



بسمه تعالی



دانشکده کشاورزی

گروه مکانیک ماشین های کشاورزی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مکانیک ماشین های کشاورزی

موضوع:

بررسی اثر تردد چرخ محرک بر پارامترهای کششی و تراکم خاک در محیط انباره خاک با استفاده از
آزمونگر تک چرخ

اساتید راهنما:

دکتر عارف مردانی

پرفسور سید محمد حسن کماریزاده

تنظیم و نگارش:

فرناز زهی سعادت

بهمن ۹۱

حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ است

تقدیر و تشکر

سپاس سزاوار پروردگاری است که لطف و رحمت بی‌کرانش همواره در لحظه لحظه‌های زندگی روشنگر و امید بخش راهم بوده است و این توفیق را نصیب من کرد تا این پایان نامه را به اتمام برسانم . لذا بر خود لازم می‌دانم از اساتید راهنمایم جناب پرفسور محمد حسن کماریزاده و آقای دکتر عارف مردانی که همواره اینجانب را مورد تفقد قرار می‌دهند و با نکته‌های دلاویز و گفته‌های بلند ، صحیفه‌های سخن را علم پرور نمودند و همواره راهنما و راه‌گشای نگارنده در اتمام و اکمال پایان نامه بوده‌اند تشکر نمایم.

در پایان زحمات تمامی کسانی که بر اینجانب نظر لطف داشتند را با آرزوی توفیق روز افزون از خداوند منان ارج می‌نهم.

تقدیم به پدر بزرگوارم؛

که درس صداقت و ایمان را به عنوان اولین اصل زندگی به من آموخت، او که شمع وجودش روشنی بخش زندگی‌ام است و هستی‌ام در آرزوی احیای ذره‌ای از زحماتش تداوم دارد.

تقدیم به مادر عزیزم؛

آفتاب روشنی بخش زندگی‌ام که سعادت را مرهون فداکاری‌ها و گذشت‌های بی‌پایانش می‌دانم، او که تمام اجزای وجودم با مهر و محبتش در هم آمیخته و آنچه دارم از دعای خیر اوست.

تقدیم به همسر مهربانم.

چکیده

یکی از اثرات نامطلوب تردد ماشین‌های کشاورزی در مزرعه، فشردگی خاک است که بخشی از این فشردگی خاک هنگام عملیات خاکورزی و بخصوص حرکت گاواهن برگردان‌دار در مزرعه و بخشی دیگر به علت تردد تراکتور و یا سایر ماشین‌های کشاورزی در مراحل کاشت، داشت و برداشت محصول اتفاق می‌افتد. این تحقیق، به بررسی اثرات سرعت پیشروی، لغزش، بار دینامیکی، شاخص مخروطی قبل از عبور چرخ و تردد بر نیروی کششی، ضریب کشش، نقطه اثر نیروهای وارد بر تایر و شاخص مخروطی خاک بعد از عبور چرخ با استفاده از یک آزمونگر تک چرخ محرک در محیط انباره خاک توسط سیستم هوشمند استنتاج فازی-عصبی تطابقی در محیط متلب پرداخته است. در این پژوهش، سرعت (v) در سه سطح (۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ متر بر ثانیه)، بار عمودی (W) در دو سطح (۳/۷ و ۴/۷ کیلونیوتن)، شاخص مخروطی قبل از عبور چرخ (CI)، لغزش (i) در چهار سطح (۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲) و تردد (m) در چهار سطح (۱، ۲، ۳ و ۴ بار عبور) بود و هر آزمایش با سه تکرار انجام گرفت. بعد از انجام آزمایش‌ها و جمع‌آوری داده‌ها، کل داده‌ها (ترکیب سطوح‌های مختلف پارامترهای ورودی که برابر شصت و دو هزار سطر بود)، در اختیار شبکه قرار گرفت، و در نهایت شبکه آموزش داده شد و مورد تست قرار گرفت. نتایج بدست آمده حاکی از دقت بسیار بالای شبکه در شبیه‌سازی رابطه خروجی و ورودی بوده بطوریکه ضریب رگرسیون برای نیروی کششی برابر با ۰/۹۲، برای ضریب کشش برابر با ۰/۹۶، برای نقطه اثر نیروهای وارد بر تایر برابر ۰/۸۹ و برای شاخص مخروطی بعد از عبور چرخ برابر با ۰/۹۹ بوده است. با توجه به مقدار ضریب رگرسیون بدست آمده برای شاخص مخروطی بعد از عبور چرخ که برابر با ۰/۹۹ است با اطمینان می‌توان گفت که مدل ارائه شده قابلیت بهتری را نسبت به مدل‌های پیشین در راستای تخمین صحیح-تر شاخص مخروطی بعد از عبور چرخ از خود نشان داده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که شاخص مخروطی بعد از عبور چرخ تابعی از تردد بوده و با افزایش تعداد عبور چرخ، شاخص مخروطی بعد از عبور چرخ و در نتیجه تراکم خاک افزایش می‌یابد که این امر تصدیق‌کننده فرآیند تراکم خاک به سبب ماهیت دینامیکی آن می‌باشد.

