

طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه کنترل خودکار ارتفاع تیغه برای ماشین تسطیح لیزری

سیدمجتبی شفاعی، امین‌اله معصومی* و جعفر قیصری**

* نگارنده مسئول: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، ص. پ. ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱

تلفن: ۳۳۹۱۲۲۵۴ (۰۳۱)، پیام‌نگار: masoumi@cc.iut.ac.ir

** به‌ترتیب: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد؛ و استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی؛ و دانشیار گروه مهندسی

کنترل دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۵

چکیده

در تسطیح لیزری نقاطی از زمین‌های کشاورزی که ارتفاع خاکبرداری در آن‌ها زیاد است، معمولاً ماشین‌های تسطیح به توانی بیش از توان کشش مالبندی تراکتور نیاز دارد. این امر موجب بیش‌باری موتور و لغزش زیاد چرخ‌های محرک تراکتور و در نهایت خاموش شدن تراکتور می‌شود. هدف اصلی در این تحقیق، مجهز کردن ماشین‌های تسطیح لیزری به یک سامانه کنترل خودکار ارتفاع کار تیغه به منظور جلوگیری از بیش‌باری موتور تراکتور و خاموش شدن آن در حین تسطیح است. این سامانه که متشکل از یک سیستم کنترلی حلقه بسته است، با دریافت دور موتور تراکتور از طریق مولد برق آن و مقایسه آن با دور بحرانی و مطلوب موتور (که توسط کاربر از طریق صفحه کلید آن به سامانه معرفی می‌گردد)، در شرایط بیش‌باری، با ارسال فرمان به جک تنظیم‌کننده ارتفاع کار تیغه، ارتفاع خاکبرداری را متناسب با توان تراکتور کنترل می‌کند. برای ثبت و مقایسه دور لحظه‌ای موتور با دور بحرانی و دور مطلوب آن از یک میکروکنترلر استفاده شد. مصرف سوخت و عملکرد مزرعه‌ای ماشین‌های تسطیح لیزری با و بدون سامانه کنترل خودکار، با آزمون تی در ۵ تکرار مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری سامانه ساخته شده می‌تواند کار راننده را آسان کند و به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) در کاهش مصرف سوخت و افزایش عملکرد مزرعه‌ای ماشین‌های تسطیح لیزری مؤثر باشد. با نصب این سامانه، مصرف سوخت و مدت زمان کارکرد به ترتیب نزدیک به ۱۸/۴ و ۱۹/۷ درصد پایین آمد که از نظر اقتصادی باصرفه است.

واژه‌های کلیدی

بیش‌باری، تسطیح لیزری، سامانه کنترلی، حلقه بسته

مقدمه

مهمترین دلایل پایین بودن بازده آبیاری در ایران را می‌توان ناهمواری زمین‌های کشاورزی، غیر فنی بودن مسیر انتقال و توزیع آب و نبود برنامه‌ریزی آبیاری در مزارع توسط کشاورزان نام برد. فناوری‌های جدید این مشکل را تا حد زیادی مرتفع کرده‌اند، یعنی به جای افزایش میزان آبیاری مزارع، بهره‌وری از آب موجود را افزایش داده‌اند. ناهمواری زمین‌های کشاورزی باعث کاهش چشمگیر بازده محصول و توزیع غیریکنواخت آب

بخش کشاورزی، بزرگترین واحد مصرف‌کننده آب در جهان، به‌ویژه در آسیا، است و در میان بخش‌های اقتصادی ایران جایگاهی ویژه و نقش عمده‌ای دارد به طوری که حدود ۹۵ درصد آب استحصال‌ی در کشور در این بخش مصرف می‌شود. اما متأسفانه بازده آبیاری در این بخش تنها ۳۰ درصد است؛ بدین معنی که ۷۰ درصد دیگر تلف و از دسترس گیاه خارج می‌شود (Esfandiari, 2004).

نیز در کشورهای در حال توسعه نظیر پاکستان، مصر، هند و ترکیه در سه دهه گذشته گزارش شده است (Kahlow et al., 2002). پژوهشگران با بررسی منافع استفاده از سیستم تسطیح لیزری زمین‌های کشاورزی در مصر دریافتند که صرفه‌جویی در هزینه، انرژی و زمان مصرفی در عملیات تسطیح، کوتاه شدن زمان آماده‌سازی و همچنین کاهش آب مصرفی برای آبیاری از مزایای استفاده از تسطیح اراضی است (Jonish et al., 1987). محققان دیگر نیز اثر تسطیح زمین با سیستم لیزری را در بهره‌وری آب آبیاری، رشد گیاه و محصول نهایی در کشت مختلط سویا و ذرت در کشور مصر بررسی کرده‌اند (Khatib & Sherief, 2003). استفاده از لولر لیزری سبب ۱۰ درصد افزایش بازده آبیاری می‌شود (Pal et al., 2004). جات و همکاران (Jat et al., 2006) مهمترین و غیر قابل انکارترین برتری تسطیح لیزری نسبت به سایر روش‌ها را دقت دستگاه در تسطیح بر اساس شیب‌های بسیار دقیق طولی و عرضی دانسته‌اند و دلیل آن را هوشمند بودن سیستم تراز یاب لیزری و بی‌نیاز بودن به حواس انسانی در کنترل تیغه خاک‌ورز برای ایجاد سطحی صاف با شیب مورد نظر گفته‌اند. لاندن (Landon, 1999) در پژوهشی به این نتیجه دست یافت که تسطیح لیزری سبب کاهش مصرف آب به میزان ۳۰-۲۰ درصد می‌شود. محققان، استفاده از تسطیح لیزری را به‌منظور مدیریت آب مصرفی تا ۵۰ درصد باعث صرفه‌جویی در مصرف آب گزارش داده‌اند (Rickman, 2002; Jat et al., 2006). محققان دیگری نیز افزایش عملکرد محصول (۷ درصد) و صرفه‌جویی در مصرف آب به‌میزان (۱۲-۱۴ درصد) و (۱۰-۱۳ درصد) به‌ترتیب برای کشت برنج و گندم را گزارش کرده‌اند (Jat et al., 2009).

