طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه کنترل خودکار موقعیت ادوات کشاورزی نسبت به سطح زمین

ایمان فلاحی[1*]، محمدحسین آق‌خانی[2] و محمدرضا بیاتی[1]

۱- فارغ‌التحصیل مقطع کارشناسی‌ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،
imanfalahi@yahoo.com
۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی ، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

در این پژوهش اقدام به طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه کنترل موقعیت ادوات کشاورزی نسبت به سطح زمین شده‌است. این دستگاه موقعیت مناسب ادوات کشاورزی را نسبت به سطح زمین در هر نقطه از زمین کشاورزی محاسبه می‌کند، و سپس وسیله کشاورزی را در موقعیت بهینه قرارمی‌دهد. موقعیت بهینه ادوات توسط نرم‌افزار نوشته شده برای دستگاه و با استفاده از داده‌های ورودی محاسبه می‌شود. دستگاه ساخته شده در عملیات خاکورزی دقیق بوسیله زیرشکن مورد آزمایش قرار گرفت. میزان دقت دستگاه در اعمال عمق مورد نظر، زمان و سرعت عملکرد دستگاه در رسیدن به موقعیت مطلوب در زمین کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین مسافت طی شده توسط تراکتور در زمین کشاورزی، از لحظه صدور فرمان تغییر عمق تا لحظه رسیدن به عمق تعیین شده نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. فاکتورهای در نظرگرفته شده نوع تغییر عمق (افزایش و یا کاهش) و هفت مرحله تغییر عمق به اندازه ۵۰ میلی‌متر در بازه ۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر بوده‌است. علاوه بر دو فاکتور ذکر شده، فاکتور دنده پیشروی نیز در نظر گرفته‌شد (دنده‌های یک، دو و سه تراکتور مسی‌فرگوسن ۳۹۹). میزان دقت بدست آمده در زمین کشاورزی برای افزایش۴/۱۹ درصد در دنده یک، ۵/۱۹ درصد در دنده دو و ۵/۷۸ درصد در دنده سه محاسبه شد. دقت دستگاه در اعمال عمق مورد نظر در حالت کاهش عمق مقادیر ۶/۸۴ درصد برای دنده یک، ۴/۶۷ درصد برای دنده دو و ۶/۴۱ درصد برای دنده سه بدست آمد.

واژگان کلیدی: حسگر اندازه‌گیری، خاکورزی دقیق،عملگر هیدرولیکی،نرم‌افزار کنترل

مقدمه

جمع آوری اطلاعات، پردازش آن‌ها و تصمیم‌گیری بر مبنای نتایج بدست آمده در کشاورزی موجب پیدایش علم جدیدی به نام کشاورزی دقیق شده‌است. روش‌های جدید کشاورزی دقیق بر این عقیده استوار است؛ که خصوصیات مختلف زمین

کشاورزی و محصول در نقاط مختلف زمین متفاوت می‌باشد؛ و انجام عملیات مختلف کشاورزی مانند سمپاشی، کودپاشی، خاکورزی و سایر عملیات کشاورزی، با نرخ یکسان و ثابت در تمام مزرعه، اشتباه است. چراکه ممکن است میزان عملیات انجام شده در یک نقطه بیشتر از مقدار مورد نیاز باشد، که در نتیجه موجب تخریب محیط زیست، از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، افزایش مصرف نهاده‌های کشاورزی (کود، بذر، سم، عمق شخم، سوخت، انرژی)، افزایش استهلاک ماشین آلات، افزایش هزینه‌های تولید، کاهش میزان تولید، کاهش سود و غیره خواهد شد؛ و یا اینکه ممکن است نرخ عملیات انجام شده در یک نقطه کمتر از میزان لازم باشد، که باز هم اثرات نامطلوب در کیفیت کار خواهد داشت.کشاورزی دقیق، یک نگرش مدیریتی جدید در مزارع کشاورزی می‌باشد که مبنای تصمیم‌گیری در آن، داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده از زمین کشاورزی است. (Hernández & Mulla,2008).

در حال حاضر در ایران، بدون بررسی‌های قبلی و به طور وسیع در عملیات تهیه زمین از گاوآهن برگردان‌دار استفاده می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که این ادوات در بسیاری از موارد منجر به ایجاد لایه متراکم و فشرده‌ای از خاک و یا به عبارت دقیق‌تر لایه سخت شخم می‌شوند؛ که اغلب برای شکستن این لایه، مشابه لایه سخت خاک نیاز به انجام شخم عمیق توسط زیرشکن می‌باشد. (امیرجوادی و شهیدزاده، ۱۳۸۴)

برای از بین بردن لایه سخت خاک، که مانعی برای افزایش عملکرد محصول می‌باشد؛ نیاز به انجام عملیات زیرشکنی است. به عبارت دیگر هدف اصلی استفاده از زیرشکن، ایجاد شکاف در لایه سخت خاک می‌باشد. اما در بسیاری از تحقیقات مشخص گردید که، عمق تشکیل این لایه و نیز ضخامت آن در نقاط مختلف یک زمین کشاورزی دارای اختلاف بسیار زیادی می‌باشد(Raper et al, 2005).

