

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بررسی اثر سرعت پیشروی و بار دینامیکی بر مقاومت غلتشی چرخ غیر
محرک در شرایط انباره خاک و آزمونگر تک چرخ طراحی شده

عارف مردانی کرانی

دانشکده کشاورزی

گروه مکانیک ماشین های کشاورزی

تابستان ۱۳۸۹

رساله برای دریافت درجه دکتری تخصصی (PhD)

اساتید راهنما:

دکتر سید کاظم شهیدی

دکتر بهبود مشعوفی

استاد مشاور:

دکتر علاالدین رحمانی دیدار

مجوز حق طبع و نشر محتوای پایان نامه برای دانشگاه ارومیه محفوظ است.

۱۳۸۹/۹/ ۸

پایان نامه آقای عارف مردانی کرانی به تاریخ ۸۹/۵/۳ به شماره ۲-ک مورد پذیرش هیات محترم داوران با رتبه عالی و نمره ۱۹/۶. قرار گرفت.

سید محمد کرانی

۱-استاد راهنمای اول و رئیس هیئت داوران :

۲-استاد راهنمای دوم:

۳-استاد مشاور :

محمد رضا

۴-داور خارجی :

احمد سرمدی

۵-داور داخلی :

سید محمد کرانی

سید محمد کرانی

۶- نماینده تحصیلات تکمیلی :

سید محمد کرانی

تقدیم به

مادرم

پدرم

و همسرم

چکیده

چرخ، مهمترین عامل کشش یا جابجایی در ماشین های متحرک است. مقاومت غلتشی چرخ ها، یکی از عمده ترین افت های انرژی در چرخ ها به شمار می رود. مقاومت غلتشی، غالباً برابندی از دو فرایند تغییر شکل خاک و تغییر شکل چرخ معرفی می شود. البته مقاومت غلتشی در حین حرکت چرخ و مخصوصاً طی بارگذاری دینامیکی، متغیر می باشد. این تحقیق، به بررسی اثر سرعت پیشروی و بار دینامیکی بر مقاومت غلتشی چرخ های غیر محرک با استفاده از یک آزمونگر تک چرخ سویل بینی پرداخته است. در قدم نخست، سویل بینی برای انجام آزمون های تقابل خاک و ابزار طراحی شده است. سویل بین دارای طول مفید ۲۳ متر، عرض ۲ متر و عمق خاک یک متر است. ابعاد کانال خاک، تامین سرعت های بالا و همچنین، عرض کار بالایی را مهیا کرده است. یک الکتروموتور سه فاز با توان ۳۰ اسب بخار برای راه اندازی حامل سویل بین به واسطه زنجیرهایی در طول کانال خاک مورد استفاده قرار گرفته است. حامل سویل بین متشکل از یک شاسی و یک قاب ابزار بوده و می تواند با سرعتی تا ۲۰ کیلومتر بر ساعت حرکت نماید و قادر است در هر حرکت خود سه سری ابزار را بر روی خود حمل و راه اندازی کند. در قدم بعد، یک آزمونگر تک چرخ برای الحاق به سویل بین، طراحی و ساخته شده است که توسط حامل سویل بین، راه اندازی می شود. آزمون های اولیه ای برای بررسی عملکرد سویل بین و آزمونگر تک چرخ به انجام رسیده است. نتایج به دست آمده حاکی از آن بوده است که سرعت پیشروی چرخ، تاثیر معنی داری را بر روی مقاومت غلتشی چرخ نداشته است. از طرف دیگر، بار دینامیکی متغیر روی چرخ، منجر به ایجاد مقاومت غلتشی با تغییرات مشابهی شده است. همچنین مقاومت غلتشی چرخ نسبت به بار دینامیکی، از یک تاخیر زمانی بین ۰/۱ تا ۰/۵ برخوردار بوده است. داده های به دست آمده در آزمایش های چرخ و خاک توانسته اند یک شبکه عصبی مصنوعی را با رگرسیون در حدود ۰/۹۳ آموزش دهند. رگرسیون تست شبکه مزبور هم در حدود ۰/۹۲ بوده است. نتایج شبیه سازی شبکه عصبی آموزش یافته، تایید دیگری بر عدم وابستگی مقاومت غلتشی چرخ به پارامتر سرعت پیشروی و همچنین تغییرات هماهنگ بار دینامیکی و مقاومت غلتشی داشته است.

واژه های کلیدی: چرخ، مقاومت غلتشی، بار دینامیکی، سویل بین، آزمونگر تک چرخ، شبکه های عصبی.

فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان	
۱	مقدمه	فصل اول
۱	مقدمه ای بر چرخ و اهمیت مطالعه عملکرد آن	۱-۱
۱	مقدمه ای بر سامانه های آزمون خاک و ماشین	۲-۱
۲	رویارویی چرخ و خاک و مقاومت غلتشی	۳-۱
۲	فرضیه های پژوهش	۴-۱
۳	اهداف مورد نظر	۵-۱
۴	مرور منابع	فصل دوم
۴	مدل کردن برهم کنش چرخ و خاک	۱-۲
۵	مدل های تحلیلی چرخ و خاک	۱-۱-۲
۶	مدل های نیمه تجربی چرخ و خاک	۲-۱-۲
۶	مدل های نیمه تجربی مبتنی بر معادله بکر	۱-۲-۱-۲
۱۰	کشش و تئوری برش خاک	۲-۲-۱-۲
۱۳	مقاومت غلتشی	۳-۲-۱-۲
۱۵	مقاومت ناشی از انباشته شدن خاک در جلو چرخ	۴-۲-۱-۲
۱۶	مدل های تجربی چرخ و خاک	۳-۱-۲
۲۳	پیشینه مطالعات پیرامون تاثیر بار دینامیکی و سرعت	۴-۱-۲
۳۶	سویل بین	۲-۲
۳۸	آزمونگر تک چرخ	۳-۲
۴۵	مواد و روشها	فصل سوم
۴۵	طراحی و ساخت سویل بین	۱-۳
۴۶	طراحی ابعاد سویل بین	۱-۱-۳
۴۸	بررسی و آنالیز ساختمان کانال خاک	۲-۱-۳

۵۱	طراحی حامل	۳-۱-۳
۵۵	طراحی مشخصات موتور و سیستم انتقال قدرت	۴-۱-۳
۵۸	سیستم کنترل سرعت حامل	۵-۱-۳
۵۹	خاک ریزی و آماده سازی کانال خاک	۶-۱-۳
۶۱	تجهیزات فرآوری و آماده سازی خاک	۷-۱-۳
۶۲	آزمون های اولیه و بررسی عملکرد سویل بین	۲-۳
۶۴	طراحی مجموعه چرخ و سیستم بار دینامیکی	۳-۳
۶۴	طراحی و ساخت آزمونگر تک چرخ	۱-۳-۳
۶۷	مکانیزم ایجاد بار متغیر بر روی چرخ	۲-۳-۳
۶۹	ترانسدیوسرها و سامانه جمع آوری و ثبت داده ها	۴-۳
۷۲	تعیین سختی خاک	۵-۳
۷۳	تعیین مشخصات ارتجاعی چرخ	۶-۳
۷۳	مشخصات ارتجاعی چرخ بر روی سطح سخت	۱-۶-۳
۷۵	تعیین سطح تماس چرخ بر روی خاک	۲-۶-۳
۷۷	شبکه های عصبی	۷-۳
۷۹	روش انجام آزمون ها و داده برداری	۸-۳
۸۰	نتایج و بحث	فصل چهارم
۸۰	بررسی عملکرد سویل بین	۱-۴
۸۱	تعیین مشخصات ارتجاعی چرخ	۲-۴
۸۱	مشخصات ارتجاعی چرخ بر روی سطح سخت	۱-۲-۴
۸۴	مشخصات ارتجاعی چرخ بر روی خاک	۲-۲-۴
۸۵	داده های برداشت شده از لودسل ها	۳-۴
۸۶	بررسی اثر بار دینامیکی بر روی مقاومت غلتشی چرخ	۱-۳-۴
۱۰۷	اثر سرعت پیشروی بر مقاومت غلتشی چرخ	۲-۳-۴
۱۱۳	تأثیر فشار باد تأیر بر مقاومت غلتشی چرخ	۳-۳-۴
۱۱۵	تأثیر بار روی چرخ بر روی مقاومت غلتشی چرخ	۴-۳-۴

۱۱۶	تغییرات ضریب مقاومت غلتشی	۵-۳-۴
۱۱۶	تأثیر سرعت پیشروی بر ضریب مقاومت غلتشی	۱-۵-۳-۴
۱۱۸	تأثیر فشار باد تایلر بر ضریب مقاومت غلتشی چرخ	۲-۵-۳-۴
۱۱۹	تأثیر بار عمودی بر ضریب مقاومت غلتشی	۳-۵-۳-۴
۱۲۱	بررسی اثر متقابل سرعت پیشروی، بار و فشار باد تایلر	۶-۳-۴
۱۲۲	بررسی داده‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی	۷-۳-۴
۱۲۷	نتیجه‌گیری و پیشنهادات	فصل پنجم
۱۳۰	منابع	
۱۳۵	پیوست‌ها	

