نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

شبیه سازی رفتار ماشین- خاک و بررسی پارامترهای دینامیکی در شرایط کنترل شده‌ی انباره‌ی خاک

سجاد درفش پور[1*]، عارف مردانی[2]، پرویز احمدی مقدم[2]

۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه
ایمیل مکاتبه کننده: s.derafshpour@urmia.ac.ir

چکیده

در این تحقیق به معرفی مجموعه سویل بین و آزمایشگاه دینامیک خاک گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه پرداخته شده است. اهمیت این مجموعه در رابطه با بررسی برهم کنش خاک و ماشین و تأثیرات ماشین بر روی خاک می-باشد که بطور مستقیم در ارتباط با عملکرد زمینهای کشاورزی است. کشاورزی پایدار با نگاه امروزی بطور خاص به مدیریت خاکهای کشاورزی می‌پردازد بگونه ای که افزایش عملکرد محصولات کشاورزی به هر قیمتی پذیرفته نبوده و شرایط پایدار و پیوستگی تولید ارجحیت دارد. مجموعه آزمایشگاهی مورد اشاره در این گزارش، قابلیت انجام پژوهش‌های پیرامون مدیریت خاک- ماشین را در رابطه با ابزارهای درگیری با خاک مانند ماشین‌های خاک ورز، کارنده‌ها، چرخها و ماشین‌های تسطیح زمین مهیا نموده است.

واژه‌های کلیدی:
سویل بین، آزمونگر تک چرخ، رفتار ماشین و خاک، نشست خاک، کشاورزی پایدار

مقدمه

با پیشرفت و توسعه تکنولوژی در سال‌های اخیر، کشاورزان به استفاده مفیدتر از نیروی کارگری، کاهش هزینه‌های تولید در هکتار و افزایش ظرفیت کاری ادوات ترغیب شده‌اند. در پی این تغییرات، تراکتورها و ماشین آلات کشاورزی به مراتب بزرگ‌تر و قوی‌تر گردیده‌اند. افزایش ظرفیت ماشین‌های کشاورزی، اگرچه مزیت‌هایی را به دنبال داشته‌است اما می‌تواند اثرات منفی شدیدی را به دنبال داشته باشد. از جمله شاخص‌های نشان دهندهٔ تخریب ساختمان فیزیکی خاک، تراکم خاک می‌باشد. تخریب ساختمان خاک، ویژگی‌هایی نظیر جرم ویژه‌ی ظاهری و نفوذ آب به خاک را تحت تأثیر قرار داده و در نهایت بر حاصلخیزی و قابلیت کشت خاک تأثیر می‌گذارد. با توجه به اینکه همبستگی بالایی بین مواد مغذی خاک و محصولات کشاورزی در کشاورزی پایدار وجود دارد بررسی این اثر مخرب و ارتباط آن با پارامترهای ماشین و خاک بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد. ریپر و همکاران در سال ۱۹۹۰، معیارها و روش‌های مختلفی به منظور مشخص نمودن

تراکم خاک در داخل زمین زراعی ارائه کردند که از آن جمله می‌توان به اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری، رادارهای نفوذ کننده در داخل زمین، اندازه گیری شاخص مخروطی، تخلخل و نسبت پوکی خاک اشاره کرد

بررسی تقابل چرخ و خاک را می توان در شرایط مزرعه ای و یا در شرایط کنترل شده تری مورد توجه قرار داد. در شرایط مزرعه ای با توجه به واقعی بودن پارامترهای مرتبط، شبیه سازی واقعی تری از این پدیده به عمل می آید. از طرف دیگر به دلیل غیر قابل پیش بینی بودن و تنوع برخی از همین پارامترها ممکن است خطاهای چشم گیری طی داده برداری های مزرعه ای به وجود آمده و اعتبار نتایج پژوهش های انجام شده را تحت تاثیر قرار دهد همچنین کنترل شرایط کارکردی برای انجام آزمایش‌ها در مزرعه براحتی میسر نبوده و هزینه‌های آزمایشگاهی در شرایط مزرعه مقرون به صرفه نخواهد بود. این امر، نیاز ما را برای محیط آزمایش بهتر ضروری خواهد ساخت. انباره خاک، محیط کنترل شده ای جهت آزمونهای مرتبط با خاک و ابزار است. در تحقیقات گذشته فشردگی و تراکم خاک در ارتباط با متغیرهای مختلفی از جمله مقاومت غلتشی، سرعت پیشروی و بار عمودی وارده بر خاک که از جانب چرخ وارد می‌شود مورد بررسی قرار گرفته است.

