

ساخت و ارزیابی یک سامانه نظارت همزمان بر پارامترهای عملکردی تراکتور- ادوات از راه دور (RTPM)

نواب کاظمی^۱، مرتضی الماسی^۲، هوشنگ بهرامی^۳، محمدجواد شیخ داودی^۴ و موسی مسگرباشی^۵

- ۱- دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۲- استاد گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
- ۳- دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
- ۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده	تاریخچه مقاله
<p>برای شناخت و بررسی تأثیر متغیرهای گوناگون بر پارامترهای عملکردی تراکتور- ادوات نیاز به اندازه‌گیری دقیق متغیرها و تغییرات پارامترها همزمان با اجرای عملیات می‌باشد. به همین منظور در این تحقیق ۹ حسگر متفاوت جهت اندازه‌گیری دور موتور، سرعت چرخ‌ها، سرعت پیشروی، نیروی کششی و مصرف سوخت روی تراکتور MF399 نصب شد. با طراحی واحد پردازش و نرم افزار مربوطه مقادیر پارامترهای عملکردی تراکتور - ادوات تا حداکثر ۱۰۰۰ داده در ثانیه اندازه‌گیری شده و بصورت آنی و بی سیم به فاصله ۱/۵ کیلومتر روی کامپیوتر شخصی نمایش و در پایان با فرمت اکسل ذخیره گردید. بعد از نصب حسگرها بطور جداگانه و هم در مجموع برای کل سیستم مراحل تست اولیه، کالیبراسیون و تست نهایی در شرایط مختلف شامل درون کارگاه (قبل از نصب روی تراکتور)، روی تراکتور با چهار چرخ روی جک، روی آسفالت و مزرعه انجام شد. نتایج این آزمایش‌ها برای هر حسگر و در مجموع کل سامانه نشان داد که دورسنج‌های دور موتور و سرعت چهار چرخ و سرعت پیشروی واقعی به خوبی و دقیق عمل نموده‌اند و بر اساس آنها درصد بکسوات و سرش بطور لحظه‌ای محاسبه شد. با استفاده از جریان سنج‌های صوتی با دقت ۱۵۰ cc/min کمترین مصرف مربوط به بی‌باری و درجا نیز قابل اندازه‌گیری است. در مورد نیروی کششی نیز کشش سنج تا حداقل ۱۰ نیوتن را آنی اندازه‌گیری می‌گیرد. طراحی سیستم بگونه‌ای است که با کمترین تغییرات بر روی کلیه تراکتورهای مرسوم در ایران قابل نصب است.</p>	<p>دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۱۵ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۱۵</p> <p>کلمات کلیدی: سامانه جمع آوری داده، پارامتر عملکردی، بی سیم، حسگر</p> <p>* عهده‌دار مکاتبات navab20@yahoo.com</p>

مقدمه

در مسیر توسعه پایدار، همواره مدیریت مصرف بهینه انرژی یکی از راه‌های رسیدن به تولید پایدار، ذخیره‌ی منابع و کاهش انرژی است. از سوی دیگر، مصرف سوخت‌های فسیلی در تولید محصولات زراعی سهم بالایی از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص می‌دهد. در این میان تراکتور به عنوان اصلی‌ترین ماشین کشاورزی تامین کننده عمده توان در مزرعه است، لذا اعمال مدیریت صحیح انتخاب ماشین‌های کشاورزی و حرکت در راستای کشاورزی دقیق موجب کاهش نهاده‌های مصرفی، انرژی و هزینه‌ها می‌گردد.

برخی از پژوهشگران افزایش بازده انرژی کل^۱ (OEE) تراکتور- ادوات و تطبیق درست تراکتور با ماشین‌های کشاورزی را از جمله راه‌های مؤثر در کاهش مصرف سوخت می‌دانند. طبق تعریف، بازده انرژی کل، نسبت انرژی منتقل شده توسط تراکتور برای راه‌اندازی ادوات به معادل انرژی سوخت مصرفی مورد نیاز برای انجام عملیات است (۳). اغلب داده‌های مربوط به مدیریت ماشین‌های کشاورزی در استاندارد ASABE497.3 موجود است (۴)، اما تعداد محدودی از آنها مربوط به نیازهای انرژی و توان ادوات کشاورزی در عملیات‌های زراعی مختلف و انواع خاک‌ها است؛ در حالی که داشتن اطلاعات جزئی در مورد توان و انرژی مورد نیاز هر ماشین به صورت محلی و منطقه‌ای مفید خواهد بود (۱۰).

