخ

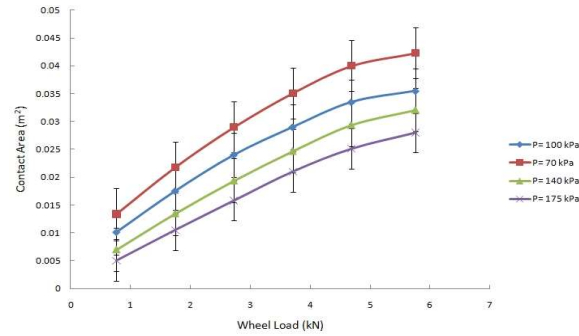
بار روی چرخ (کیلو نیوتن)	مقدار متوسط	انحراف استاندارد
0.75	0.008875	0.0036746
1.75	0.015825	0.0049081
2.75	0.022050	0.0057210
3.75	0.027450	0.0060578
4.75	0.032000	0.0063409
5.75	0.034725	0.0061277

جدول ۵. مقادیر متوسط و انحراف استاندارد مساحت سطح برای چهار سطح از فشار باد

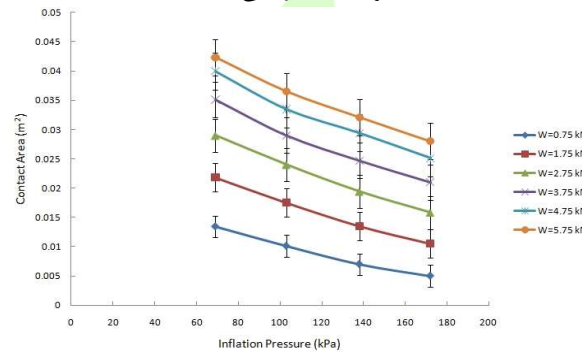
فشار باد (کیلو پاسکال)	مقدار متوسط	انحراف استاندارد
70	0.030267	0.0111416
100	0.025100	0.0099970
140	0.021017	0.0096153
175	0.017567	0.0088133



شکل ۴. نحوه ی کلی تغییرات مساحت سطح در اثر تیمارهای مختلف

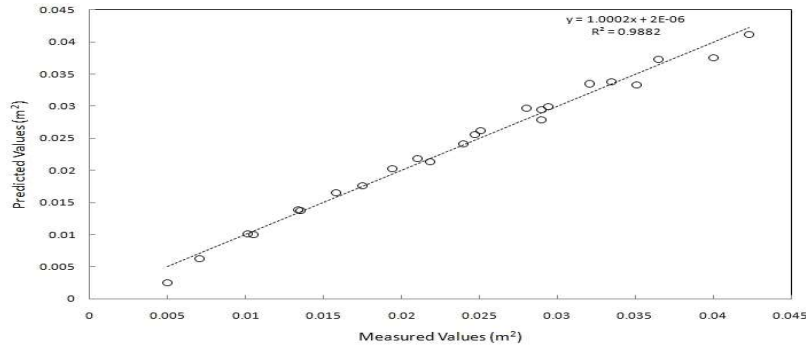


شکل ۵. تغییرات مساحت سطح در اثر بار اعمالی روی چرخ تحت فشار باد های مختلف. خطوط عمودی خطا نشان دهنده ی انحراف استاندارد می باشند



شکل ۶. تغییرات مساحت سطح در اثر فشار باد تحت بار های مختلف. خطوط عمودی خطا نشان دهنده ی انحراف استاندارد می باشند

تقریباً نتایج با الگوی مشابه در مورد تاثیر فشار باد در مساحت سطح تماس با افزایش فشار باد و در بارهای متفاوت بدست آمد. شکل های ۵ و ۶ تایید کننده ی تغییرات مساحت تماس نشان داده شده در شکل ۴ است. مساحت تماس بصورت کاهشی با افزایش فشار باد بدست آمد. این امر به دلیل پدیده ی بالون شدگی تایر می باشد که منجر به حالت مقاومتری در برابر خوابیدگی لاستیک تحت بارهای بالا می شود. علیرغم اینکه گزارش شده است که نقش باد لاستیک در سطح تماس ناچیز است (Diserens, 2009)، اما نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان دهنده ی معنی دار بودن فشار باد در مساحت تماس به واسطه ی افزایش خوابیدگی چرخ و افزایش طول تماس می باشد. نتایج بدست آمده در مورد تاثیر فشار باد بر روی سطح تماس در این بررسی توسط یافته های محققان بسیاری (Keller, 2004; Komandi, 1976; Steiner, 1979) تایید شده است. همچنین شاخص مخروطی نقش مهمی در مقدار خوابیدگی لاستیک دارد و با افزایش آن مقدار سفتی خاک بیشتر می باشد که موجب افزایش بیشتر سطح تماس در اثر افزایش بار یا کاهش فشار باد می شود که سعی بر این بوده که با هرس و تسطیح کننده این متغیر از محاسبات خارج شود.



