Archive of SID

# ساخت وارزیابی دستگاه کامل اندازه‌گیری و مطالعه فرآیند زمین‌گیرائی تحت شرایط کنترل شده

محمدجواد شیخ داودی، سعید مینائی، مرتضی الماسی و برات قبادیان[1]


## چکیده

**افزایش نیرو و بازده زمین‌گیرائی تراکتورهای کشاورزی، سبب افزایش کارآئی و صرفه‌جوئی در مصرف انرژی می‌شود. برای بهینه نمودن این عوامل نیاز به مطالعه و آزمایش شرایط موثر بر عملکرد چرخ‌های زمین‌گیرا می‌باشد. در این پژوهش ساخت و ارزیابی یک دستگاه آزمایشگاهی کامل جهت آزمون و اندازه‌گیری عوامل عملکردی چرخ‌های لاستیکی کوچک مورد نظر بوده است. دستگاه شامل یک مخزن خاک متحرک می‌باشد که می‌تواند روی دو عدد ریل موازی توسط چرخ‌هایی با مقاومت ناچیز حرکت نماید. دراین مخزن می‌توان خاک‌هائی با بافت مختلف قرار داده و با استفاده از تیغه‌های خاک‌ورز، تیغه تسطیح و غلتک که روی قاب‌افزار ثابت نصب شده‌اند، نسبت به فرآوری خاک بصورت شخم‌خورده و یا فشرده در سطوح مختلف اقدام نمود؛ در عین حال توسط مه‌پاش رطوبت خاک را نیز تغییرداد. همچنین سازه‌ای شامل موتور محرک الکتریکی، جعبه دنده و چرخ محرک نیز با اهرم بندی به قاب افزار ثابت توسط مفصل‌هایی متصل شده که امکان حرکت و تغییر بار عمودی بین چرخ و خاک را فراهم می‌آورد. وسایل اندازه‌گیری شامل دو عدد نیروسنج است که نیروی زمین‌گیرائی خالص و ناخالص را اندازه‌گیری می‌نمایند. همچنین دو عدد ژنراتور جریان مستقیم، سرعت خطی چرخ و مخزن را اندازه می‌گیرند. سیگنال خروجی همه مبدل های نیرو و سرعت اختلاف پتانسیل(قیاسی) است و برای استفاده در رایانه بوسیله یک مبدل قیاسی–رقمی به سیگنال رقمی تبدیل می‌شود. با برنامه نویسی در محیط کو ئیک‌بیسیک، رایانه مقادیر کمی نیروها، سرعت‌ها و لغزش را محاسبه، نمایش داده و ثبت می‌کند. با استفاده از یک دستگاه، فرو سنج مخروطی نیز می توان شاخص مخروط خاک را اندازه‌گیری نمود. پارامترهای مختلف خاک (بافت، ساختمان و رطوبت که روی شاخص مخروط موثرند)و ماشین(قطر و عرض چرخ و بار عمودی ) و همچنین میزان لغزش قابل تغییر و اندازه گیری می‌باشند. درطی آزمون‌های مختلف زمین‌گیرایی که برای ارزیابی عملکرد دستگاه انجام شد، با انتخاب یا دانستن پارامترهای موثر در فرآیند زمین گیرایی و قرار دادن آنها در یک مدل ارزیابی عملکرد زمین‌گیرایی، نسبت به مقایسه مقادیرعملکرد محاسبه شده بوسیله مدل با مقادیر مشابه اندازه‌گیری شده در شرایط گوناگون اقدام شد که روند تقریبا مشابهی را نشان داد، بعلاوه با رسم منحنی‌های مختلف، سایر مشخصه‌های عملکرد زمین‌گیرایی چرخ، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت که با توجه به منطقی و توجیه‌پذیر بودن نتایج حاصل، تائیدی بر عملکرد مناسب سیستم در شرایط مختلف آزمایش بود.**


***واژه‌های کلیدی: مخزن خاک، زمین‌گیرائی، بازده زمین‌گیرائی، چرخ‌های لاستیکی، شاخص مخروط***

## مقـــــدمه

مخزن خاک یکی از تجهیزات آزمایشی و پژوهشی است که شرایط لازم برای کنترل پارامترهای ماشین و خاک را جهت انجام مطالعات رابطه ماشین خاک و دینامیک خاک فراهم می‌آورد. بطور کلی رمز موفقیت علم دینامیک خاک در تحقیقات زمین گیرائی، عملیات خاک ورزی و فشردگی خاک، شناخت قوانین بنیادی و اصول رفتار حاکم برخاک‌ها است که اینگونه تحقیقات بیشتر در مخازن خاک انجام می‌شوند از این رو مخازن خاک سال‌هاست که توسط پژوهشگران ماشین‌های کشاورزی و متخصصین دینامیک خاک مورد استفاده قرار گرفته است و در تحقیقات مربوط به توسعهٔ ماشین‌های کشاورزی و کلاً ماشین‌هائی که با خاک در تماس می‌باشند نقش مهم و ارزنده‌ای دارند.

۱- بترتیب دانشجوی دوره دکتری استادیاران و استادگروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت‌مدرس

تاریخ دریافت:
تاریخ پذیرش:

www.SID.ir

Archive of SID

بطور خلاصه استفاده از مخازن خاک به چند دلیل زیر لازم و مرسوم می‌باشد:

– زمان آزمایش مزرعه محدود بوده و اغلب تحت تاثیر شرایط نامساعد آب و هوائی قرار می‌گیرد.

– از آنجائی که معمولاً شرایط خاک در داخل یک مزرعه نیز متغیر است، یافتن محل مناسب برای انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای مشکل است.

– رطوبت خاک در مزرعه را نمی‌توان بطور موثری کنترل کرد و این در حالیست که تغییر کمی در رطوبت خاک می‌تواند تغییرات بزرگتری در خواص مقاومتی خاک ایجاد کند.

– آزمایش‌های اجرا شده در یک محل، عملاً داده‌هائی را بدست می‌دهند که برای مقایسه با داده‌های بدست آمده از محل‌های آزمایش دیگر فرق می‌کند، بطوریکه اگر خاک‌های آنها از نوع یکسان باشند، خواص مقاومتی‌شان در هر زمانی یکسان نمی‌باشد. خواص مقاومتی خاک به رطوبت، سابقه بارگذاری، سابقه خاک‌ورزی، زمان خاک‌ورزی در رابطه با موقع سال و نیز سابقهٔ کشت بستگی دارد.

– شیب زمین و ناهمواری آن، نتایج آزمون‌های زمین‌گیرائی را تحت تاثیر قرار می‌دهند و در مزرعه به آسانی قابل‌کنترل‌نمی‌باشند.

بنابراین تجهیزات مورد نیاز یک مخزن خاک عبارتند از وسایل مرتبط به هم که شرایط طبیعی خاک در حد امکان در آن ایجاد شود، ولی محدودیت‌های اقلیمی و آب و هوائی در آن کنترل شده و کمتر ظاهر می‌شوند. بنابراین انجام آزمایش در آن به مراتب ساده‌تر از مزرعه و نتایج نیز معتبرتر می‌باشند.

استفاده از مخازن بزرگ خاک برای آزمایش ابزار حقیقی (با اندازه‌های واقعی) نیاز به تدارک تجهیزات مخصوص و گرانقیمت دارد. راه دیگری که مقرون به صرفه است و متضمن راحتی و کنترل شرایط مختلف می‌باشد، کاربرد اصول شبیه سازی در آزمون‌های آزمایشگاهی روی مدل‌های مقیاسی وسایل زمین‌گیرا و ابزار خاک ورزی است(۷).