همانگی بین تراکتور و ادوات در مزرعه و دقت اپراتور در به کارگیری دور موتور، دنده و سرعت مناسب و استفاده به موقع از قابلیت‌هایی همچون، قفل دیفرانسیل، دو یا چهار چرخ محرک، سنگین کننده‌ها و اهرم گاز دستی موجب بهتر شدن عملکرد تراکتور می‌گردد. به عنوان نمونه استفاده از تکنیک یک درجه دنده را سبک‌تر کردن با گاز کمتر^۲ (GUDT) می‌تواند

تا ۲۰ درصد موجب کاهش مصرف سوخت گردد (۵) و یا در شرایط تک دیفرانسیل و سنگین کردن چرخ‌های محرک تراکتور MF399 لغزش چرخ‌های محرک از ۵۹ درصد به ۳۴/۶ درصد و مصرف سوخت از ۳۱/۵ به ۲۷/۴ لیتر در هکتار کاهش یافته است (۱۶)؛ لذا بایستی ارزیابی و درک درستی از پارامترهای عملیاتی وجود داشته باشد. اما متغیر بودن خواص فیزیکی خاک‌ها و عکس-العمل‌های مختلف ماشین‌ها از یک طرف و اجرای عملیات‌های مربوط به کشاورزی دقیق از طرف دیگر نیازمند این است که فاصله زمانی بین اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی و تصمیم‌گیری جهت اعمال تغییرات عملی، حتی‌الامکان کوتاه و در شرایط واقعی مزرعه‌ای باشد و این شرایط مستلزم وجود سیستمی دقیق با ضریب اطمینان بالا است تا بتواند همزمان با اجرای عملیات در مزرعه اندازه‌گیری‌ها را انجام و ثبت نماید، به طوری که در روش‌های جدید مدیریت مزرعه، توسعه‌ی سیستم‌های اکتساب داده‌ها^۳ برای محاسبه‌ی پارامترهای عملکردی مزرعه ضروری است (۱۲).

بر اساس نتایج پژوهش‌هایی که در رابطه با روش‌های مختلف اندازه‌گیری و مقایسه سرعت پیشروی تراکتور شامل استفاده از GPS، رادار داپلر، چرخ پنجم و بر مبنای متوسط سرعت چرخ‌های جلو انجام شده است (۱۴، ۱۳، ۹ و ۸) و طی بازدید از چندین طرح داخلی که از چرخ پنجم استفاده گردیده است (۱۱ و ۶)، در مجموع مشخص شد معایبی نظیر، عدم فرمان‌پذیری کامل به ویژه در آزمایش‌هایی که دور زدن مکرر را دارند، تبعیت نکردن کامل از ناهمواری‌های زمین بدون آسیب‌پذیری، سرش و گاهی پرش از روی کلوخه‌ها در سرعت‌های بالاتر از ۵ کیلومتر در ساعت و اشکال در دنده عقب رفتن تراکتور وجود دارند که در صورت رفع این معایب، چرخ پنجم می‌تواند اندازه‌گیری نسبتاً دقیقی از سرعت واقعی انجام دهد.

1- Overall energy efficiency:
2- GUDT: Gear Up Throttle Down

هدف از این تحقیق، تجهیز یک تراکتور به ابزار دقیق اندازه‌گیری و واحد جمع‌آوری اطلاعات باحداکثر دقت و سرعت داده برداری است، به گونه‌ای که بتوان تغییرات آبی پارامترهای عملکردی تراکتور را همزمان با اجرای عملیات مشاهده و ذخیره‌سازی نمود و ضمن تحلیل درست تغییرات ثبت شده شرایط برای کنترل اتوماتیک و اعمال دستور به انواع عملگرهایی که روی تراکتور یا ادوات نصب می‌شوند، فراهم گردد و نهایتاً شیوه ارائه نتایج اندازه‌گیری‌ها به گونه‌ای باشد که علاوه بر محققان و طراحان ماشین‌های کشاورزی برای یک اپراتور معمولی نیز قابل درک باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در اواخر سال ۹۰ به طور عملی با انتخاب و تهیه حسگرها و مواد اولیه شروع شده و طی یک سال کلیه مراحل نصب، تست، کالیبراسیون و ارزیابی آزمایشگاهی و مزرعه‌ای در اسفند ماه ۹۱ به اتمام رسید. تمامی مراحل در دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه کشاورزی رامین و بر روی تراکتور چهارچرخ محرک MF۳۹۹ انجام شد. برای راه‌اندازی این سیستم از انواع تکنیک‌های تلسکوپ، کشویی و ریلی در قطعات پایه نگهدارنده حسگرها استفاده شد و سپس کلیه آنها بر روی تراکتور با پیچ و مهره، نصب شدند تا: الف- نصب و خارج کردن آنها از تراکتور سریع و آسان باشد، ب- شرایط تنظیم بهترین فاصله حسگری^۱ فراهم شود و ج- در انتقال به شرایط جدید (سایر تراکتورها) و یا تعویض حسگرهای با ابعاد جدید بیشترین سازگاری وجود داشته باشد. بدون شک در محل جدید نصب، یک سلسله از ارقام و اندازه‌ها مثل شعاع چرخ، عرض کار ادوات، ارزش حرارتی (در صورت تغییر سوخت) که پایه‌ی محاسبات هستند نیز تغییر می‌کنند و یا در صورت تعویض حسگرها، مشخصات فنی آنها همچون تعداد

