

طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه لغزش سنج تراکتوری دیجیتالی

محمد رضا هواسی^۱، محمد جواد شیخ داودی^۲، نوید علایی شینی^۳ و احمد مستعان^۴

۱- کارشناس ارشد ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

(mr_havasi@yahoo.com)

۲- استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- کارشناس ارشد الکترونیک، دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری مرکز خوزستان - اهواز

تاریخ دریافت: ۸۶/۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۲۶

چکیده

دستگاه لغزش سنج دیجیتالی تراکتوری بر اساس میکروکنترلر ۸۹C۵۱ از خانواده میکروکنترلرهای ۸۰۵۱ ساخته شد. میکروکنترلر مذکور طبق الگوریتم کاری دستگاه به زبان اسمبلی برنامه‌نویسی گردید و از حسگرهای فرسوخ به عنوان عناصر حس کننده پالس استفاده شد. یک واحد از حسگرهای فرستنده روی محور چرخ محرک عقب و یک واحد فرستنده بر روی محور چرخ پنجم به عنوان منابع ایجاد پالس نصب گردیدند. پالس‌های دریافتی پس از عبور از شبکه‌های فیلتر و تقویت کننده جهت انجام عملیات پردازش به درگاه ورودی میکروکنترلر ارسال شدند. سپس اطلاعات دریافتی از درگاه خروجی میکروکنترلر به صورت درصدی از لغزش بر روی نمایشگر LCD نمایش داده شدند. دستگاه لغزش سنج در دو محیط آزمایشگاه و مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت. در محیط آزمایشگاه، نتیجه مطلوب از عملکرد دستگاه به دست آمد. پس از نصب دستگاه بر روی تراکتور MF399، درصد لغزش در دو حالت با اعمال بارمالبندی بیشتر و با اعمال بارمالبندی کمتر در چهار تکرار توسط دستگاه لغزش سنج اندازه‌گیری گردید. سپس داده‌های به دست آمده بوسیله آزمون آماری t به داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری لغزش به روش معمولی مقایسه گردیدند. نتایج آزمون نشان داد که تفاوت میانگین‌ها برای این دو روش اندازه‌گیری در سطح ۱٪ معنی‌دار نبوده است.

کلید واژه‌ها: لغزش سنج، میکروکنترلر، حسگر، تراکتور

مقدمه

لغزش سنج دیجیتالی دارای زمان پاسخ بسیار کوتاه و نیز راننده را قادر می‌سازد به طور لحظه‌ای میزان لغزش را رویت و به دنبال آن پارامترهای اثرگذار بر میزان لغزش جهت نیل به عملکرد کششی مطلوب و بازده کششی بالاتر را تنظیم نماید. جهت دستیابی به این هدف تصمیم به ساخت و ارزیابی عملکرد دستگاه مذکور گرفته شد.

روش‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری لغزش استفاده می‌شود که آنها در دو گروه اصلی روش‌های مستقیم و روش‌های مزرعه‌ای تقسیم‌بندی می‌شوند: روش‌های مستقیم آنها هستند که از یک تراکتور با نصب تجهیزات مورد نیاز استفاده می‌کنند، که

امروزه کشاورزان کشورهای توسعه یافته با احساس نیاز به در دست داشتن اطلاعات دقیق، جهت تسلط بهتر به چگونگی عملکرد ابزار تولید و آگاهی یافتن از جزئیات عملکردی آنها، سعی در پیشبرد کارهای خود مطابق با فناوری‌های مناسب موجود در بازار دارند. سیستم‌های کنترل و اندازه‌گیری الکترونیکی دست کم به یک کمیت ورودی برای اندازه‌گیری نیازمندند. این کمیت اگر کمیتی غیرالکتریکی باشد باید توسط بعضی وسایل به کمیت‌هایی الکتریکی مانند ولتاژ، جریان، بسامد و غیره تبدیل گردد. وسایلی که این کار را انجام می‌دهند، حسگرها یا مبدل‌ها هستند (۴). دستگاه

قبل از انجام آزمایش روی آن اصلاحاتی انجام گرفته است و اندازه‌گیری‌های دقیق موردنظر می‌باشند. روش‌های مزرعه‌ای جایی استفاده می‌شوند که تراکتورهای متفاوت بدون نصب تجهیزات اندازه‌گیری لغزش مورد آزمایش قرار می‌گیرند و به دقت خیلی بالا نیاز نیست. مرور منابع نشان داده است که گروه عمده‌ای از ساز و کارهایی که در روش‌های مستقیم اندازه‌گیری لغزش ضروری هستند شامل اندازه‌گیری سرعت خطی به طور مستقیم یا به وسیله ترکیبی از سرعت و شعاع غلت می‌باشند. روش‌های اندازه‌گیری سرعت وسیله در سه طبقه گروه‌بندی می‌شوند: روش اول اندازه‌گیری چرخش یک چرخ غیرمحرک است (لین و میرینگ^۱) روش دوم اندازه‌گیری دوران چرخ با استفاده از چرخ‌های اضافی یا چرخ پنجم است (زورب و پوپوف^۲) روش سوم اندازه‌گیری سرعت وسیله به طور مستقیم بوسیله رادار داپلر است که بر مبنای استفاده از امواج مایکروویو (استاچلی^۳) یا امواج مافوق صوت به کار گرفته شده است (فری‌لند^۴) (۵). در روش مزرعه‌ای مسافت ثابت، مسافتی که تراکتور تحت بار در ۱۰ دور چرخش چرخ طی می‌کند یادداشت می‌شود، سپس تراکتور همان فاصله را بدون بار طی می‌کند و در طول این مسیر تعداد چرخش‌های چرخ تراکتور شمارش شده آنگاه درصد لغزش با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد (۵).