مدلهای مقیاسی در زمینه‌های مختلف و متنوع مهندسی بکار گرفته شده‌اند. هدف‌های معمول آزمایش در مدل مقیاسی عبارتند از:

الف – پیش بینی کارآئی سیستم نمونه (به اندازه‌های واقعی) از روی مقادیر اندازه‌گیری شده روی یک سیستم کوچک و نسبتاً ارزان قیمت.

ب – درک طبیعت، مقدار و اثر پارامترهای سیستم(۲).

مطالعات انجام شده روی مدل مقیاسی بر مفهوم تشابه بین سیستم نمونه و مدل متکی است و قوانین مشابهی بر هر دو سیستم حاکم می‌باشد که می‌توان این مطالعات را در مخازن خاک آزمایشگاهی انجام داد.

تاریخچهٔ استفاده از مخزن خاک برای اولین بار کاملاً روشن نیست. اما احتمالاً توسعه آن همراه با توسعه علم دینامیک خاک بوده است. قدیمی‌ترین گزارشی‌که در آن به مخزن خاک اشاره شده است گزارش مربوط به یک نشریهٔ آلمانی در سال ۱۹۱۴ بوده است. در این گزارش گئورگ کوهن[1] ابزار آزمایش یک گاو آهن شبیه‌سازی شده را توصیف کرده است(۶).

در سال ۱۹۲۷ کوهن یک مخزن خاک سرپوشیده در بخش ماشینهای کشاورزی دانشگاه فنی مونیخ ساخت(۶).

در دههٔ ۱۹۲۰ مارک نیکلز[2] پیشگام علم دینامیک خاک مخزن خاک را جهت مطالعه اساس سیستم‌های ماشین — خاک مورد استفاده قرار داد. آزمایش‌های نیکلز با مخازن کوچک خاک بود که منتج به پیشنهاد ساخت مخازن بزرگ خاک در سال ۱۹۳۳ در آزمایشگاه ملی دینامیک خاک مرکز

1-Georg Kuehne
2-Mark Nichols

www.SID.ir

Archive of SID

تحقیقات کشاورزی مستقر در آبورن آلاباما[1] شد که هم اکنون هم موجود و فعال است(۶).

لارسن[2] و همکاران در سال ۱۹۶۸ مخزن خاک متحرکی متشکل از یک جعبه متحرک روی ریل‌ها، قاب افزار فرآوری خاک و ابزار ثابت را ساخته و مورد آزمایش قرار دادند(۹). استافورد[3] در سال ۱۹۷۹ در مرکز تحقیقات دانشگاه سیلسو[4]درانگلستان یک مخزن خاک با سرعت بالا ساخت که در آن به علت نیاز به سرعت بالا، ادوات مورد آزمایش متحرک و مخزن ثابت در نظر گرفته شده است(۱۲). چندین مخزن خاک نیز توسط باک[5](۱۹۷۸)، پندری[6] و فیلکه[7](۱۹۸۶)، انولو[8] و واتس[9] (۱۹۸۹) ساخته شد(۱۱).

در طول سالهای بعد انواع مخازن خاک در کشورهای مختلف ساخته شد به گونه‌ای که در یک برآورد توسط ویسمر[10] در سال ۱۹۸۴، تعداد ۹۰ مخزن خاک فعال در جهان یافت شد که اخیراً به ۱۵۰ عدد افزایش یافته‌اند(۱۳).

## مواد و روش‌ها

انجام بررسی پارامترهای زمین‌گیرایی[11] مستلزم ساخت یک سیستم آزمایشگاهی مخزن خاک است. ساخت این مخزن با تکیه بر اهداف زیر صورت پذیرفت :

الف- امکان استفاده برای وسایل زمین‌گیرائی مدل یا در اندازه های کوچک را فراهم کند.

ب- تغییرات سرعت، بار و مقاومت خاک در طی آزمایش‌ها را فراهم نماید.

ج- سیستم جمع‌آوری و پردازش داده‌های اصلی توسط رایانه صورت گیرد.

د- آماده سازی خاک برای تغییرات مقاومت خاک فراهم گردد.

ه- ساخت آن راحت باشد.

و- محدودیت‌های فضای آزمایشگاه درنظر گرفته‌شود.

درضمن مخزن خاک بایستی دارای شرایط زیر باشد(۲):

- بستر مناسبی برای خاک فراهم نماید.
- تحمل فشارهای عمودی و جانبی را داشته‌باشد.
- وزن خاک، چرخ و ادوات فرآوری خاک را تحمل نماید.
- حرکت نرم و روان روی ریل داشته باشد.
- با داشتن حداقل جرم ممکن اینرسی کمی را ایجاد نماید.

همچنین در انتخاب ابعاد مخزن خاک، موارد زیر مورد توجه قرار گرفتند(۱۱):- حداقل مسافت مورد نیاز برای رسیدن به سرعت مورد نظر و متوقف کردن مخزن درحین انجام آزمایش.

- طول استاندارد تیرها و ریل‌ها
- اثرات مرزی در دیوارها و کف مخزن
- حجم فراوری خاک
- فضای موجود

ساختمان کلی مخزن خاک که درشکل (۱) نشان داده شده، متشکل از یک جعبه خاک متحرک است که روی دو ریل موازی حرکت می‌کند. برروی یک قاب‌افزار ثابت چرخ زمین‌گیرای محرک، وسایل آماده‌سازی خاک و فروسنج مخروطی قراردارند و سازه‌ای دارای قرقره و ترمز قابل تنظیم نیز توسط یک طناب فلزی به مخزن متصل است که بوسیله

1 -Auburn, Al.
2 -Larsen
3 -Stafford
4 -Silsoe
5 -Buck
6 -Pendry
7 -Fielke
8 -Onwualu
9-Watts
10 -Wismer
11-Traction

www.SID.ir

Archive of SID

آن مقاومت در مقابل حرکت افقی مخزن را می‌توان تنظیم و ایجاد نمود.

اجزاء مختلف دستگاه، مشخصه‌ها، شرایط و وظایف آنها:

**۱- مخزن خاک و ریل‌ها**

در انتخاب ابعاد مخزن اگر عمق و یا عرض مخزن خاک در مقایسه با اندازه و شکل ابزار یا وسیله مورد آزمایش خیلی کوچک باشد، نتایج آزمون تحت تاثیر شرایط مرزی دیوارها یا ته مخزن قرار می‌گیرد و اگر ابعاد عرضی یا عمقی مخزن خاک خیلی بزرگتر از مقدار مورد نیاز باشد، افزایش جرم، اینرسی، هزینه ساخت و حجم زیاد عملیات فرآوری خاک را در پی خواهد داشت.

بر اساس روش متکی بر اصل ظرفیت تحمل پی‌های کم عمق، حداقل عرض مخزن خاک باید سه برابر عرض سطح تماس وسیله زمین‌گیرا(چرخ) باشد(۴)، که در اینجا چون از چرخی با عرض ۰/۱ متر استفاده می‌شد عرض مخزن ۰/۳ متر در نظر گرفته شد .

در مورد عمق مخزن نیز در بعضی از متون مقدار آن حداقل تا ۱/۳ عرض پیشنهاد شده است ولی به خاطر از بین بردن اثرات مرزی برای توزیع تنش معمولاً مقدار عمق را بیشتر انتخاب می‌کنند(۱۰). عمق کل در نظر گرفته شده برای این مخزن ۰/۳ متر انتخاب شد.

مخزن از اسکلتی متشکل از پروفیل‌های فولادی با مقاطع مختلف مناسب ساخته شد و سطح داخلی آن توسط ورق فولادی گالوانیزه پوشش داده شد(شکل۲).