از جمله پارامترهای مهم عملکردی تراکتور-ادوات مصرف سوخت است. اگرچه میزان سوخت مصرفی ماشین‌های کشاورزی در عملیات‌های گوناگون در سطح عمومی کاملاً شناخته شده است، اما تفاوت موجود در منابع به شکل قابل توجهی زیاد است. به عنوان مثال برای شخم زدن با گاوآهن بسته به نوع خاک و عمق از ۵ تا ۵۰ لیتر در هکتار متغیر است (۷). اندازه‌گیری سوخت به دو روش مستقیم و یا غیر مستقیم همانند اندازه‌گیری دما و آنالیز گازهای خروجی یا زمان بالا رفتن سوزن تزریق انجام می‌گیرد. معمولاً با محاسبه‌ی کاهش حجم سوخت موجود در باک با پر کردن مجدد آن و یا با استفاده از ابزار سنجش سطح مایعات و در نهایت تفاضل دو حجم طی یک زمان مشخص مقدار سوخت مصرفی به دست می‌آید که میزان دقت در این روش تحت تأثیر کیفیت ابزار به کار رفته و همچنین میزان تلاطم به وجود آمده در باک تراکتور متغیر است و با این روش نمی‌توان تغییراتی که در دور موتور، سرعت و کشش طی عملیات بوجود می‌آید را با میزان مصرف بطور همزمان مقایسه و تحلیل نمود.

به طور کلی در دهه‌های اخیر روش‌های نصب ابزار اندازه‌گیری روی تراکتور با سطوح مختلف از کیفیت و دقت جهت ثبت صحیح و افزایش تعداد نمونه توسط محققین و تولیدکنندگان توسعه داده شده است (۱۵، ۱۴، ۱۰، ۱ و ۲).

بسیاری از این سیستم‌ها سفارشی و گران قیمت می‌باشد و ویژه یک تراکتور خاصی طراحی شده است و به آسانی سازگار با سایر تراکتورها نیست. در این سیستم‌ها پس از ذخیره‌ی داده‌ها روی کارت حافظه جهت بررسی و تحلیل به یک دستگاه کامپیوتر ترجیحاً قابل حمل و نصب شده روی تراکتور منتقل می‌شوند تا بعداً بتوان از این نتایج برای بررسی عملکرد ماشین‌های مختلف، انتخاب صحیح ادوات و تراکتور و کاهش هزینه‌ها استفاده شود (۳).

شرایط اتصال ادوات سوار شونده و یا بکارگیری VRT^۳ بدون تغییرات سخت افزاری قابل توسعه باشد. همچنین در کانال‌های ورودی از سوئیچ‌های نظامی و برای اتصال بین انتهای سیم حسگرها و این سوئیچ‌ها از ترمینال‌های سوکتدار استفاده شده تا بتوان هر حسگر را به تنهایی از مدار و تراکتور جدا کرد و یا کل واحد پردازش را که حساس و گران‌ترین قسمت نیز هست در پایان کار برای امنیت بیشتر جدا نمود. برای ایمنی و ثابت نگه داشتن ولتاژ دریافتی از باتری تراکتور، یک مدار بین باتری و ورودی برد قرار گرفته تا در دوره‌های مختلف موتور نوسان ولتاژ ثابت مانده و در صورت هرگونه اتصالی در سیم کشی تراکتور به برد الکترونیکی، صدمه‌ای وارد نشود. نظارت بر عملکرد تراکتور از راه دور^۴ RTPM کلیه داده‌های پردازش شده، توسط یک فرستنده بی‌سیم از درون واحد پردازش با تکنولوژی Zigbee به قسمت گیرنده که با اتصال USB به لپ‌تاب یا PC کاربر وصل شده ارسال می‌شوند و کاربر نیز بانرم افزار سیستم دستورات لازم را برای شروع و پایان داده برداری اعمال کرده و ضمن مشاهده‌ی آنی جدول نتایج اندازه‌گیری پارامترها، قادر است منحنی تغییرات لحظه‌ای پارامتری خاص نسبت به زمان یا رابطه بین دو پارامتر به دلخواه را نیز مشاهده کند و در پایان نسبت به ذخیره‌سازی اقدام گردد. همچنین جهت افزایش برد نظارت در نرم افزار مربوطه آی‌کون (زبان) IP قرار داده شده تا کاربر که نقش سرور را دارد، در صورت تمایل آن را فعال نماید و به شرط پوشش شبکه اینترنت کد IP را به شخص دیگر (مشتری) اعلام کند تا همزمان برای ایشان شرایط نظارت بر داده‌ها فراهم شود.