شکل ۷. مقایسه‌ی مدل ارائه شده با داده های تجربی به دست آمده

با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و با بهره گیری از داده های بدست آمده، مدلی با دقت بالا برای پیش بینی

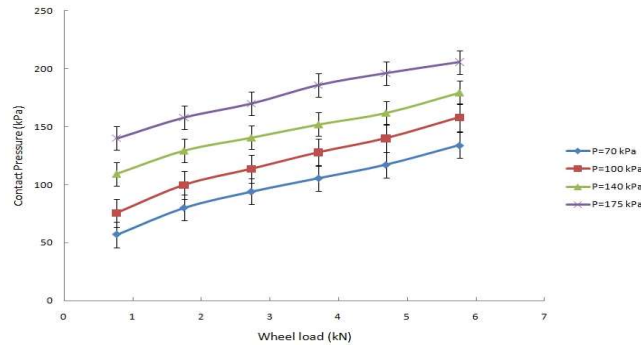
سطح تماس ارائه شد:

$$A = \frac{(41 \times W)}{4526} - \frac{P}{9052} - \frac{(5 \times W^2)}{9052} + 0.01488 \quad (3)$$

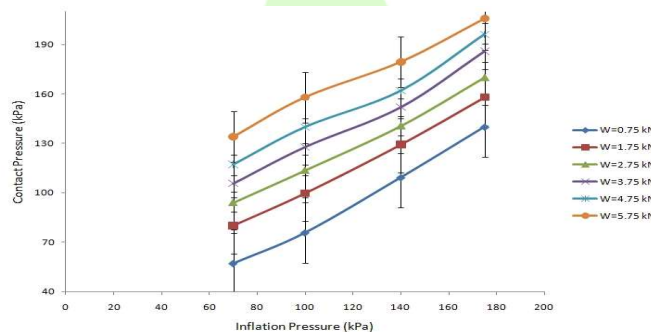
که در آن A سطح تماس، W وزن روی چرخ بر حسب کیلو نیوتن و P فشار باد لاستیک بر حسب کیلو پاسکال می باشد. شکل ۷ دقت مدل ارائه شده را نمایش می دهد. این مدل دارای ضریب همبستگی ۰/۹۸ می باشد.

محاسبه ی فشار تماسی

نتایج تجربی بدست آمده برای فشار تماسی در مقابل بار روی چرخ در شکل ۸ نمایش داده شده است. بدین ترتیب استنباط می شود که برای یک فشار باد ثابت، افزایش بار روی چرخ باعث افزایش فشار متوسط تماسی می شود. این فرایند برای تمامی پنج سطح از فشار باد قابل مشاهده است. علاوه بر فشار باد، فشار تماسی تابعی از بار روی چرخ نیز می باشد که به صورت خطی مقدار فشار تماسی افزایش می یابد. این فرایند توسط معادله ی (۳) اعتبار دهی می شود. علاوه بر این، شکل ۸ گزارش ناکافی بودن اطلاعات در مورد تاثیر بار روی چرخ بر ایجاد فشار تماسی (Arvidsson and Keller, 2007) را اذعان می کند. از سمت دیگر، وابستگی مساحت سطح به فشار باد، بررسی در مورد نقش فشار باد در فشار تماسی را که در شکل ۹ نشان داده شده است را ملزم می نماید.



شکل ۸. تغییرات فشار تماسی در اثر بار اعمالی تحت فشار بادهای مختلف. خطوط عمودی خطا نشان دهنده‌ی انحراف استاندارد می باشند



شکل ۹. تغییرات فشار تماسی در اثر فشار باد تحت بارهای اعمالی مختلف. خطوط عمودی خطا نشان دهنده‌ی انحراف استاندارد می باشند

در شکل ۹ در مورد هر منحنی، بار چرخ ثابت می باشد. تغییر در فشار تماسی به خاطر تغییر در مساحت سطح به واسطه‌ی تغییرات در فشار باد لاستیک می باشد. استنباط می شود که فشار تماسی و فشار باد یک رابطه‌ی تقریباً خطی دارند. به عبارت دیگر، متوسط فشار تماسی برای سطح تماس مشخص را می توان از رابطه‌ی (۴) بدست آورد.

$$P = \frac{F_{wheel}}{A} \quad (4)$$

که در آن P متوسط فشار تماسی F_{wheel} بار روی چرخ و A مساحت تماس به دست آمده است. وابستگی فشار تماسی به سطح تماس قابل اثبات است. در این مطالعه، مزیت استفاده از روش پردازش تصویر در تعیین مساحت تماسی منجر به دستیابی به نتایج دقیق تر در ارزیابی فشار تماسی می شود. این تفسیر در تحقیق دیگر نیز قابل تایید شده است (Schønning et al, 2008).