دو عدد ریل فولادی به شکل سه پری هرکدام بطول ۱۲ متر بطور موازی به فاصله ۰/۴ متر از هم روی قطعات چوبی قرار داده شدند. چهار عدد چرخ مجهز به یاتاقان ضد اصطکاکی جهت تحمل بار عمودی و کاهش مقاومت در مقابل حرکت افقی در زیر مخزن نصب شدند. برای جلوگیری از انحراف عرضی مخزن خاک روی ریل‌ها در کنار هر کدام از چرخ های فوق، دو عدد یاتاقان ضد اصطکاکی کوچک بطور جانبی نصب شدند (شکل۲).

**۲- قاب افزار مشترک چرخ محرک و وسایل فرآوری خاک**

این قاب افزار اساساً یک چهارچوب فولادی است که مطابق شکل (۳) ساخته شده و باپیچ و رول‌پلاک به زمین بتونی کف آزمایشگاه متصل و محکم شده است. این قاب افزار نیز از پروفیل فولادی ساخته شده و تجهیزات زیر روی آن نصب شده است.

**۲-۱-چرخ محرک،** توان محرکه چرخ در این سیستم توسط یک موتور الکتریکی سه فاز به قدرت ۱/۱ کیلو وات و با سرعت محور۱۳۹۰ دور در دقیقه تامین می‌شود که متصل به یک تابلو برق مجهز به وضعیت های چپ گرد و راست گرد است. این موتور توسط تسمه و پولی یک جعبه دنده را که دارای سه سرعت است بحرکت در می آورد . چرخ لاستیکی مورد استفاده دارای قطر۰/۵۲ و عرض ۰/۱ متر و از نوع چرخ‌های آج دار زمین گیرا می‌باشد . بار عمودی بین چرخ و خاک توسط وزنه‌های مختلفی که به اهرم مفصل شده به مجموعه چرخ آویخته می‌شود قابل تنظیم و تغییر است(شکل ۲) . بنابراین با این مجموعه می‌توان آزمایشهائی را با تغییر دادن پارامتر های مختلف موثر روی عملکرد زمین گیرایی اجرا نمود .

**۲-۲-وسایل فرآوری خاک،** این وسایل شامل سه عدد تیغه قلمی خاک‌ورز جهت شخم زدن، یک مالـــه

جهت تسطیـح خاک، یک غلتک برای فشرده کردن خاک و یک مه‌پاش برای افزودن رطوبت به خاک می‌باشند (شکل ۲و۴).

**۳ - تجهیزات اندازه‌گیری و ثبات‌ها**

مهمترین هدف این تحقیق بدست‌آوردن داده‌های مختلف زمین‌گیرایی جهت تجزیه و تحلیل

www.SID.ir

Archive of SID

آنها و بسترسازی مطالعات مختلف زمین گیرایی بوده است. به منظور اندازه‌گیری و ثبت‌کردن داده‌های حاصل از آزمایش ها از ابزار اندازه‌گیری و ثبت‌کننده‌های مختلفی استفاده شد که ذیلا" شرح مختصری در مورد هرکدام ارائه می‌گردد .

**۳ -۱- نیروسنج‌ها:**[1] برای اندازه‌گیری نیروی زمین‌گیرایی خالص و ناخالص تحت بارگذاری‌های مختلف عمودی(وزنه) و افقی(ترمز)، از دو عدد نیروسنج مجهز به کرنش‌سنج[2]های مقاومتی بهره گرفته‌شده‌است. خروجی قیاسی[3](اختلاف پتانسیل) این نیروسنج‌ها توسط یک مبدل قیاسی به رقمی[4] به سیگنال رقمی[5] تبدیل شده و بصورت یک داده خام به رایانه منتقل می‌گردد.

سیستم رایانه اطلاعات خام دریافتی را با استفاده از برنامه نوشته‌شده در محیط کوئیک بیسیک به داده‌های قابل استفاده تبدیل کرده و در اختیار کاربر می‌گذارد.

**۳ -۲- سرعت‌سنج‌ها:** به منظور سنجش سرعت محیطی چرخ و سرعت حرکت خطی مخزن از دو عدد سرعت‌سنج استفاده شد. این سرعت‌سنج‌ها از دو عدد ژنراتور جریان مستقیم تشکیل شده که با توجه به سرعت چرخش محورخود اختلاف پتانسیل متناسبی را ایجاد می کنند، این سیگنال قیاسی (ولتاژ) به مبدل قیاسی به رقمی ارسال و سیگنال های رقمی ایجاد شده متعاقبا به رایانه منتقل و تحت پردازش قرار می‌گیرند، ضمناً با استفاده از سرعت های چرخ و مخزن و قراردادن آنها توسط رایانه در معادله محاسبه لغزش، مقدار لغزش هم در اختیار کاربر قرار می‌گیرد.

**۳ -۳- فروسنج مخروطی:** جهت اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک در آزمایش ها یک دستگاه فروسنج مخروطی طبق استاندارد ASAE S313.2 ساخته شد که با استفاده از آن یک نمودار بصورت عمق ـ نیرو رسم می‌شود که از داده های آن می‌توان جهت محاسبه شاخص‌مخروط خاک استفاده نمود(۹).

**٤- تجهیزات جانبی**

**٤-۱- میکرو سویچ‌های محدودکننده حرکت،** برای جلوگیری از برخورد مخزن خاک و یا خارج‌شدن آن از ابتدا و انتهای ریل از دو عدد میکروسویچ جهت محدودکردن ابتدا و انتهای حرکت مخزن روی ریل‌ها توسط قطع کردن برق الکتروموتور محرک استفاده شده‌است.

**٤-۲- ترمز:** جهت ایجاد بارهای مختلف افقی در برابر حرکت چرخ و نهایتاً ایجاد لغزش های گوناگون به منظور بررسی تأثیر لغزش بر پارامترهای زمین‌گیرایی، از یک ترمز مکانیکی قابل تنظیم استفاده شده‌است.

**نتایج و بحث**

براساس موارد ذکرشده مخزن خاک آزمایشگاهی بایستی شامل اجزایی باشد که هرکدام از آنها وظیفهٔ خاصی را برعهده دارند. نمودار شکل ۱ تجهیزات و وظایف بخشهای مختلف تشکیل‌دهندهٔ آنرا نمایش میدهد.

پس از تکمیل و اتمام مراحل مختلف ساخت، دستگاه مورد ارزیابی قرار گرفت و آزمایش هایی نیز جهت مطالعه عملکرد زمین‌گیرایی چرخهای لاستیکی کوچک انجام شد. در هر آزمایش نیروی زمین‌گیرایی‌خالص و ناخالص و لغزش بوسیلهٔ تجهیزات اندازه‌گیری و رایانه ثبت می‌شد و شاخص

---

1 -Load cells

2 -Strain gauge

3-Analog

4 -A/D convertor

5-Digital

6-Cone penetrometer

www.SID.ir

Archive of SID

مخروط هم با استفاده از نمودار رسم‌شده توسط فروسنج مخروطی ساخته شده، بدست می‌آمد.