مراحل جمع‌آوری اطلاعات و ذخیره‌سازی نتایج یک دوره داده‌برداری به این صورت طراحی شده تا کاربر ابتدا از طریق کامپیوتر خود وارد صفحه اصلی

پالس، ولتاژ، حساسیت^۱ mV.V^{-۱} (در انواع آنالوگی) تغییر خواهند کرد و به همین خاطر در نرم‌افزار منویی بنام تنظیمات^۱ جهت ویرایش این متغیرها لحاظ شده است. کل سامانه جمع‌آوری داده از نظر سخت افزاری طبق شکل ۱ شامل سه واحد جداگانه است که جمع‌آوری، پردازش و نمایش اطلاعات را به صورت آنی و بی‌سیم انجام می‌دهد و کاربر به طور همزمان با اجرای عملیات، تغییرات آنی را مشاهده می‌کند و سپس داده‌ها را با فرمت اکسل ذخیره می‌نماید.

واحد الکترونیک سیستم (واحد پردازش)

طبق الگوریتم برنامه (شکل ۲) واحد پردازش سیگنال‌های ارسالی از سنسورها را دریافت کرده و بر اساس برنامه‌ی ویژه‌ای که به زبان C Sharp نوشته و روی آن نصب شده پردازش می‌کند و سپس به صورت بی‌سیم به سرور (کاربر) ارسال می‌نماید. این واحد از چند برد شامل برد پردازشگر، برد حسگرها، برد پاور، برد ارسال و دریافت داده‌ها و پروگرامر تشکیل شده و کنار هم قرار گرفته‌اند. روی برد پردازشگر یک میکروکنترلر^۲ از خانواده‌ی ARM قرار دارد که وظیفه‌ی اصلی پردازش داده‌ها را به عهده دارد. به طور کلی مشخصات فنی و قابلیت‌های واحد پردازش عبارتند از:

- تعداد کانال‌های ورودی: ۵ کانال آنالوگ (با مبدل ۱۰بیتی)، کانال ۳۲ دیجیتال و ۳ ورودی سریالی RS222
- گیت‌های ورودی: از نوع TTL - نوع ارتباط: WireLess-Zigbee. - تغذیه: ۱۲ ولت.
- فرکانس نمونه برداری: ۱ تا ۱۰۰۰ نمونه در ثانیه -
- سرعت انتقال اطلاعات: 1150200 b.s^{-۱} (بیشترین رکورد به دلخواه کاربر در نرم افزار انتخاب می‌شود).

ویژگی‌های فنی به کار رفته و افزایش در تعداد و تنوع کانال‌های ورودی بر این اساس بوده تا در صورت اضافه شدن حسگرهای دیگر هم چون GPS، رطوبت، عمق، فشار و دما و یا افزایش تعداد استرین گجج بویژه در

3- Variable Rate Technology

4- Remote Tractor Performance Monitoring

5- Data Monitoring

1- Setting

2- Microcontroller

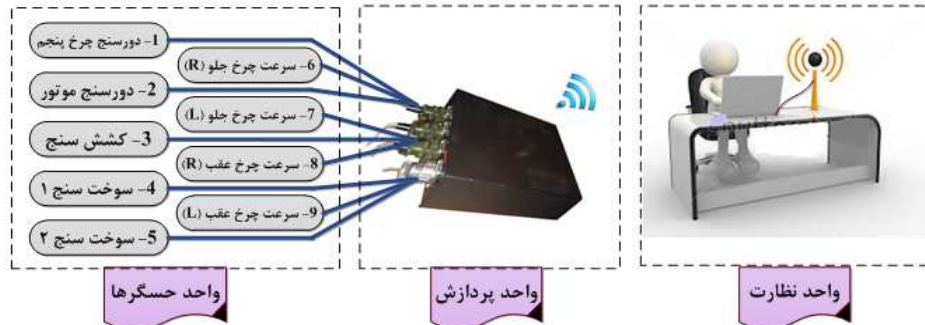
گونه‌ای طراحی شده که وقتی تراکتور به طور موقت از دسترس خارج شد دریافت اطلاعات از حسگرها همچنان ادامه داشته و در حافظه داخلی میکروکنترلر ذخیره و به محض برگشت به محدوده‌ی برد گیرنده، کلیه داده‌ها به صورت یکجا ارسال و دریافت می‌شوند.