تاکنون در بررسی عملکرد ماشین تسطیح لیزری مطالعاتی را محققان به انجام رسانده‌اند. محور اصلی تمام این تحقیقات تجهیز و بهینه‌سازی ماشین‌های تسطیح

در مزارع می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که مقادیر قابل توجهی از آب آبیاری به‌دلیل شکل نامناسب مزرعه و ناهمواری سطح آن به هدر می‌رود (Walker, 1989). اسفندیاری (Esfandiari, 2004) طی پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیده است که مدت زمان آبیاری و میزان آب مصرفی در مزارعی که تسطیح لیزری شده‌اند نسبت به مزارع تسطیح نشده به‌ترتیب ۴/۴۵ و ۴/۵۴ درصد کاهش می‌یابد. تسطیح زمین‌های کشاورزی به‌منظور بالا بردن بازده آبیاری و افزایش کیفی و کمی محصول همواره مورد توجه محققان بوده است (Wentao et al., 2003).

تسطیح دقیق زمین سبب می‌شود که توزیع آب آسان‌تر شود و بازده آبیاری افزایش یافته و در نتیجه بذرها به‌طور یکنواخت جوانه زنند، گیاه بهتر رشد کند و عملکرد محصول نیز افزایش یابد (Nazir, 1994). در مناطقی که آبیاری سطحی رواج دارد، تسطیح زمین یکی از ضروری‌ترین عملیات کشاورزی محسوب می‌شود. نفوذ آب در مزارع تسطیح شده یکنواخت و بسیار مؤثر است. در زمین‌های تسطیح شده امکان جاری شدن آب و احتمال فرسایش خاک کاهش می‌یابد، توزیع آب و مواد غذایی یکنواخت می‌شود و آب‌شویی کاهش خواهد یافت (Pal et al., 2004). برخی از محققان گزارش می‌دهند که زمین‌هایی که با دقت کم تسطیح شده و ناهمواری دارند حدود ۳۰ درصد از آب آبیاری را تلف می‌کنند (Asif et al., 2003). تسطیح زمین‌های کشاورزی که برای بالا بردن بازده آبیاری و افزایش کیفی و کمی محصول است، در توسعه کشاورزی نقش مؤثر دارد و همواره مورد توجه محققان بوده است (Mazuchowski & Derpsch, 1984).

اختراع سیستم تسطیح لیزری زمین‌های کشاورزی یکی از مهمترین پیشرفت‌ها در آبیاری سطحی محسوب می‌شود. پذیرش و استفاده از فناوری لیزر در تسطیح زمین‌های کشاورزی به‌طور وسیع در کشورهای پیشرفته و

مدت زمان عملیات (بر حسب هکتار بر ساعت) کمتری گزارش شده است. در مقابل، در روش تسطیح لیزری به علت دقت بالای کار، برای حصول یک سطح کاملاً صاف و هموار لولر لیزری به زمان بیشتری نیاز خواهد بود و در نتیجه مقدار مصرف سوخت در هکتار نیز بالاتر است. در آزمایش‌های دیگر، محققان نشان دادند که با اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری در نوع تراکتور برای مصرف سوخت در عملیات تسطیح لیزری در شرایط یکسان وجود دارد (Hosseini *et al.*, 2011).

برخی پژوهشگران اثر لولر لیزری و مرسوم را بر ظرفیت مزرعه‌ای و مصرف سوخت در مزارع خوزستان بررسی کرده‌اند. بدین منظور از کرت‌هایی به مساحت یک هکتار در شرایط یکسان و طرح آماری تی با هفت تکرار استفاده نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که بین لولر لیزری و لولر مرسوم از لحاظ ظرفیت مزرعه‌ای در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد یعنی با لولر مرسوم در مدت زمان مشخص زمین‌های بیشتری را می‌توان تسطیح کرد. از لحاظ مصرف سوخت نیز در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری بین لولر مرسوم و لولر لیزری دیده شده است. در اینجا نیز مصرف سوخت در لولر مرسوم به دلیل کوتاه‌تر بودن مدت زمان تسطیح (به ازای واحد سطح) بسیار کمتر از مصرف سوخت در لولر لیزری گزارش شده است (Ansaridoost & Mehranzade, 2010).

نتایج مشاهدات تجربی نشان داده است که در عملیات تسطیح اگر میزان خاکبرداری در جایی به قدری زیاد باشد که تیغه نیاز به توان بالاتر از توان مالبندی تراکتور داشته باشد باعث ایجاد بیش‌باری روی موتور و لغزش بالا در چرخ‌ها خواهد شد که اگر راننده به سرعت و به موقع واکنش نشان ندهد تراکتور زیر بار خاموش می‌شود که بسیار نامطلوب است. برای جلوگیری از خاموش شدن تراکتور، راننده باید به سرعت سامانه کنترل پرتو لیزری را

لیزری به سامانه‌های جدید به‌منظور دستیابی به افزایش عملکرد مزرعه‌ای ماشین بوده است. در تحقیقی، محققان سامانه کنترلی خودکاری را برای ماشین اسکریپر طراحی کرده و ساخته‌اند. نتایج مقایسه عملکرد سامانه ساخته شده با سامانه قبلی اسکریپر نشان می‌دهد که مدت زمان عکس‌العمل سامانه در مراحل خاکریزی و خاکبرداری به یک ثانیه و پانزده صدم ثانیه تقلیل یافته است (Mohtasebi *et al.*, 2007). در تحقیقی، محققان یک دستگاه لولر با قابلیت حمل خاک را طراحی کرده و ساختند که از ویژگی‌های آن سادگی مکانیزم‌ها و قیمت تمام شده پایین، نسبت به دستگاه‌های موجود در کشور، را می‌توان ذکر کرد. هدف از طراحی و ساخت این دستگاه مرکب، به‌کارگیری آن در مزارع کوچک با قابلیت خاکبرداری، خاکریزی و جابه‌جایی خاک با تراکتورهای متداول (مانند نیوهلند) با توان کاری متوسط بوده است. نتایج ارزیابی دستگاه ساخته شده نشان می‌دهد که در زمین‌های کوچک و خرد کشاورزی ایران استفاده از این دستگاه، به نسبت سایر دستگاه‌های تولیدی دیگر، اقتصادی‌تر است و این امر منجر به استفاده از فناوری روز و مهمتر از آن، سبب افزایش راندمان آبیاری گردید (Khadem & Molazehi, 2010).