لارسن و همکاران در سال ۱۹۶۸ انباره خاکی را ساختند که متحرک بوده و بر روی ریل هایی واقع در طرفین مخزن خاک حرکت می کرد. ابزار مورد آزمایش در این مجموعه، ثابت و مخزن خاک متحرک بوده است. این دسته از انباره های خاک برای آزمون های با سرعت پایین مناسب بوده و در سرعت های بالا به جهت اینرسی مخزن خاک محدودیت دارند. در تحقیقات انجام شده بر روی انباره‌ی خاک، استافورد و ماتوس در سال ۱۹۸۱، تراکم خاک ایجاد شده توسط تایرهای بادی را با اندازه‌گیری چگالی حجمی در قسمت‌های مختلف خاک مورد بررسی قرار دادند. آنها رطوبت خاک را نیز به عنوان متغیر آزمایش مد نظر قرار داده و مشاهده کردند که با کاهش سرعت پیشروی در زمینی که رطوبت نسبتاً بالایی داردنشست خاک بیشتر بوده و به دنبال آن فشردگی نیز افزایش می‌یابد. این پدیده مربوط به تنش برشی ناشی از لغزش چرخ می‌گردد که تأثیر آن در سرعت‌های بالا کمتر است. همچنین تأثیر سرعت پیشروی در قسمت‌هایی از خاک که چگالی حجمی پایین-تری دارند بزرگتر است (Stafford and mattos, 1981). چارمن در سال ۱۹۹۴، تأثیرات سرعت پیشروی تراکتور و بار روی تایر را بر روی فشردگی خاک در محیط انباره‌ی خاک مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده از تحقیقات وی نشان داد که افزایش بار روی تایر در سرعت پیشروی مشخص، باعث افزایش شاخص مخروطی، چگالی حجمی و نشست خاک می‌گردد. علاوه بر این، نتایج بدست آمده نشان داد که تأثیر بار روی مقادیر فوق به مراتب بیشتر از تأثیر سرعت پیشروی می‌باشد (carman,1994). کورجنلوما و همکاران در سال ۲۰۰۹ به بررسی تأثیر مقاومت غلتشی در نشست خاک پرداختند. آنها مشاهده کردند که مقاومت غلتشی به دلیل تراکم عمودی خاک و جابجایی افقی خاک، بزرگترین بخش از نیروی مقاومت حرکتی راشامل می‌شود که این امر باعث افزایش نشست خاک می‌گردد (kurjenloma et al,2009).

با مطالعه و بررسی تحقیقات گذشته می‌توان به اهمیت موضوع رابطه‌ی ماشین و خاک در محیط انباره‌ی خاک پی برد.

در این تحقیق، سویل بینی با قابلیتهای بالا جهت انجام آزمایشات تقابل خاک و ماشین طراحی و ساخته شده است. هدف از ساخت این انباره خاک، الحاق یک آزمونگر تک چرخ به آن بوده است به گونه ای که محیط کنترل شده انباره خاک جهت حرکت چرخ مورد آزمایش در نظر گرفته شده باشد. این محیط ها دارای امکان کنترل بیشتری بر روی متغیرهای چرخ و خاک می باشند. به طور کلی سویل بین ها در دو دسته کلی تقسیم بندی می شوند. گروه نخست، سویل بین هایی هستند

که دارای ریل های قابل جابجایی بوده و به صورت ریل های مستقیم و یا دایره ای بر روی زمین مورد آزمایش قرار می گیرند. دسته دوم، سویل بین هایی هستند که دارای ریل های ثابت بوده و حامل ویژه ای در یک مسیر ثابت، ابزارهای مورد آزمایش را حرکت می دهند. امتیاز این گروه از سویل بین ها در رابطه با ایجاد شرایط کنترل شده خاک و ابزار است به نحوی که بتوان با حذف اثرات ناخواسته محیط کاری (شامل خاک و ابزار) متغیرهای محدودتری را مورد بررسی قرار داد.
انجام آزمون های چرخ و خاک در شرایط کنترل شده معمولا در قالب آزمونگرهای تک چرخی مطرح می شود که در محیط انباره های خاک به کار گرفته می شوند.

مواد و روش‌ها

انباره‌ی خاک بررسی شده در این تحقیق در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه ارومیه، گروه مکانیک بیوسیستم قرار دارد. انباره خاکی که در این طرح مورد نظر قرار گرفته است یک انباره خاک از نوع ثابت است که به صورت یک سازه فلزی بر روی سطح زمین قرار گرفته و محیط خاک، کاملا به صورت جدا از سطح زمین و در قالب یک کانال خاک درنظر گرفته شده است.یک سویل بین عمدتا شامل بخشهای متنوعی است ازجمله انباره خاک، حامل یا کشنده ابزار[1] ، تجهیزات فرآوری خاک، سیستم محرک، ابزارهای اندازه گیری و سیستم های کنترل. طراحی بخشهای مختلف سویل بین بر اساس معیارها و ملاحظات مرتبط با هر بخش صورت گرفته است.