نصب و کالیبراسیون حسگرها

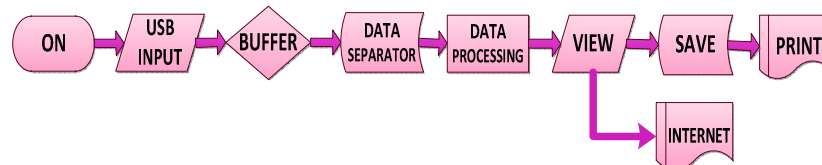
در مجموع برای اندازه‌گیری متغیرهای اصلی و پایه همچون سرعت پیشروی، دور موتور و چرخ‌ها، کشش و سوخت از ۹ حسگر جداگانه استفاده گردید. حساسیت حسگرها نسبت به ضربه، لرزش و خیس شدن از یک طرف و شرایط کاری سخت و خشن تراکتور از طرف دیگر، موجب شد تا پس از نصب آنها، تست‌های متعدد سنجش دقت و کالیبراسیون در چند شرایط شامل درون

برنامه مطابق شکل ۳ گردد. در این قسمت تنظیماتی کلی همچون عرض کار، سرعت و ظرفیت نمونه برداری و آماده بکار کردن کشش سنج قرار دارند. سپس با انتخاب زبانه Log Start عملاً داده برداری آغاز شده و نتایج اندازه‌گیری‌ها با سرعتی که از قبل تنظیم شده (تا 1ms) ثبت و نمایش داده می‌شوند و پس از طی زمان مقرر یا سطح مورد نظر زبانه Log Stop را زده و علی‌رغم اینکه ارسال اطلاعات از حسگرها همچنان ادامه دارد نمایش و ثبت داده متوقف شده و کلیه نتایج داده- برداری در فاصله بین کلید شروع و پایان آماده ذخیره روی کامپیوتر می‌گردد.

یکی از مسائل سیستم‌های بی‌سیم قطع ارتباط بین گیرنده و فرستنده به دلایلی همچون موانع فیزیکی یا خارج شدن از محدوده تحت پوشش است که منجر به قطع ارتباط و از دست رفتن داده می‌شود. این سامانه به

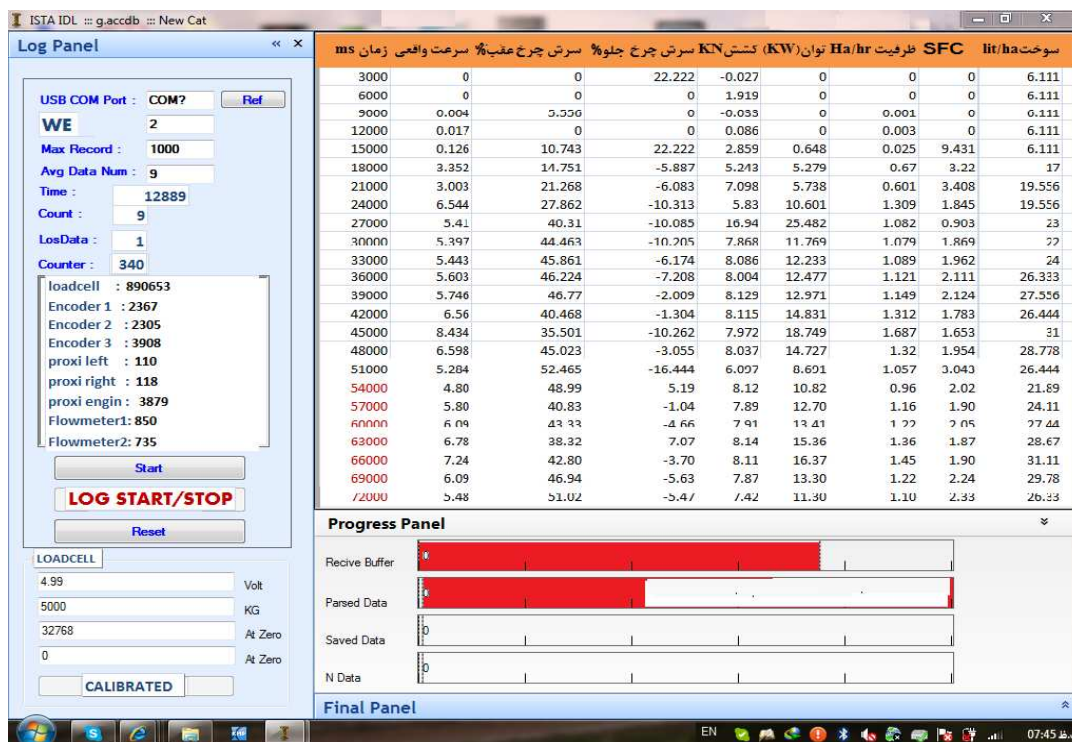


شکل (۱) بلوک دیاگرام سیستم جمع‌آوری و نمایش داده از راه دور
Figure (1) Block diagram of the data logger system and remote monitoring



شکل (۲) الگوریتم برنامه جمع‌آوری و ذخیره داده
Figure (2) Flow chart for the data collection and storage routine

کاشمی و همکاران: ساخت و ارزیابی یک سامانه نظارت...