اگرچه می‌توان اثرات نامطلوب لایه‌های فشرده خاک را توسط زیرشکن کاهش داد، اما انجام زیرشکنی در عمق بیشتر از مقدار مورد نیاز، موجب افزایش مصرف سوخت، مخلوط شدن خاک رسی لایه‌های زیرین با خاک سطحی و فرسایش خاک می‌شود. ضمن اینکه افزایش بی‌مورد عمق شخم تاثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد محصول نخواهد داشت. در طی تحقیقی که

طی ۴ سال در مزارع پنبه در دانشگاه آلاباما انجام شد، نیروی کششی مورد نیاز و سوخت مصرفی در عملیات زیرشکنی به دو صورت عمق ثابت و عمق متغیر مورد مقایسه قرار گرفت. آزمایش‌ها در زمین‌هایی انجام شد که لایه سخت آن‌ها در عمق‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ سانتی‌متر قرار داشت. عملیات زیرشکنی عمق ثابت در عمق ۴۵ سانتی‌متر انجام شد (عمق زیرشکنی متداول مزارع پنبه در امریکا). میزان مصرف سوخت در حالت زیرشکنی عمق متغیر در شرایطی که لایه سخت در عمق ۲۵ سانتی‌متری قرار داشت؛ در مقایسه با زیرشکنی عمق ثابت مقدار ۴۳ درصد و در حالتی که لایه سخت خاک در عمق ۳۵ سانتی‌متری قرار داشت؛ ۲۷ درصد کاهش داشت. البته در شرایطی که لایه فشرده خاک در ۴۵ سانتی‌متری زمین قرار داشت، اختلاف قابل ملاحضه‌ای در میزان مصرف سوخت بین دو روش خاکورزی دیده نشد.برطبق نتایج حاصل می‌توان گفت که، انجام زیرشکنی عمق متغیر با توجه به کاهش قابل ملاحضه میزان مصرف سوخت و توان مورد نیاز موجب صرفه جویی زیادی در هزینه عملیات می‌گردد (Raper el al, 2007). می‌توان گفت با کاهش عمق زیرشکنی در نقاطی از زمین کشاورزی که لایه سخت خاک در عمق‌های بالاتر قرار دارد؛ می‌توان به مقدار قابل ملاحظه‌ای در مصرف سوخت صرفه‌جویی کرد. که در نتیجه موجب کاهش هزینه‌های تولید و افزایش سودآوری می‌گردد. این نکته دلیل قانع کننده‌ای برای سود آور بودن عملیات زیرشکنی برمبنای خصوصیات نقطه‌ای زمین کشاورزی می‌باشد(Kichler et al, 2007). انرژی مورد نیاز و سوخت مصرفی و مقدار نفوذ ریشه گیاه در خاک، در دو زمین کشاورزی، در منطقه کوستال امریکا برای سه حالت بدون زیرشکنی، زیرشکنی با عمق ثابت ۴۵ سانتی‌متر و زیرشکنی عمق متغیر براساس عمق و ضخامت لایه سخت خاک مورد مطالعه قرار گرفت. انرژی مورد نیاز برای زیرشکنی براساس خصوصیات مکانی در مقایسه با زیرشکنی عمق ثابت مقدار ۵۶/۴ درصد کاهش یافت. همچنین سوخت مصرف شده در حالت زیرشکنی عمق متغیر در مقایسه با زیرشکنی مرسوم ۳۳/۸ درصد کاهش یافت. همان‌طور که ازقبل انتظار می‌رفت؛ مقدار نفوذ ریشه به اعماق زمین کشاورزی در حالت بدون زیرشکنی بسیار کمتر از حالتی بود که از عملیات زیرشکنی استفاده شده بود؛ و این به دلیل فشار وارد شده از سوی لایه سخت خاک به ریشه برای توسعه در راستای افق می‌باشد(Gorucu et al, 2011).

در بررسی اثر زیرشکنی بر عملکرد کمی و کیفی سیب‌زمینی در ایستگاه تجرک همدان، نتیجه گیری شد که زیرشکنی در عمق بیش از ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر موجب کاهش مقاومت خاک به مقدار ناچیز در لایه‌های پایین‌تر از ۲۵ سانتی‌متری زمین

شده‌است. براساس نتایج حاصله، در محصولات آبی همچون سیب‌زمینی که آب مورد نیاز در فواصل کم در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، نیازی به عملیات زیرشکنی در عمق بیش از ۲۵ سانتی‌مترنمی‌باشد. (حیدری و همکاران، ۱۳۸۲)

بنابر تحقیقات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که، به منظور انجام عملیات زیرشکنی با حداکثر کیفیت، نیاز است که عمق زیرشکنی برمبنای موقعیت و ضخامت لایه سخت خاک تعیین گردد.

طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه کنترل و تنظیم موقعیت ادوات کشاورزی نسبت به سطح زمین جزء فرضیه‌های این تحقیق می‌باشد. بطوریکه موقعیت مناسب ادوات کشاورزی نسبت به سطح زمین در هر لحظه و هر نقطه از زمین کشاورزی با توجه به داده‌های ورودی محاسبه شود، و سپس وسیله کشاورزی در عمق و یا ارتفاع بهینه قرارگیرد. البته آزمایش‌های انجام شده در این پژوهش محدود به انجام عملیات زیرشکنی به صورت عمق متغیر بوده‌است.