طراحی ابعاد انباره خاک

ابعاد کانال خاک در انباره های خاک، تعیین کننده قابلیت های مجموعه در رابطه با امکان به کارگیری ابزارهای مختلف و مساحت اثر عامل درگیر با خاک است. مساحت اثر ابزار را می توان در قالب عرض اثر و عمق اثر ابزار درنظر گرفت. ابعاد بزرگتر کانال امکان آزمونهای مربوط به ابزارهای دارای اندازه های بزرگتر را فراهم می نماید. از طرف دیگر، انتخاب ابعاد بزرگ برای کانال خاک هم مستلزم مدیریت حجم بالاتر خاک طی آماده سازی خاک برای انجام آزمون ها است و علاوه بر این افزایش هزینه ها و عملیات ساخت کانال بزرگ تر هم قابل انکار نمی باشد. در قدم نخست، ابعاد کانال خاک مطابق پیشنهاد و روش ارائه شده توسط آنوالو در ۱۹۹۱ درنظر گرفته شده است. این محقق جهت حذف اثرات مرزی مربوط به محدوده عمل عامل خاک ورز با خاک، شرایط خاصی را پیشنهاد کرده است. بر اساس این روش، برای داشتن عمق کار ۴۰ سانتیمتر، حداقل فضا و فاصله جانبی لازم بین عامل خاک ورز و دیواره ها باید ۴۰ سانتیمتر باشد. از این رو برای یک ابزار دارای دست کم سه واحد با عرض کار ۴۰ سانتیمتر لازم است عرض کانال حداقل ۵ برابر عرض کار ابزار باشد که سه برابر عرض کار در حد فاصل واحدهای مجاور و دو برابر عرض کار هم در طرفین ردیف واحدهای سه گانه قرار می گیرد. بدین ترتیب حداقل عرض مفید کانال برابر دو متر در نظر گرفته شده است. طول کانال با درنظر گرفتن امکان ایجاد سرعتهای بالا تا ۲۰ کیلومتر بر ساعت بیش بینی شده است و در همین رابطه با احتساب ۵ متر طول مسیر جهت سرعت

1carriage

گرفتن اولیه در ابتدای مسیر و ۵ متر جهت کاهش سرعت و توقف حامل در انتهای مسیر، بر اساس پیشنهاد جود لیو و همکاران حداقل ۱۳ متر از طول کانال برای انجام آزمایش و برداشت داده ها درنظر گرفته شده است. درنهایت طول ۲۴ متر برای کانال خاک درنظر گرفته شده است. طول مفید کانال خاک با درنظر گرفتن محل نصب موتور و سیستم انتقال قدرت، ۲۳ متر است. حداقل ارتفاع لایه خاک در سویل بین توسط آنوالو به منظور پیشگیری از اثرات مرزی، معادل عمق کار ابزار بعلاوه نصف عرض کار آن پیشنهاد شده است از این رو با فرض عرض کار بیشینه ۴۰ سانتیمتر و عمق کار ۴۰ سانتیمتر، حداقل ارتفاع لایه خاک ۶۰ سانتیمتر خواهد بود حال آنکه غالب عملیات خاکورزی در عمقهای کمتر از ۳۰ سانتیمتر مرسوم است. درنهایت ارتفاع ۷۰ سانتیمتر برای عمق لایه خاک انتخاب شده است.

بررسی و آنالیز ساختمان کانال خاک

کانال ساخته شده را می توان در قالب یک تیر با بار گسترده ناشی از لایه خاک و بار ناشی از وزن مجموعه حامل درنظر گرفت. به همین منظور از سه ردیف تیرآهن به طول کلی ۲۴ متر استفاده شده است که هر ردیف به صورت دو تیر در امتداد یکدیگر است که به یکدیگر جوش خورده اند. فاصله تکیه گاهها بر اساس پیشنهاد مک گوایر (۱۹۸۶) به گونه ای درنظر گرفته شده است که مقدار خیز بیشینه تیرها در اثر بارهای وارده کمتر از $\frac{1}{800}$ فاصله تکیه گاههای مجاور باشد. در همین راستا، مدل تیرها در محیط نرم افزار انسیس به روش اجزاء محدود مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است و فاصله تکیه گاهها در اثر بیشینه بار ممکنه در حدود ۴۵۰ سانتیمتر به دست آمده است به نحوی که خیز وسط تکیه گاههای مجاور از ۱۰ میلیمتر تجاوز نکند. به منظور اطمینان بیشتر، فواصل تکیه گاهها در طرح نهائی ۲ متر در نظر گرفته شده است و در طول کل سویل بین از تعداد ۱۳ تکیه گاه برای هر ردیف از تیر آهنها استفاده شده است.طی شبیه سازی و تحلیل تیرها، نتایج تحلیل تنشهای به وجود آمده در تیرها مورد کنترل قرار گرفته و عدم امکان ایجاد شرایط بحرانی از نظر استحکام مکانیکی سازه مورد بررسی قرار گرفته است کف سازه سویل بین توسط ناودانیهای عرضی و تسمه های طولی شبکه بندی شده است و بر روی این مجموعه، ورق های آهنی قرار گرفته اند.