محققان دیگر درباره مدت زمان و سوخت مصرفی ماشین‌های تسطیح لیزری بررسی‌هایی کرده‌اند. برخی از محققان از لولر لیزری با تراکتور نیوهلند (NewHolland, TM155) در تسطیح لیزری و از لولر و همان تراکتور در تسطیح به روش سنتی در مزارعی به وسعت یک هکتار با شرایط یکسان استفاده و نتایج مصرف سوخت و ساعت کار را گزارش کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که در روش مرسوم مصرف سوخت نسبت به روش لیزری کمتر است. در روش مرسوم به دلیل اینکه تسطیح دقت بالایی ندارد و با یکی دو رفت و برگشت روی زمین کار تسطیح به پایان می‌رسد مقدار سوخت مصرفی و

در نتیجه از ارتفاع برش تیغه کاسته و دور موتور به حالت عادی بازگردد. در این صورت موتور خاموش نمی‌شود و بازده کار تراکتور افزایش می‌یابد.

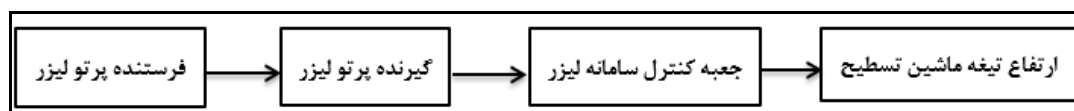
حالتی که در آن وضعیت تیغه فقط با سامانه لیزری کنترل می‌شود در بلوک دیاگرام شکل ۱ نمایش داده شده است. در طراحی سامانه پیشنهادی از یک سامانه کنترل حلقه بسته استفاده می‌شود که بلوک دیاگرام آن در شکل ۲ رسم شده است. برای اجرای این سیستم ورودی سامانه کنترلی از موتور تراکتور در حین عملیات تغذیه می‌شود و با توجه به مقادیر مطلوب و بحرانی دور موتور (بر حسب دور در دقیقه) که توسط کاربر و با توجه به نوع ماشین و شرایط کاری تعریف می‌شود، سامانه طراحی شده یکی از دو فرمان روشن (on) و یا خاموش (off) را با یک میکروسوییچ به شیر سلونوئیدی ارسال می‌کند.

از حالت کنترل خودکار به حالت کنترل شخصی تغییر دهد و همزمان ارتفاع خاکبرداری را کم کند. این کار نیاز به تجربه و مهارت بالای راننده دارد. هدف از تحقیق حاضر طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه‌ای به منظور راحت‌تر کردن کار راننده و جلوگیری لغزش بالای چرخ‌ها و خاموش شدن تراکتور به هنگام بیش‌باری است.

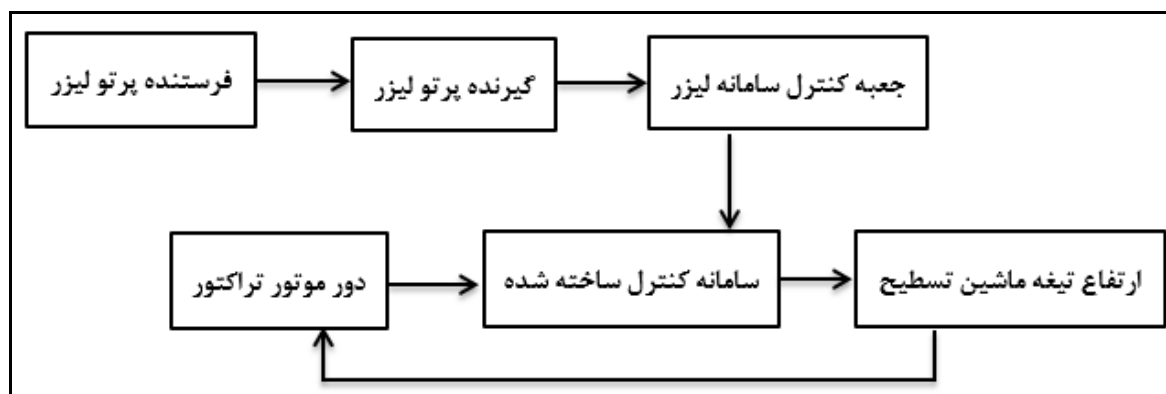
مواد و روش‌ها

طراحی و ساخت سامانه

برای رسیدن به این هدف که تراکتور در هنگام بیش‌باری ناشی از حجم زیاد خاک یا ارتفاع زیاد برش خاک در مرحله خاکبرداری به آستانه خاموش شدن نرسد، باید سامانه‌ای طراحی شود که به محض تحمیل بیش‌باری به موتور و در نتیجه کاهش دور موتور، به شیر سه وضعیت چهار راهه سلونوئیدی فرمانی ارسال شود تا جک هیدرولیک تیغه بالا رود، تیغه از زیر بیش‌باری رها شود، و