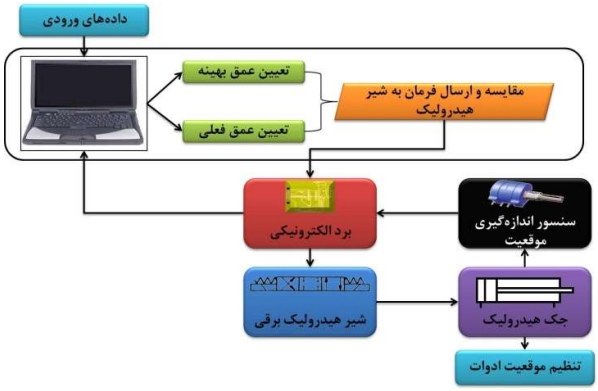
مواد و روش‌ها

به منظور قرارگیری ادوات در عمق و یا ارتفاع بهینه، دستگاهی تحت عنوان «دستگاه کنترل خودکار موقعیت ادوات کشاورزی نسبت به سطح زمین» طراحی و ساخته‌شده که از سه بخش اصلی واحد اندازه‌گیری و تشخیص، واحد کنترل و فرمان و در نهایت واحد عملگرهیدرولیکی تشکیل شده‌است.

واحد اندازه‌گیری دستگاه شامل حسگر تعیین عمق می‌باشد؛ که این حسگر با شاسی افقی ادوات متصل به تراکتور از طریق یک قوطی ۲×۲ در ارتباط است؛ و موقعیت ادوات را، از طریق مدار الکترونیکی واسط برای واحد کنترل و فرمان ارسال می‌کند.

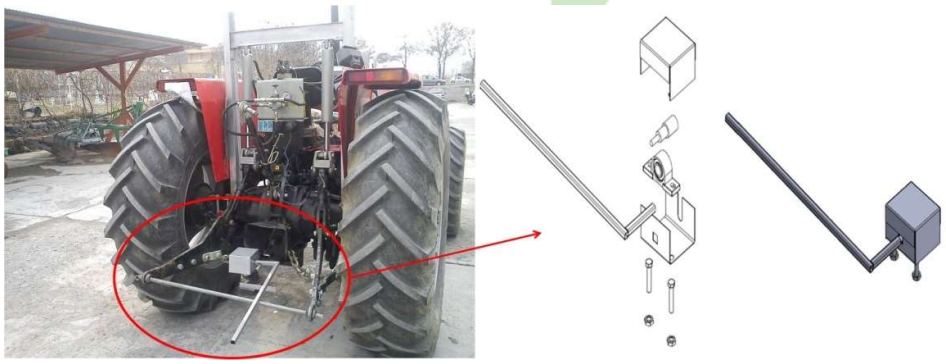
واحد کنترل از سه بخش مدار الکترونیکی واسط، نرم‌افزار کامپیوتری رابط کاربر و پردازشگر(که در اینجا یک نوت‌بوک انتخاب می‌باشد) تشکیل شده‌است. کاربر از طریق نرم‌افزار نوع عملکرد دستگاه را تعیین کرده (دستی، اتوماتیک موقعیت ثابت و یا اتوماتیک موقعیت متغیر)؛ و سپس با توجه به انتخاب خود، اطلاعات مورد نیاز را برای سیستم تعریف می‌کند. سپس نرم‌افزار، عمق

و یا ارتفاعی را که با توجه به نیازهای اپراتور، ادوات باید در آن قرار گیرد را محاسبه می‌کند. همچنین نرم‌افزار سیگنال‌های موقعیت لحظه‌ای ادوات را از حسگر اندازه‌گیری فراخوانی کرده و سپس عمق و یا ارتفـاع لحظـه‌ای ادوات را محاسـبه مـی‌کنـد. در نهایـت نرم‌افزار با مقایسه دو موقعیت محاسبه شده، فرمان‌های لازم را از طریق مدار الکترونیکی واسط بـرای سیسـتم هیـدرولیک ارسـال می‌کند.سیستم عملگر هیدرولیکی دستگاه وظیفه قرار دادن ادوات در موقعیت مطلوب را برعهده دارد. (شکل ۱)



شکل ۱: شماتیک عملکرد دستگاه

اما برای تعیین موقعیت قرارگیری ادوات متصل به تراکتور نسبت به زمین از مکانیزمی استفاده شده‌است که؛ تغییر ارتفاع و یا عمق وسیله کشاورزی باعث چرخش یک پتانسیومتر ولومی فلزی و در نتیجه تغییر ولتاژ در یک مدار الکترونیکی می‌شود. ایـن اطلاعات توسط برنامه کامپیوتری نوشته شده به صورت عمق و یا ارتفاع نسبت به زمین محاسبه و نشان داده می‌شود(شکل ۲).



شکل ۲: سنسور اندازه‌گیری موقعیت

تغییر موقعیت قرارگیری ادوات کشاورزی نسبت به زمین، موجب حرکت دورانی قوطی تعبیه شده می‌گردد؛ و این حرکت موجب چرخش یک پتانسیومتر می‌شود. چرخش پتانسیومتر موجب تغییر ولتاژ می‌گردد. این تغییر ولتاژ در پردازشگر مرکزی برحسب میلیمتر کالیبره شده‌است.