$$Slip\% = \frac{10 - NR}{10} \times 100 \quad (1)$$

NR: تعداد چرخش بدون بار
Slip%: درصد لغزش

یکی دیگر از روش‌های اندازه‌گیری لغزش استفاده از رادار داپلر می‌باشد. فرکانس داپلر یعنی تفاوت بین فرکانس‌های امواج فرستاده شده و امواج

دریافت شده. اینکه واحد فرستنده نسبت به سطح حرکت نماید و یا سطح نسبت به واحد فرستنده حرکت نماید تفاوت قابل ملاحظه‌ای در اندازه‌گیری ایجاد نخواهد کرد. بدیهی است استفاده از رادارهای داپلر در ساخت لغزش‌سنج‌های تراکتوری در هر دو مورد به عمل می‌آید. مورد اول: رادار جهت اندازه‌گیری سرعت در حرکت رو به جلو نسبت به سطح زمین در حرکت باشد، و مورد دوم: رادار جهت اندازه‌گیری سرعت دوران چرخ محرک بر روی سازه‌ای ثابت نگه داشته شده و چرخ در مقابل آن حرکت می‌کند.

رید و ترنر^۵ (۵) در مرکز پژوهش‌های ماشین‌های کشاورزی آلبرتا^۶ میزان لغزش انواع مختلفی از تراکتورها را به وسیله یک سیستم رادار دوگانه اندازه‌گیری نمودند. نوع اول رادار استفاده شده در این پروژه راداری از شرکت دیک‌جان^۷ بوده که در فرکانس مایکروویوی ۱۰ گیگا هرتز همراه با پهنای دید نسبتاً وسیع (زاویه مخروط ۳۰ درجه) کار می‌کند. نوع دوم رادار مورد استفاده نیز از شرکت دیک‌جان در طراحی جدیدتر بوده است که در فرکانس مایکروویوی ۲۴ گیگاهرتز کار می‌کند. اگر چه سیستم رادار دوگانه به عنوان یک سیستم اندازه‌گیری لغزش بر روی تراکتورهای متفاوت و در شرایط مزرعه‌ای متفاوت عملکرد قابل قبولی دارد، اما محدودیت‌هایی نیز بر آن وارد است. این سیستم لغزش را تنها در یکی از چرخ‌های تراکتور اندازه‌گیری می‌کند.

به دلیل عمل متفاوت چرخ‌ها، لغزش لحظه‌ای بر روی دیگر چرخ‌های تراکتور ممکن است متفاوت باشد یعنی اینکه چرخ‌های محرک ممکن است به طور همزمان از میزان لغزش متفاوتی برخوردار باشند، در نتیجه اندازه‌گیری لغزش در یکی از

5- Reed & Turner
6- Alberta
7- Dicky John

1- Lyne & Meiring
2- Zoerb & Popoff
3- Stuchly
4- Freeland

حاصل از اندازه‌گیری لغزش به هر سه روش دارای سازگاری خوبی در کاربردهای عملی با هم بودند. پاولسون و الیوت^۲ (۷) نیز با استفاده از حسگرهای مغناطیسی یک لغزش‌سنج دیجیتال طراحی نمودند. ورودی‌های لغزش‌سنج بوسیله دو حسگر مغناطیسی که یکی از آنها بر روی سازوکار چرخ پنجم و دیگری بر روی محور تواندهی واقع شده است، تأمین می‌شوند. در نهایت عملکرد این دستگاه با نتیجه به دست آمده از روش دستی مقایسه گردید که نسبت به این روش از مزایایی برخوردار بود.

نصری نصرآبادی (۳) اقدام به طراحی و ساخت یک دستگاه لغزش‌سنج نمود که جهت اندازه‌گیری سرعت پیشروی واقعی تراکتور از حسگر مغناطیسی و چرخ‌دنده‌ای که روی چرخ پنجم نصب شده بود استفاده نموده است. همچنین برای اندازه‌گیری سرعت زاویه‌ای چرخ عقب از حسگر فرسرخ و بازتابنده‌هایی که روی رینگ چرخ عقب نصب گردید، استفاده شده است. نتایج به دست آمده از مقایسه دستگاه لغزش‌سنج با روش مرسوم اندازه‌گیری لغزش نشان داد که سیستم از دقت مطلوبی برخوردار است.

مواد و روش‌ها

۱- انتخاب ریزپردازنده مناسب

پس از مطابقت دادن نیازهای پروژه لغزش‌سنج با قابلیت‌های میکروکنترلر ۸۰۵۱ و اطمینان از توانایی این تراشه در انجام وظایف محوله تصمیم به انتخاب آن گرفته شد. این میکروکنترلر دارای ۱۲۸ بایت RAM^۳، ۴ کیلوبایت ROM^۴، دو تایمر، یک پورت سریال و چهار پورت موازی (هر یک ۸ بیت) می‌باشد که همگی در یک تراشه تعبیه

چرخ‌ها نمی‌تواند به طور کامل بیان‌کننده کل لغزش تراکتور باشد. آزمایش دو دستگاه رادار نیز بر روی تراکتور، به طوری که یکی از آنها در یک طرف و یکی دیگر در طرف دیگر تراکتور قرار گیرد، انجام شده است. نتایج این آزمایش نشان داده است که تغییرات لغزش‌های لحظه‌ای متضاد همدیگر است، و وقتی لغزش لحظه‌ای در یکی از چرخ‌ها افزایش می‌یابد، در همان لحظه در چرخ دیگر کاهش می‌یابد. سیستم رادار هنگام دور زدن تراکتور به درستی عمل ننموده، و لغزش صحیح را اندازه‌گیری نمی‌کند. در حین دور زدن دو اتفاق می‌افتد که اندازه‌گیری صحیح را دچار اختلال می‌کند: اول اینکه سرعت پیشروی خالص تراکتور در اثر دور زدن تغییر می‌یابد و دوم اینکه هنگامی که تراکتور دور می‌زند سرعت خطی چرخ‌های دو طرف تراکتور و حتی دو قسمت یک چرخ (سمت بیرونی و درونی چرخ) با هم متفاوت است. ولی در نهایت قرائت پیوسته لغزش در چرخ محرک بوسیله این سیستم ممکن شده و همبستگی بسیار خوبی با دیگر تکنیک‌های اندازه‌گیری لغزش نشان داده است که این همبستگی در قرائت‌های آنی و متوسط مشاهده گردیده است (۵).