با استفاده از مخزن خاک و تجهیزات ساخته شدهٔ مربوط به آن انجام آزمایشات زمین گیرائی تحت شرایط مختلف ماشین و خاک مقدور و میسر است. این دستگاه برای مطالعه اثر متغیرهای مختلف ماشین و خاک در مسائل مربوط به زمین‌گیرائی قابل استفاده است. معیار سنجش مقاومت خاک، شاخص مخروط است که توسط فروسنج مخروطی تعیین می‌شود. تلفیق بافت‌ها، رطوبت‌ها و ساختمان‌های مختلف خاک می‌تواند مقاومت‌های متفاوتی را پدید آورد که این شرایط تماماً در مخزن خاک قابل دستیابی است. همچنین در مورد پارامتر های مربوط به ماشین نیز تغییرات مختلفی از جمله عرض، قطر، فشار هوای تایر، طرح و ابعاد آج چرخ، سرعت پیشروی، بار عمودی، بار مقاوم افقی ، لغزش و غیره را می‌توان ایجاد و اثرات آنرا روی عملکرد زمین‌گیرائی مطالعه و بررسی نموده، راهکارهای بهبود آنرا ارائه نمود، همچنین مدل های زمین گیرایی موجود را تایید یا اصلاح ویا اقدام به تدوین مدلی جدید کرد پس ازساخت و تکمیل قسمت های مختلف دستگاه، اثر بعضی از متغیرها بر روی نیرو و بازده زمین‌گیرایی و همچنین مقاومت غلت در یک چرخ لاستیکی با ابعاد (۴۱۲ً-ً) بعنوان مدلی‌کوچک برای شبیه‌سازی چرخهای‌بزرگ مورد مطالعه قرار گرفت. در ابتدا به مقایسه نیرو و بازده زمین‌گیرائی بدست آمده از آزمایش با مقادیر محاسبه شده از مدل(باجایگذاری پارامترها در مدل) تحت شرایط مختلف پرداخته شد. در این ارزیابی ها از مدل ویسمر- لوت[1] که مدلی معتبر ومتداول در این زمینه می‌باشد به عنوان شاهد استفاده گردید(۱۰).

**متغیرهای آزمایش شامل موارد ذیل بودند:**

۱- وضعیت‌های مختلف خاک از نظر مقاومت مکانیکی(ایجاد سطوح مختلف شاخص‌مخروط).

۲-بار عمودی در سطوح مختلف.

۳-درصد لغزش در سطوح مختلف.

نیروی زمین‌گیرائی خالص و ناخالص در هر آزمایش بوسیله سیستم داده‌برداری رایانه‌ای ثبت می‌گردند.

با داشتن پارامترهای دیگر هر آزمایش (بار عمودی، شاخص مخروط خاک ، قطر وعرض چرخ و لغزش) و قرار دادن آنها در مدل ویسمر- لوت نیروی زمین گیرایی محاسبه می‌شود.

مدل ویسمر- لوت بصورت زیر می‌باشد:

$$GT = 0.75\left(1 - e^{-0.3C_nS}\right)W \qquad (۱)$$

$$T.E. = \frac{NT}{GT}(1 - S) \qquad (۲)$$

$$C_n = \frac{CI.b.d}{W} \qquad (۳)$$

**که در آنها:**

GT: نیروی زمین‌گیرائی ناخالص بر حسب نیوتن.

T.E : بازده زمین‌گیرایی(٪)

$C_n$ : عدد بدون بعد چرخ

S : میزان لغزش(٪)

W : بار عمودی بر حسب نیوتن

CI : شاخص مخروط بر حسب پاسکال

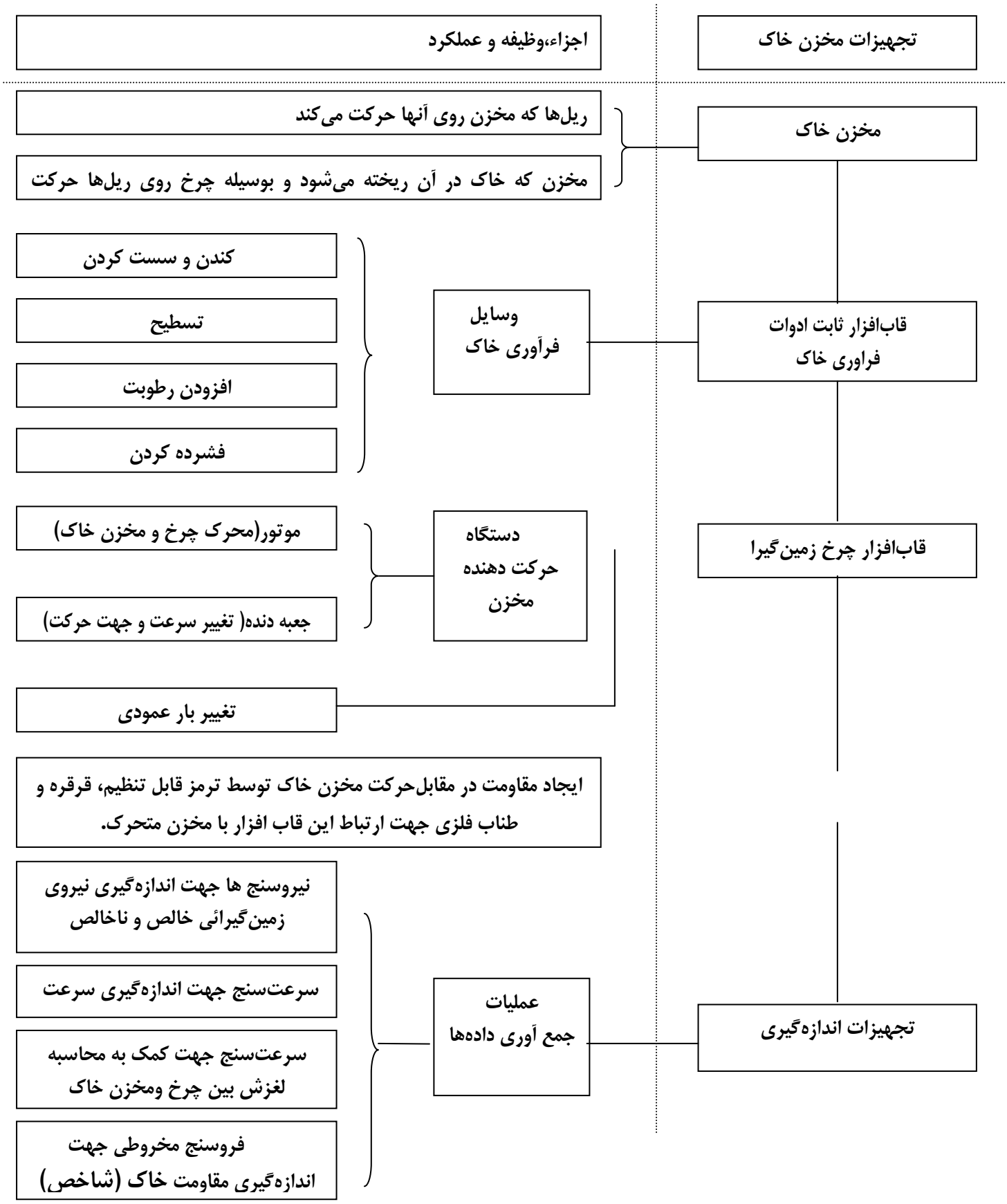
b : عرض چرخ بر حسب متر

d : قطر چرخ بر حسب متر

1-Wismer-

www.SID.ir

Archive of SID




**شکل ۱- اجزاء تشکیل دهنده، وظیفه و عملکرد قسمتهای مختلف مخزن خاک.**



www.SID.ir

Archive of SID

NT: نیروی زمین گیرایی خالص بر حسب نیوتن نمودار های رسم شده مشخص کننده نتایج این بررسی‌ها می‌باشد. با توجه به همسانی تغییرات نیروی زمین گیرایی ناخالص محاسبه شده بوسیله مدل و مقادیرحاصل از اندازه گیری مستقیم از آزمایش‌ها، دلیل قابل قبول بودن عملکرد سیستم ساخته شده می‌باشد.

در مرحله بعد روند تغییرات بازده زمین‌گیرایی چرخ مورد مطالعه قرار گرفت و با قراردادن مقادیر اندازه گیری شده نیروی زمین گیرایی خالص، نیروی زمین گیرایی ناخالص و میزان لغزش در رابطه (۲)، بازده زمین گیرایی در شرایط مختلف محاسبه شد و چگونگی تغییرات این عامل با تغییر در لغزش و یا بارهای مختلف عمودی استخراج گردید.