ارسال اطلاعات توسط حسگر اندازه‌گیری برای واحد کنترل و فرمان بصورت پیوسته انجام می‌شود؛ بطوریکه براساس برنامه نوشته شده برای میکروکنترل، حسگر اندازه‌گیری در هر ۲۵۰ میلی‌ثانیه یک سیگنال از موقعیت ادوات برای واحد کنترل ارسال می‌کند. دریافت سیگنال‌های حسگر اندازه‌گیری موقعیت، دریافت اطلاعات از کاربر، پردازش داده‌های وارد شده، محاسبه عمق و یا ارتفاع بهینه و در نهایت ارسال فرمان به عملگر هیدرولیک توسط واحد کنترل انجام می شود؛ که شامل سه قسمت اصلی مدار الکترونیکی، پردازشگر مرکزی و نرم‌افزار کنترل و فرمان می‌باشد. برد الکترونیکی رابط وظیفه برقرار ارتباط و تبادل اطلاعات بین حسگر اندازه‌گیری، پردازشگر مرکزی و شیر هیدرولیکی را برعهده دارد.پردازشگر مرکزی در این تحقیق، کامپیوتر قابل حمل انتخاب شده‌است. کامپیوتر مذکور دارای پورت سریال RS232 برای برقراری ارتباط با برد الکترونیکی می‌باشد.

نرم‌افزار کنترل و فرمان ابتدا با دریافت داده‌های ورودی مقدار عمق و یا ارتفاع بهینه را محاسبه می‌کند. این اطلاعات شامل عمق قرارگیری لایه سخت خاک می‌باشد؛ که یا از طریق نقشه‌های GIS و یا از طریق فایل‌های پیش فرض تهیه شده موقعیت قرارگیری لایه سخت خاک را دریافت می‌کند.

اما از سوی دیگر نرم‌افزار کنترل و فرمان با دریافت سیگنال‌های حسگر اندازه‌گیری، موقعیت ادوات را در هر لحظه محاسبه می نماید؛ و برای اپراتور نیز نمایش می‌دهد.

در نهایت نرم‌افزار با مقایسه دو موقعیت محاسبه شده فرمان تغییر و یا ثابت ماندن وضعیت شیرهیدرولیک سه وضعیتی را از طریق برد الکترونیکی واسط، برای آن ارسال می‌کند. با تنظیم وضعیت شیرهیدرولیک با هر بار ارسال فرمان از طرف نرم‌افزار، جک‌های هیدرولیک باز و یا بسته خواهند شد؛ و یا در صورت لزوم بدون تغییر خواهند ماند. بدین ترتیب موقعیت ادوات متصل به تراکتور کنترل و تنظیم می‌شود. فرایند شرح داده شده بصورت یک حلقه بسته بطور مداوم در تمام طول عملیات اجرا می‌شود.

برای دریافت اطلاعات از راننده تراکتور، دریافت داده‌های ارسالی حسگر اندازه‌گیری، محاسبات تعیین عمق و یا ارتفاع بهینه، در نهایت کنترل و فرمان سیستم هیدرولیک دستگاه، توسط ویژوال بیسیک دات نت ۲۰۰۸ نرم افزاری نوشته شده‌است که وظیفه کنترل و فرمان دستگاه کنترل خودکار موقعیت ادوات را بر عهده دارد. این نرم افزار به نوعی رابط بین اپراتور و دستگاه ساخته شده نیز می‌باشد، زیرا اطلاعات مورد نیاز را از اپراتور دریافت می‌کند و در هر لحظه نتایج تمام محاسبات خود و موقعیت لحظه‌ای ادوات را به اطلاع کاربر می‌رساند.نرم‌افزار نوشته شده سه بخش عملکردی اصلی دارد. به عبارت دیگر نرم افزار طوری طراحی شده است که، توسط آن می‌توان موقعیت ادوات را به صورت غیر اتوماتیک، اتوماتیک موقعیت ثابت، و اتوماتیک موقعیت متغیر کنترل نمود.

بخش عملگر دستگاه در واقع سیستم هیدرولیک طراحی شده، برای اعمال ارتفاع و یا عمق مورد نظر می‌باشد. به‌گونه‌ای که با تغییر طول جک‌های هیدرولیک، عمق و یا ارتفاع ادوات کشاورزی نسبت به سطح زمین تغییر داده می‌شود. عملگر هیدرولیکی دستگاه با دریافت فرمان از واحد کنترل، ادوات را در موقعیت مورد نظر قرار می‌دهد. ضمن اینکه عملکرد این بخش از دستگاه بطور پیوسته توسط سیستم اندازه‌گیری برای واحد کنترل ارسال می‌شود. عملکرد مدار هیدرولیک دستگاه کاملا مستقل از عملکرد سیستم هیدرولیک تراکتور می‌باشد؛ بطوریکه در کار این دو تداخلی ایجاد نمی‌شود؛ و اپراتور می‌تواند در هر زمان از سیستم هیدرولیک تراکتور و یا از دستگاه ساخته شده استفاده نماید.