واژگان کلیدی: چرخ محرک، انباره خاک، تردد، شاخص مخروطی و سیستم استنتاج فازی-عصبی تطابقی

فهرست مطالب

فصل اول.....	۱
مقدمه	۱
۱-۱- اهمیت بررسی تراکم و فشردگی خاک.....	۱
۲-۱- فرضیه های پژوهش.....	۳
۳-۱- اهداف پژوهش.....	۴
فصل دوم.....	۵
مروری بر منابع.....	۵
۱-۲- تأثیر تردد بر خاک و قابلیت‌های کشش تراکتور.....	۵
۲-۱-۲- تأثیر تردد روی تراکم، استحکام و نشست خاک.....	۵
۲-۱-۲- تأثیر تردد روی مقاومت غلتشی.....	۸
۳-۱-۲- تأثیر تردد روی کشش.....	۱۰
۲-۲- فشردگی خاک.....	۱۲
۱-۲-۲- تأثیر فشردگی بر استحکام خاک و رشد ریشه.....	۱۳
۲-۲-۲- عوامل مؤثر بر فشردگی خاک.....	۱۵
۳-۲- پیشینه مطالعات در رابطه با چرخ و خاک.....	۱۷
۴-۲- سیستم جدید هوشمند استنتاج فازی- عصبی تطابقی.....	۲۱
فصل سوم.....	۲۴
مواد و روشها.....	۲۴
۱-۳- مخزن خاک.....	۲۴
۲-۳- ابعاد مخزن خاک، بافت خاک و آماده سازی خاک موجود در مخزن.....	۲۶

۲۹	..... ۳-۳ حامل
۳۱	..... ۴-۳ سیستم انتقال قدرت
۳۲	..... ۵-۳ سیستم کنترل سرعت حامل
۳۳	..... ۶-۳ آزمونگر تک چرخ
۳۶	..... ۷-۳ ترانسدیوسرها و سامانه جمع آوری و ثبت داده ها
۳۹	..... ۸-۳ ابزار و سیستم های کنترل
۳۹	..... ۹-۳ بار دینامیکی
۴۰	..... ۱۰-۳ سرعت پیشروی حامل
۴۰	..... ۱۱-۳ لغزش
۴۱	..... ۱۲-۳ شاخص مخروط خاک
۴۲	..... ۱۳-۳ سیستم هوشمند استنتاج فازی - عصبی تطابقی (انفیس)
۴۴	..... فصل چهارم
۴۴	..... نتایج و بحث
۴۴	..... ۱-۴ استفاده از سیستم استنتاج فازی - عصبی تطابقی به منظور پیش بینی داده ها
۴۶	..... ۲-۴ پیش بینی نیروی کششی با استفاده از سیستم استنتاج فازی - عصبی تطابقی
۵۱	..... ۳-۴ پیش بینی ضریب کشش با استفاده از سیستم استنتاج فازی - عصبی تطابقی
۵۵	..... ۴-۴ پیش بینی نقطه اثر نیروهای وارد بر تیر با استفاده از سیستم استنتاج فازی - عصبی تطابقی
۵۹	..... ۵-۴ پیش بینی شاخص مخروطی بعد از عبور چرخ با استفاده از سیستم استنتاج فازی - عصبی تطابقی
۶۶	..... فصل پنجم
۶۶	..... نتایج و پیشنهادات
۶۶	..... ۱-۵ نتایج

۶۸پیشنهادات

۷۰منابع

۷۳پیوست

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲- تأثیر تردد بر تراکم و استحکام خاک ۶
- شکل ۲-۲- تأثیر تردد روی نشست خاک ۷
- شکل ۳-۲- تأثیر تردد روی مقاومت غلتشی ۹
- شکل ۴-۲- نمودار کشش- لغزش برای یک وسیله نقلیه سه اکسلی در خاکی با بافت لومی در محتوی رطوبتی
۱۶/۵٪ ۱۱
- شکل ۵-۲- تأثیر فشردگی خاک بر رشد ریشه ۱۳
- شکل ۶-۲- رابطه نفوذ ریشه پنبه با مقاومت نفوذ ۱۴
- شکل ۷-۲- تأثیر تعداد عبور و مرور دو تایر متفاوت با بارهای مختلف روی یک خاک رسی در محتوی رطوبتی ۳۸٪
(راگوان و همکاران، ۱۹۷۸) ۱۶
- شکل ۸-۲- مقایسه نتایج مدل هارنیش موسوم به $AS^2 TM$ با داده های واقعی مزرعه در رابطه با تخمین نشست
(هارنیش، ۲۰۰۵) ۱۹
- شکل ۹-۲- مقایسه نتایج مدل هارنیش موسوم به $AS^2 TM$ با داده های واقعی مزرعه در رابطه با تخمین کشش
(هارنیش، ۲۰۰۵) ۲۰
- شکل ۱-۳- نمایی از مخزن خاک مورد استفاده در پژوهش ۲۷
- شکل ۲-۳- نحوه فرآوری خاک کانال ۲۷
- شکل ۳-۳- نحوه تسطیح خاک کانال ۲۸
- شکل ۴-۳- خاک تسطیح شده ۲۸
- شکل ۵-۳- مجموعه سیستم داده برداری و کامپیوتر مورد استفاده در جایگاه تعبیه شده روی حامل ۳۰
- شکل ۶-۳- نمایی از حامل به همراه منضمت آن ۳۰
- شکل ۷-۳- شکل شماتیکی قرار گیری سیستم انتقال قدرت و موتور بر روی مخزن خاک ۳۱
- شکل ۸-۳- سیستم انتقال قدرت مخزن خاک ۳۱
- شکل ۹-۳- تابلو برق و اینورتر ۳۲
- شکل ۱۰-۳- آزمونگر تک چرخ چهاربازویی ۳۳