شکل (۳) پنجره اصلی نرم افزار
Figure (3) Main screen of the program

بعضا عمیق تبعیت کرده و در سطح افقی قابلیت فرمان پذیری به پیروی از چرخ‌های جلو نیز فراهم شود و در زمان دنده عقب، ۱۸۰ درجه گردش نماید تا بدون ایجاد فشار جانبی به شاسی و چرخ همگام با تراکتور به سمت عقب حرکت کند. سرعت پیشروی واقعی تراکتور از طریق اندازه‌گیری سرعت دورانی چرخ پنجم به دست می‌آید. به همین منظور ابتدا یک شفت درون مرکز رینگ چرخ با فلایزکاری پیچ شده و با ساعت اندازه‌گیر لنگرگیری وهم مرکز شد. سپس یک دستگاه دور سنج نوری (شفت انکودر) مدل E40H500-3T-12V روی بازوی سمت راست به طور ثابت نصب گردید. بنابراین سرعت واقعی پیشروی (km.h^{-1}) در لحظه t ام (V_{ia}) برابر است با (رابطه ۱، ۲، ۳ و ۴):

$$C=2\pi r \quad (1)$$

$$S_p = \frac{C}{n_p} \quad (2)$$

کارگاهی، با تراکتور روشن و درجا (چهارچرخ از زمین جدا است)، روی آسفالت و مزرعه انجام شود.

اندازه‌گیری سرعت پیشروی واقعی بوسیله چرخ غیر محرک پنجم

محاسبه‌ی پارامترهایی همچون ظرفیت زراعی، توان کشتی و درصد بوکسوات چرخ‌ها وابسته به اندازه‌گیری صحیح سرعت پیشروی واقعی است. در این تحقیق سعی شده چرخ پنجمی ساخته شود که حتی الامکان عاری از اشکالات ذکر شده در مقدمه باشد. این چرخ عمدتاً از سه قسمت مجزا تشکیل شده تا بتواند به صورت یک سیستم مستقل اندازه‌گیری سرعت پیشروی عمل کند و روی تراکتورهای مرسوم با کمترین تغییرات نصب شود. این چرخ با توجه به محل اتصالات، روی مسیر نسبتاً هموار شده توسط چرخ جلو حرکت کرده و مانعی برای ادوات دنباله بند ایجاد نمی‌کند. انتخاب اتصالات لولایی نیز موجب می‌شود تا در سطح عمودی از پستی و بلندی‌های

آن سرش^۱ یا درصد سرش گفته می‌شود. اما به لحاظ تکنیکی این اشتباه است!

$$TRR = 100 \left[1 - \frac{V_a}{V_t} \right] \quad (5)$$

در این رابطه V_a سرعت پیشروی واقعی (سرعت چرخ پنجم) و V_t سرعت تئوری (چرخ‌های عقب یا جلو) می‌باشد، در واقع این رابطه میزان تغییر پیشروی TRR^2 یا تغییر سرعت نسبت به مسافت یا سرعت تئوری برحسب درصد است و عموماً به بوکسوات یا درصد بوکسوات معروف است که چرخ می‌چرخد؛ اما پیشروی صورت نمی‌گیرد (۴).

این وضعیت مربوط به چرخ‌های محرک است؛ اما در چرخ‌های غیر محرک نیز یک حالت سرخوردن یا لیز خوردن پیش می‌آید که عکس کاهش پیشروی است. یعنی چرخ نمی‌چرخد اما پیش‌روی دارد. در این مقاله حالت اول را درصد بوکسوات و با علامت +S و حالت دوم درصد سرش S- نشان داده شده است. برای اندازه‌گیری سرعت خطی چرخ‌های عقب نیاز است که سرعت چرخشی چرخ‌های عقب محاسبه گردد. برای این کار از شفت انکودر ۱۰۰ پالسی (NP)، مدل E50S8-100-3T-12V و روابط ۱ تا ۴ استفاده گردید.

در چرخ‌های عقب بایستی انکودر در فضای مقابل محور چرخ به طور ثابت و بدون لرزش قرار گیرد. برای این کار در وسط هر رینگ عقب مانند چرخ پنجم یک شفت کوتاه و هم اندازه با قطر شفت انکودر پیچ گردید و با یک کوپلینگ پلاستیکی به هم وصل می‌شوند. سپس یک پایه فلزی به صورت لوله‌ای چند تکه با اتصالات به هم متصل و روی قسمتی از اکسل تراکتور با پیچ و مهره ثابت گردید. چند تکه‌ای بودن پایه بدون خم کاری یا جوشکاری موجب می‌شود که اندازه‌ی آن در شرایط جدید و نصب روی دیگر تراکتورها قابل تغییر باشد. در انتهای پایه فلزی یک سر لوله‌ی ال شکل توخالی از جنس لاستیک قرار گرفته و در سر دیگر آن انکودر قرار می‌گیرد.

$$RPM_t = \frac{P_t - P_{t-T}}{T \times n_p} \times 60000 \quad (3)$$

$$V_{ta} = \frac{60 \times RPM_t \times C}{1000} \quad (4)$$

در روابط فوق C محیط چرخ (m)، S_p کمترین مسافت طی شده در هر پالس^۱ ($mm.puls^{-1}$)، n_p پالس‌های در هر دور، RPM_t دور بر دقیقه چرخ در لحظه ام، P_t و P_{t-T} تعداد پالس‌های تجمعی در لحظه (t-T) و t ام می‌باشد، T فاصله زمانی ثبت هر داده (ms) که از یک میلی ثانیه به بالا قابل تنظیم است.