تانساندت و همکاران^۱ (۶) درصد لغزش را با سه روش اندازه‌گیری نموده و نتایج را با همدیگر مقایسه نمودند. ابتدا با استفاده از دو واحد از رادارهای داپلر، سپس به وسیله یک واحد رادار و یک حسگر مغناطیسی که به روی محور چرخ عقب نصب شده بود و در نهایت با استفاده از پالس‌های دریافتی از یک میکروسوئیچ نصب شده در مقابل دندانه‌های یک چرخ دنده که بر روی محور چرخ محرک سوار شده بود و پالس‌های دریافتی از سازوکار چرخ پنجم که در آن از یک حسگر مغناطیسی استفاده شده بود آزمایش نمودند. نتایج

2- Paulson & Elliott

3- Random Accessibility Memory

4- Read Only Memory

1- Tansandot *et al.*

۵- برنامه اصلی

تمام کارهای انجام گرفته توسط میکروکنترلر روند اجرایی خود را از برنامه اصلی دریافت می‌دارند. در برنامه اصلی ابتدا با روشن نمودن بیت‌های ITO و ITI که به ترتیب بیت‌های شماره صفر و دو از ثبات TCON می‌باشند وقفه‌ها به لبه پالس حساس شده، سپس بیت‌های مربوط به وقفه‌ها نیز در ثبات IE فعال می‌گردند. در نهایت کارهایی از قبیل انتخاب مد تایمر و انتخاب تقدم وقفه در برنامه اصلی گنجانده شده است.

۶- زیرروال‌ها

زیرشاخه‌هایی از برنامه اصلی هستند که در طول کل برنامه گنجانده شده‌اند. به عنوان مثال زیرروال تقسیم در مکان خاصی از برنامه نوشته شده که در زمان مناسب توسط میکروکنترلر فراخوانی می‌گردد. یک قاعده اساسی برای برنامه‌نویسی با زیرروال‌ها این است که همواره باید با یک دستورالعمل CALL وارد آنها شد و همواره با یک دستورالعمل RET آنها را ترک کرد. پرش به داخل زیرروال یا خارج شدن از آن به هر روش دیگر معمولاً پشته را به هم می‌ریزد و باعث خرابی برنامه می‌شود (۲).

جهت آزمایش عملکرد برنامه نوشته شده باید پالس‌هایی عاری از نویز و با سطح منطقی قابل قبول به وقفه‌های صفر و یک اعمال می‌شد. به منظور تولید این پالس‌ها از دو دستگاه سیگنال ژنراتور با قابلیت تولید پالس‌های مربعی استفاده گردید. بعد از اعمال پالس‌های تولید شده توسط منابع تولید پالس به ورودی‌های میکروکنترلر، عملکرد صحیح برنامه ارزیابی گردید. چون حین وقوع لغزش در چرخ‌های تراکتور در هنگام انجام عملیات کشاورزی جهت طی نمودن مسیری مشخص، تعداد دورهای چرخ محرکی که دچار لغزش شده است از تعداد دور چرخ جلو یا چرخ پنجم بیشتر است، تعداد پالس‌های دریافتی از چرخ محرک نیز از تعداد پالس‌های دریافتی از چرخ جلو یا چرخ

شده‌اند. ۸۰۵۱ یک پردازنده ۸ بیت است یعنی CPU^۱ هر بار قادر است فقط روی ۸ بیت داده کار کند (۱). برنامه نوشته شده جهت پردازش پالس‌های دریافت شده از چرخ‌ها به زبان اسمبلی بوده است که توسط کامپایلر فراملین به زبان ماشین ترجمه می‌شود.

۲- ساختار کلی برنامه نوشته شده

به طور کلی برنامه سوزانده شده در میکروکنترلر ۸۰۵۱ جهت سازگاری با سخت افزار دستگاه لغزش‌سنج از چهار قسمت زیر تشکیل شده است:

۱- تعریف متغیر

۲- وقفه‌ها

۳- برنامه اصلی

۴- زیرروال‌ها

۳- تعریف متغیر

در این قسمت با انتخاب یکی از حروف قابل شناسایی بوسیله میکروکنترلر و نسبت دادن بخشی از حافظه به آن می‌توان در طول نوشتن برنامه از آن نماد به راحتی استفاده نمود. به عنوان مثال نماد N2 که برابر با تعداد پالس‌های گرفته شده از چرخ عقب می‌باشد را با بخشی از حافظه RAM آدرس‌پذیر بیتی بنام 7B که بیت چهارم از بایت 2FH می‌باشد متناظر گرفته شده است.

۴- وقفه‌ها

در این برنامه از سه وقفه استفاده شده است. وقفه صفر سخت‌افزار بیرونی، وقفه یک سخت‌افزار بیرونی و وقفه تایمر صفر. مکان این وقفه‌ها در ROM به ترتیب 03H، 013H و 0BH می‌باشند. وقفه، پدیده‌ای درونی یا بیرونی است که میکروکنترلر را از نیاز یک وسیله به نوعی سرویس مطلع می‌سازد. میکروکنترلر پس از دریافت سیگنال وقفه، هر کاری را کنار گذاشته و روال سرویس آن وقفه را اجرا می‌کند.