فهرست شکل ها

شماره صفحه	عنوان شکل
۵	شکل ۱-۲ دیاگرام آزاد یک چرخ بر روی خاک به همراه تنش های قائم و مماسی وارده بر آن
۷	شکل ۲-۲ تعیین پارامترهای خاک در معادله بکر با استفاده از صفحات فشاری روی خاک
۸	شکل ۳-۲ ترسیم معادله نشست در برابر لگاریتم فشار روی صفحه و تعیین مقدار پارامتر n
۹	شکل ۴-۲ تطبیق رابطه چرخ و خاک با معادله بکر
۱۱	شکل ۵-۲ دیاگرام آزاد اثرات وارده بر هر یک از چرخ های محرک و غیر محرک
۱۲	شکل ۶-۲ فرض بیضی شکل بودن سطح تماس چرخ و خاک
۱۴	شکل ۷-۲ تغییر مکان نقطه اثر بیشترین فشار عمودی زیر چرخ بر مبنای مطالعات وانگ در سال ۱۹۹۳
۱۹	شکل ۸-۲ تغییرات عدد چرخ در مقابل فشار باد چرخ، عرض چرخ و قطر چرخ (ساریالانی، ۲۰۰۱)
۲۰	شکل ۹-۲ نتایج پیش بینی ضریب مقاومت غلتشی چرخ در مقابل بار عمودی توسط چند مدل مختلف
۲۱	شکل ۱۰-۲ پارامترهای در نظر گرفته شده در معادله مک ری
۲۵	شکل ۱۱-۲ نحوه تعیین مقدار مدول برشی خاک
۲۷	شکل ۱۲-۲ مقایسه نتایج مدل هارنیش موسوم به $AS^2 TM$ با داده های واقعی مزرعه در رابطه با تخمین نشست
۲۸	شکل ۱۳-۲ مقایسه نتایج مدل هارنیش موسوم به $AS^2 TM$ با داده های واقعی مزرعه در رابطه با تخمین کشش
۲۹	شکل ۱۴-۲ تغییر شکل افقی چرخ و تاثیر آن در سرعت پیشروی چرخ
۳۰	شکل ۱۵-۲ مولفه های تشکیل دهنده انرژی کل مصرفی چرخ در قالب مقاومت غلتشی
۳۲	شکل ۱۶-۲ اثر سرعت پیشروی بر نشست چرخ در دو فشار باد تاثیر بر اساس مطالعات پیتکا و همکاران
۳۲	شکل ۱۷-۲ تغییرات کوهیژن و اصطکاک داخلی خاک در حین حرکت چرخ در آزمایشات ایگنما و دابوفسکی
۳۳	شکل ۱۸-۲ سهم چرخ و خاک از مقاومت کل در فشار های مختلف باد تاثیر در تحقیق ناگوئن ون و همکاران
۳۳	شکل ۱۹-۲ نتایج مربوط به بررسی اثر سرعت پیشروی چرخ بر مقاومت غلتشی بر اساس مطالعات توماس وی

- شکل ۲-۲۰ نتایج مربوط به بررسی اثر سرعت پیشروی چرخ بر مقاومت غلتشی بر اساس مطالعات ناگواکا ۳۴
- شکل ۲-۲۱ اثر سرعت پیشروی بر ضریب مقاومت غلتشی چرخ (MRR) طی تحقیقات زوز و گریسو ۳۴
- شکل ۲-۲۲ نتایج تحقیق تابورک در رابطه با تاثیر سرعت پیشروی بر ضریب مقاومت غلتشی یک چرخ ۳۵
- شکل ۲-۲۳ انباره خاک مورد استفاده در آزمایشگاه ملی دینامیک خاک آمریکا را در سال ۱۹۴۲ ۳۷
- شکل ۲-۲۴ تصویری از مجموعه انباره های خاک موجود در NSDL ۳۸
- شکل ۲-۲۵ یک آزمونگر مخصوص چرخ های سطوح سخت ۳۹
- شکل ۲-۲۶ یک آزمونگر متحرک چرخ بر روی سطوح سخت که توسط یک خودرو کشیده می شود ۳۹
- شکل ۲-۲۷ آزمونگر و انباره خاک لابراتوار ریاتیک دانشگاه MIT ۴۰
- شکل ۲-۲۸ آزمونگر تک چرخ مزرعه ای ناگواکا و همکاران در سال ۲۰۰۱ ۴۱
- شکل ۲-۲۹ آزمونگر چرخ مجموعه NSDL که توسط توماس وی در سال ۲۰۰۶ توسعه داده شده است. ۴۱
- شکل ۲-۳۰ آزمونگر چرخ مجموعه NSDL برای چرخ های کوچک- توماس وی ۲۰۰۶ ۴۲
- شکل ۲-۳۱ آزمونگر تک چرخ مزرعه ای واندرلیچ و همکاران ۴۲
- شکل ۲-۳۲ آزمونگر چرخ های بزرگ در محیط انباره خاک (الکساندرو و همکاران، ۱۹۹۸) ۴۳
- شکل ۲-۳۳ نمایی از آزمونگر تک چرخ ساخته شده توسط یوشیوکی و همکاران ۴۴
- شکل ۲-۳۳ آزمونگر تک چرخ و انباره خاک ساخته شده توسط پرینز در سال ۲۰۰۷ در انگلستان ۴۴
- شکل ۳-۱ تعیین حد اقل عرض کانال خاک بر مبنای امکان به کارگیری چهار عرض کار ۴۰ سانتیمتری ۴۶
- شکل ۳-۲ نحوه تعیین حداقل ارتفاع لایه خاک (جود لیو) ۴۷
- شکل ۳-۳ نحوه تعیین حداقل ارتفاع لایه خاک بر اساس ابزارهای تغییردهنده سطح خاک (جود لیو) ۴۸
- شکل ۳-۴ مدل ساده سازی شده از بخشی از ردیفهای تیرهای کف سویل بین ۴۹
- شکل ۳-۵ مدل شبیه سازی شده از تیرهای کف سویل بین در محیط نرم افزار انسیس ۴۹
- شکل ۳-۶ تصویری از نحوه قرارگیری تیرها در سه ردیف موازی بر روی فونداسیون بتنی کف ۵۰