نتایج این ارزیابی هابصورت نمودارهایی رسم و به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت:

منحنی‌های شکل‌های۵، ۶ و۷ مقایسه‌ای از مقادیر نیروی‌زمین‌گیرایی ناخالص اندازه‌گیری‌شده و محاسبه‌شده توسط مدل ویسمر–لوت است که نسبت به تغییرات لغزش در بارهای عمودی ۱۰۰۰، ۱۵۰۰و ۲۰۰۰نیوتن رسم شده است، همانطوریکه مشاهده می‌شود اختلاف بین مقادیر حاصل از مدل و اندازه‌گیری‌شده در هر بار عمودی معین خیلی کم و دارای روند تقریبا مشابه هم می‌باشند .

منحنی شکل۸ تغییرات بازده‌زمین‌گیرایی نسبت به تغییرات لغزش را نمایش می‌دهد که نشان‌دهنده بازده‌زمین‌گیرایی بیشینه در محدوده لغزش۱۶درصد است که با توجه به بافت لومی–شنی خاک مورد استفاده مقداری مناسب و قابل قبول می‌باشد .

منحنی شکل۹ تغییرات بازده زمین‌گیرایی نسبت به تغییرات مقاومت‌خاک(شاخص‌مخروط) را نشان می‌دهد که مشخص‌کننده افزایش تقریبا خطی بازده‌زمین‌گیرایی نسبت به زیاد شدن مقاومت فروسنجی‌خاک می‌باشد که این روند به خاطر افزایش نیروی زمین‌گیرایی‌ناخالص و کاهش مقاومت‌غلت حین زیادشدن شاخص‌مخروط روی می‌دهد .

منحنی‌های شکل۱۰ مقایسه نیروی زمین‌گیرایی‌ناخالص اندازه‌گیری‌شده در بارهای‌عمودی۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ نسبت به تغییرات لغزش را نشان می‌دهد . باتوجه به درصد بالای شن در خاک مورد استفاده در مخزن‌خاک و افزایش ۵۰۰ نیوتنی بارعمودی در هر مرحله از آزمایش، افزایش نیروی‌زمین‌گیرایی در هر مرحله نسبت به مرحله قبل تقریبا مساوی به نظر میرسد، چون در خاک‌های دارای بافت غالب شنی افزایش نیروی‌زمین‌گیرایی عمدتا با افزایش بار عمودی و بطور خطی صورت می‌گیرد.

منحنی‌های شکل۱۱ به بررسی تغییرات نیروی‌زمین‌گیرایی‌ناخالص و خالص اندازه‌گیری‌شده نسبت به تغییرات لغزش می‌پردازد که حاکی از یک اختلاف تقریبا مساوی بین این دو نیرو در هر میزان از لغزش معین می‌باشد. اختلاف این دو نیرو همان مقاومت‌غلت است که مقدار آن تابع تغییرات لغزش نمی‌باشد.

شکل۱۲ مقایسه تغییرات مقاومت‌غلت و نیروی‌زمین‌گیرایی‌ناخالص نسبت به تغییرات بارعمودی را نشان می‌دهد، چون در این آزمایش به وسیله کنترل رطوبت و متراکم کردن خاک مقاومت فروسنجی آن زیاد شده(شاخص‌مخروط۲۲۰۰ کیلوپاسکال)، بنابراین نشست خاک همراه با افزایش بارعمودی چندان نبودوبه همین دلیل مقاومت‌غلت نیز رشد چندانی ندارد ولی یروی‌زمین‌گیرایی‌ناخالص با افزایش مقاومت‌خاک روند رو به رشد سریعی را نشان می‌دهد.

در شکل۱۳ مقایسه‌ای بین نیروهای زمین‌گیرایی‌ناخالص‌اندازه‌گیری‌شده و محاسبه شده



www.SID.ir

Archive of SID

به وسیله مدل نسبت به تغییرات شاخص‌مخروط می دهد.
صورت گرفته‌است که تقریبا روند مشابهی را نشان

## منابع


۱-ربانی، ح. ۱۳۷۸. طراحی و ساخت ریل کنترلی برای soil bin، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران.

۲-شفیعی، س. ا. ۱۳۷۱. اصول ماشین های کشاورزی(ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران.

۳-صوته‌کشان، ا . ۱۳۷۶. طراحی و روش ساخت مخزن خاک آزمایشگاهی((soil bin، پایان نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکا نیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران.

۴-وفائیان، م. ۱۳۷۲. مکانیک خاک (ترجمه)،انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

5-Batcheler, D. G., Porterfield, J. G.,CHisholm,T. S. and Mclaughlin, G. L. 1979. A Continious linear soil bin,ASAE Transactions, 22(6): 1009 – 10, 1014.

6-Cill, R., Schafer, L. and Wismer, D.1994. Soil dynamics and soil bins, Chapter 1, in Advances in soil dynamics, Vol.I.. ASAE..St Joseph, Mich.

7-Clark, S. J. and Lliljedall, J.B. 1968.Soil Bins, artificial soils and scale − model testing, Asae Transactions, 11(2): 99-104.

8-Godwin, R. J. and Kilgour, G. 1980. The Design and operation of a simple low

cost soil bin, Journal of Agricultural Engineering Research, 28(2) 99-104

9-Larson, L. W., Lovfly, W. G. and Bockhop, C. W. 1968. Predicting draft forces model moldboard plows in agricultural soils, ASAE Transactions, 29(5): 665-668.

10-Liljedahl, J. B., Carleton, W. M., Turnquist, P. K. and Smtth, D.W. 1979. Tractors and their power units, Third Edition, John Wiley & Sons.,N.Y.

11-Onwuala, A. P. and Watts, K. C. 1989. Development of a soil bin test facility, ASAE paper No. 89-1106.

12-Stafford, J. V. 1979. A. Versatile high speed soil tank for studying soil and implement interaction, Journal of Agricultural Engineering Research, 24(1), 57-60.

13-Wismer. R. D .1984 .Soil bin facilities characteristics and utilization. In Proc. 8th