شکل ۱- بلوک دیاگرام سامانه لیزری



شکل ۲- بلوک دیاگرام سامانه کنترلی

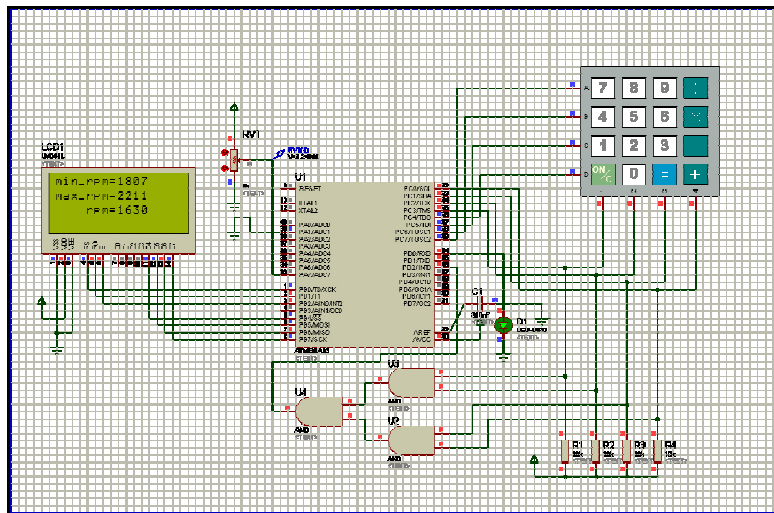
طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه کنترل خودکار ارتفاع تیغه...

یکی از میکروسویچ‌ها، فرمان‌دهی از جعبه کنترل سامانه لیزر را به شیر برقی تیغه خاکبرداری ماشین تسطیح متوقف می‌کند. همزمان با این عمل میکروسویچ دیگر با تنظیم وضعیت شیر برقی ارتفاع خاکبرداری تیغه را متناسب با فرمان سامانه کنترلی حلقه بسته با جک هیدرولیکی تنظیم می‌کند. مقادیر دور بحرانی و دور مطلوب موتور را کاربر تراکتور، با استفاده از یک صفحه کلید که روی سامانه نصب شده است، تعریف می‌کند. محدوده دورهای موتور ذکر شده بر اساس عملکرد ماشین را کاربر تعریف می‌کند. این سامانه، ولتاژ متناسب با دور واقعی موتور را به‌طور لحظه‌ای دریافت و پس از تبدیل آن به دور در دقیقه، در حافظه پردازنده ذخیره می‌کند و به همراه دور موتور بحرانی و دور مطلوب در نمایشگر خود به‌صورت مستمر نشان می‌دهد. به‌منظور افزایش دقت در تبدیل ولتاژ به دور موتور، در برنامه‌ریزی پردازنده اصلی از دو معادله رگرسیونی استفاده شد که طی آزمایش‌هایی مستقل و در مقایسه با معادله درجه دو، قدرت تخمین بالاتر و خطای پیش‌بینی دور موتور کمتری را نشان می‌دهد و با فرضیات روابط حاکم بر نحوه عملکرد مولد برق هم تطابق دارد. مطابق با منحنی‌های دور موتور-ولتاژ، معادله رگرسیونی در محدوده دورهای موتور بیشتر و کمتر از ۱۸۰۰ دور در دقیقه متفاوت است. طرح‌واره مدار کنترل حلقه بسته به همراه پردازنده اصلی در شکل ۳ مشاهده می‌شود.

یک سامانه که در زمان بیش‌باری می‌تواند متناسب با کاهش دور موتور تراکتور ارتفاع کار تیغه دستگاه تسطیح را کنترل کند بر مبنای استفاده از تراکتور نیوهلند (NewHolland)، مدل TM155 طراحی و ساخته شد.

در بعضی از تراکتورهای سنگین، از جمله در تراکتورهای نیوهلند دور موتور با استفاده از پالس دریافتی از مولد برق تراکتور در صفحه نمایش تراکتور مشاهده می‌گردد. پالس دریافتی متناسب با دور موتور، با فرکانس خاصی از مولد برق ارسال می‌گردد. با اجرای آزمایش‌هایی با ۵ تکرار، محدوده تغییرات فرکانس پالس متناسب با تغییرات دور موتور اندازه‌گیری شد. مدار مبدل فرکانس به ولتاژ با استفاده از پردازنده میکروکنترلر، طراحی و ساخته شد.

این مدار متشکل از دو میکروکنترلر و قطعات الکترونیکی دیگری است که تاخیر در تبدیل فرکانس به ولتاژ را به کمتر از ۳۰ میلی‌ثانیه تقلیل می‌دهد. ولتاژ حاصل از مدار مبدل، متناسب با تغییرات دور موتور، به حلقه کنترل بسته ارسال می‌شود. در طراحی حلقه کنترل بسته از یک میکروکنترلر (AVR-ATMega16) به‌عنوان پردازنده اصلی استفاده شد. این پردازنده با برنامه AVR-Codevision در قالب یک کد ۱۳۰ خطی برنامه‌ریزی شد. پردازنده با دریافت ولتاژ تولید شده از مدار مبدل فرکانس به ولتاژ، مطابق با دور مطلوب و دور بحرانی موتور در حین تسطیح لیزری، دستور توقف یا اجرای عملیات را به دو میکروسویچ ارسال می‌کند.



شکل ۳- طرح‌واره مدار کنترلی طراحی شده در محیط نرم‌افزار Altium

تا وقتی که به دور موتور مطلوب برسد در همین وضعیت باقی می‌ماند. به محض رسیدن دور موتور به مقدار مطلوب، فرمان خاموش (off) صادر خواهد شد و ولتاژ میکروسویچ قطع و در نتیجه کنترل شیر برقی مجدداً به مدار اصلی داده می‌شود. همزمان با هر فرمان روشن (on) یا خاموش (off) ارسالی به میکروسویچ شیر برقی، فرمان خاموش یا روشن به میکروسویچ دیگر ارسال می‌شود که هدف آن فرمان‌گیری از جعبه کنترل لیزر است.

سامانه ساخته شده دارای سه درگاه ورودی و دو درگاه خروجی اتصال است. درگاه‌های ورودی شامل دریافت دور موتور تراکتور از مولد برق تراکتور و دو اتصال سامانه ساخته شده به جعبه کنترل لیزر ماشین تسطیح است. دو درگاه خروجی سامانه ساخته شده به منظور فرمان‌دهی به شیر برقی تیغه خاکبرداری برای حالت کاهش و یا افزایش ارتفاع خاکبرداری است. با نصب این سامانه روی ماشین تسطیح لیزری، دو درگاه خروجی جعبه کنترل لیزر ماشین تسطیح به سامانه ساخته شده وصل می‌شود و سامانه به دو درگاه ورودی شیر برقی تیغه خاکبرداری متصل می‌گردد. بنابراین، سامانه ساخته شده به صورت سری با جعبه کنترل سامانه لیزر فعالیت می‌کند.