دیواره های کانال بواسطه ستونهایی به فاصله یک متر به همراه پوشش ورقهای آهنی تشکیل شده است و به منظور جلوگیری از خم شدن ورقها از یک سری ستونهای کوتاه در سرتاسر کانال استفاده شده است.ریلهای مسیر حرکت حامل بر روی سر ستونها به موازات یکدیگر جوش داده شده است. این ریل ها درقالب ناودانی هایی در طرفین کانال، مسیر حرکت چرخ های حامل را تشکیل داده است. کانال در دو انتها توسط ناودانی های عرضی بسته شده است. شکل ۱ تصویری از کانال ساخته شده را قبل از خاکریزی و نصب حامل و سایر اجزاء سویل بین نمایش داده شده است.

شکل ۱- کانال ساخته شده قبل از خاکریزی و نصب حامل و سایر اجزاء سویل بین

طراحی حامل

حرکت حامل بر روی ریلهای سویل بین به واسطه چهار بلبرینگ چرخی با اصطکاک ناچیز صورت می پذیرد که البته لازم است با روغن کاری مسیر ریلها، درگیری نرمتری را برای چرخها مهیا نمود. از یک سری بلبرینگ دیگر هم جهت قرارگیری چرخها در وسط ریل استفاده شده است که بر روی دیواره های جانبی ریلها می غلتند و موقعیت عرضی حامل را تثبیت می کند. از سویی، هندسه حامل باید امکان نصب ابزارهای درگیر با خاک و نیز تجهیزات اندازه گیری را فراهم نماید. در این طرح با توجه به ابعاد نسبتا بالای کانال خاک، سعی بر آن بوده است که انعطاف پذیری بیشتری در طراحی حامل پیش بینی گردد به گونه ای که امکان تغییر موقعیت ابزار در دو بعد عرضی و ارتفاع (عمق کار ابزار) مهیا شود. این امکان، قابلیت انجام آزمایشهای مختلف را با تغییر آسان موقعیت قرارگیری ابزار در عرض کانال و در فاصله دو متر و نیز در بعد ارتفاع قرارگیری ابزار با امکان تغییر ۶۰ سانتیمتر مهیا کرده است. شکل ۲ نمایی از حامل انباره خاک و ملحقات آن را به همراه تنظیمات پیش بینی شده در آن نمایش داده است.

شکل ۲- حامل انباره خاک و ملحقات آن

طراحی مشخصات موتور و سیستم انتقال قدرت

بیشینه توان تولید شده توسط موتور محرک را می توان با درنظر گرفتن بالاترین سطوح سرعت و نیروی کشش مورد نیاز تعیین نمود. در این میان لازم است مقدار راندمان انتقال قدرت در سیستم انتقال را نیز در نظر گرفت. بر همین اساس می توان توان موتور را مطابق رابطه (۱) بیان نمود.

$$P_{\max} = \frac{VP_{line}}{\eta} \quad (kw) \qquad (۱)$$

که در این رابطه $P_{\max}$ بیشینه توان مورد نیاز برحسب کیلو وات، V سرعت حرکت حامل برحسب متر بر ثانیه و P_{line} نیروی وارده بر حامل بر حسب کیلو نیوتن و η راندمان انتقال قدرت در مجموعه است. مقدار بیشینه نیروی کشش حامل بواسطه ضوابط استاندارد ASAE تخمین زده شده است (ASAE-D497.4).

به همین منظور، کشیده شدن یک گاوآهن برگرداندار تک خیشه با عرض کار ۴۰ سانتیمتر و در شرایط خاک سنگین به عنوان مبنای انتخاب موتور درنظر گرفته شده است. بر اساس استاندارد مزبور، توان تخمینی جهت غلبه بر شرایط تصور شده درحدود ۲۰ کیلو وات بوده است و بر این اساس الکتروموتور صنعتی سه فازی با توان ۲۲ کیلو وات (۳۰ اسب بخار) برای راه اندازی سویل بین، مناسب دیده شده و تهیه گردید.