- ۵۰ شکل ۳-۷ تصویری از تیرها و اسکلت کلی کانال خاک
- ۵۱ شکل ۳-۸ کانال ساخته شده قبل از خاکریزی و نصب حامل و سایر اجزاء سویل بین
- ۵۲ شکل ۳-۹ حامل انباره خاک و ملحقات آن
- ۵۳ شکل ۳-۱۰ نحوه عملکرد مکانیزم بالابر ابزار
- ۵۳ شکل ۳-۱۱ مکانیزم تنظیم موقعیت عرضی ابزار بر روی حامل
- ۵۴ شکل ۳-۱۲ سیستم کابل متحرک برای تامین برق مصرفی حامل در حین حرکت
- ۵۵ شکل ۳-۱۳ نحوه قرارگیری سیستم انتقال قدرت و موتور بر روی سویل بین
- ۵۵ شکل ۳-۱۴ نمای شماتیک از وضعیت قرارگیری موتور، سیستم انتقال قدرت و حامل سویل بین
- ۵۷ شکل ۳-۱۵ مجموعه محرک و سیستم انتقال قدرت نصب شده بر روی سویل بین
- ۵۷ شکل ۳-۱۶ نمایی از محور انتهایی کانال خاک
- ۵۹ شکل ۳-۱۷ شتاب های راه اندازی و ترمز اینورتر در قالب تعیین زمان راه اندازی و یا ترمز
- ۵۹ شکل ۳-۱۸ نمایی از تابلو برق و اینورتر مجموعه
- ۶۰ شکل ۳-۱۹ پر کردن کانال خاک با استفاده از خاک ریزی توسط کارگر
- ۶۱ شکل ۳-۲۰ لولر نصب شده بر روی حامل
- ۶۲ شکل ۳-۲۱ چنگه ساخته شده برای فرآوری خاک داخل کانال
- ۶۳ شکل ۳-۲۲ نیروی کلی وارده بر حامل در سه ناحیه راه اندازی، حرکت یکنواخت و محدوده ترمزی
- ۶۴ شکل ۳-۲۳ آزمونگر تک چرخ دو بازویی
- ۶۴ شکل ۳-۲۴ آزمونگر تک چرخ چهار بازویی با امکان اندازه گیری کشش خالص
- ۶۵ شکل ۳-۲۵ آزمونگر تک چرخ چهاربازویی
- ۶۶ شکل ۳-۲۶ مجموعه کامل انباره خاک و آزمونگر تک چرخ به صورت شماتیک
- ۶۶ شکل ۳-۲۷ آزمونگر تک چرخ ساخته شده در وضعیت نصب بر روی حامل انباره خاک

- شکل ۳-۲۸ مکانیزم بادامکی ایجاد کننده بار نوسانی در آزمونگر چرخ ۶۷
- شکل ۳-۲۹ تصویری از مجموعه ایجاد بار نوسانی بر روی چرخ ۶۸
- شکل ۳-۳۰ مکانیزم چهار بازویی نگهدارنده چرخ برای چرخ های غیر محرک یا محرک ۶۸
- شکل ۳-۳۱ مجموعه کامل انباره خاک و آزمونگر تک چرخ ساخته شده ۶۹
- شکل ۳-۳۲ لودسل های پنج گانه نصب شده بر روی آزمونگر تک چرخ ۷۰
- شکل ۳-۳۳ مجموع نیروهای چهار لودسل در قالب نیروی مقاومت غلتشی چرخ غیر محرک ۷۰
- شکل ۳-۳۴ مجموعه انتقال و ثبت داده ها ۷۱
- شکل ۳-۳۵ تصویری از لودسل ها و مجموعه جمع آوری و ثبت داده نصب شده بر روی حامل ۷۲
- شکل ۳-۳۶ تصویری از پترومتر (نفوذسنج) مورد استفاده ۷۳
- شکل ۳-۳۷ روش های مختلف تعریف سطح تماس چرخ و خاک ۷۴
- شکل ۳-۳۸ روش ایجاد پروفیل سطح تماس چرخ در سویل بین ۷۴
- شکل ۳-۳۹ روند تغییرات سطح تماس چرخ در اثر تغییرات بار و فشار باد با کنار هم قرار دادن نمونه ها ۷۵
- شکل ۳-۴۰ پروفیل سطح تماس چرخ با خاک با استفاده از پاشیدن پودر گچ بر روی خاک ۷۶
- شکل ۳-۴۱ قرار دادن دوربین بر روی صفحه شیشه ای در فاصله ثابت از سطح خاک ۷۶
- شکل ۳-۴۲ عکس منتقل شده به محیط اتوکلد و تشکیل پروفیل پیرامونی سطح تماس ۷۶
- شکل ۴-۱ اندازه گیری مقاومت حرکت بدون بار حامل با اتصال دو لود سل در محل اتصال زنجیرهای کشنده ۸۰
- شکل ۴-۲ تغییرات نیروی وارده بر حامل برای رسیدن به سرعت هدف یک متر بر ثانیه ۸۱
- شکل ۴-۳ روند تغییرات شماتیک سطح تماس چرخ در اثر تغییرات بار و فشار باد با کنار هم قرار دادن نمونه ها ۸۲
- شکل ۴-۴ تغییرات سطح تماس چرخ را در اثر افزایش بار ۸۳
- شکل ۴-۵ تغییرات سطح تماس چرخ را در اثر کاهش فشار باد تأیر ۸۳
- شکل ۴-۶ تغییرات فشار متوسط زیر چرخ در برابر تغییرات فشار باد تأیر در بارهای مختلف ۸۳