مطابق با دور لحظه‌ای موتور و دورهای مطلوب و بحرانی موتور که کاربر تراکتور در حافظه پردازنده ثبت کرده است، سامانه در یکی از سه حالت کاری زیر ارتفاع کار تیغه خاکبرداری را کنترل می‌کند:

- وقتی دور موتور بیشتر از دور بحرانی و کمتر از دور مطلوب موتور است.
- وقتی دور موتور از دور بحرانی موتور کمتر است.
- وقتی دور موتور در حال افزایش است و هنوز به دور مطلوب نرسیده است.

در وضعیت یک، موتور در حالت عادی عملکرد خود به سر می‌برد و بنابراین کنترل جک‌ها و در نتیجه کنترل تیغه در اختیار سامانه کنترلی اصلی ماشین (جعبه کنترل سامانه تسطیح لیزری) است. در وضعیت دو، بیش‌باری عملاً رخ داده و میکروکنترلر اصلی سامانه، ولتاژی به میکروسویچ ارسال کرده و به این ترتیب میکروسویچ بین دو حالت کنترل اصلی و کنترل توسط مدار ثانویه سوئیچ می‌گردد. در واقع در این حالت، کنترل جک‌ها از مدار اصلی گرفته می‌شود و با دادن ولتاژ ۱۲ ولت به شیر برقی، جک‌ها بالا می‌روند و با کاهش ارتفاع کار تیغه، بیش‌باری برداشته می‌شود و دور موتور افزایش می‌یابد. در این حالت سامانه در وضعیت کاری سه است و

ارزیابی سامانه ساخته شده

اجرا شد. خاک مزارع مورد آزمایش لوم - رسی، شکل آن‌ها مستطیلی، و حجم خاکبرداری در هر یک، با حداکثر ۳۰ سانتی‌متر خاکبرداری، حدود ۹۰۰ متر مکعب در هکتار بود. مقادیر مصرف سوخت به‌ازای حجم خاکبرداری (لیتر به‌ازای متر مکعب خاک جابه‌جا شده) و عملکرد مزرعه‌ای ماشین به‌ازای حجم خاکبرداری (ساعت به‌ازای متر مکعب خاک جابه‌جا شده) با استفاده از سامانه ساخته شده و بدون آن اندازه‌گیری شد. بدین منظور از طرح آزمایشی تی با پنج تکرار استفاده گردید. برای اجرای آزمایش‌ها از یک راننده با تجربه یک‌ساله و نسبتاً مسلط بر حرفه خود استفاده گردید.

به‌هنگام تسطیح زمین، سامانه ساخته شده روی یک ماشین تسطیح لیزری نصب و کارکرد آن ارزیابی شد (شکل ۴). ارزیابی با اسکریپر با تیغه خاکبرداری سه متری که با تراکتور نیوهلند (NewHolland, TM155) کشیده می‌شد انجام گردید. مصرف سوخت و مدت زمان عملیات تسطیح تابع پارامترهای متعددی از جمله شکل زمین، حجم خاکبرداری، بافت خاک و مسافت جابه‌جایی خاک است. به‌منظور بررسی تاثیر سامانه ساخته شده در مصرف سوخت و مدت زمان لازم برای تسطیح، آزمایش‌هایی در مزارع تقریباً یک هکتاری با بافت، ارتفاع، شکل و حجم خاکبرداری تقریباً مشابه



شکل ۴- سامانه ساخته شده در حالت کاری

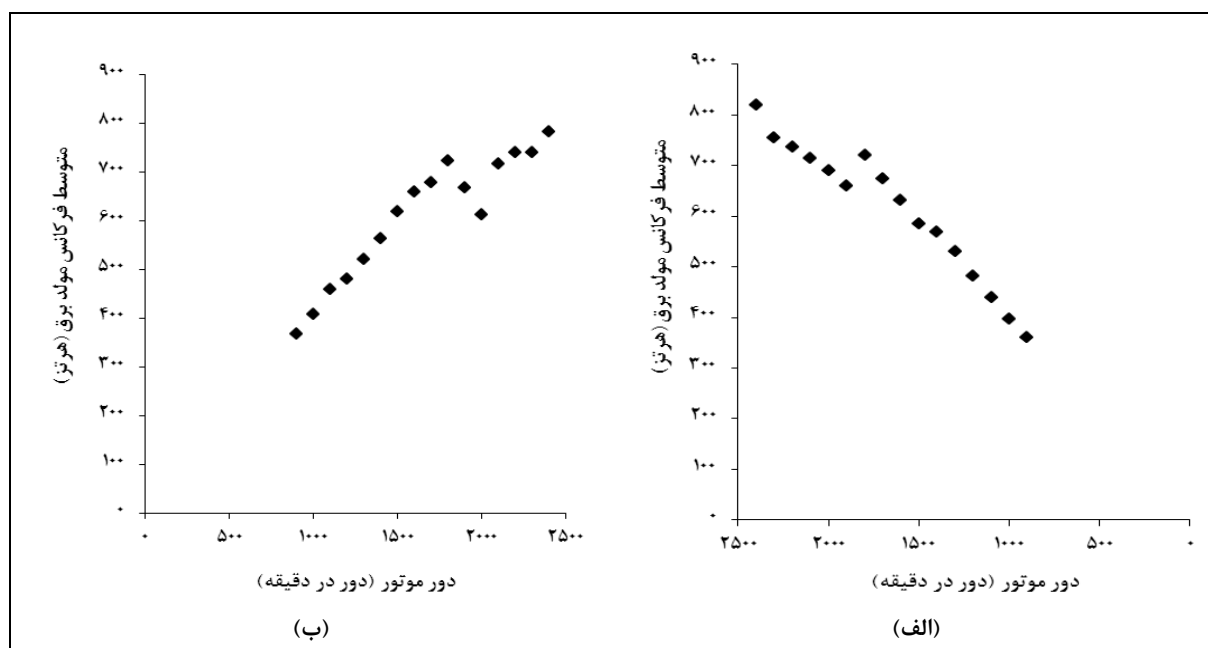
مورد نیاز برای تسطیح واحد سطح، از زمان‌سنج دیجیتال استفاده شد.