طراحی مکانیکی بخشهای انتقال قدرت با درنظر گرفتن ملاحظات لازم در هر بخش صورت پذیرفته است. در این رابطه، انتخاب نوع فولاد و ابعاد محور محرک اصلی دستگاه با درنظر گرفتن توان الکتروموتور، سرعت دوران و گشتاور انتقالی موتور، هندسه قرارگیری یاتاقانها، خستگی و وضعیت اتصال کوپلینگهای اتصال چرخ زنجیرها به انجام رسیده است. در همین راستا، طراحی زنجیرها در بخش انتقال توان از موتور به محور محرک و نیز زنجیرهای کشنده حامل، مبتنی بر اصول طراحی اجزاء ماشین صورت پذیرفته است. علاوه بر محور اصلی محرک زنجیرها، محور دیگری هم در انتهای کانال قرار گرفته است که نگهداری چرخ زنجیرهای انتهایی را بر عهده داشته و هیچ گونه گشتاوری بر آن وارد نمی شود و طراحی آن با توجه به نیروهای وارده بر آن به صورت مجزا به انجام رسیده است. شکل۳ نمایی از مجموعه محرک و سیستم انتقال قدرت نصب شده بر روی سویل بین پس از ساخت را نمایش داده است.

شکل ۳- مجموعه محرک و سیستم انتقال نصب شده بر روی سویل بین

علاوه بر محور محرک که توسط موتور راه اندازی می شود محور دیگری هم در انتهای کانال تعبیه شده است که زنجیرهای کشنده حامل بر روی چرخ زنجیرهای متصل بر روی دو سر آن قرار گرفته است.

سیستم کنترل سرعت حامل

به منظور ایجاد سرعت های مختلف برای حرکت حامل سویل بین از مکانیزم های مختلفی می توان بهره گرفت. استفاده از یک جعبه دنده مکانیکی در خروجی الکتروموتور یکی از این روشها می باشد اما به دلیل اینکه تعداد حالت های قابل تولید توسط این مکانیزم ها محدود و متناسب با تعداد چرخدنده های مورد استفاده می باشد و این در حالی است که در صورتی که بتوان دامنه وسیعتری را برای سرعت های قابل حصول حامل تامین کرد امتیاز قابل توجهی به سیستم طراحی شده خواهد بخشید. از طرف دیگر با توجه به وزن بالای حامل و مجموعه های متصل به آن به نظر می رسد که نیروهای اینرسی وارده بر این مجموعه در حین راه اندازی و ترمز کردن، نیروهای قابل ملاحظه ای باشند و علاوه بر کاهش ایمنی کار دستگاه ممکن است منجر به ایجاد صدماتی در سیستم انتقال قدرت و زنجیرهای متصل به حامل گردند. با در نظر گرفتن این ملاحظات از یک اینورتر ایجاد فرکانس متغیر برای تغذیه الکتروموتور استفاده شده است که می تواند در دامنه وسیعی به ایجاد سرعت های متفاوت در محور خروجی الکتروموتور منجر شود. امتیاز دیگر این ابزار در قابلیت تنظیم شتاب راه اندازی و ترمز الکتروموتور است که می تواند با یک انتخاب متناسب با وضعیت کاری موجب کاهش نیروهای اینرسی در حامل سویل بین گردد.اینورتر مورد استفاده با استفاده از سایر بخشهای مربوط به تغذیه و فیوزهای ورودی برق سه فاز، در قالب یک تابلو کنترل در نزدیکی الکتروموتور محرک سویل بین نصب شده است. شکل ۴ نمایی از تابلو برق و اینورتر مجموعه را نمایش داده است.

شکل ۴: نمایی از تابلو برق و اینورتر مجموعه

تجهیزات فراوری و آماده سازی خاک

یکی از مهمترین پارامترهای مرتبط با تقابل خاک و ماشین عبارت است از وضعیت خاک که دربر گیرنده سختی خاک و خواص مکانیکی مربوط به سطح خاک است. انجام آزمایشات مرتبط با این زمینه مستلزم ایجاد شرایط متنوع وضعیت خاک است و از اینرو تجهیزاتی جهت تغییر شرایط مکانیکی و تسطیح خاک داخل کانال، مورد نیاز می باشد. پس از پر شدن کانال خاک با توجه به اینکه سطح خاک داخل کانال به صورت نامسطح بوده است لذا نیاز به یک تسطیح اولیه بوده و خاک سطح کانال به منظور رفع پستی و بلندیهای جزئی نیاز به تسطیح داشته است. به منظور فرآوری خاک موجود در انباره خاک، از خود سیستم محرک سویل بین استفاده شده است به گونه ای که حامل به مانند یک کشنده، قابلیت کشیدن انواع مختلف ابزارهای فرآوری خاک مانند لولر، چنگه و یا غلتک ها را دارا می باشد. ابزارهای مزبور باید در ابعاد متناسب طراحی و ساخته شوند. لولر ساخته شده دارای عرض کاری معادل عرض کانال است به گونه ای که با هر حرکت تمامی عرض کانال را تحت تاثیر خود قرار داده و سطح یکنواخت تری را به وجود آورد.علاوه بر تسطیح، خاک مورد آزمایش از نظر ایجاد شرایط فشردگی و سختی خاک هم مد نظر بوده و باید بتوان به گونه ای شرایط متنوع سختی خاک را نیز طی آزمایشات خاک و ماشین مهیا کرد. بر همین اساس از یک چنگه و یک کولتیواتور کوچک جهت نرم کردن سطح خاک کانال و کاهش سختی خاک استفاده شده است. شکل (۵) لولر و چنگه‌ی ساخته شده بر روی حامل را برای فراوری خاک نشان می‌دهد.