برای انجام آزمایشات از تراکتور مسی‌فرگوسن ۳۹۹ و زیرشکن تک ساقه استفاده گردید. دور موتور تراکتور ۱۳۰۰ دور و فشار کاری سیستم هیدرولیک دستگاه ساخته شده ۱۱۰ بار تنظیم شد. (شکل ۳).

شکل ۳:دستگاه کنترل خودکار موقعیت ادوات کشاورزی نسبت به زمین

برای تست دستگاه در زمین کشاورزی، در یک آزمایش فاکتوریل ۷×۳×۲ میزان عدم دقت دستگاه و سرعت عملکرد دستگاه در رسیدن به موقعیت مطلوب با یک طرح کاملاً تصادفی تحت شرایط افزایش یا کاهش عمق شخم متشکل از سه دنده پیشروی (دنده‌های یک، دو و سه تراکتور مسی‌فرگوسن ۳۹۹) و هفت مرحله تغییر عمق ۵۰ میلی‌متری در بازه ۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر مورد بررسی قرار گرفت. و سپس مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن انجام گرفت.

در بررسی دیگری در زمین کشاورزی، با توجه به نوع گیاه و عمق قرارگیری لایه سخت خاک، در قسمت‌های مختلف زمین کشاورزی در حین انجام عملیات، عمق مطلوب توسط نرم‌افزار دستگاه تعیین گشته و توسط سیستم هیدرولیک اعمال شد. این آزمون در سه سرعت پیشروی انجام شد(با انتخاب سه دنده متفاوت برای حرکت با تراکتور مسی‌فرگوسن ۳۹۹)؛ و مقدار عدم‌دقت و مسافت طی شده توسط تراکتور مورد بررسی قرار گرفت.

برای محاسبه مقدار عدم دقت دستگاه از فرمول (۱) استفاده شده‌است. که در آن D_1، مقدار عمق مطلوب و D_2، مقدار عمق اعمال شده و E، مقدار خطای اعمال عمق بر حسب درصد می‌باشد.(البته در فرمول شماره یک مقدار قدرمطلق تفاضل دو عمق در نظر گرفته می‌شود.)

$$E=[(D_2-D_1)/D_1]\times 100 \qquad (۱)$$

نتایج و بحث

در زمین کشاورزی مقدار عدم دقت دستگاه در شرایط افزایش عمق زیرشکنی ٪۴/۱۹ در دنده‌ی یک، ٪۵/۱۹ در دنده‌ی دو و ٪۵/۷۸ در دنده‌ی سه محاسبه شد. مقادیر بدست آمده برای میزان عدم دقت دستگاه در شرایط کاهش عمق در سه دنده‌ی مذکور به ترتیب ۶/۸۴، ۴/۶۷ و ۶/۴۱ درصد می‌باشد.

در جدول ۱نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش‌های آزمون مقدار عدم دقت در زمین کشاورزی نشان داده شده‌است. اعداد ورودی برای تجزیه واریانس، مقادیر حاصل از فرمول محاسبه عدم دقت می‌باشد. ملاحضه می‌شود که تنها، اثر فاکتور مرحله تغییر عمق معنی‌دار است. فاکتورهای سرعت پیشروی(دنده‌ی حرکتی) و افزایش یا کاهش عمق بر عدم دقت اعمال عمق تاثیر معنی‌دار ندارند. ضمناً اثر متقابل تمام فاکتورها نیز بدون معنی شده‌است.

جدول ۱: تجزیه واریانس داده‌های آزمایش‌های آزمون مقدار عدم دقت در زمین کشاورزی

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
تیمار	۱۲۰۵/۶۷	۴۱	۲۹/۴۱	۱/۶۸*
نوع تغییر عمق	۲۶/۶۹	۱	۲۶/۶۰	۱/۵۱ ns
سرعت پیشروی(دنده حرکتی)	۲۸/۵۳	۲	۱۴/۲۷	۰/۸۱ ns
مرحله تغییر عمق	۳۸۷/۱۸	۶	۶۴/۵۳	۳/۶۶*
اثر متقابل نوع و دنده حرکتی	۵۴/۲۴	۲	۲۷/۱۲	۱/۵۴ns
اثر متقابل نوع و مرحله	۱۰۹/۴۱	۶	۱۸/۲۴	۱/۰۳ns
اثر متقابل دنده حرکت و مرحله تغییر عمق	۲۶۱/۹۲	۱۲	۲۱/۸۳	۱/۲۴ns
اثر متقابل هر سه فاکتور	۳۳۶/۶۹	۱۲	۲۸/۱۴	۱/۶۰ ns
اشتباه	۱۴۸۰/۱۲	۸۴	۱۷/۶۲	
کل	۲۶۵۸/۸	۱۲۵	۲۱/۴۹	

ns اثر معنی‌دار وجود ندارد. ** معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

در بررسی سرعت عملکرد دستگاه در آزمون‌های زمین کشاورزی مقدار سرعت عملکرد در حالت افزایش عمق برای سه دنده مختلف به ترتیب ۱۵۸/۳۱، ۱۷۱/۲۷، ۲۲۸/۲۴ میلی‌متر بر ثانیه بدست آمد؛ و این مقادیر برای حالت کاهش عمق به ترتیب عبارتند از: ۱۲۳/۲۸، ۱۶۹/۱۲ و ۱۶۹/۶ میلی‌متر بر ثانیه.