نتایج و بحث

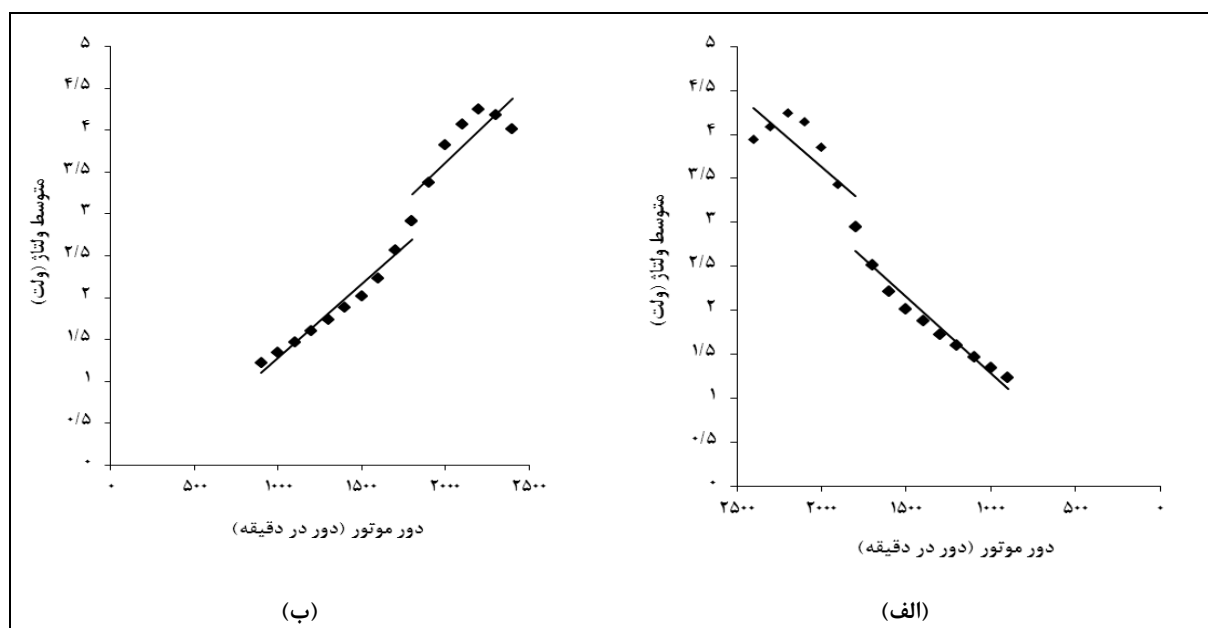
نتایج اندازه‌گیری فرکانس ساطع شده از مولد برق تراکتور در مراحل افزایش و کاهش دور موتور نشان می‌دهد که محدوده تغییرات فرکانس کمتر از یک کیلوهرتز است و متناسب با دور موتور به‌صورت خطی

پیش از آغاز تسطیح زمین، تراکتور در مکانی کاملاً مسطح قرار داده شده و بعد از اطمینان از تراز بودن محل استقرار با استفاده از ابزار آب‌تراز، مخزن ۲۸۵ لیتری آن به‌طور کامل از سوخت پر شد. بعد از اتمام تسطیح یک هکتار زمین، مجدداً مخزن تراکتور از سوخت پر شده، مقدار سوخت مورد نیاز برای پر کردن مجدد مخزن به‌عنوان مصرف سوخت در یک هکتار در نظر گرفته شد (Dehghan & Almasi, 2009). برای اندازه‌گیری زمان

تغییر می‌کند (شکل ۵). از مقایسه تغییرات متوسط فرکانس نسبت به تغییرات دور موتور، خطی بودن تغییرات فرکانس - دور موتور در طراحی سامانه ساخته شده قابل قبول است. متوسط ولتاژ حاصل از مدار مبدل فرکانس به ولتاژ در مقابل تغییرات دور موتور در مراحل کاهش و افزایش دور (شکل ۶)، به معنای در نظر گرفته شدن تغییرات ولتاژ به صورت خطی متناسب با تغییرات دور موتور است.



شکل ۵- تغییرات متوسط فرکانس مولد برق تراکتور در مقابل تغییرات دور موتور (الف) کاهش دور موتور و (ب) افزایش دور موتور



شکل ۶- تغییرات متوسط ولتاژ تولید شده در مقابل تغییرات دور موتور (الف) کاهش دور موتور و (ب) افزایش دور موتور

دادن دور موتور و در نتیجه مصرف سوخت بیشتر همراه است. به کارگیری سامانه کنترل ارتفاع تیغه در زمین‌های کشاورزی با حجم خاکبرداری ۴۰۰ متر مکعب در هکتار و بیشتر (که اغلب در همین حد هست)، باعث کاهش مصرف سوخت به مقدار حداقل ۹۵/۶ لیتر در هر هکتار می‌شود. از سوی دیگر، نتایج نشان می‌دهد که با نصب این سامانه، مدت زمان صرف شده (ساعت) به ازای متر مکعب خاک جابه‌جا شده) از ۰/۰۷۶ به ۰/۰۶۱ رسیده است که به مفهوم ۱۹/۷۴ درصد کاهش است. این کاهش مدت زمان تسطیح در زمین‌های کشاورزی مرسوم با حداقل حجم خاکبرداری ۴۰۰ متر مکعب در هکتار باعث کاهش شش ساعت زمان عملیات در هر هکتار می‌شود.