- شکل ۷-۴ تغییرات فشار متوسط زیر چرخ در برابر تغییرات بار عمودی در فشارهای مختلف باد تایلر ۸۴
- شکل ۸-۴ تغییرات سطح تماس چرخ با خاک در مقابل افزایش بار عمودی و در فشارهای مختلف باد تایلر ۸۵
- شکل ۹-۴ تغییرات نیرو در لودسل های چهارگانه افقی و هماهنگی دوبدوی لودسل های بالا و پائین ۸۶
- شکل ۱۰-۴ تغییرات بار و مقاومت غلتشی با داده های همزمان و عدم هماهنگی فراز و فرودهای دو نمودار ۸۷
- شکل ۱۱-۴ تغییرات بار و مقاومت غلتشی با داده های شیفته شده و هماهنگی فراز و فرودهای دو نمودار ۸۷
- شکل ۱۲-۴ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار 100 kPa و سرعت 0.7 m/s ۸۹
- شکل ۱۳-۴ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 100 kPa و سرعت 0.7 m/s ۸۹
- شکل ۱۴-۴ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار 100 kPa و سرعت 0.7 m/s ۸۹
- شکل ۱۵-۴ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار 100 kPa و سرعت 1.4 m/s ۹۰
- شکل ۱۶-۴ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 100 kPa و سرعت 1.4 m/s ۹۰
- شکل ۱۷-۴ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار 100 kPa و سرعت 1.4 m/s ۹۰
- شکل ۱۸-۴ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار 100 kPa و سرعت 1.4 m/s ۹۱
- شکل ۱۹-۴ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 100 kPa و سرعت 1.4 m/s ۹۱
- شکل ۲۰-۴ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار 100 kPa و سرعت 1.4 m/s ۹۱
- شکل ۲۱-۴ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 100 kPa و سرعت 2 m/s ۹۲
- شکل ۲۲-۴ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 100 kPa و سرعت 2 m/s ۹۲
- شکل ۲۳-۴ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار 100 kPa و سرعت 2 m/s ۹۲
- شکل ۲۴-۴ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 100 kPa و سرعت 2 m/s ۹۳
- شکل ۲۵-۴ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 100 kPa و سرعت 2 m/s ۹۳
- شکل ۲۶-۴ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 100 kPa و سرعت 2 m/s ۹۳
- شکل ۲۷-۴ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار 200 kPa و سرعت 0.7 m/s ۹۴

- شکل ۴-۲۸ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 200 kPa و سرعت 0.7 m/s ۹۴
- شکل ۴-۲۹ تغییرات مقاومت غلتشی بار دینامیکی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار - 200 kPa و سرعت 0.7 m/s ۹۴
- شکل ۴-۳۰ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار 200 kPa و سرعت 0.7 m/s ۹۵
- شکل ۴-۳۱ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 200 kPa و سرعت 0.7 m/s ۹۵
- شکل ۴-۳۲ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار 200 kPa و سرعت 0.7 m/s ۹۵
- شکل ۴-۳۳ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار 200 kPa و سرعت 1.4 m/s ۹۶
- شکل ۴-۳۴ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 200 kPa و سرعت 1.4 m/s ۹۶
- شکل ۴-۳۵ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار 200 kPa و سرعت 1.4 m/s ۹۶
- شکل ۴-۳۶ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 200 kPa و سرعت 2m/s ۹۷
- شکل ۴-۳۷ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 200 kPa و سرعت 2m/s ۹۷
- شکل ۴-۳۸ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 200 kPa و سرعت 2m/s ۹۷
- شکل ۴-۳۹ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 200 kPa و سرعت 2 m/s ۹۸
- شکل ۴-۴۰ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 200 kPa و سرعت 2 m/s ۹۸
- شکل ۴-۴۱ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 200 kPa و سرعت 2 m/s ۹۸
- شکل ۴-۴۲ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار 300 kPa و سرعت 0.7 m/s ۹۹
- شکل ۴-۴۳ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 300 kPa و سرعت 0.7 m/s ۹۹
- شکل ۴-۴۴ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار 300 kPa و سرعت 0.7 m/s ۹۹
- شکل ۴-۴۵ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار 300 kPa و سرعت 0.7 m/s ۱۰۰
- شکل ۴-۴۶ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 300 kPa و سرعت 0.7 m/s ۱۰۰
- شکل ۴-۴۷ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار 300 kPa و سرعت 0.7 m/s ۱۰۰
- شکل ۴-۴۸ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار 300 kPa و سرعت 1.4 m/s ۱۰۱