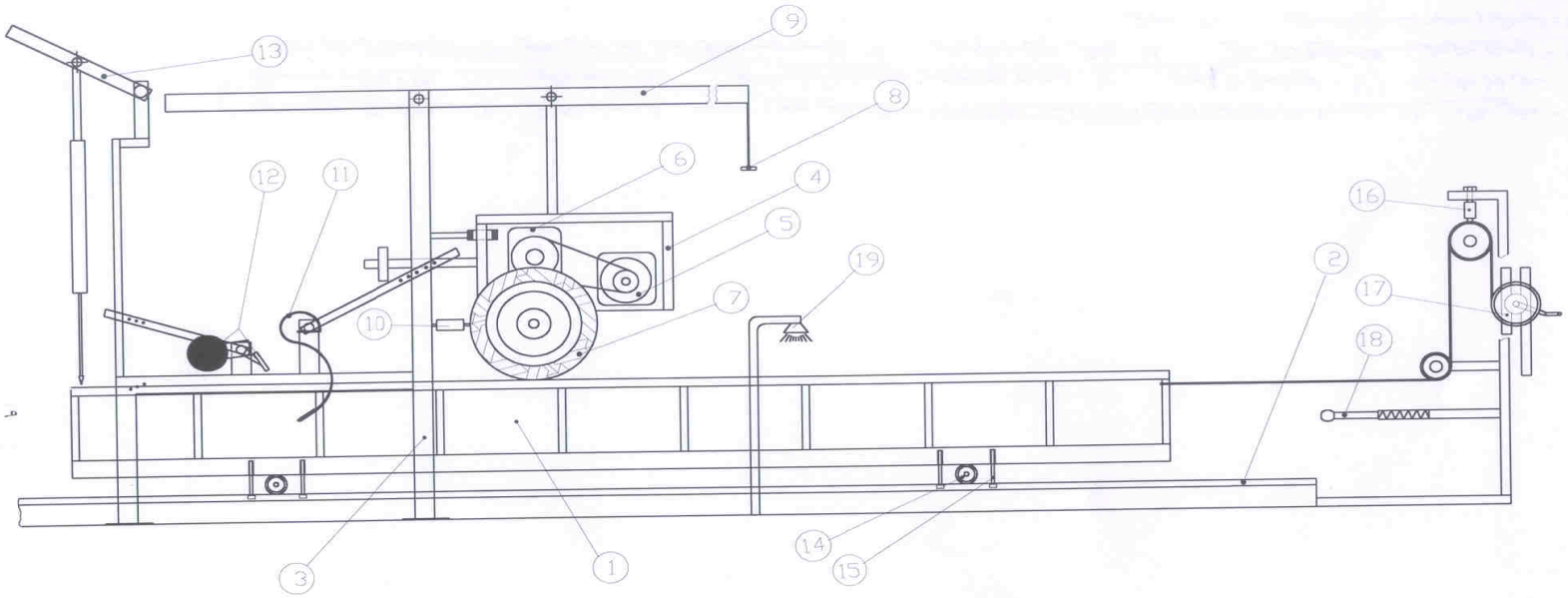

www.SID.ir

Archive of SID

International Conference, International Society for Terrian-Vehicle System Vol. Lll: 1201-1216. 6-10 Aug. Cambridge, England.

www.SID.ir

Archive of SID

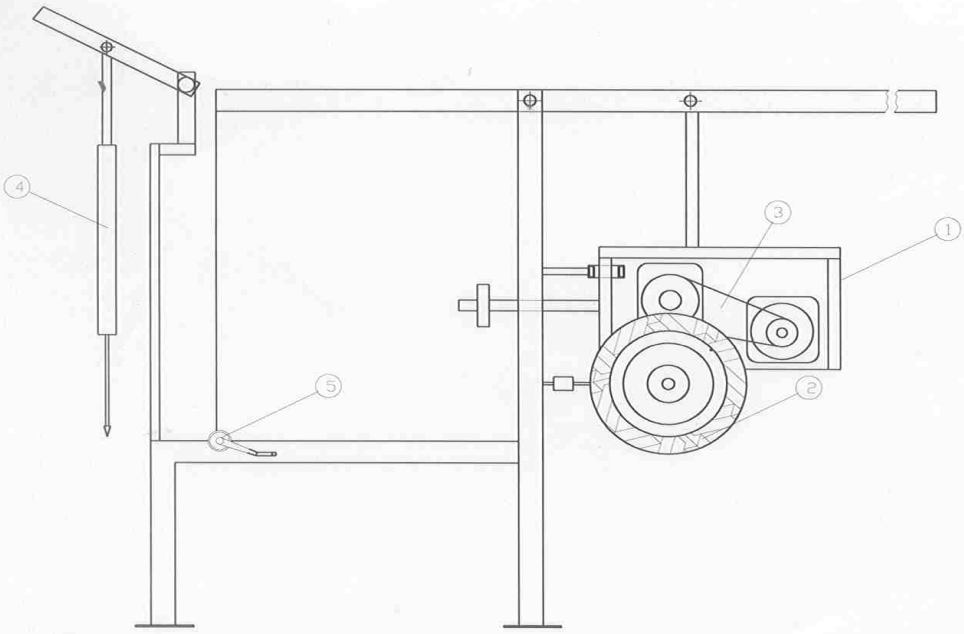



۱ – مخزن خاک ۲ – ریل ۳– قاب افزار مشترک چرخ محرک و وسایل فراوری خاک ۴ – شاسی موتور و جعبه‌دنده ۵ – موتور الکتریکی ۶ – جعبه‌دنده ۷ – چرخ محرک
۸ – محل قرار دادن وزنه ۹ – اهرم اعمال بار عمودی ۱۰ – نیروسنج جهت سنجش نیروی زمین‌گیرایی ناخالص ۱۱ – تیغه خاک‌ورز ۱۲ – غلتک و تیغه تسطیح
۱۳ – فروسنج مخروطی ۱۴ – چرخ حامل مخزن ۱۵ – یاتاقان کنترل حرکت جانبی ۱۶ – نیروسنج جهت سنجش نیروی زمین‌گیرایی خالص ۱۷ – ترمز اصطکاکی قابل تنظیم
۱۸– ضربه‌گیر و محدود کننده حرکت مخزن ۱۹ – مه‌پاش

شکل ۲– شمای ساختمان کلی مخزن خاک

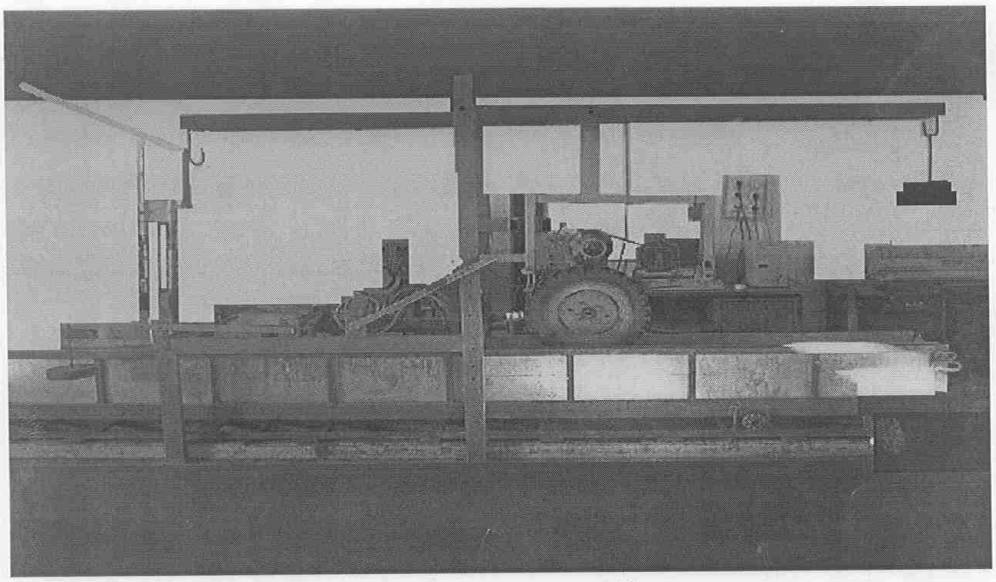
www.SID.ir

Archive of SID




۱- شاسی موتور و جعبه‌دنده ۲- چرخ محرک ۳-موتور و جعبه‌دنده ۴- فروسنج مخروطی۵- قرقره طناب فلزی جهت بالا وپایین بردن مجموعه موتور، جعبه‌دنده و چرخ