- شکل ۳-۱۱- آزمونگر تک چرخ بازویی با لودسل های S شکل ۳۴
- شکل ۳-۱۲- آزمونگر تک چرخ با چهار بازوی افقی و یک بازوی عمودی به همراه مکانیزم مهار جانبی ۳۵
- شکل ۳-۱۳- طرح حامل چرخ در نرم افزار SOLID WORKS و معرفی اجزای مختلف ۳۶
- شکل ۳-۱۴- محل قرارگیری لودسل ها بر روی بازوهای آزمونگر تک چرخ ۳۷
- شکل ۳-۱۵- بلوک دیاگرام سیستم داده برداری برای اندازه گیری پارامترهای کششی چرخ ۳۸
- شکل ۳-۱۶- دیاگرام آزاد نیروهای وارد بر چرخ محرک الف) مدل ساخته شده برای آزمونگر ب) حالت کلی ۳۸
- شکل ۳-۱۷- سرعت خطی الف) حامل چرخ و ب) چرخ محرک بر حسب فرکانس اینورترهای مربوطه ۴۰
- شکل ۳-۱۸- نفوذسنج RIMIK CP20 ۴۱
- شکل ۴-۱- نتیجه رگرسیون تست شبکه برای نیروی کششی ۴۷
- شکل ۴-۲- تغییرات نیروی کششی بر حسب سرعت پیشروی با استفاده از انفیس ۴۸
- شکل ۴-۳- تغییرات نیروی کششی بر حسب لغزش با استفاده از انفیس ۴۹
- شکل ۴-۴- تغییرات نیروی کششی بر حسب بار دینامیکی با استفاده از انفیس ۴۹
- شکل ۴-۵- تغییرات نیروی کششی بر حسب شاخص مخروطی با استفاده از انفیس ۵۰
- شکل ۴-۶- تغییرات نیروی کششی بر حسب تردد با استفاده از انفیس ۵۱
- شکل ۴-۷- نتیجه رگرسیون تست شبکه برای ضریب کشش ۵۲
- شکل ۴-۸- تغییرات ضریب کشش بر حسب سرعت پیشروی با استفاده از انفیس ۵۳
- شکل ۴-۹- تغییرات ضریب کشش بر حسب لغزش با استفاده از انفیس ۵۴
- شکل ۴-۱۰- تغییرات ضریب کشش بر حسب شاخص مخروطی با استفاده از انفیس ۵۴
- شکل ۴-۱۱- تغییرات ضریب کشش بر حسب تردد با استفاده از انفیس ۵۵
- شکل ۴-۱۲- نتیجه رگرسیون تست شبکه برای نقطه اثر نیروهای وارد بر تایر ۵۶
- شکل ۴-۱۳- تغییرات نقطه اثر نیروی وارد بر تایر بر حسب سرعت پیشروی با استفاده از انفیس ۵۷
- شکل ۴-۱۴- تغییرات نقطه اثر نیروی وارد بر تایر بر حسب بار دینامیکی با استفاده از انفیس ۵۷
- شکل ۴-۱۵- تغییرات نقطه اثر نیروی وارد بر تایر بر حسب شاخص مخروطی با استفاده از انفیس ۵۸
- شکل ۴-۱۶- تغییرات نقطه اثر نیروی وارد بر تایر بر حسب تردد با استفاده از انفیس ۵۹
- شکل ۴-۱۷- نتیجه رگرسیون تست شبکه برای شاخص مخروطی بعد از عبور ۶۰

- شکل ۴-۱۸- تغییرات شاخص مخروطی خروجی بر حسب سرعت پیشروی با استفاده از انفیس ۶۱
- شکل ۴-۱۹- تغییرات شاخص مخروطی بعد از عبور چرخ بر حسب لغزش با استفاده از انفیس ۶۱
- شکل ۴-۲۰- تغییرات شاخص مخروطی بعد از عبور چرخ بر حسب بار دینامیکی با استفاده از انفیس ۶۲
- شکل ۴-۲۱- تغییرات شاخص مخروطی بعد از عبور چرخ بر حسب شاخص مخروطی قبل از عبور چرخ با استفاده از انفیس ۶۳
- شکل ۴-۲۲- تغییرات شاخص مخروطی خروجی بر حسب تردد با استفاده از انفیس ۶۴

فهرست جداول

- ۴-۱- نرون‌ها، پارامترهای خطی و غیرخطی، قانون‌های فازی و ضرایب رگرسیونی بدست آمده از شبکه ۴۶