شکل ۵- a) لولر نصب شده بر روی حامل b) چنگه ساخته شده برای فرآوری خاک داخل کانال

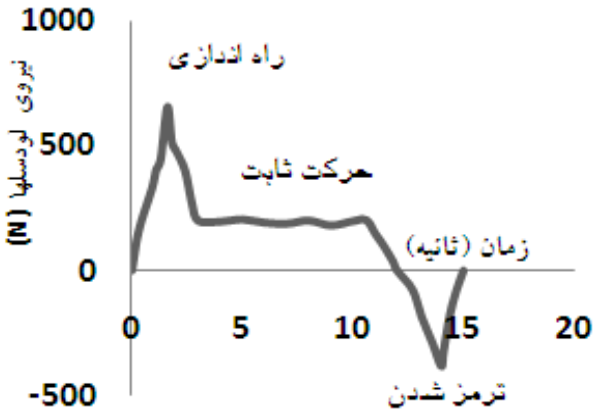
شکل ۵: اتصال چنگه و لولر بر روی حامل

عمق اثر چنگه مشابه لولر بوده و با استفاده از چرخش لولایی میل افزار حامل تنظیم می شود. اتصال این چنگه به حامل از محل سوراخ های متعدد تعبیه شده بر روی شاسی آن و با استفاده از چند پیچ و مهره صورت می گیرد. با توجه به وجود چندین سوراخ بر روی این ابزار، امکان تنظیم ارتفاع نصب آن نسبت به سطح خاک هم مهیا شده است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از اتمام مراحل ساخت و مونتاژ بخش های مختلف سویل بین و راه اندازی سیستم محرک و انتقال قدرت، آزمونهای اولیه ای به منظور تایید عملکرد سویل بین درنظر گرفته شده است. در همین راستا با توجه به اهمیت اینرسی ناشی از هندسه و جرم حامل در حرکت آن به ویژه هنگام ترمز کردن حامل، آزمایشهایی به عمل آمده است. به این منظور، لودسل هایی در دو طرف حامل و در محل اتصال زنجیرهای کشنده حامل نصب شده است و نیروی وارده بر حامل جهت کشیده شدن آن در وضعیت بی باری توسط یک سامانه جمع آوری و ثبت داده ها اندازه گیری و ثبت شده است.مجموع نیروهای به دست آمده از لودسلها در هر لحظه عبارت از نیروی کلی وارده بر حامل است و این نیرو در سه ناحیه مورد بررسی قرار گرفته است.

بخش نخست، مربوط به لحظه راه اندازی و شروع به حرکت حامل است که با توجه به تاثیر اینرسی حامل، نیروی زیادتری نسبت به حالت حرکت یکنواخت نیاز داشته و این موضوع در داده های ثبت شده نیز مشهود بوده است. بخش دوم، حرکت یکنواخت حامل را پوشش داده است و مقدار نیروی وارده بر حامل در حدفاصل راه اندازی و ترمز شدن را دربر می گیرد. این نیرو با ثابت بودن سرعت حامل، مستقل از اینرسی حامل بوده و صرفا در ارتباط با مقاومت های غلتشی و اصطکاکی در چرخهای حامل در تقابل با ریلها درنظر گرفته می شود. مقدار نیروی به دست آمده در این مرحله در ارتباط با کالیبراسیون سیستم اندازه گیری حائز اهمیت است چراکه نیروی وارده بر ابزار را می توان در قالب تفاضل نیروی ثبت شده با این نیرو درنظر گرفت. به عبارت دیگر، بخشی از نیروی نشان داده شده در آزمونها، مربوط به حرکت بدون بار حامل بوده و ارتباطی به نیروی وارده بر ابزار ندارد. بخش سوم، عبارت است از نیروی ناشی از اینرسی حامل در لحظه ترمز شدن و توقف آن در انتهای مسیر که این نیرو از نظر ایمنی حرکت حامل از اهمیت بالایی برخوردار است. جهت اندازه گیری این نیرو، با نصب لودسل ها در سوی دیگر حامل، مقدار کشش به وجود آمده در زنجیرها در زمان ترمز شدن حامل اندازه گیری شده است. این نیرو با عمل کردن اینورتر درقالب توقف الکتروموتور به وجود می آید و داده های به دست آمده حاکی از آن بوده است که عمل ترمز کردن حامل به طور مطمئن در توان اینورتر مورد استفاده بوده است و با توجه به پیشنهاد شرکت سازنده که ظرفیت ترمزی اینورتر را معادل یک سوم توان موتور، قابل قبول دانسته است با بررسی داده های به دست آمده، امکان رخداد هرگونه بیش باری در لحظه توقف بعید دیده شده است. شکل ۶ نیروی کلی وارده بر حامل را در سه ناحیه راه اندازی، حرکت یکنواخت و محدوده ترمزی در سرعت هدف یک متر بر ثانیه و بر اساس داده های مربوط به لودسل ها نشان داده است.