کاهش مدت زمان عملیات تسطیح ناشی از کاهش لغزش در چرخ‌های محرک تراکتور و کاهش حرکت اضافی در مزرعه به دلیل استفاده از سامانه ساخته شده بوده است. نصب سامانه ساخته شده بر ماشین تسطیح لیزری به صورت مکمل سامانه کنترل لیزر ماشین به راننده اجازه استفاده تمام وقت از حالت خودکار سامانه لیزر را می‌دهد و دیگر نیاز به استفاده از حالت شخصی پایین و بالا بردن تیغه و عکس‌العمل سریع در نقاط با حجم خاکبرداری بالا ندارد و مدت زمان صرف شده در تسطیح کاهش پیدا می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که پیش از این، سامانه‌ای وجود نداشته است که بتواند مشابه سامانه ساخته شده در طرح حاضر، راحتی کار راننده را فراهم آورد و مدت زمان و سوخت مصرفی را در استفاده از ماشین‌های تسطیح لیزری کاهش دهد.

نتایج ارزیابی سامانه ساخته شده نشان می‌دهد که برنامه‌نویسی پردازنده اصلی حلقه کنترلی بسته بر اساس انتخاب دو خط رگرسیونی تبدیل ولتاژ به دور موتور در حافظه پردازنده عملکرد خوبی دارد و بین دور موتور ثبت شده در حافظه پردازنده و دور واقعی موتور، تنها یک تا هشت درصد خطا مشاهده می‌شود. از سوی دیگر، عملکرد سامانه در شرایط مزرعه با شرایط شبیه‌سازی در محیط نرم‌افزاری مطابقت دارد. نتایج ارزیابی سامانه نصب شده روی ماشین تسطیح لیزری با حالت معمول کاری ماشین مطابق با آزمون تی با پنج تکرار بررسی شد (جدول ۱ و ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در تسطیح زمین با و بدون سامانه کنترل خودکار اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در مصرف سوخت و عملکرد مزرعه‌ای ماشین تسطیح لیزری، مطابق با آزمون تی با ۵ تکرار وجود دارد. مقایسه میانگین مصرف سوخت و مدت زمان کارکرد ماشین تسطیح لیزری با و بدون نصب سامانه کنترل ارتفاع تیغه در جدول ۳ مشاهده می‌شود. استفاده از سامانه کنترل ارتفاع در تسطیح، نیاز به مهارت راننده و سرعت عمل او را برطرف می‌کند و همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با نصب این سامانه، مصرف سوخت از ۱/۳۰۲ به ۱/۰۶۳ (لیتر به ازای متر مکعب خاک جابه‌جا شده) یعنی به میزان ۱۸/۳۶ درصد کاهش می‌یابد. کاهش مصرف سوخت به دلیل کاهش افت سریع دور موتور در نقاط با حجم خاکبرداری بالاست که با نصب این سامانه دیگر کاهش شدید دور موتور روی نمی‌دهد و نیاز به تلاش راننده در حفظ دور موتور نیست، تلاشی که با افزایش

جدول ۱- تجزیه واریانس نتایج مصرف سوخت (لیتر به ازای متر مکعب خاک جابه‌جا شده)

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | مقدار F |
|---------------------|------------|--------------|----------------|---------|
| سامانه کنترل ارتفاع | ۱ | ۰/۱۴۳ | ۰/۱۴۳ | ۵/۳۳* |
| خطا | ۸ | ۰/۲۱۴ | ۰/۰۲۷ | |
| کل | ۹ | ۰/۳۵۷ | | |

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۲- تجزیه واریانس نتایج مدت زمان کارکرد ماشین (ساعت به ازای متر مکعب خاک جابه‌جا شده)

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | مقدار F |
|---------------------|------------|--------------|----------------|---------|
| سامانه کنترل ارتفاع | ۱ | ۰/۰۰۰۵۶ | ۰/۰۰۰۵۶ | ۵/۳۴* |
| خطا | ۸ | ۰/۰۰۰۱۱ | ۰/۰۰۰۰۸۴ | |
| کل | ۹ | ۰/۰۰۱۴۰ | | |

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین مصرف سوخت و مدت زمان کارکرد ماشین تسطیح لیزری با و بدون نصب سامانه کنترل ارتفاع تیغه

| مقادیر اندازه‌گیری شده | مجهز به سامانه کنترل ارتفاع | بدون سامانه کنترل ارتفاع |
|--|-----------------------------|--------------------------|
| میانگین مصرف سوخت (لیتر به ازای متر مکعب خاک جابه‌جا شده) | ۱/۰۶۳±۰/۱۲۲ | ۱/۳۰۲±۰/۱۹۷ |
| میانگین مدت زمان کارکرد (ساعت به ازای متر مکعب خاک جابه‌جا شده) | ۰/۰۶۱±۰/۰۰۹ | ۰/۰۷۶±۰/۰۱۱ |

نتیجه‌گیری

راننده

- خلاصه نتایج استفاده از سامانه کنترل ارتفاع تیغه ماشین تسطیح لیزری به‌هنگام تسطیح زمین‌های کشاورزی عبارتند از:
- بی‌نیاز بودن از مهارت و سرعت عمل بالای راننده
- کاهش مصرف سوخت تا ۱۸/۳۶ درصد
- کاهش مدت زمان تسطیح تا ۱۹/۷۴ درصد
- جلوگیری از لغزش بالا در چرخ‌های محرک تراکتور و بیش‌باری روی موتور

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از آقای مهندس حسین بابایی (مدیر) و نیز از پرسنل شرکت سامان دشت زنده‌رود که امکان ارزیابی سامانه ساخته شده را فراهم کردند، قدردانی می‌شود.