شکل ۳- قاب افزار مشترک چرخ محرک و وسایل فراوری خاک

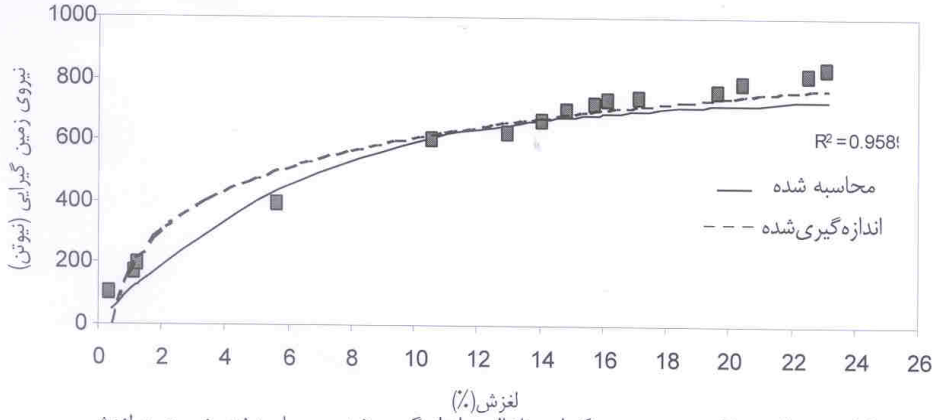


شکل۴- تصویر دستگاه از نمای پهلو

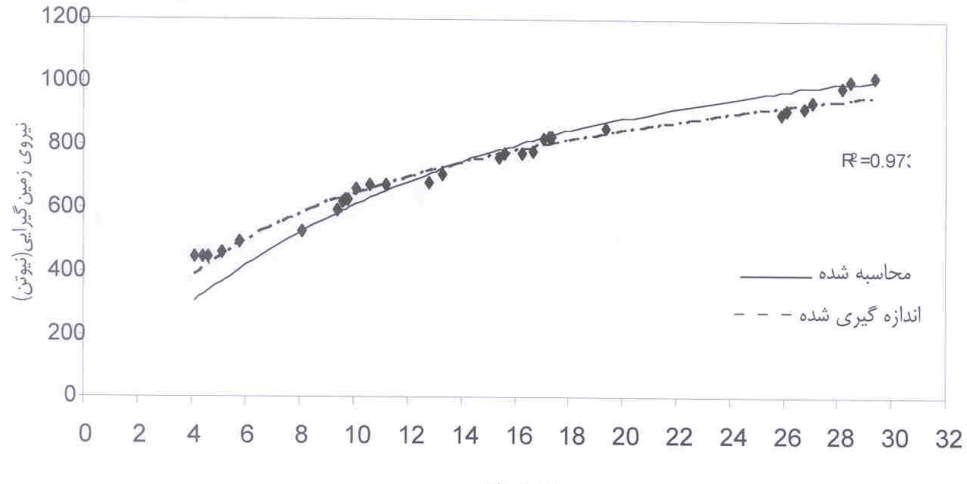


www.SID.ir

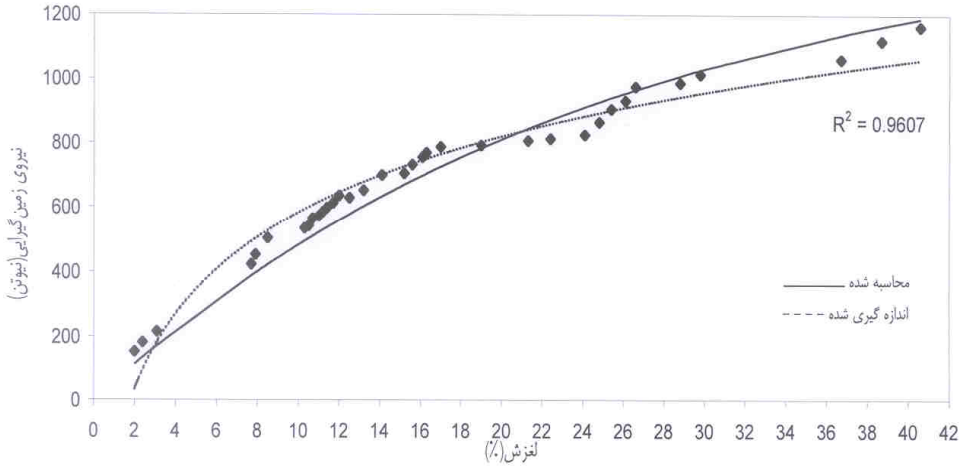
Archive of SID




شکل ۵- مقایسه مقادیر نیروی زمین‌گیرایی ناخالص اندازه‌گیری شده و محاسبه‌شده نسبت به لغزش
(بار عمودی ۱۰۰۰نیوتن و شاخص مخروط ۵۰۰کیلو پاسکال)




شکل ۶- مقایسه مقادیر نیروی زمین‌گیرایی ناخالص اندازه‌گیری شده و محاسبه‌شده نسبت به لغزش
(بار عمودی ۱۵۰۰نیوتن و شاخص مخروط ۵۰۰کیلو پاسکال)

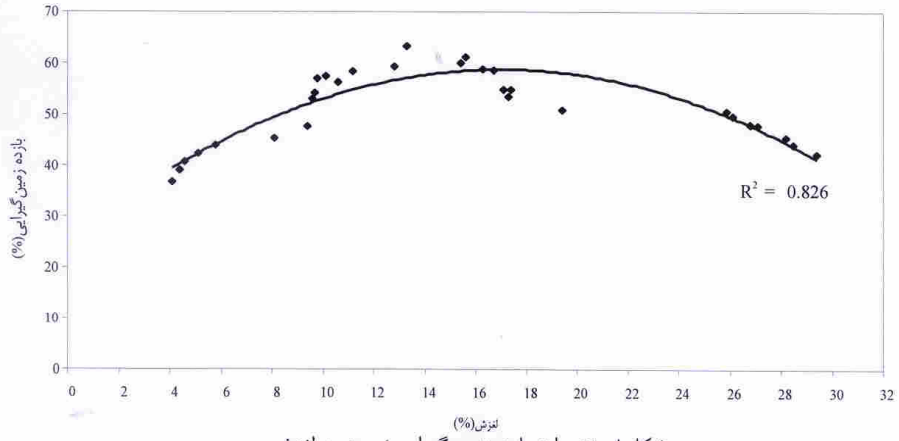



شکل ۷- مقایسه نیروی زمین‌گیرایی ناخالص اندازه‌گیری‌شده و محاسبه‌شده نسبت به لغزش
(بار عمودی ۲۰۰۰ نیوتن و شاخص مخروط ۵۰۰ کیلوپاسکال)

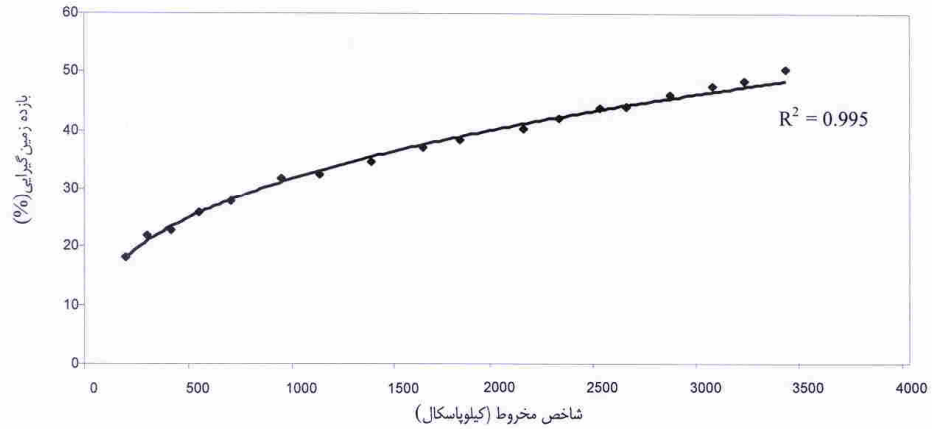


www.SID.ir

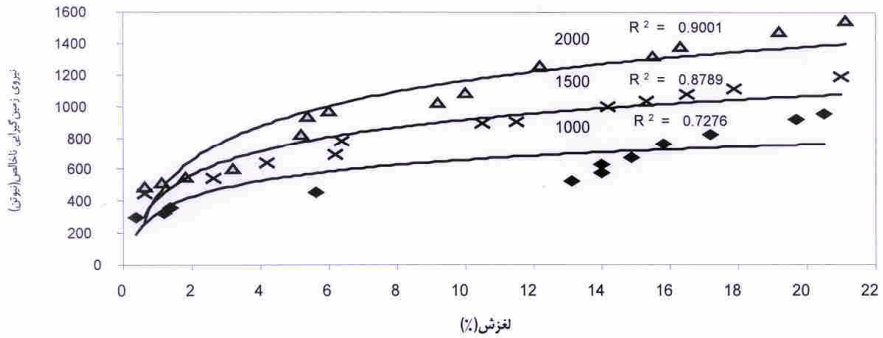
Archive of SID




شکل۸- تغییرات بازده زمین‌گیرایی نسبت به لغزش
(بار عمودی ۲۰۰۰ نیوتن و شاخص‌مخروط ۵۰۰ کیلوپاسکال)