برای سنجش دقت چرخ پنجم دو سری آزمایش‌هایی به عمل آمد که در سری اول تعداد دوری که سامانه بر اساس پالس‌های دریافتی ثبت می‌کند با تعداد دورهای شمارش شده به طور عملی توسط شخص مقایسه گردید و در سری دوم آزمایش‌ها، دقت سرعت اندازه‌گیری شده با چرخ پنجم در مقایسه با سرعت محاسبه شده به صورت دستی طی یک مسافت ثابت روی سه سطح آسفالت، زمین شخم شده و دست نخورده در سه سطح سرعتی (آرام، متوسط و تند) بررسی شد. ابتدا مسافت ۸۰ متری را روی سطوح مورد نظر نشانه‌گذاری کرده و با سه دنده (2HH، 2HL، 2LL) سطوح سرعتی مذکور هر کدام در سه تکرار اجرا گردید و در هر تکرار سرعت‌های واقعی (V_a) که از طریق ثبت زمان توسط کرومتر طی مسافت مذکور به دست می‌آید و سرعت‌های ثبت شده توسط سامانه (V_{wh}) با همدیگر مقایسه گردید. در جدول ۱ متوسط تکرارهای این سرعت‌ها و میزان اختلاف آنها از طریق محاسبه درصد سرش و بوکسوات (S) طبق رابطه ۵ برآورد می‌گردد. لازم به ذکر است، برای درگیری بهتر لاستیک چرخ پنجم با خاک و دنبال کردن ناهمواری‌های زمین و کاهش درصد سرش از یک فتر با قابلیت تغییر نیروی کششی آن استفاده گردید.

اندازه‌گیری لحظه‌ای درصد بوکسوات و سرش

در استاندارد ASAE رابطه ذیل برای محاسبه میزان کاهش پیشروی یا کاهش سرعت آمده است و قید شده "به طور سنتی به

1- Slip

2- Travel Reduction Ratio

جدول (۱) متوسط سرعت‌های اندازه‌گیری شده واقعی و به دست آمده از چرخ پنجم در سه سطح آسفالت، دست نخورده و شخم شده برحسب متر بر ثانیه

Table (1) The average volume of measured actual speed (V_a) and practiced speed by 5th wheel (V_{5wh}) in Asphalt, disturbed and undisturbed surfaces (m/s)

آسفالت (Asphalt)			شخم خورده (disturbed)			دست نخورده (undisturbed)			نوع خاک Kind of soil
S%	V_{5wh} ($m.s^{-1}$)	V_a ($m.s^{-1}$)	S%	V_{5wh} ($m.s^{-1}$)	V_a ($m.s^{-1}$)	S%	V_{5wh} ($m.s^{-1}$)	V_a ($m.s^{-1}$)	
1.08	1.55	1.23	-0.546	0.4	0.456	-0.54	0.406	0.462	آرام (2LL) (slow)
2.13	2.22	1.8	-1.226	0.971	1.048	-1.4	0.992	1.006	متوسط (2HL) (medium)
5.2	3.37	2.22	-3.48	2.397	2.71	-3.3	2.477	2.78	تند (2HH) (High)
2.8			-1.75			-1.74			متوسط اختلاف (Mean of difference)

می‌توان زاویه گردش را کاهش داد که ضرورتی دیده نشد. ظرفیت حسگر به کار رفته تا حداکثر ۰/۳ دور بر میلی ثانیه است (۱۸۰۰ rpm) و به خوبی پاسخ‌گوی نیاز این طرح می‌باشد. برای سنجش دقت دورسنج موتور به چند روش و سه تکرار اعمال گردید. ابتدا با چرخاندن آرام موتور خاموش، تعداد پالس دریافتی مقایسه شد. دوم با چسباندن یک تکه شبرنگ روی پولی و قرار دادن یک سرعت سنج نوری مقابل آن با گاز دستی تراکتور پنج سرعت ۱۸۰۰، ۱۴۴۰، ۹۰۰، ۷۲۰ و ۵۴۰ دور بر دقیقه هر کدام به مدت دو دقیقه، متوسط سرعت نمایش داده شده توسط سامانه با آنها مقایسه گردید. روابط به کار رفته در نرم‌افزار برای محاسبه سرعت موتور عبارتند از (رابطه ۶ و ۷):

$$RPM_{et} = \frac{P_t - P_{t-T}}{T \times n_P} \times 60000 \quad (6)$$

$$IE_n = \frac{RPM_{et} \times N}{120} \quad (7)$$

در روابط فوق RPM_{et} سرعت موتور در لحظه t ام برحسب دور بر دقیقه، IE_n تعداد پاشش انژکتورها در یک ثانیه و N تعداد سیلندرها بوده که به عنوان مبنایی برای محاسبه مصرف سوخت هر سیلندر کاربرد دارد.