مراجع

- Ansaridoost, S. and Mehranzade, M. 2010. Investigation and comparison of effect of laser and conventional levelers on field capacity, fuel consumption and heat yield in Khuzestan province. National Conference of Water, Soil, Plant Science and Agricultural Machinery. March 2-3. Islamic Azad University, Dezful Branch. Dezful. Iran. (in Farsi)
- Asif, M., Ahmad, M., Gafoor, A. and Aslam, Z. 2003. Wheat productivity, land and water use efficiency by traditional and laser land leveling techniques. J. Biol. Sci. 3(2): 141-146.
- Dehghan, E. and Almasi, M. 2009. Comparison of Some Technical indexes on conventional tillage with reduced tillage methods. J. Crop Prod. Process. 13(47): 679-690. (in Farsi)
- Esfandiari, M. 2004. Introduction of laser land leveling technology to Iranian farmers. Proceedings of the First National Conference on Watershed and Soil and Water Management. May 9-10. University of Shahid Bahonar. Kermam. Iran. (in Farsi)

- Hosseini, S. M., Sheikhdavoodi, M. J. and Alamisaeid, Kh. 2011. The effect of land size and type of tractor on fuel consumption utilizing laser land leveling and traditional methods of farming. 5th Conference on New Idea in Agriculture. Feb. 16-17. Islamic Azad University of Khorasgan. Isfahan. Iran. (in Farsi)
- Jat, M. L., Chandana, P., Sharma, S. K., Gill, M. A. and Gupta, R. K. 2006. Laser Land Leveling: A Precursor Technology for Resource Conservation. Rice-Wheat Consortium Technical Bulletin Series 7. Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains. New Delhi. India.
- Jat, M. L., Gathala, M. K., Ladha, J. K., Saharawat, Y. S., Jat, A. S., Kumar, V. I., Sharma, S. K., Kumar, V. and Gupta, R. 2009. Evaluation of precision land leveling and double zero-till systems in the rice-wheat rotation: water use, productivity, profitability and soil physical properties. *Soil Till. Res.* 105(1): 112-121.
- Jonish, J., Bishay, E. and Dregne, H. 1987. Benefits and costs of laser land leveling in Egypt. 2nd International Desert Development Conference. Jan. 25-31. Cairo. Egypt.
- Kahlowan, M. A., Gill, M. A. and Ashraf, M. 2002. Evaluation of resource conservation technologies in rice-wheat System of Pakistan. Research Report-I. Pakistan Council of Research in Water Resources (PCRWR). Islamabad. Pakistan.
- Khadem, S. M. R. and Molazehi, S. 2010. Selection, simulation and laboratory scale manufacturing of a leveler-scraper compatible with laser land leveling system. 6th National Conference on Mechanics of Farm Machinery Engineering and Mechanization. Sep. 15-16. University of Tehran. Iran. (in Farsi)
- Khatib, E. and Sherief, S. 2003. Effect of soybean maize intercropping and laser land leveling on water use efficiency, plant growth, yield and total net return. *Egypt J. Agric. Res.* 81(2): 699-717.
- Landon, N. J. 1999. An investigation into the impact and applicability of laser land leveling in Pakistan. M. Sc. Thesis. University of Southampton. UK.
- Mazuchowski, J. Z. and Derpsch, R. 1984. Guide to Preparing the Soil for Mechanized Annual Crops. ACARPA. Curitiba. Brazil.
- Mohtasebi, S. S., Hosseinzadeh, A., Omid, M. and Abolfathi, N. 2007. Design and evaluation of automatic agricultural land leveling control system for scraper. *Int. J. Agr. Biol.* 9(1): 59-63.
- Nazir, M. S. 1994. Crop Production, Crop Water Requirement and Irrigation System. National Book Foundation. Islamabad. Pakistan.
- Pal, S. S., Jat, M. L. and Subbarao, V. M. 2004. Mission mode project on NATP. Krishi anusandhan bhawan II. Pusa. Annual Progress Report on Precision Farming under National Agricultural Technology Project Submitted to Project Implementation Unit. New Delhi.
- Rickman, J. F. 2002. Manual for Laser Land Leveling. Rice-Wheat Consortium Technical Bulletin Series 5. Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains. New Delhi. India.
- Walker, W. R. 1989. Guidelines for Designing and Evaluating Surface Irrigation System. FAO. Rome. Italy.
- Wentao, R., ZhongFei, H., Hong Guang, C., Chengtong, Y., Yong, L., Yujia, W., Zhangyo, Z. and BaoFa, L. 2003. Effect of laser-controlled land leveling and baby rice seedling direct planting on saving water. *Trans. Chines Soc. Agric. Eng.* 19(3): 72-75.

Design, Development and Evaluation of an Automatic Blade Depth Controller System for a Laser-Guided Land-Leveler

S. M. Shafaei, A. Masoumi* and J. Gheisari

*Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Farm Machinery, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, P. O. Box: 84156-83111, Isfahan, Iran. Email: masoumi@cc.iut.ac.ir

Received: 5 April 2014, Accepted: 27 September 2014

Excessive cutting depth during leveling of agricultural land increases power needed by the tractor drawbar and will result in undesirable slippage and excessive strain on the tractor engine. The result of sustained excess will be the break-down of the tractor. An auxiliary blade depth controller to prevent overloading during leveling was designed, fabricated and evaluated in this study. The system consists of a closed loop that obtains the real tractor engine speed using a dynamo and compares the critical and desired speeds of the engine as controlled by the user by means of a manual keyboard. The data is recorded in the main microcontroller memory and displayed online on a LCD. The system governing the blade depth prevents attainment of critical engine speed that will cause overloading. The depth controller system overrides manual control and sends pulses to the solenoid valve to adjust the blade depth cylinder to decrease the depth of excavation until the desired engine speed is attained. After eliminating the risk of overload, the system switches blade command back to the laser control box. The system was evaluated on a laser-guided land leveler on farmland. Fuel consumption and field performance of the machine were determined with and without use of the proposed control system. The test was carried out using a t-test with five replications. The result demonstrated a significant difference at 5% probability for use of the proposed system ($p < 0.05$). The new system decreased fuel consumption 18.4% and increased field performance 19.7%, which makes it an effective cost-saving measure.

Keywords: Closed Loop, Control System, Laser-Guided Land Leveling, Overload