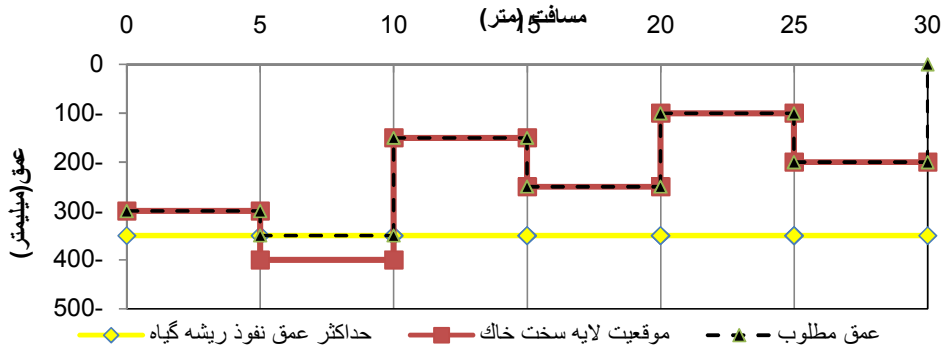
جدول ۲ بیانگر نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش آزمون سرعت عملکرد دستگاه در مزرعه می‌باشد. با توجه به این جدول مشخص است که تاثیر نوع تغییر عمق، دنده حرکت، مرحله تغییر عمق و اثر متقابل دو فاکتور نوع تغییر عمق (افزایش یا کاهش عمق) و دنده حرکت تراکتور بر سرعت عملکرد دستگاه تاثیر معنی‌دار دارند. اما اثر متقابل سایر فاکتورها بر سرعت عملکرد معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۲:نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش آزمون سرعت عملکرد دستگاه در مزرعه

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
تیمار	۱۹۳۲۵۰/۸۹	۴۱	۴۷۱۳/۴۴	۲/۸۵*
نوع تغییر عمق	۳۲۱۳۳/۱۷	۱	۳۲۱۳۳/۱۷	۱۹/۴۵*
سرعت پیشروی(دنده حرکت)	۷۰۹۴۲/۰۲	۲	۳۵۴۷۱/۰۱	۲۱/۴۷*
مرحله تغییر عمق	۲۹۱۳۱/۸۹	۶	۴۸۵۵/۳۲	۲/۹۴*
اثر متقابل نوع و دنده حرکت	۱۶۹۰۶/۷۶	۲	۸۴۵۳/۳۸	۵/۱۲*
اثر متقابل نوع و مرحله تغییر عمق	۱۳۱۹۸/۱۷	۶	۲۱۱۹/۷۰	۱/۳۳
اثر متقابل دنده حرکت و مرحله	۱۹۴۰۴/۴۰	۱۲	۱۵۸۶/۷۸	۱/۳۳ns
اثر متقابل هر سه فاکتور	۱۱۸۹۷/۴۸	۱۲	۹۹۲/۴۶	۰/۶۰ns
اشتباه	۱۳۸۸۰۲/۶۴	۸۴	۱۶۵۲/۴۱	
کل	۳۳۲۰۵۳/۵۰	۱۲۵	۲۶۵۶/۴۳	

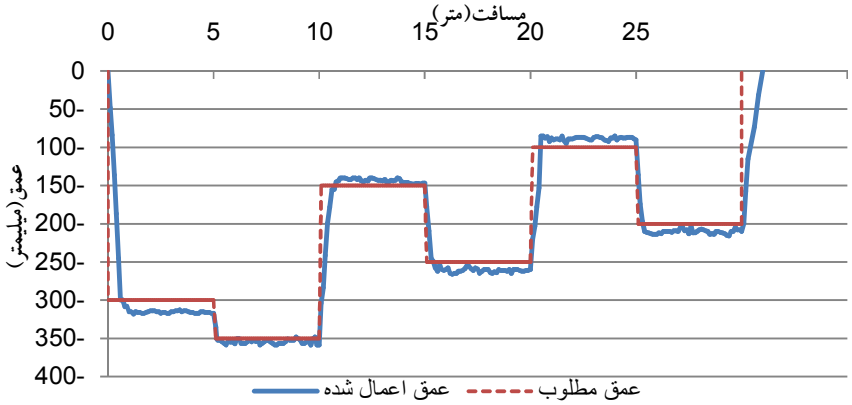
ns اثر معنی‌دار وجود ندارد. ** معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

در آزمایش دیگری در زمین کشاورزی، پروفیل طولی عمق مطلوب برای زیرشکنی با توجه به حداکثر عمق توسعه ریشه گیاه مفروض و عمق تشکیل لایه سخت خاک توسط نرم افزار دستگاه بصورت**شکل ۴** محاسبه گردید.