فصل اول

مقدمه

استفاده از ماشین برای تولید در کشاورزی از مراحل برجسته تکامل کشاورزی در طول قرن گذشته بوده و موجب افزایش عملکرد محصولات کشاورزی شده است. بنابراین مدیریت خاصی لازم است تا با بهره‌گیری از این امکانات بتوان استفاده بهینه‌ای از نهاده‌های کشاورزی در امر تولید داشت. همچنین این امر موجب شده تا تصمیم‌گیری‌های درستی در ارتباط با ادوات، آب، زمین و سایر نهاده‌های کشاورزی انجام گیرد که لازمه آن داشتن اطلاعات صحیح در مورد ماشین‌ها و اثرات متقابل آن‌ها با محیط رشد گیاه می‌باشد. در این بین، اطلاع از خصوصیات خاک و درک روابط بین سیستم ماشین و خاک از اهمیت خاصی برخوردار است. زیرا در طراحی وسایلی که به نوعی با خاک در تماس هستند، از یکسو رابطه ماشین و خاک مطرح می‌شود و از سوی دیگر خاک به دلیل ایجاد محیطی برای تغذیه گیاه اهمیت می‌یابد.

۱-۱- اهمیت بررسی تراکم و فشردگی خاک

یکی از اثرات نامطلوب تردد ماشین‌های کشاورزی در مزرعه، فشردگی خاک است که بخشی از این فشردگی خاک هنگام عملیات خاکورزی و بخصوص حرکت گاواهن برگردان‌دار در مزرعه و بخشی دیگر به علت تردد تراکتور و یا سایر ماشین‌های کشاورزی در مراحل کاشت، داشت و برداشت محصول اتفاق می‌افتد.

بررسی تراکم و فشردگی خاک‌های زراعی به دلیل تأثیر منفی آن در میزان رشد و تولید محصول اهمیت زیادی دارد. به طوری که فشردگی خاک می‌تواند به راحتی تا میزان ۱۰ درصد عملکرد محصولات را کاهش داده و از طریق تخریب ساختمان خاک و کاهش جریان آب در داخل خاک منجر به کاهش کیفیت خاک گردد (دوییکر^۱، ۲۰۰۲).

ادغام و ترکیب متوالی ادوات کشاورزی در حال گسترش بوده و ابزارهای بزرگ‌تری بمنظور عملیات زراعی شامل خاکورزی، کاشت و داشت، برداشت و حمل و نقل به کار می‌روند و در نتیجه فرصت برای متناسب نمودن عملیات زراعی با شرایط خاک مطلوب به واسطه عبور و مرور ادوات سنگین کشاورزی، در حال کاهش است.

بنابراین اهمیت فشرده‌گی خاک، تشخیص و از بین بردن عوامل آن روز به روز در حال افزایش است. یکی از خصوصیات مهم خاک که در بحث رابطه بین خاک و گیاه و همچنین در مطالعه اثر متقابل خاک و ماشین مطرح می‌باشد، استحکام خاک یا به عبارت دیگر مقاومت مکانیکی خاک می‌باشد. مقاومت مکانیکی خاک به صورت مقاومت در برابر تغییر شکل خاک توصیف می‌گردد. حفظ نسبت‌های مناسب بین فازهای جامد، مایع و گاز خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا افزایش فاز جامد (کاهش فاز مایع و گاز)، باعث افزایش مقاومت مکانیکی خاک شده و به تبع آن رشد و توسعه ریشه گیاهان در داخل خاک کاهش می‌یابد. کاهش توسعه رشد ریشه باعث می‌شود که آب و نیتروژن کمتری در دسترس گیاه قرار گیرد. با ورود ماشین به مزرعه فاز جامد خاک در حجم معین افزایش یافته و فاز گازی آن کاهش می‌یابد. تراکم خاک از جمله شاخص‌های نشان دهنده تخریب ساختمان فیزیکی خاک می‌باشد که به صورت افزایش در چگالی ظاهری خاک^۱ (جرم فاز جامد به حجم کل)، یا کاهش تخلخل تعریف می‌شود (زارعیان، ۱۳۶۴).

مهم‌ترین اثرات تراکم خاک بر محصول را می‌توان به صورت حساسیت بیش از حد گیاه به خشکی، تهویه ناکافی، کاهش جذب آب توسط گیاه، کاهش بازده عناصر غذایی، رشد غیر یکنواخت گیاهان، کند شدن جوانه‌زنی، سیستم ریشه‌ای بد شکل و نهایتاً کاهش محصول بیان کرد. همچنین تراکم خاک قابلیت نفوذ ریشه را کاهش می‌دهد. تحقیقات دیگری نیز نشان می‌دهد که خروج N_2O , CH_4 , CO_2 در خاک‌های متراکم افزایش می‌یابد (هرن^۲ و همکاران، ۱۹۹۵).

هاکانسون^۳ و ریدر^۴ (۱۹۹۴) نشان دادند که عملکرد محصول در اولین سال بعد از عبور تراکتور و تراکم خاک در حدود ۱۴٪ کاهش می‌یابد.

بر طبق تحقیقات انجام شده در حدود ۶۰٪ از انرژی مکانیکی مورد مصرف در کشاورزی مکانیزه صرف عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر می‌گردد (جاکوبز^۵ و همکاران، ۱۹۹۳).