مطلوب از پردازش این پالس‌ها در آزمایشگاه موجب اطمینان بالایی از درستی عملکرد برنامه می‌شد. به نحوی که در صورت دستیابی به پاسخ مطلوب در محیط آزمایشگاه، تنها مسأله‌ای که در صحت کار دستگاه لغزش‌سنج اهمیت می‌یافت، اعمال پالس‌هایی با حداکثر تمیزی و با سطوح منطقی قابل قبول برای میکروکنترلر بود. در نهایت عملکرد مطلوب برنامه در محیط آزمایشگاه با استفاده از دستگاه‌های سیگنال ژنراتور مشاهده شد.

آزمایش عملکرد برنامه با تنظیم دستگاه‌های مولد پالس برای فرکانس‌های متفاوت و با اختلاف‌های فرکانس در محدوده فرکانس کاری میکروکنترلر انجام شد که در تمام حالت‌ها جواب مطلوب و با دقت بالا دریافت گردید.

۷- آزمایش حسگرهای فروسرخ

به منظور دریافت پالس‌ها از مکانیسم چرخ پنجم و محور چرخ محرک عقب و انتقال آنها به میکروکنترلر سعی در استفاده از حسگرهای مغناطیسی و اثر هال نیز به عمل اما در نهایت حسگرهای فروسرخ جهت انجام این کار انتخاب شدند. جهت آزمایش این حسگرها نیاز به مدار تقویت کننده و تنظیم‌گر بود. مدار مذکور با استفاده از آی‌سی LM324 بر روی برد نصب و عملکرد آن مورد ارزیابی واقع شد. خروجی این حسگرها و پالس‌های مربعی با سطوح منطقی صفر و پنج بر روی اسیلوسکوپ مشاهده گردیدند. جهت آزمایش این حسگرها نیاز بود که از محفظه‌هایی استفاده شود که مانع از تابش نور خورشید و ورود گرد و غبار به محل قرارگیری حسگرها شوند.

۸- مجموعه حسگر نصب شده بر روی چرخ

پنجم

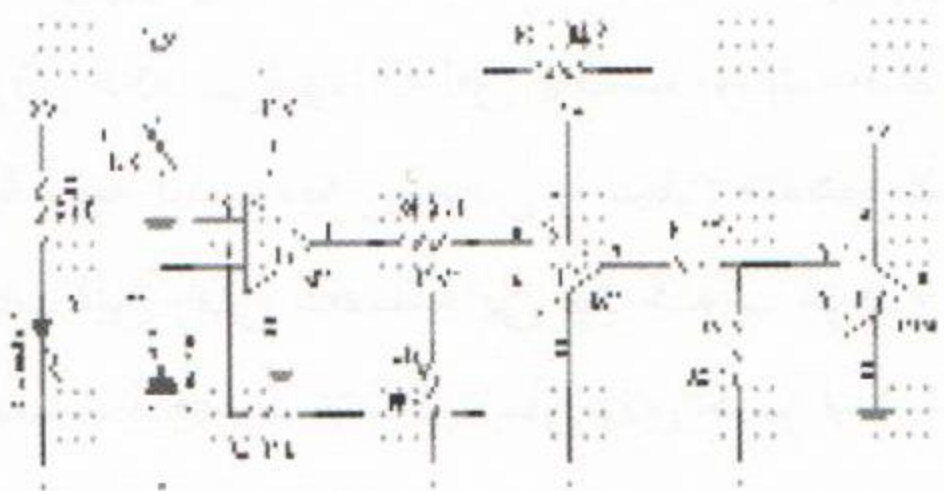
این بخش از محافظ حسگرها، یک مجموعه محور و پره سوراخ‌دار و دو پولی تشکیل شده است، یکی از پولی‌ها دارای قطر ۲۲/۲ میلی‌متر بوده و بر روی محور چرخ پنجم نصب گردیده است. پولی

پنجم بیشتر می‌شود. البته در عمل، جهت تناسب‌سازی بین تعداد پالس‌های دریافتی از چرخ محرک و چرخ پنجم، جهت دستیابی به حالت صفر باید با توجه به نسبت شعاع غلتشی آنها همان نسبت را بین نسبت پالس‌ها برقرار نمود. از آنجایی که میکروکنترلر ۸۰۵۱ به طور خودکار وقفه صفر را از وقفه یک مقدم‌تر می‌شمارد، و ابتدا زیرروال وقفه صفر را اجرا می‌کند، به منظور منفی نشان دادن میزان لغزش، پالس دریافتی از چرخ محرک به وقفه صفر اعمال شد. با ورود هر پالس از جانب چرخ محرک عقب و چرخ پنجم، وقفه مربوطه اجرا شده و به طور مداوم به تعداد پالس‌های هر دو چرخ افزوده می‌شود. این عمل تا ۵ ثانیه ادامه می‌یابد، پس از اتمام زمان ۵ ثانیه تعداد پالس‌های وارد شده به وقفه صفر از تعداد پالس‌های وارد شده به وقفه یک خارجی تفریق می‌شوند. نتیجه این تفریق در عدد ۱۰۰ ضرب شده، سپس حاصلضرب بر تعداد پالس‌های دریافتی از چرخ محرک تقسیم می‌گردد. نتیجه این عمل محاسبه درصد لغزش و نمایش آن بر روی صفحه نمایشگر دستگاه که از نوع LCD است، می‌باشد. قابل ذکر است در برنامه نوشته شده با استفاده از ثبات IP تقدم وقفه به تایمر صفر داده شده است. یعنی قبل از رخ دادن وقفه‌های صفر و یک خارجی، وقفه تایمر اتفاق می‌افتد. وقفه تایمر در این برنامه عبارت است از اجرای زیرروالی که طی آن به پالس‌های انتشار یافته از سوی سیگنال ژنراتورها به مدت ۵ ثانیه اجازه ورود و پردازش داده می‌شود. به این ترتیب برنامه مذکور هر ۵ ثانیه یکبار میزان لغزش را نشان می‌دهد. علت انتخاب این زمان محاسبه این بود که با توجه به محاسبات انجام گرفته، در زمان‌های کمتر از ۵ ثانیه تعداد پالس‌های دریافتی از چرخ‌ها جهت محاسبه لغزش واقعی کفایت نمی‌نمود. با توجه به دقت بالای دستگاه‌های مولد سیگنال و تولید پالس‌های مربعی عاری از هرگونه نویز و اعوجاج، گرفتن نتیجه