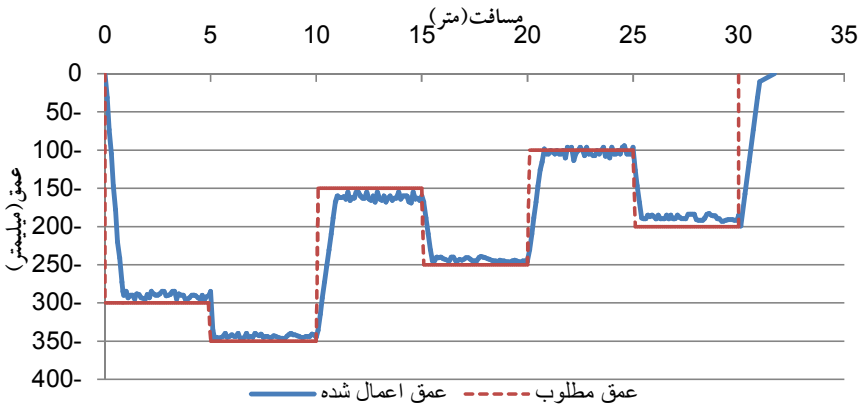


شکل ۴: پروفیل طولی عمق مطلوب زیرشکنی با توجه به حداکثر عمق توسعه ریشه گیاه مفروض و عمق تشکیل لایه سخت خاک

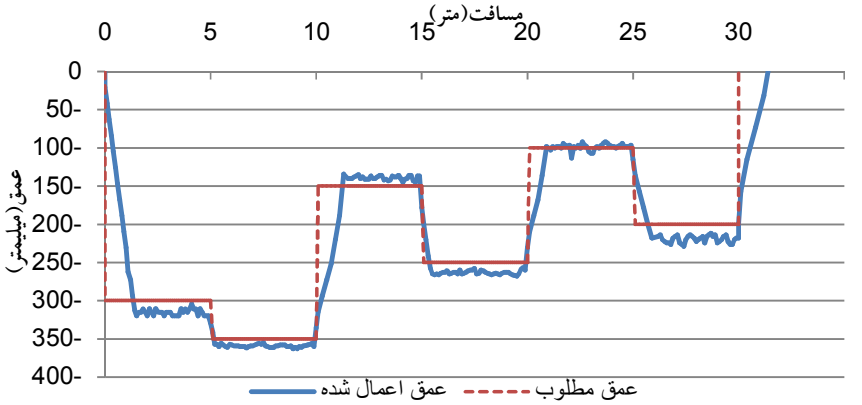
پارامترهای پیش‌فرض به‌گونه‌ای برای نرم‌افزار تعریف شده است که، مسیر عملیات زیرشکنی به شش ناحیه تقسیم شده است. و نرم‌افزار در هر ناحیه با توجه به حداکثر عمق توسعه ریشه گیاه و عمق تشکیل لایه سخت خاک، عمق مطلوب برای زیرشکنی را تعیین می‌کند.در نهایت با توجه به عمق مطلوب محاسبه شده توسط نرم‌افزار کنترل و فرمان که در **شکل ۴** با رنگ سیاه و بصورت نقطه‌چین نشان داده شده است، عملیات زیرشکنی عمق متغیر انجام شد.در شکل ۵تا شکل ۷پروفیل طولی عمق اعمالی توسط دستگاه و عمق مطلوب، به ترتیب در دنده‌های یک، دو و سه نشان داده شده‌است.



شکل ۵:پروفیل طولی عمق اعمالی توسط دستگاه و عمق مطلوب در دنده یک



شکل ۶:پروفیل طولی عمق اعمالی توسط دستگاه و عمق مطلوب در دنده دو



شکل ۷:پروفیل طولی عمق اعمالی توسط دستگاه و عمق مطلوب در دنده سه

در جدول ۳ نتایج عمق اعمال شده و دقت دستگاه در هر مرحله از تغییر عمق در سه دنده مورد آزمایش نشان داده شده‌است.

جدول ۳:نتایج عمق اعمال شده و دقت دستگاه در هر مرحله از تغییر عمق در سه دنده آزمایش

	۰/۴		۰/۶		۱۵/۰	
شماره ناحیه	عمق مطلوب	عمق اعمال شده	دقت	عمق اعمال شده	دقت	عمق اعمال شده	دقت
۱	-۳۰۰	-۳۱۶	۵/۲	-۲۹۰	۳/۲	-۳۱۵	۵/۱
۲	-۳۵۰	-۳۵۴	۱/۳	-۳۴۴	۱/۸	-۳۵۹	۲/۶
۳	-۱۵۰	-۱۴۳	۴/۳	-۱۶۲	۷/۹	-۱۳۹	۷/۱
۴	-۲۵۰	-۲۶۱	۴/۴	-۲۴۴	۲/۶	-۲۶۳	۵/۴
۵	-۱۰۰	-۸۸	۱۱/۷	-۱۰۳	۲/۶	-۱۰۵	۵/۳
۶	-۲۰۰	-۲۱۰	۵/۲	-۱۸۸	۵/۸	-۲۲۰	۹/۸

در جدول ۴ با توجه به مقدار تغییر عمق در هر مرحله، مسافت طی شده تا رسیدن به عمق مورد نظر در هر سه دنده نشان داده شده‌است.