شکل۹ - اثر شاخص مخروط بر بازده زمین‌گیرایی (بار عمودی۱۵۰۰نیوتن و لغزش ٪۱۵)

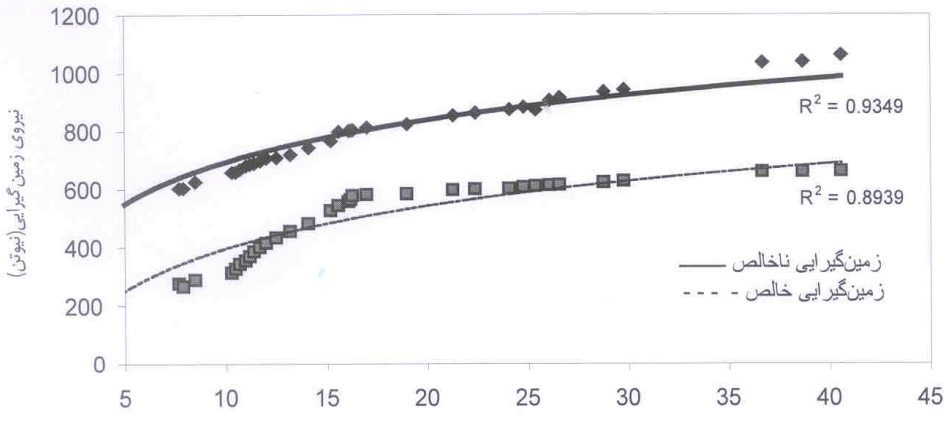



شکل۱۰-مقایسه میزان نیروی زمین‌گیرایی ناخالص نسبت به درصد لغزش تحت بارهای عمودی مختلف
(۱۰۰۰،۱۵۰۰و۲۰۰۰ نیوتن)

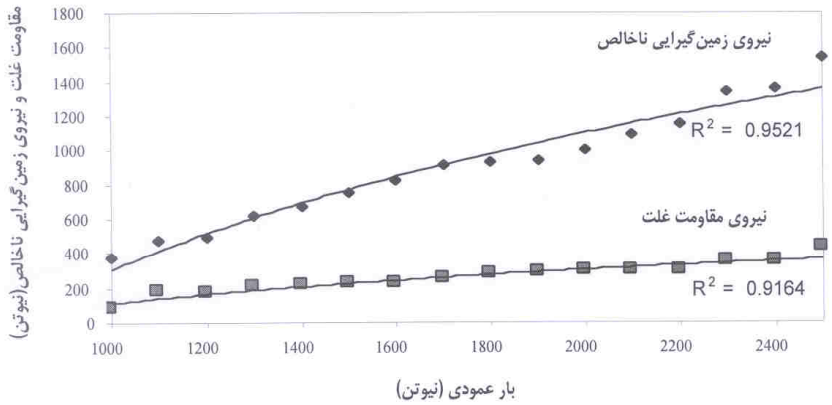


www.SID.ir

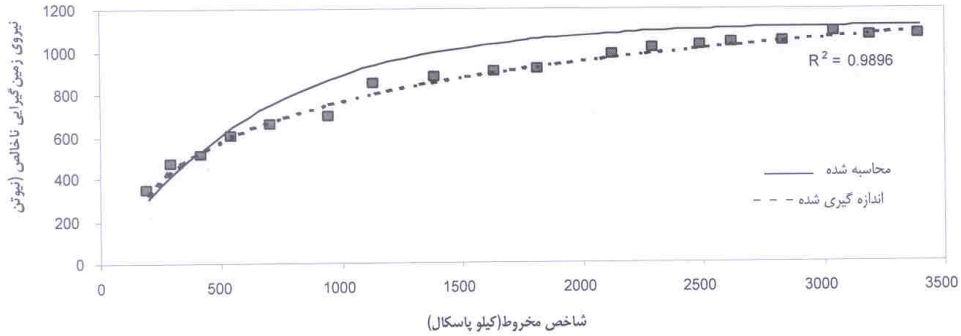
Archive of SID




شکل ۱۱ – بررسی تغییرات نیروی زمین‌گیرایی خالص و ناخالص نسبت به لغزش
(بار عمودی ۲۰۰۰نیوتن و شاخص مخروط ۵۰۰کیلو پاسکال)




شکل ۱۲–مقایسه تغییرات مقاومت غلت و نیروی زمین‌گیرایی ناخالص نسبت به بارعمودی
(شاخص مخروط ۲۲۰۰کیلوپاسکال)




شکل ۱۳ – مقایسه نیروی زمین‌گیرایی ناخالص اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در شاخص مخروط‌های مختلف
(بار عمودی ۱۵۰۰نیوتن و لغزش ۱۵٪)



www.SID.ir

Archive of SID

# Development and Evaluation of an Apartus for Measurment and Study of Traction Phenomenon under Controlled Conditions

M. J. Sheikhdavoodi, S. Minaii , M. Almassi, and B.Ghobadian

**Abstract**

Increasing traction force and efficiency of farm tractors results in more crop productivity and saving of energy consumption. Optimizing these parameters requires detail study of effective condition on performance of traction wheels. In this research development and evaluation of a compelet laboratory system capable of testing and measuring performance parameters of small traction wheels, was envisaged.The aparatus consisted of a soil bin having a dimension length, of 6, 0.3 and 0.3 meters for its lenth, width af depth respectively. The soil bin transverse on a 12 meters length rail by its antifriction wheels having neglegible moving resistance. Inside the bin different texture could be processed to a desired condition by using tillage and compacting implement that were fixed on stationary frame and water mister was used to control the humidity of the soil. The driving system consists of an electric motor, a three speed gear box and a traction wheel jointed by suitable levers and free pivots to a stationary frame which provide aparatus movement and exerts different normal loads by using various weights. Data measuring system consisted of two strain gage load cells one located between wheel and stationary frame and measure gross traction effort and the other located between soil bin and adjustable braking system that measures net traction or pull, two D.C.generators were used for measuring the speeds of the wheel and soil bin separately. The out put singnals of the measuring transducers are electrical potential difference which is analog signal and converted to digital signal by a 8 bits and 4 channels data logger.The signals are then transferred to a computer for processing and displaying the quantity of forces, speeds and slippage. A cone penetrometer determine the cone index for every soil condition from surface to 0.15meter dept.During different traction tests, other soil parameters such as texture, structure, water content and machine parameters such as diameter and width of traction wheel , normal load and slippage could be measured. By obtaining these parameters and substituting them in different traction models, calculated traction performance quatities that are comperable to measured quantities in various conditions can he achived. Also traction performance of the small or model traction wheels can he studied and evaluated by changing each of the effective parameters in the tests. The aparatus showed good accurey when some traction performance tests were performed.

***Keywords:****Soil bin, Traction, Traction efficiency, rubber Tire, Cone index*

www.SID.ir

Archive of SID

[1]-دانشجوی دوره دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت‌مدرس
[2]- استادیاران گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت‌مدرس
[3]- استادگروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهیدچمران(اهواز)

www.SID.ir