نصب شده بر روی محور واقع شده در محفظه حسگرهای چرخ محرک عقب، برابر با قطر پولی نصب شده بر روی محور مشابه در محفظه حسگرهای چرخ پنجم در نظر گرفته شده است. به این ترتیب نسبت $2/27$ بین پولی با قطر بزرگتر ($2/27 \times 22/2 = 60/5$) و هر دو پولی با قطر $22/2$ میلی متر اعمال شده است. اعمال این نسبت بین پولی‌ها منجر به دریافت پالس‌های مساوی از چرخ‌های محرک عقب و چرخ پنجم می‌شود. مساوی شدن تعداد پالس‌های مذکور در حالتی اتفاق می‌افتد که تراکتور مورد آزمایش بر روی سطوح آسفالت، بتن و یا زمین سفت حرکت نماید (از لغزش کم چرخ‌ها در حالت حرکت بر روی سطوح سخت و سفت صرف نظر شده است). این مجموعه در شکل ۲ نشان داده شده است.

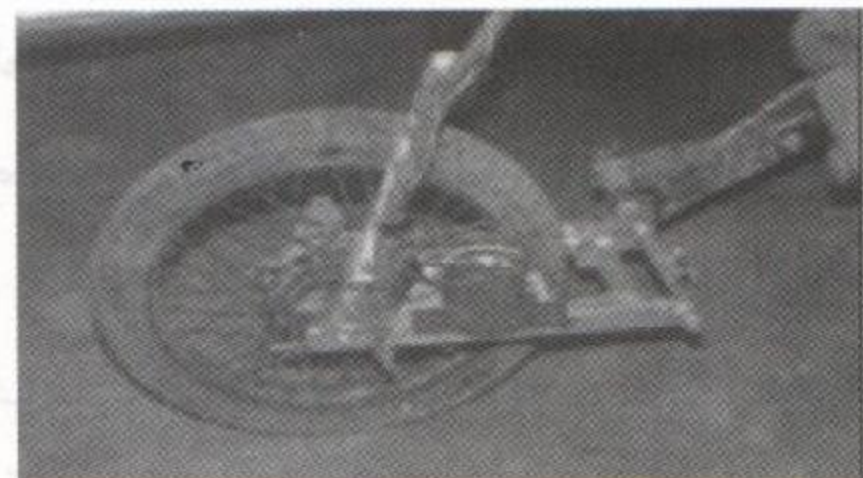
۱۰- آزمایش حسگرهای فروسرخ قبل از نصب بر روی تراکتور

عملکرد این حسگرها در آزمایشگاه رضایت‌بخش بود، به طوری که پالس‌های آنها بعد از پردازش از مطلوبیت لازم جهت اعمال به میکروکنترلر برخوردار بودند. ضمن اعمال این پالس‌ها با فرکانس متفاوت به وقفه‌های صفر و یک میکروکنترلر ۸۰۵۱، بعد از انجام شدن اعمال حسابی و پردازش آنها توسط نرم‌افزار مربوطه، نتیجه به صورت درصدی از لغزش نمایش داده شد. در شکل ۳ شمای فنی مدار الکترونیکی حسگرهای فروسرخ نشان داده شده است.

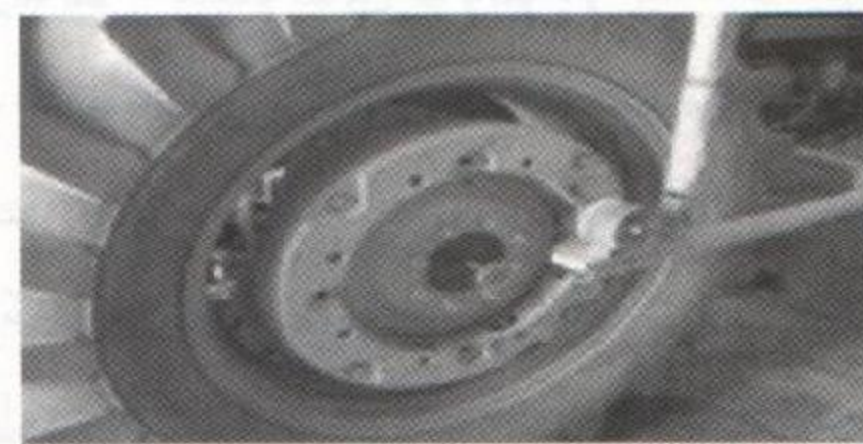


شکل ۳- شمای فنی مدار الکترونیکی حسگرهای فروسرخ

دیگر با همان قطر بر روی محور گردانی نصب شده و یک سر آن به پره‌ای متصل است که دارای ۱۶ عدد سوراخ می‌باشد. پولی‌های مذکور توسط یک حلقه تسمه با طول و قطر مناسب به همدیگر اتصال یافته‌اند. یک دور دوران چرخ پنجم باعث چرخش پره به میزان یک دور شده و ۱۶ پالس در خروجی ایجاد می‌کند. این مجموعه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- سازوکار چرخ پنجم با حفاظ حسگرها