جدول ۴:مسافت طی شده تا رسیدن به عمق مورد نظر

شماره ناحیه	مقدار تغییر عمق	دنده یک	دنده دو	دنده سه
۱	-۳۰۰	۱	۰/۸۵	۱/۵
۲	-۵۰	۰/۶	۰/۱	۰/۲
۳	۲۰۰	۰/۵	۰/۹	۱/۴
۴	-۱۰۰	۰/۳	۰/۴	۰/۴
۵	۱۵۰	۰/۴	۰/۷	۰/۹
۶	-۱۰۰	۰/۳	۰/۴	۱/۱

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق دستگاه الکتروهیدرولیکی طراحی و ساخته شده‌است که، با نصب آن بر روی تراکتور، در حین انجام عملیات کشاورزی می‌توان موقعیت ادوات خاکورزی را نسبت به سطح زمین تغییر داد. این مهم باتوجه به مستقل بودن سیستم هیدرولیک دستگاه ساخته شده، از سیستم هیدرولیک دستگاه بدست می‌آید؛ چراکه در دستگاه ساخته‌شده از شیر هیدورلیک برقی و

و دو جک هیدرولیکی مجزا استفاده شده‌است. از مزایای دستگاه ساخته شده می‌توان بـه قابـل نصـب بـودن بـر روی تمـام انـواع تراکتورهای متداول، عدم تغییر در ساختار و عملکرد مکانیزم اتصال سه نقطه و سیستم هیدرولیک تراکتـور اشـاره نمـود. در بحـث ارزیابی دستگاه میزان عدم دقت دستگاه در اعمال موقعیت مطلوب در زمین کشاورزی مورد آزمایش قرار گرفت. نتـایج آزمـایش‌هـا نشان داد که، در آزمون‌های زمین کشاورزی در بررسی عدم دقت مشخص شد که، با توجه به جدول ۱ فقط فـاکتور، مرحلـه تغییـر عمق بر میزان دقت عملکرد دستگاه، در اعمال عمق مورد نظر معنی‌دار می‌باشد.

فهرست منابع

۱. امیرجوادی، ه.، و شهیدزاده، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر کاربرد گاوآهن برگرداندار مرکب بر شکست سخت لایه شخم. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی جلد ششم، شماره بیست‌وچهارم ص. ۱۱۰-۹۵.

۲. حیدری، ا.، رضوانی، م. و همت، ع. ۱۳۸۳. اثر زیرشکنی و دوره آبیاری بر عملکرد سیب‌زمینی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی سال یازدهم، شماره سوم ص. ۴۳-۳۵.

3. Gorucu, S., A . Khalilian, Y.j. Han, and R . Dodd. 2011. Variable depth tillage based on geo-referenced soil compaction data in coastal plain. International Journal of Applied Science and Technology 2(1): 22-32.

4. Kichler, C. M., P. Fulton, R.L. Raper, W.C. Zech, T.P. Mcdonald, and C.J.Bordbeck. 2007. Spatially monitoring tractor performance to evaluate energy requirements of variable depth tillage and implement selection. American Society of Agricutural and Biological Engineers. June 17-20.

5. Raper, R. L., D. W. Reeves, J. N. Shaw, E. Vansanten, P.L. Mask, and T. E. Grift. 2005. Specific subsoiling benefits for cotton production. American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting. January 6-10.

6. Raper, R. L., D.W. Reeves, J.N. Shaw, E. Vansanten, and P.L. Mask. 2007. Benefits of site-specific subsoiling for cotton production in Coastal Plain soils. Soil and Tillage Research 96: 174-181.

7. Hernández.J.A., .D.J Mulla .2008. Homepage University of Minnesota. Introduction to Precision Agriculture. Available from: http://www.soils.umn.edu/academics/classes/soil4111/. Accessed 5 Agust 2009

Design, Construction and Assessment of the Automatic position control system of agricultural equipment

Iman Falahi[1*] Mohammad Hoseiy Aghkhani[2] and Mohammad RezaBayati[3]

1- MSc, Department of Department of Engineering mechanics of Agricultural Machinery, Ferdowsi University of Mashhad,imanfalahi@yahoo.com

2- Associate Professor, Department of Engineering mechanics of Agricultural Machinery, Ferdowsi University of Mashhad, aghkhani@um.ac.ir

3- Associate Professor Department of Engineering mechanics of Agricultural Machinery, Ferdowsi University of Mashhad, bayati@um.ac.ir

Abstract

In this research, the design, construction and Assessment agricultural tools to assess the ground situation have been controlled. Agricultural tools to properly position the device anywhere on the surface of agricultural land is calculated, and they in the optimal position and then leave. The optimum position for machine tools by software written using the input data is calculated.The built-in precision tillage operations were examined by subsoiler.Degree of accuracy in the desired depth, time, speed and performance in reaching the desired position in agricultural land were studied.Agricultural land by tractor, in the distance, from the moment of ordering until the moment to change the depth of the depth was evaluated.Factors considered in the agricultural land of the depth of change (increase or decrease) and a seven-point change depth to 50 mm in size in the range of 0 to 350 mm. In addition to the two factors mentioned above, the transmission factor was also considered (Gear ratio 1, 2, 3 tractor Massey Ferguson 399). Accuracy achieved in the agricultural field for three ribs and the increase depth is: 4/19%, 5/19%, 5/78%, respectively.And accuracy at the desired depth in the ribs, one, two and three at the decrease deep of 6/84%, 4/67% and 6/41% respectively.

Keywords: Control Software, Hydraulic operator, Measurement Sensor, Precision Tillage