- شکل ۴-۴۹ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 300 kPa و سرعت 1.4 m/s ۱۰۱
- شکل ۴-۵۰ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار 300 kPa و سرعت 1.4 m/s ۱۰۱
- شکل ۴-۵۱ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 300 kPa و سرعت 2 m/s ۱۰۲
- شکل ۴-۵۲ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 300 kPa و سرعت 2 m/s ۱۰۲
- شکل ۴-۵۳ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 4 kN ، فشار باد 300 kPa و سرعت 2 m/s ۱۰۲
- شکل ۴-۵۴ تغییرات بار دینامیکی و مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 300 kPa و سرعت 2 m/s ۱۰۳
- شکل ۴-۵۵ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 300 kPa و سرعت 2 m/s ۱۰۳
- شکل ۴-۵۶ تغییرات مقاومت غلتشی - بار دینامیکی در بار استاتیکی 5 kN ، فشار باد 300 kPa و سرعت 2 m/s ۱۰۳
- شکل ۴-۵۷ تغییرات مربوط به زمان تاخیر مقاومت غلتشی بر حسب تغییرات سرعت پیشروی چرخ ۱۰۴
- شکل ۴-۵۸ تغییرات مربوط به زمان تاخیر مقاومت غلتشی بر حسب تغییرات فشار باد چرخ ۱۰۵
- شکل ۴-۵۹ نتایج مربوط به عملکرد مدل بکر در تخمین مقاومت غلتشی چرخ در مقایسه با داده های واقعی ۱۰۵
- شکل ۴-۶۰ تغییرات مقاومت غلتشی چرخ بر حسب تغییرات بار روی چرخ بر اساس مدل ویسمر - لوث ۱۰۶
- شکل ۴-۶۱ قابلیت مدل ویسمر در تخمین مقاومت غلتشی چرخ در مقایسه با داده های واقعی ۱۰۷
- شکل ۴-۶۲ اثر سرعت پیشروی بر مقاومت غلتشی چرخ در بارهای مختلف و فشار باد ۱۰۰ کیلوپاسکال ۱۰۸
- شکل ۴-۶۳ اثر سرعت پیشروی بر مقاومت غلتشی چرخ در بارهای مختلف و فشار باد ۲۰۰ کیلوپاسکال ۱۰۸
- شکل ۴-۶۴ اثر سرعت پیشروی بر مقاومت غلتشی چرخ در بارهای مختلف و فشار باد ۳۰۰ کیلوپاسکال ۱۰۶
- شکل ۴-۶۵ اثر فشار باد تاير بر مقاومت غلتشی چرخ در بارهای مختلف و سرعت پیشروی ۰/۷ متر بر ثانیه ۱۱۳
- شکل ۴-۶۶ اثر فشار باد تاير بر مقاومت غلتشی چرخ در بارهای مختلف و سرعت پیشروی ۱/۴ متر بر ثانیه ۱۱۴
- شکل ۴-۶۷ اثر فشار باد تاير بر مقاومت غلتشی چرخ در بارهای مختلف و سرعت پیشروی ۲ متر بر ثانیه ۱۱۴
- شکل ۴-۶۸ تاثیر بار روی چرخ بر مقاومت غلتشی در سرعت های مختلف و فشار باد ۱۰۰ کیلوپاسکال ۱۱۵
- شکل ۴-۶۹ تاثیر بار روی چرخ بر مقاومت غلتشی در سرعت های مختلف و فشار باد ۲۰۰ کیلوپاسکال ۱۱۵

- ۱۱۶ شکل ۷۰-۴ تاثیر بار روی چرخ بر مقاومت غلتشی در سرعت های مختلف و فشار باد ۳۰۰ کیلوپاسکال
- ۱۱۷ شکل ۷۱-۴ تاثیر سرعت پیشروی بر ضریب مقاومت غلتشی در بارهای مختلف و فشار باد ۱۰۰ کیلوپاسکال
- ۱۱۷ شکل ۷۲-۴ تاثیر سرعت پیشروی بر ضریب مقاومت غلتشی در بارهای مختلف و فشار باد ۲۰۰ کیلوپاسکال
- ۱۱۸ شکل ۷۳-۴ تاثیر سرعت پیشروی بر ضریب مقاومت غلتشی در بارهای مختلف و فشار باد ۳۰۰ کیلوپاسکال
- ۱۱۸ شکل ۷۴-۴ تاثیر فشار باد تایر بر ضریب مقاومت غلتشی در بارهای مختلف و سرعت پیشروی ۰/۷ متر بر ثانیه
- ۱۱۹ شکل ۷۵-۴ تاثیر فشار باد تایر بر ضریب مقاومت غلتشی در بارهای مختلف و سرعت پیشروی ۰/۷ متر بر ثانیه
- ۱۱۹ شکل ۷۶-۴ تاثیر فشار باد تایر بر ضریب مقاومت غلتشی در بارهای مختلف و سرعت پیشروی ۲ متر بر ثانیه
- ۱۲۰ شکل ۷۷-۴ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی - بار عمودی در سرعت های مختلف و فشار باد ۱۰۰ کیلوپاسکال
- ۱۲۰ شکل ۷۸-۴ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی - بار عمودی در سرعت های مختلف و فشار باد ۲۰۰ کیلوپاسکال
- ۱۲۱ شکل ۷۹-۴ تغییرات ضریب مقاومت غلتشی - بار عمودی در سرعت های مختلف و فشار باد ۳۰۰ کیلوپاسکال
- ۱۲۳ شکل ۸۰-۴ نتایج رگرسیونی آموزش شبکه عصبی مورد استفاده
- ۱۲۳ شکل ۸۱-۴ نتایج رگرسیونی تست شبکه عصبی مورد استفاده
- ۱۲۴ شکل ۸۲-۴ تغییرات مقاومت غلتشی - سرعت پیشروی با استفاده از شبکه عصبی آموزش یافته
- ۱۲۵ شکل ۸۳-۴ تغییرات مقاومت غلتشی - فشار باد تایر با استفاده از شبکه عصبی آموزش یافته
- ۱۲۵ شکل ۸۴-۴ تغییرات مقاومت غلتشی - بار عمودی با استفاده از شبکه عصبی آموزش یافته
- ۱۲۶ شکل ۸۵-۴ خروجی شبکه عصبی با اعمال بار عمودی سینوسی