1- soil bulk density

2- Horn

3 - Hakanson

4 - Reeder

5- Jacobs

امروزه با وجود پیشرفت‌های چشم‌گیر در توسعه کشاورزی دقیق، مدیریت تولید محصول در ارتباط با خصوصیات فیزیکی خاک به چند سال اخیر برمی‌گردد. همراه با افزایش اطلاعات در واحد کوچکی از سطح مزرعه و با رقم خوردن فن‌آوری جدیدی تحت عنوان کشاورزی دقیق، تولیدکنندگان محصولات کشاورزی با استفاده از سیستم موقعیت‌سنج جهانی توانایی جمع‌آوری داده‌های متغیرهای مؤثر در تولید محصول از قبیل داده‌های پارامترهای خاک در نقاط مختلف مزرعه را دارند که این داده‌ها می‌تواند در مدیریت فشرده‌گی خاک از طریق خاک‌ورزی دقیق مورد استفاده قرار گیرند.

۱-۲- فرضیه‌های پژوهش

در این پژوهش، بعد از فراهم ساختن ابزار مورد نیاز جهت انجام آزمایش‌ها و بررسی اثر تردد چرخ محرک بر پارامترهای کششی و تراکم خاک، فرضیات زیر مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۱- تردد چرخ محرک روی پارامترهای خاک تأثیر دارد.

۲- ظرفیت کششی یک چرخ محرک با تعداد عبور چرخ رابطه غیرخطی دارد.

۳- در بیشتر مدل‌های پیشین چرخ و خاک تأثیر بار دینامیکی روی چرخ محرک بررسی نشده است اما بار دینامیکی مقدار نیروی کششی، ضریب کشش، نقطه اثر نیروهای وارد بر تایر و شاخص مخروطی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۴- پارامترهای تردد، بار دینامیکی روی چرخ، سرعت پیشروی، لغزش و شاخص مخروطی خاک به عنوان ورودی و نیروی کششی، ضریب کشش، نقطه اثر نیروهای وارد بر تایر و شاخص مخروطی خاک به عنوان خروجی دارای رابطه پیچیده‌ای می‌باشند که سیستم استنتاج فازی- عصبی تطابقی قادر به حس کردن این رابطه بوده و می‌تواند براساس داده‌های واقعی به دست آمده در آزمایشات انجام شده در این پژوهش، آموزش یافته و مقدار نیروی کششی، ضریب کشش، نقطه اثر نیروها و شاخص مخروطی خاک را برای هر ورودی دلخواه با دقت مناسبی پیش‌بینی نماید.

۱-۳- اهداف پژوهش

در این تحقیق آزمایش‌ها در یک انباره خاک با استفاده از آزمونگر تک چرخ محرک صورت می‌گیرند که این انباره خاک و آزمونگر تک چرخ محرک در گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی ساخته شده است. ساختمان خاک بسته به شرایط و خصوصیاتش انواع مختلفی دارد، بنابراین تحقیق بر روی خاک کاری پویاست که هم چنان بر روی آن تحقیقات متنوعی انجام می‌شود به طور کلی اهداف این تحقیق را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

۱- پیش‌بینی نیروی کششی، ضریب کشش، نقطه اثر نیروهای وارد بر تایر و شاخص مخروطی خاک با استفاده از سیستم هوشمند استنتاج فازی- عصبی تطابقی.

۲- بررسی اثر هر یک از پارامترهای تردد، بار دینامیکی روی چرخ، سرعت پیشروی، لغزش و شاخص مخروطی خاک قبل از عبور بر نیروی کششی، ضریب کشش، نقطه اثر نیروهای وارد بر تایر و شاخص مخروطی خاک بعد از عبور با استفاده از سیستم هوشمند استنتاج فازی- عصبی تطابقی.

فصل دوم

مروری بر منابع

یکی از عوامل بسیار مؤثر بر فشردگی خاک، تردد تراکتور و ماشین‌های کشاورزی بر روی خاک زراعی می‌باشد. تحقیق در زمینه تردد وسایل نقلیه در بعضی از منابع به ۸۰ سال پیش برمی‌گردد.

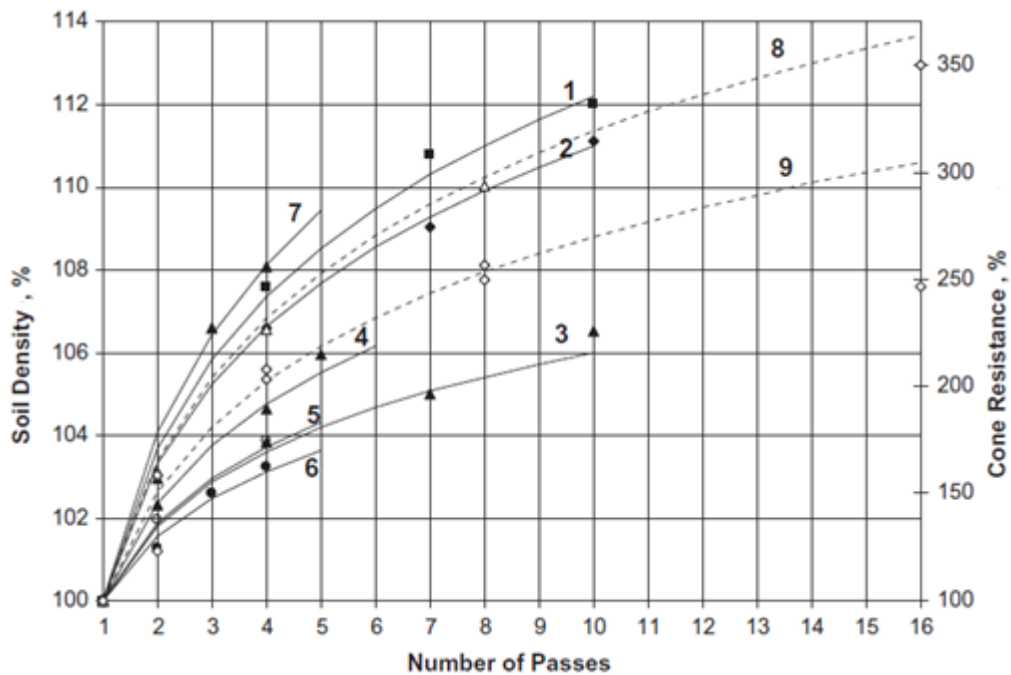
منظور از تردد، عبور چرخهای وسیله نقلیه در همان رد قبلی است که سبب تغییر پارامترهای خاک و عملکرد وسیله نقلیه می‌گردد (لیاسکو^۱، ۲۰۱۰).