خلاصه

بررسی دقیق مساحت تماس درون سیستم انباره خاک به واسطه فراهم آوردن شرایط کنترل شده با استفاده از روش پردازش تصویر تحت دو متغیر مهم فشار باد لاستیک و بار روی چرخ صورت پذیرفت تا از قید محاسبات پیچیده ریاضیاتی، عددی



ومرسوم که اغلب با ساده سازی و خطاهای اجتناب ناپذیر همراهند خارج شود. مشخص شد که سطح تماس با فشار باد لاستیک رابطه معکوس و با بار روی چرخ رابطه ی خطی دارد. سپس از وابستگی فشار تماسی به سطح تماس استفاده شد تا فشار متوسط تماسی تحت اثر پارامتر های بیان شده به دست آید. نتایج حاکی از این بودند که فشار تماسی با هر دو پارامتر رابطه‌ی مستقیم دارد.

منابع

1. Taghavifar, H., and A. Mardani. 2012. Contact Area Determination of Agricultural Tractor Wheel with Soil. *Cercetări Agronomice în Moldova*. ; 2 (150):15-20.
2. Arvidsson, J., T. Keller. 2007. Soil stress as affected by wheel load and tire inflation pressure. *Soil Till. Res.* 96, 284-291
3. Schjønning, P., M. Lamandé, F.A. Tøgersen, J. Arvidsson, and T. Keller. 2008. Modelling effects of tyre inflation pressure on the stress distribution near the soil-tyre interface. *Biosyst. Eng.* 99, 199-133.
4. Söhne W., Druckverteilung und Bodenverformung unter Schlepperreifen. *Grundl. Landtechn.* 3(5), S.49-63 (1953)
5. Chancellor, W. J., and R. H. Schmidt, Soil deformation beneath surface loads. *Trans. ASAE* 5(2), 240-246,249 (1962)
6. Bekker M.G., Prediction of design and performance parameters in Agro-Forestry vehicles, National Research Council of Canada, Ottawa (1983)
7. Febo P., Contact area tests of a new wide section agricultural tyre. 9th International Conference ISTVS, Barcelona, pp.236-243 (1987)
8. Wong J. Y., Theory of ground vehicles, John Wiley, New York (1978)
9. Mikkonen, E. and E. Wuolijoki.1975. Pikatestausten suoritustekniikka. The technique of short term testing. *Metsätehon katsaus* 9.5 p.
10. Grecenko, A. 1995. Tyre footprint area on hard ground computed from catalogue value. *Journal of Terramechanics* 32(6):325-333
11. Upadhyaya, S.K. and D. Wulfsohn.1990. Relationship between tyre deflection characteristics and 2-D tyre contact area. *Transaction of the ASAE* 33(1):25-30
12. Hallonborg U. 1996. Super ellipse as tyre-ground contact area. *Journal of Terramechanics*, 33, 125-132.
13. Silversides, C.R. and U, Sundberg. 1989. Operational efficiency in forestry. Vol 2. Practice. Kulver Academic Publishers, Dortrecht/Boston/London. 169p. ISBN 0-7923-0063
14. Komandi, G. 1990. Establishment of soil-mechanical parameters which determine traction on deforming soil. *J. Terramech.* 72(2), 115-124
15. Kemp, H.R. 1990. Climbing ability of four-wheel-drive vehicles. *Journal of Terramechanics* 27(1):7-23
16. Diserens, E. 2009. Calculating the contact area of trailer tyres in the field. *Soil Till. Res.* 103, 302-309.



17. Mardani A., K. Shahidi, A. Rahmani, B. Mashoofi and H. Karimmaslak.2010. Studies on a long soil bin for soil-tool interactions. Cercetări Agronomice în Moldova 142(2):. 5-10.
18. Keller, T. 2004. Soil Compaction and Soil Tillage- Studies in Agricultural Soil Mechanics ACTA Agraria 489. Swedish University of Agricultural Sciences.
19. Komandi, G. 1976. The determination of the deflection, contact area, dimensions, and load capacity for driven pneumatic operating on concrete pavement. J. Terramech. 13(1), 15-20.
20. Steiner, M. 1979. Analyse, Synthese and Berechnungsmethoden der Triebkraft-Schlupf-Kurve von Luftreifen auf nachgibigem Boden. Forschungsbericht Agartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG) 33. Dissertation München,p.190.



Application of image processing technique for the determination of contact area and contact pressure determinations

Hamid Taghavifar^{1*}, Aref Mardani¹

1- Ph.D. Candidate, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University, Iran

Hamid.taghavifar@gmail.com

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

Abstract

A digital camera was attached to a single wheel tester in a soil bin facility to apply image processing technique for determinations of contact area and contact pressure at four levels of tire inflation pressure and six levels of wheel load. The obtained results outperformed the conventional methods. The obtained results of contact area corresponding the application of image processing technique were used for determination of contact pressure. It was observed that contact area has linear relationship with wheel load and reverse linear relationship with tire inflation pressure where contact pressure has linear relationship with wheel load and tire inflation pressure. Using multiple regression method, a model was developed for prediction of contact area while the results were compared to experimental results. The developed model has coefficient of determination value equal to 0.98.

Keywords: Contact area, Contact pressure, Image processing technique, Soil bin, Tire