شکل ۲- چرخ محرک عقب همراه با حفاظ حسگرها و ساز و کار تسمه و پولی

۹- مجموعه حسگر نصب شده بر روی چرخ محرک عقب

این سازوکار نیز شبیه سازوکار نصب شده بر روی چرخ پنجم است با این تفاوت که پولی نصب شده بر روی محور چرخ محرک عقب دارای قطری به اندازه $2/72$ برابر قطر پولی نصب شده بر روی محور چرخ پنجم است. این نسبت برابر با نسبت شعاع‌های غلت چرخ‌ها می‌باشد. شعاع غلت چرخ محرک و چرخ پنجم به ترتیب ۷۷ و $28/25$ سانتی متر می‌باشد (اندازه‌گیری شعاع‌های غلت پس از تنظیم باد لاستیک‌ها مطابق با فشار استاندارد انجام گردید). با هر دور دوران چرخ محرک عقب، چرخ پنجم به میزان $2/72$ دور می‌چرخد. قطر پولی

تعداد دور چرخ محرک جهت پیمودن مسافت ۵۰ متری ۱۰/۸۰ دور و برای حالتی که به تراکتور بار کششی اعمال گردید، این میزان به ۱۳/۵۰ دور افزایش یافت. طبق رابطه ۱ مقدار لغزش به دست آمده از این روش ۲۰ درصد محاسبه گردید.

به منظور ادامه آزمایش‌ها، ارزیابی دستگاه لغزش‌سنج در حالت بی‌باری و با بار کششی در مسیر مشابه انجام شد. جهت اعمال بار کششی به تراکتور از یک تراکتور بار استفاده شد. کم و زیاد کردن میزان بار بوسیله یک شیر کنترل که تراکم هوای ورودی به سرسیلندر تراکتور بار را کنترل می‌کرد انجام می‌شد. هنگام انجام آزمایش‌ها، تراکتور مسی فرگوسن MF399 که دستگاه لغزش‌سنج بر روی آن آزمایش می‌شد در دنده ۳ سنگین و با تعداد دور موتور ۲۲۰۰ دور در دقیقه و فشار باد لاستیک استاندارد ۱۶ پوند بر اینچ مربع (۱/۱ بار) برای چرخ محرک، ۲۰ پوند بر اینچ مربع (۱/۴ بار) برای چرخ جلو و ۲۰ پوند بر اینچ مربع برای چرخ پنجم، به کار گرفته شد. داده‌های حاصل از انجام آزمایش‌ها و مقایسه عملکرد دستگاه لغزش‌سنج با اندازه‌گیری لغزش به روش مزرعه‌ای برای حالت‌های اعمال بار بیشتر و اعمال بار کمتر در جدول‌های شماره (۱) و (۲) آورده شده‌اند.

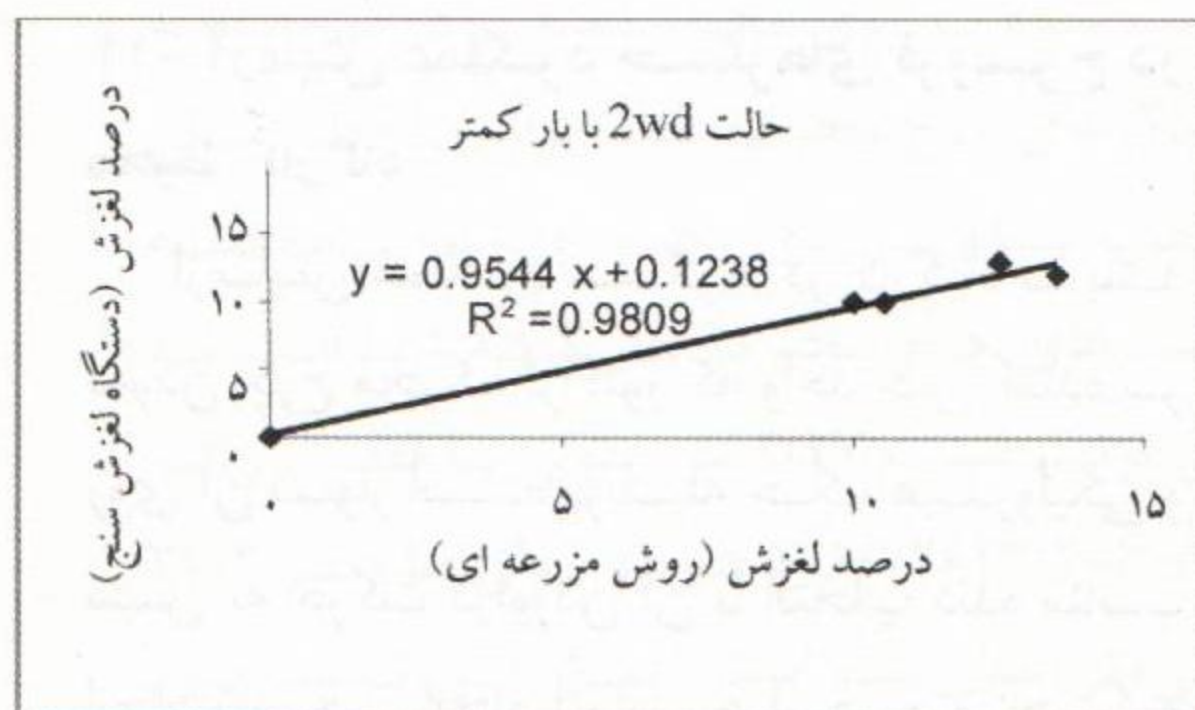
داده‌های حاصل از آزمایش در جدول‌های (۱) و (۲) برای حالت‌های اندازه‌گیری لغزش‌سنج به وسیله دستگاه لغزش‌سنج و حالت اندازه‌گیری لغزش به روش معمولی بوسیله آزمون دو طرفه t مورد بررسی قرار گرفتند. نتیجه به دست آمده از انجام آزمایش‌های مقایسه‌ای در حالت اعمال بار بیشتر نشان داد که بین روش‌های اندازه‌گیری لغزش بوسیله دستگاه لغزش‌سنج و روش معمولی در سطوح ۱٪ تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. همچنین آزمون دو طرفه t برای حالت اعمال بار کمتر انجام و مشخص شد که اندازه‌گیری لغزش توسط دستگاه لغزش‌سنج در سطوح آماری ۱٪ با اندازه‌گیری لغزش