تردد وسیله نقلیه موضوع مهمی است که باید مورد مطالعه قرار گیرد، دلیل این امر هم این است که بدون در نظر گرفتن این تأثیر ممکن نیست که پیش‌بینی صحیحی از عملکرد وسیله نقلیه، مقاومت غلتشی، تراکم خاک و عمق اثر تایلر داشته باشیم. تراکم خاک، رد آج تایلر و نیروی وارد از طرف خاک بر رد آج تایلر با تردد افزایش می‌یابد (لیاسکو، ۲۰۱۰).

۲-۱- تأثیر تردد بر خاک و قابلیت‌های کشش تراکتور

۲-۱-۱- تأثیر تردد روی تراکم، استحکام و نشست خاک

شکل (۱-۲) مثالهایی از تراکم خاک (چگالی خاک با خطوط توپر نمایش داده شده‌اند) و استحکام خاک (شاخص مخروط با خطوط بریده نمایش داده شده‌اند) را برای وسایل نقلیه کشنده و کشیده شونده نشان می‌دهند. همانطور که مشاهده می‌شود، تراکم و استحکام خاک در رد وسیله نقلیه کشنده و کشیده شونده بصورت معنی‌داری با افزایش تعداد عبورهای چرخ روی خاک افزایش می‌یابد (لیاسکو، ۲۰۱۰).



شکل ۲-۱- تأثیر تردد بر تراکم و استحکام خاک

تأثیر تردد روی تراکم خاک بیشتر از اثر افزایش بارهای عمودی است و در عمق‌های پایین‌تر از عمق ۳۰ سانتیمتر، فقط ترکیب همزمان بیشترین مقدار بارهای عمودی و تعداد دفعات عبور می‌تواند روی تراکم تأثیر بگذارد (پتل و ایندرا مانی^۱، ۲۰۱۱).

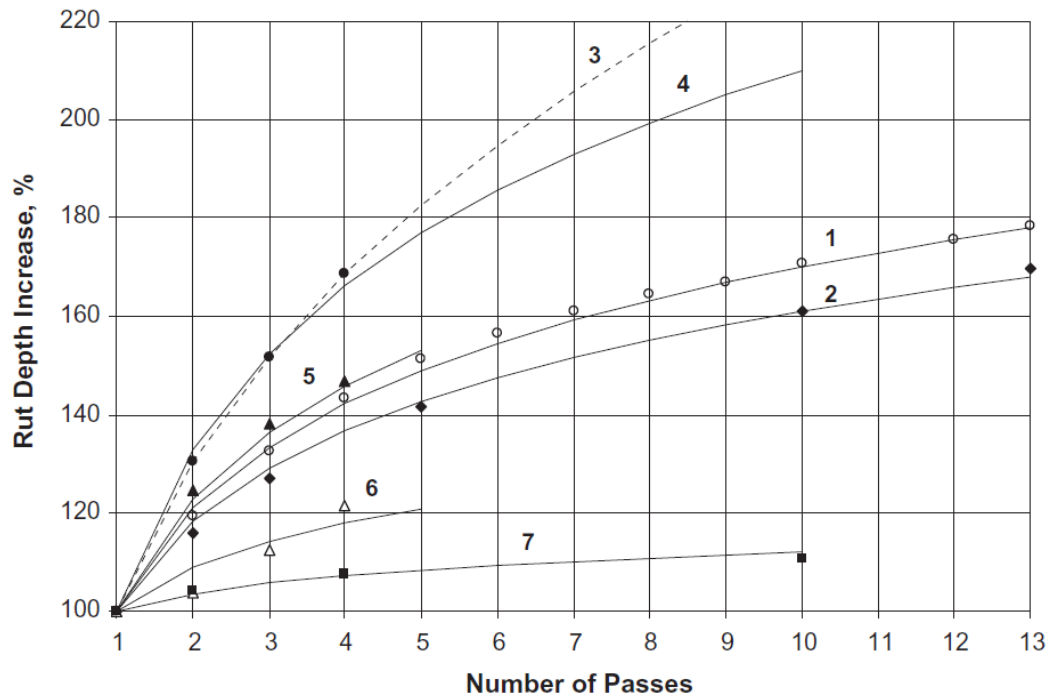
تردد باعث افزایش نشست خاک می‌شود. با توجه به نتایج آزمایش محققان مختلف به علت تکرار بارگذاری-ها با بار ثابت در خاکهای مختلف، اثر عمق چرخ زنجیرها با افزایش تردد افزایش می‌یابد. همانطور که در شکل (۲-۲) ملاحظه می‌شود تفاوت بین نشست در عبورهای مختلف چشم‌گیر است و به نوع طراحی و ابعاد وسیله نقلیه، و همچنین شرایط خاک بستگی دارد. این تفاوت برای عبورهای اول و دوم بیشتر بوده و میزان آن با افزایش عبورها کاهش می‌یابد. خطوط توپر نشان داده شده در شکل (۲-۲) با معادله تجربی (۱-۲) خارکوتا^۲ (۱۹۷۳) تقریب زده شده‌اند.