شکل ۶- نیروی کلی وارده بر حامل در سه ناحیه راه اندازی، حرکت یکنواخت و محدوده ترمزی

نتایج و بحث

در سالهای اخیر، کارهای متعددی در زمینه‌ی بررسی رابطه‌ی ماشین-خاک در انباره‌ی خاک گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه صورت گرفته است که می‌توان به چند نمونه از آنها اشاره نمود.

یکی از تحقیقات انجام شده، بررسی تأثیر سرعت پیشروی و فشار باد تایر بر مقاومت ناشی از عبور چرخ از موانع می‌باشد (قریب خانی، محمدی، محمدزاده، پیری زاده و مردانی، ۱۳۸۹). پارامترهای ورودی در سه سطح ۲/۴، ۴/۸ و ۷/۲ سانتی‌متر و فشار باد تایر در سطوح سه گانه ۰، ۵ و ۳۵ کیلوپاسکال مد نظر قرار گرفتند. براساس نتایج این تحقیق، سرعت پیشروی و مانع اثر معنی داری بر روی مقاومت به وجود آمده در جلوی چرخ داشتند، حال آنکه حداکثر نیروی وارده بر چرخ در فشارهای باد پایین‌تر تایر کاهش یافته است. شکل ۷ حرکت چرخ از روی مانع را در طی آزمایش نشان می‌دهد.

شکل ۷- حرکت چرخ روی مانع طی آزمایشات انجام شده در سویل بین

در تحقیق دیگر، ضربه دینامیکی وارد بر آزمونگر تک چرخ محرک سویل بین تحت تأثیر متغیرهای فشار باد تایر و سرعت پیشروی مورد بررسی قرار گرفت (افرنجه، مدرس مطلق و مردانی، ۱۳۹۱). نتایج تحقیق نشان داد که فشار باد تایر اثر معنی داری (در سطح ۵٪) بر ضربه دینامیکی وارد بر چرخ داشته است حال آنکه تأثیر سرعت پیشروی معنی دار نبود.

جهت بررسی رابطه‌ی بین مقاومت غلتشی و نشست خاک از آزمونگر تک چرخ استفاده گردید (ایلیاد الهی حصار، حداد درفشی و مردانی، ۱۳۹۲). شکل ۸ تصویر آزمونگر تک چرخ و حامل به همراه منضمات آنرا نشان می‌دهد.پارامترهای ورودی این آزمون شامل سه سطح از سرعت پیشروی ۰/۸، ۱ و ۱/۲ متر بر ثانیه، بار عمودی روی چرخ ۲، ۳ و ۴ کیلونیوتن و سه سطح از لغزش ۸، ۱۲ و ۱۵ درصد تعیین شدند. از نتایج این آزمون می‌توان به افزایش مقادیر نشست و مقاومت غلتشی خاک با افزایش لغزش و بار عمودی اشاره کرد. همچنین مشخص شد که سرعت بر مقاومت غلتشی تأثیر چندانی ندارد.

شکل ۸- آزمونگر تک چرخ و حامل به همراه منضمات آن

تحقیق دیگر در مورد کاهش افت انرژی در رابطه با مقاومت غلتشی تایر در انباره‌ی خاک می‌باشد که با آزمونگر تک چرخ مورد تجزیه و تحلیل واقع شد (Taghavifar and Mardani, 2014). نتایج این تحقیق نشان داد که تحت اعمال متغیرهای ورودی بهینه (بار روی چرخ، ۱/۲ کیلونیوتن، فشار باد تایر، ۲۹۶ کیلوپاسکال و سرعت پیشروی ۲ متر بر ثانیه) افت انرژی به میزان ۱۵/۴۶ ژول کاهش می‌یابد.