۱۱- آزمایش عملکرد حسگرهای فرسرخ در محیط کارگاه

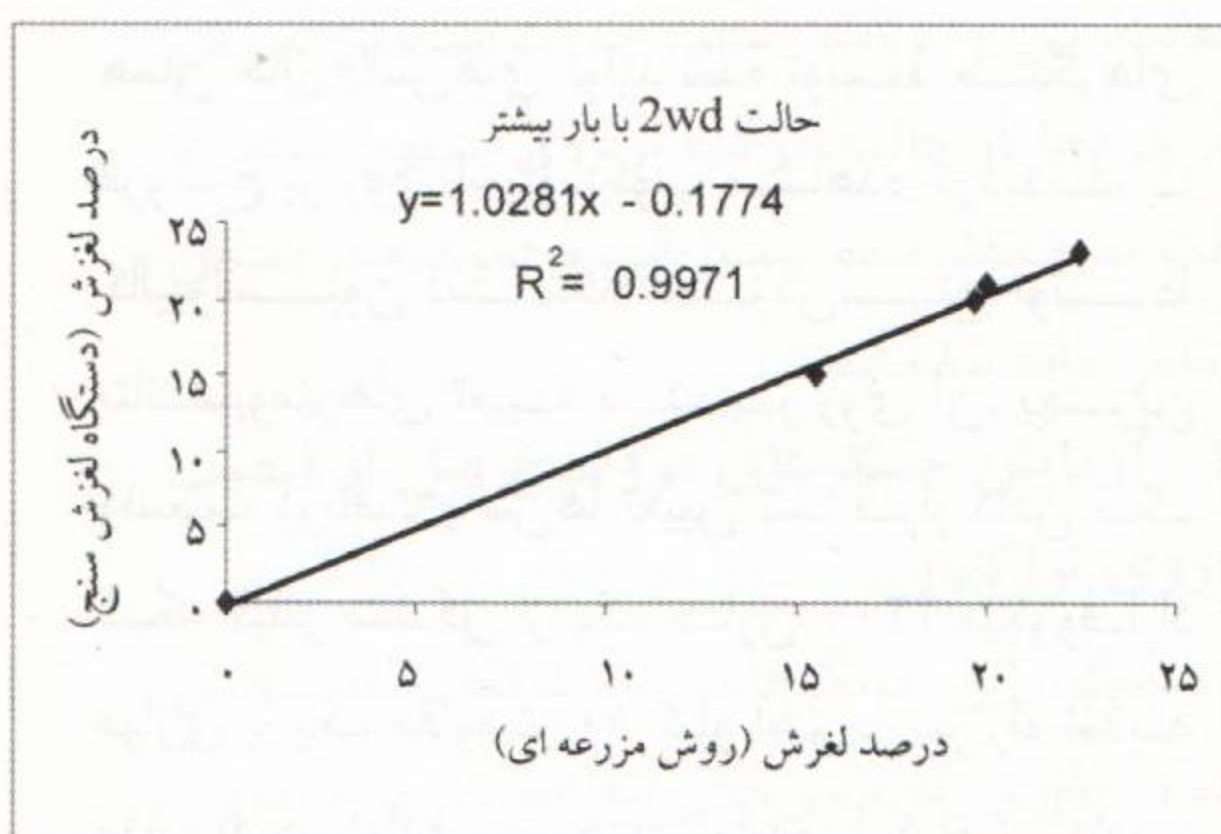
آزمایش عملکرد حسگرها در کارگاه با بلند نمودن چرخ محرک تراکتور که واحد حس کننده بر روی آن سوار است، بوسیله جک هیدرولیکی و سپس به حرکت درآوردن آن با انتخاب دنده مناسب انجام شد. حین انجام آزمایش‌ها، چرخ پنجم که بوسیله یک سازوکار مخصوص به بازوی هیدرولیک عقب تراکتور متصل است، با دست گردانده شد به طوری که تعداد پالس‌های دریافتی از آن بیشتر از تعداد پالس‌های دریافتی از چرخ محرک نگردد. در همان حال پالس‌های تولید شده توسط حسگرهای فرسرخ بر روی اسیلوسکوپ مشاهده گردیدند. با کالیبراسیون دستگاه لغزش‌سنج توسط پتانسیومترهای تعبیه شده بر روی آن، بهترین وضعیت دریافت پالس‌ها تعیین شد. قرار دادن یک شبکه فیلتر متشکل از یک خازن ۲۲۰۰ میکروفاراد موازی با یک مقاومت ۱۰ کیلو اهم بر سر راه تغذیه مدار، تا حد زیادی نویزهای وارده را کاهش داده و در دستیابی به پالس‌های مطلوب مؤثر بود. در این آزمایش نتیجه مطلوب از نحوه کار دستگاه لغزش‌سنج به دست آمد.