$$Z_N = Z_1(x \log N + 1) \quad (1-2)$$

در این رابطه Z_1 عمق اثر بعد از یکبار عبور، Z_N عمق اثر بعد از N بار عبور و x ضریب خارکوتا (واکنش خاک به بارگذاری در اثر تردد) است.

1- Patel & Indra Mani

2- Kharkhuta



شکل ۲-۲- تأثیر تردد روی نشست خاک

کالوگین و پولیتایو^۱ (۱۹۶۸) معادله (۲-۲) را برای تعیین عمق اثر بعد از N بار عبور چرخ ارائه کردند:

$$Z_N = \left[\left(\sqrt{\frac{9}{16} a_N^2 + \frac{1}{8} h^3} + \frac{3}{4} a_N \right)^{1/3} - \left(\sqrt{\frac{9}{16} a_N^2 + \frac{1}{8} h^3} - \frac{3}{4} a_N \right)^{1/3} \right]^2 \quad (2-2)$$

که در فرمول (۲-۲):

$$a_N = \frac{W}{B \cdot K_\phi \cdot \sqrt{D}} \quad (3-2)$$

$$h = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_{N-1} \quad (4-2)$$

$$Z_1 = \left(\frac{3 \cdot W}{2 \cdot B \cdot K_\phi \cdot \sqrt{D}} \right)^{2/3} \quad (5-2)$$

و عمق اثر کل بعد از N بار عبور چرخ:

$$Z_N = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_{N-1} + Z_N \quad (۶-۲)$$

که در فرمول‌های (۲-۲) تا (۶-۲)، Z_N عمق اثر بعد از N بار عبور چرخ، Z_1 عمق اثر بعد از یکبار عبور، W بار روی چرخ، B عرض چرخ، K_ϕ ضریب اصطکاک داخلی خاک، D قطر چرخ است.

راگوان^۱ آزمایشاتی را در خاک لومی‌شنی در رطوبت ۱۸٪ انجام داد. نتایج تحقیق نشان داد که تراکم خاک با افزایش تعداد دفعات عبور تراکتور به شدت در عمق و عرض افزایش می‌یابد.

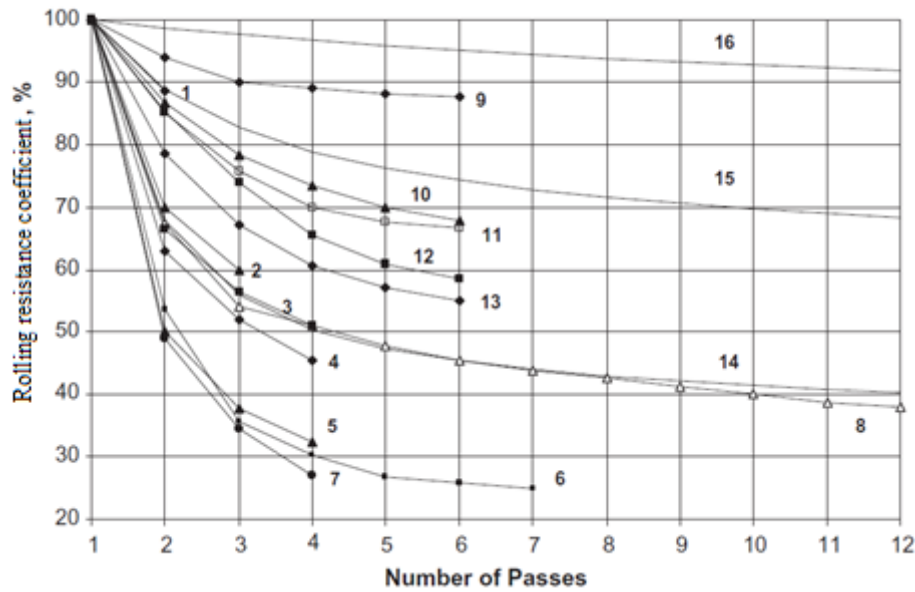
۲-۱-۲- تأثیر تردد روی مقاومت غلتشی

شکل (۳-۲) تأثیر تردد را روی ضریب مقاومت غلتشی چرخ‌های صلب متحرک پشت سر هم و چرخ‌های لاستیکی در جاده و در خاکهایی با بافت مختلف نشان می‌دهد. همانطور که در شکل (۳-۲) ملاحظه می‌شود، ضریب مقاومت غلتشی برای هر بار عبور معنی‌دار است و به طراحی چرخ، فشار باد تایر و شرایط خاک بستگی دارد.