اعتبارسنجی شبیه سازی اجزای محدود مقاومت غلتشی چرخ غیر محرک (دیباگر، مردانی، مدرس مطلق و جعفری، ۱۳۹۲)، بررسی اثر عمق، عرض و زاویه نفوذ ادوات باریک خاکورز بر نیروی کششی (احمدی مقدم، چراغی، شیخی آراسته و احمدی، ۱۳۹۱)، بررسی اثرات فشار باد تایر و بار عمودی و سرعت تایر بر روی ضربه دینامیکی وارده بر اکسل چرخ (جوکار، کهریزی و رشیدی، ۱۳۹۲) کارهای دیگری بود که در زمینه‌ی ارتباط ماشین و خاک در محیط انباره‌ی خاک اشاره شده، انجام شده است.

منابع و مآخذ

۱. اباصلت افرنجه، اسعد مدرس مطلق، عارف مردانی و روح الله جوکار. "اثرات فشار باد تایر و سرعت پیشروی بر ضربه دینامیکی وارد بر آزمونگر تک چرخ محرک سویل بینی"، هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران. شیراز، ۱۳۹۱.

۲. ایلیاد الهی حصار ، محمد علی حداد درفشی و عارف مردانی، هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران. مشهد، ۱۳۹۲.

۳. پرویز احمدی مقدم، لعیا چراغی ، امیر شیخی آراسته و صمدی،ی. "بررسی اثر عمق، عرض و زاویه نفوذ ادوات باریک خاکورز بر نیروی کششی در انباره‌ی خاک"، هفتمین کنگره‌ی ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ۱۳۹۱.

۴. شیخ داودی،م. مینایی،س. الماسی،م.و قبادیان،ب.(۱۳۸۴). ساخت و ارزیابی دستگاه کامل اندازه گیری و مطالعه فرآیند زمین گیرایی تحت شرایط کنترل شده. مجله علمی کشاورزی، ۲۸، ۲۸-۱۳

۵. . نساء دیباگر، عارف مردانی، اسعد مدرس مطلق و حجت جعفری، "اعتبارسنجی شبیه سازی اجزای محدود مقاومت غلتشی چرخ غیر محرک با آزمون‌های تجربی"، هشتمین کنگره‌ی ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران.مشهد. ۱۳۹۲

6. R. L. Raper, L. E. Asmussen, and, J. B. Powl, “Sensing hard pan depth with ground-penetration radar”, Transactions of ASAE vol. 33, No. 1, pp. 41-46, 1990.

7. H. Taghavifar, and A. Mardani. “Energy loss optimization of run-off-road wheels applying imperialist competitive algorithm”, Information Processing in Agriculture. Vol. 1, No. 1, pp. 57-65, 2014.

8. J. V. Stafford, and D. C. Mattos. “The effect of forward speed on wheel-induced soil compaction: Laboratory simulation and field experiments”, Journal of Agricultural Engineering Research. Vol. 26, pp. 333-347, 1981.

9. J. Kurjenluoma, L. Alakukku, and J. Ahokas . “Rolling resistance and rut formation by implement tires on tilled clay soil Journal of Terra-mechanics”. Vol. 46, pp. 267-275, 2009.

10. K. carman. “Tractor forward velocity and tire load effects on soil compaction”. Journal of Terramechanics, Elsevier. Vol 31, pp. 11-20, 1994.

11. Y. Yang, and W. McGuire. “Discussion of “Stiffness Matrix for Geometric Nonlinear Analysis” .vol. 112, No 4, 1986.

12. L. W. Larson. W.G. Lovely, and C.W. Bockhop CW. “Predicting draft forces using model moldboard plows in agricultural soils”. Transactions of the ASAE, vol 11. NO 5 pp, 665-668, 1968.

Simulate the behavior of soil-machine and Dynamic parameters study in controlled conditions of the soil bin

Abstract

This paper introduces a set of soil bin and soil dynamic laboratory in department of mechanical engineering of biosystems in urmia university is discussed. The importance of this collection is in relation to between soil- machine and effects on soil that is directly related to agricultural farms performance. Sustainable agriculture is a modern look with a particular focus on the management of agricultural soils so that Enhancement of agricultural products at any price has not been accepted and the continuity and consistency of production is preferred. Laboratory set forth in this report, the ability to do research on soil management in relation to machine tools, such as tillage tools, planting, wheels and ground leveling machine provides.

Keywords: soil bin, testing wheel, soil-machine behavior, soil sinkage, sustainable agriculture**.**