نتایج و بحث

جهت ارزیابی عملکرد دستگاه لغزش‌سنج میزان لغزش اندازه‌گیری شده توسط این دستگاه با میزان لغزش اندازه‌گیری شده با روش مزرعه‌ای (معمولی) مقایسه شد. در روش معمولی با حرکت دادن تراکتور MF399 در یک مسافت معین، عمل شمارش تعداد دورهای چرخش چرخ محرک عقب بدون اعمال هرگونه بار کششی به تراکتور و سپس تکرار همین کار در حالتی که به تراکتور بار کششی وارد می‌شد انجام گردید. جهت اعمال بار کششی از یک تراکتور بار استفاده گردید. به عنوان مثال در یکی از تکرارهای روش دستی در حالت بدون اعمال بار



نمودار ۱- همبستگی اندازه گیری لغزش به روش دستی و با استفاده از دستگاه لغزش سنج در حالت اعمال بار بیشتر



نمودار ۲- همبستگی اندازه گیری لغزش به روش معمولی و با استفاده از دستگاه لغزش سنج در حالت اعمال بار کمتر

سپاسگزاری

از مدیر گروه و تمام کارکنان گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون و همچنین گروه برق و الکترونیک دانشگاه شهید چمران اهواز که طی این پژوهش همکاری لازم را به عمل آوردند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

به روش معمولی دارای تفاوت معنی‌دار نیست. نمودارهای (۱) و (۲) میزان همبستگی مابین روش‌های اندازه‌گیری لغزش به روش مزرعه‌ای و با استفاده از دستگاه لغزش‌سنج را در دو حالت اعمال بار بیشتر و اعمال بار مالبندی کمتر نشان می‌دهند.

جدول ۱- داده‌ها در حالت اعمال بار بیشتر

| تکرار | درصد لغزش (روش معمولی) | درصد لغزش (لغزش سنج) |
|-------|------------------------|----------------------|
| ۱ | ۲۲/۵ | ۲۳ |
| ۲ | ۱۵/۵ | ۱۵ |
| ۳ | ۲۰ | ۲۱ |
| ۴ | ۱۹/۷ | ۲۰ |
| جمع | ۷۷/۷ | ۷۹ |

جدول ۲- داده‌ها در حالت اعمال بار کمتر

| تکرار | درصد لغزش (روش معمولی) | درصد لغزش (لغزش سنج) |
|-------|------------------------|----------------------|
| ۱ | ۱۳/۵ | ۱۲ |
| ۲ | ۱۰/۵ | ۱۰ |
| ۳ | ۱۲/۵ | ۱۳ |
| ۴ | ۱۰ | ۱۱ |
| جمع | ۴۶/۵ | ۴۶ |

پیشنهادات

- به منظور دستیابی به دستگاهی پیشرفته‌تر پیشنهاد می‌گردد در طراحی‌های آینده دستگاه‌های لغزش‌سنج در کشور از سازوکارهای مبتنی بر رادار استفاده گردد.

- پیشنهاد می‌شود دستگاه لغزش‌سنج به صورت یک واحد فشرده و سبک‌تر ساخته شده و بر روی ۲ داشبورد تراکتورهای ساخت داخل نصب گردد.

منابع

۱. بی نام. ۱۳۸۳. مجموعه آموزشی میکروکنترلرهای خانواده ۸۰۵۱. انتشارات شرکت پیشرو نوآوران کاوش تهران، ۱۱۸ ص.
۲. رضایی نیا، ح. و دربندی، پ. ۱۳۸۲. ترجمه، میکروکنترلر ۸۰۵۱. انتشارات باغانی مشهد، ۳۸۳ ص.
۳. نصری نصرآبادی، ر. ۱۳۷۳. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ۹۴ ص.
4. Cox, S.W.R. 1982. Microelectronics in Agriculture and Horticulture. Granada Publishing Limited-Technical Books Division.
5. Reed, J., Turner, P.E. 1993. Slip Measurement Using Dual Radar Guns. An ASAE/ meeting presentation. Paper No.93-1031
6. Thansandote, A., Stuchly, S.S., Meladek, J., Townsend, J.S. and Sholser, H. 1977. A New Slip Monitor For Traction Equipment. An ASAE/ meeting presentation paper No.76-1070
7. Paulson, G.E, Elliot, W.S. 1973. A Digital Slip Meter. Division of Control Engineering University of Saskatchewan. Saskatoon, Saskatchewan.

Design, Fabrication and Evaluating on the Instrument for Digital Measurement of Tractor Wheel Slip

M.R. Havasi¹, M.J. Shaykh Davoodi², N. Alaei Shini³, and A. Mostaan⁴

1- MSc. of Farm Machinery and Mechanization, College of Agriculture Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran, (mr_havasi@yahoo.com).

2- Assistant Professor of Farm Machinery, College of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

3- MSc of Electronic, College of Engineering Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

4- Member of Dates and Tropical Fruits Research Center of Khozestan, Ahwaz, Iran.

Received: 21 October 2007

Accepted: 17 March 2008

Abstract

A digital instrument for measuring slippage of farm tractors wheels was designed, fabricated and evaluated based on microcontroller 89c51. Microcontroller 89c51 was programmed using assembly language. The infrared sensor units were fixed on rear wheel axle of tractor and the fifth wheel axle as the source of pulse generation. The output pulses from these two sources were filtered and amplified before being the input to microcontroller. The output was displayed on a LCD monitor as a percentage of slip. The instrument performance was tested in both laboratory and field. Field tests were carried out using MF399 tractor with tow different levels of drawbar pull, namely high and low pull. Data were obtained through 4 replication of experiments carried out in both conventional and digital method. The analysis of results showed that there was no significant difference between the manual and digital method at %1 probability level.

Keywords: *Slip meter, Microcontroller, Sensor, Tractor.*