نتایج همچنین حاکی از آن است که با افزایش تعداد عبور چرخ، ضریب مقاومت غلتشی بصورت یکنواخت کاهش می‌یابد و اینکه برای یکبار عبور شدت کاهش بیشتر است. تفاوت عمده، بین یکبار عبور و دوبار عبور است این تفاوت در بعضی مواقع حتی به ۵۰٪ هم می‌رسد (لیاسکو^۲، ۲۰۱۰).

1- Raghavan

2-Lyasko



شکل ۲-۳- تأثیر تردد روی مقاومت غلتشی

بکر^۱ (۱۹۶۹) فرمولهای (۷-۲) و (۸-۲) را برای تعیین مقاومت غلتشی چرخ صلب ارائه کرد که در این متد از پارامترهای جدیدی برای خاک استفاده شده است:

$$MR = \frac{(3 \cdot W)^{\left(\frac{2n+2}{2n+1}\right)}}{(3-n)^{\left(\frac{2n+2}{2n+1}\right)} \cdot (n+1) \cdot (k_c + B \cdot k_\phi)^{\left(\frac{1}{2n+1}\right)} \cdot D^{\left(\frac{n+1}{2n+1}\right)}} \quad (7-2)$$

که در این فرمول مقدار مقاومت غلتشی، W بار روی چرخ، k_c ، k_ϕ به ترتیب ضریب اصطکاک داخلی خاک و ضریب چسبندگی خاک، B عرض چرخ، D قطر خارجی چرخ می‌باشند.

بکر فرض کرد که خواص عمومی خاک قبل از عبور چرخ n_0 ، $K_{\phi 0}$ ، K_{c0} هستند که با جایگذاری این مقادیر در فرمول (۷-۲) مقدار MR_1 را بدست آورد، سپس با جایگذاری مقادیر n_{N-1} ، $K_{\phi N-1}$ ، K_{cN-1} که بعد از n بار عبور بدست می‌آید در فرمول (۸-۲) مقدار λ و در نتیجه مقدار MR_N را محاسبه نمود:

$$\lambda = \frac{MR_1}{MR_N} = \frac{(3-n_{N-1})^{\left(\frac{2n_{N-1}+2}{2n_{N-1}+1}\right)} \cdot (n_{N-1}+1) \cdot (k_{cN-1} + B \cdot k_{\phi N-1})^{\left(\frac{1}{2n_{N-1}+1}\right)}}{(3-n_0)^{\left(\frac{2n_0+2}{2n_0+1}\right)} \cdot (n_0+1) \cdot (k_{c0} + B \cdot k_{\phi 0})^{\left(\frac{1}{2n_0+1}\right)}} \quad (8-2)$$

نتایج حاصل از آزمایشات بکر با نتایج حاصل از محاسبات مطابقت داشت، وی برای تایرهای پرباد یدک کشی نیز فرمول‌های (۹-۲) و (۱۰-۲) را ارائه نمود:

$$MR = \frac{[B \cdot (P_i + P_0)]^{\frac{(n+1)}{n}}}{(k_c + B \cdot k_\phi)^{\frac{1}{n}} \cdot (n + 1)} \quad (9-2)$$

$$\lambda = \frac{MR_1}{MR_N} = \frac{[B \cdot (P_i + P_0)]^{\frac{(n_0+1)}{n_0}} \cdot (n_{N-1} + 1) \cdot (k_{cN-1} + B \cdot k_{\phi N-1})^{\frac{1}{n_{N-1}}}}{(k_{c0} + B \cdot k_{\phi 0})^{\frac{1}{n_0}} \cdot (n_0 + 1) \cdot [B \cdot (P_i + P_0)]^{\frac{(n_{N-1}+1)}{n_{N-1}}}} \quad (10-2)$$

که در فرمول‌های (۹-۲) و (۱۰-۲)، P_0 فشار اولیه‌ی تایر است که در سطح سخت اندازه گرفته شده است و P_i فشار تایر بعد از n بار عبور است.

۲-۱-۳- تأثیر تردد روی کشش

مدل‌های گوناگونی با در نظر گرفتن تأثیر تردد برای پیش‌بینی عملکرد کشش وسایل نقلیه خارج از جاده ارائه شده است. در تمامی این روشها هدف این بود که باید تأثیر تردد در طراحی وسایل نقلیه منظور شود و نیز تأثیر تردد روی پارامترهای خاک و شرایط عملیاتی در نظر گرفته شود.

برای اینکه عملکرد کشش وسایل نقلیه در خاک معین و شرایط عملیاتی مشخص بدرستی محاسبه شود، باید تأثیرات تردد را نیز به حساب آورد. با محاسبه صحیح عملکرد کشش وسایل نقلیه، شخص می‌تواند وسیله نقلیه مناسبی را انتخاب کرده و یا طراحی کند.

حرکت کردن چرخ‌های محرک پشت سر هم کشش مفیدتری می‌توانند ارائه دهند، بخاطر اینکه بازده کشش بعد از عبور دوم می‌تواند ۳ تا ۳۵ درصد بزرگتر از بار اول باشد (برت^۱، ۱۹۸۰).