فهرست جدول ها

شماره صفحه	عنوان جدول
۸	جدول ۱-۲ مقادیر تقریبی پارامترهای سختی خاک برای برخی بافت های خاک و در سطوح معین رطوبتی
۶۰	جدول ۱-۳ مشخصات فیزیکی خاک موجود در کانال خاک
۱۰۹	جدول ۱-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 1kN و فشار باد 100kPa
۱۱۰	جدول ۲-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 1kN و فشار باد 200kPa
۱۱۰	جدول ۳-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 1kN و فشار باد 300kPa
۱۱۰	جدول ۴-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 2kN و فشار باد 100kPa
۱۱۰	جدول ۵-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 2kN و فشار باد 200kPa
۱۱۱	جدول ۶-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 2kN و فشار باد 300kPa
۱۱۱	جدول ۷-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 3kN و فشار باد 100kPa
۱۱۱	جدول ۸-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 3kN و فشار باد 200kPa
۱۱۱	جدول ۹-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 3kN و فشار باد 300kPa
۱۱۲	جدول ۱۰-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 4kN و فشار باد 100kPa
۱۱۲	جدول ۱۱-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 4kN و فشار باد 200kPa
۱۱۲	جدول ۱۲-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 4kN و فشار باد 300kPa
۱۱۲	جدول ۱۳-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 5kN و فشار باد 100kPa
۱۱۳	جدول ۱۴-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 5kN و فشار باد 200kPa
۱۱۳	جدول ۱۵-۴ جدول تجزیه واریانس تاثیر سرعت بر مقاومت غلثشی چرخ در بار 5kN و فشار باد 300kPa
۱۲۲	جدول ۱۶-۴ نتایج تجزیه واریانس طرح فاکتوریل با متغیرهای سرعت پیشروی، فشار باد و بار روی چرخ

فصل اول

مقدمه

۱-۱ چرخ و اهمیت مطالعه عملکرد آن

چرخ، نشانه مشهوری از تولد صنعت و شکل‌گیری تمدن دانش محور امروزی بشر است، به گونه‌ای که اختراع چرخ، به عنوان استعاره‌ای درخور، برای آغاز ورود جدی فناوری به جای جای گستره زندگی در جوامع انسانی به کار می‌رود. اصطلاح ماشین، با وجود اطلاق عمومی آن به بیشتر بخشهای صنعت، واژه‌ای است که ذهن شنونده را در نخستین قدم، به سمت و سوی وسائط نقلیه و ساخته‌های سیار دست بشر می‌کشاند و این در حالی است که حرکت، به عنوان مهمترین مشخصه این سازه‌های صنعتی، به واسطه عواملی صورت می‌پذیرد که عمده‌ترین آنها چرخ است. یک چرخ ممکن است تنها وظیفه تحمل بخشی از وزن یک ماشین را بر دوش داشته باشد و یا اینکه علاوه بر این وظیفه، تامین کشش و راه‌اندازی ماشین را هم بر عهده داشته باشد. عوامل موثر بر عملکرد یک چرخ، سالها پس از ساخته شدن چرخ‌های نخستین مورد توجه قرار گرفته است و شاید در آغاز، صرفاً گرد بودن و استحکام کافی داشتن برای یک چرخ کافی بوده باشد اما امروزه طراحی و به‌کارگیری چرخ‌ها با وسواس قابل ملاحظه‌ای دنبال می‌شود. عملکرد یک چرخ، طی فرایند درگیری با زمین، علاوه بر شرایط بارگذاری و چگونگی سطح زیرین چرخ، تحت تاثیر هندسه و ساختار فیزیکی چرخ هم قرار دارد. مطالعه پارامترهای موثر بر عملکرد چرخ، بیشتر در ارتباط با بهینه‌سازی مصرف انرژی است. به عنوان مثال، وولفسون^۱ در سال ۱۹۸۷ اتلاف سوخت مصرفی در بخش کشاورزی آمریکا را که ناشی از بازده پایین در چرخ‌های ماشین‌های مزرعه‌ای بوده است در حدود ۵۷۵ میلیون لیتر در سال گزارش کرده است.

۲-۱ مقدمه‌ای بر سامانه‌های آزمون خاک و ماشین

امروزه رویکرد غالبی که در کشورهای توسعه یافته در رابطه با کشاورزی و نهاده‌های آن مد نظر قرار گرفته است عبارت است از کشاورزی پایدار و کنار گذاشتن نگاه ماشین محور و افزایش تولید به هر قیمت. از اینرو، کیفیت مواجهه با خاک از دیدگاه مدیریت خاک و تولید محصول، مورد توجه بسیار است و کوشش می‌شود که ابزارها و روشهای تقابل با خاک، به گونه‌ای طراحی و تدوین شود که تا حد امکان از پیامدهای تخریبی خاک و نیز هدررفت انرژی که خود دربرگیرنده محدودیت‌های اقتصادی و زیست محیطی نیز می‌باشد پیشگیری شود. بهتر کردن روشهای روبرویی با خاک و اصلاح

^۱ - Wulfsun

ابزارهای مربوط به آن، مستلزم انجام آزمونهای مورد اعتمادی است که در شرایط واقعی خاک و ابزار صورت گرفته باشند و این مهم با توجه به پیچیدگی و تنوع متغیرهای حاکم بر تقابل خاک و ماشین، دشوار می نماید. بر همین اساس، ایجاد شرایط کنترل شده آزمونهای مذکور در محیط های از پیش آماده شده نظیر سویل بین ها، راه حل مناسبی به نظر می رسد به گونه ای که بتوان با در دست داشتن یکنواختی مناسبی از کمیتهایی مانند رطوبت، وضعیت خاک، سرعت پیشروی ابزار و مواردی از این قبیل، تاثیر پارامترهای هدف را مورد مطالعه قرار داد.

چرخ به عنوان یکی از عمده ترین عوامل درگیر با خاک، در شمار ابزارهایی است که علاوه بر محیط های مزرعه ای، در محیط های کنترل شده مانند سویل بین ها هم قابل بررسی و شبیه سازی است به شرطی که آزمونگرهای ویژه چرخ را بتوان در ترکیب متناسبی با سویل بین های معمول آزمایش های خاک و ماشین به کار گرفت. این رساله، علیرغم اینکه به طور خاص به بررسی چند پارامتر محدود مربوط به رفتار چرخ و خاک می پردازد اما در قدم های نخست، مشتمل بر طراحی و ساخت یک مجموعه کامل سویل بین و آزمونگر سویل بینی چرخ بوده است.

۳-۱ رویارویی چرخ و خاک و مقاومت غلتشی

مقاومت غلتشی، عامل ناخواسته ای است که به محض حرکت چرخ بر روی یک سطح به وجود می آید. این عامل در ارتباط مستقیم با چند و چون تغییر شکل های به وجود آمده در چرخ و سطح زیرین آن است و بر همین اساس، در شرایط حرکت بر روی سطح خاک، از پیچیدگی بیشتری برخوردار می باشد. کاهش هرچه بیشتر مقاومت غلتشی در فرایند طراحی و به کارگیری چرخ ها همواره مد نظر بوده و این پارامتر، در مدلهای و مطالعات مختلف انجام شده پیرامون تقابل چرخ و خاک، همواره دخیل بوده است.

۴-۱ فرضیه های پژوهش

در این تحقیق، پس از طراحی و ساخت مجموعه سویل بین و آزمونگر تک چرخ، بررسی اثر چند پارامتر مرتبط با مقاومت غلتشی یک چرخ غیر محرک در دستور کار قرار گرفته و فرضیات زیر مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۱- علیرغم اینکه پارامتر سرعت پیشروی در بیشتر مدل های پیشین چرخ و خاک غایب بوده است اما مقاومت غلتشی چرخ را تحت تاثیر قرار میدهد.

۲- متغیر بودن بار روی چرخ، منجر به رخ دادن مقاومت غلتشی متغیری خواهد گردید که تابع تغییرات آن رابطه محسوس و معینی با تابع تغییرات بار دینامیکی روی چرخ دارد.

۳- شبکه های عصبی مصنوعی قادر به حس کردن رابطه ولو پیچیده بین پارامترهای سرعت پیشروی، باردینامیکی روی چرخ و فشار باد تایر به عنوان ورودی و مقدار نیروی مقاومت غلتشی به عنوان خروجی بوده و می توانند بر اساس داده های واقعی به دست آمده در آزمایشات پیش رو در این پژوهش، آموزش یافته و مقاومت غلتشی چرخ را با دقت مناسبی برای هر ورودی دلخواه پیش بینی نمایند.

۵-۱ اهداف مورد نظر

مواردی چند را می توان به عنوان هدف های مورد نظر در این پایان نامه به شرح زیر برشمرد.

- ۱- طراحی و ساخت یک مجموعه کامل آزمون تقابل خاک و ماشین در قالب یک سویل بین با ظرفیت های بالا و قابلیت انجام آزمایش هایی با سرعت های بالا و عرض کار زیاد.
- ۲- طراحی و ساخت یک آزمونگر تک چرخ قابل ترکیب با سویل بین ساخته شده، با امکان ایجاد بار متغیر بر روی چرخ مورد آزمایش.
- ۳- بررسی تاثیر سرعت پیشروی چرخ بر روی مقاومت غلتشی چرخ در شرایط مختلف بار روی چرخ و فشار باد تاير.
- ۴- بررسی اثر بار دینامیکی متغیر بر روی مقاومت غلتشی چرخ از نظر مقایسه تغییرات این دو نیرو.
- ۵- جستجوی یک شبکه عصبی مناسب که بتواند با دریافت داده های آزمون های انجام شده، آموزش یافته و قابلیت شبیه سازی مقاومت غلتشی چرخ بر اساس پارامترهای چرخ و خاک را دارا باشد.
- ۶- مقایسه نتایج شبیه سازی شبکه عصبی طراحی شده با نتایج به دست آمده در روشهای قبلی در رابطه با تاثیر پارامترهای سرعت پیشروی، بار دینامیکی و فشار باد تاير.