سپس در آزمایش‌هایی در حالت‌های مختلف شامل ۱- قرار دادن تراکتور روی جک در دو وضعیت 2WD و 4WD چرخ‌ها به حرکت درآمدند. ۲- روی آسفالت و مزرعه، که در تمام این آزمایش‌ها با رنگی کردن قسمتی از لاستیک تراکتور، تعداد دور زدن‌های چرخ‌ها توسط افراد جداگانه شمارش شده و حداقل ۳ بار در مزرعه، روی آسفالت و درجا به حالتی که تراکتور روی جک باشد، تکرار گردید و در پایان تعداد دور و پالس‌های جمعی ثبت شده توسط سیستم با شمارش افراد مقایسه گردید.

اندازه‌گیری دور موتور و سرعت چرخ‌های جلو

با توجه به ویژگی‌ها و حساسیت بالای شفت انکودر، در این سامانه برای اندازه‌گیری دور موتور و سرعت چرخ‌های جلو از حسگرهای القایی استفاده گردید؛ به این صورت که روی پولی سر میل‌لنگ یک قطعه کوچک و سبک فلزی چسبانده شد تا با هر عبور از جلوی حسگر یک پالس به واحد پردازش به نشانه‌ی ۳۶۰ درجه گردش ارسال گردد؛ با افزایش تعداد شاخص‌ها

مسیر (برای اوقاتی که نیازی به اندازه گیری سوخت نباشد) و دوم دریافت سوخت از مخزن مدرج که ضمن سنجش لحظه‌ای سوخت از طریق سوخت سنج‌ها با استفاده از قرائت سطح سوخت در ابتدا و انتهای آزمایش از روی نشانگر سوخت مخزن مصرف خالص با دقت ۱۰ سی سی نیز مقدر است و در هر آزمایش می‌تواند مبنایی برای عملکرد سوخت سنج‌های صوتی باشد. برای کالیبراسیون و سنجش دقت سوخت سنج‌ها نیز از همین مخزن استفاده شد. برای صحت یکنواختی دقت دو سوخت‌سنج، آنها با فاصله از هم روی یک مسیر جریان قرار داده شدند و چون هر دو دارای یک مشخصات فنی و کارخانه سازنده، یکسان بودند، اختلافی در پالس‌های ارسال شده مشاهده نشد. کلیه تست‌های مربوط به دقت سوخت سنج‌ها نسبت به هم و به طور جداگانه در دو شرایط آزمایشگاهی حجم و فشار ثابت و همچنین روی تراکتور صورت گرفت. از کرنومتر، استوانه‌های مدرج ۱۰۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ سی سی و پیست ۵۰ سی سی شیردار و یک مخزن کالیبره شده با شیر مدرج (شکل ۴، شماره ۳) استفاده گردید.

در طی آزمایش با یک شیر تغذیه سطح سیال درون مخزن را تقریباً ثابت نگه داشته شد، تا بتوان ۷ دبی (۵۰-۱۰۰-۱۵۰-۲۰۰-۳۰۰-۴۰۰-۵۰۰ سی سی بر دقیقه) را بطور یکنواخت تامین کرد؛ سپس با قرار دادن استوانه مدرج در قسمت خروجی سوخت سنج هر حالت طی ۳ دقیقه و سه تکرار انجام شده و نهایتاً با توجه به حجم موجود در استوانه مدرج و روابط زیر دبی واقعی (V_{ac}) محاسبه و با دبی اندازه‌گیری شده توسط سوخت سنج (V_f) طبق جدول ۲ مقایسه گردید و همچنین با یک آزمایش جداگانه روی تراکتور مشخص شد که لرزش تراکتور بر کارایی سوخت سنج‌ها تأثیری ندارد.

$$V_f = \frac{\text{تعداد پالس ثبت شده در ثانیه}}{\text{پالس بر سی سی}} \times 60 \quad (10)$$

$$V_{ac} = \frac{\text{حجم سوخت موجود در استوانه مدرج}}{\text{زمان (دقیقه)}} \quad (11)$$

برای چرخ‌های جلو ابتدا دو صفحه نیم دایره‌ای فلزی بریده و با توجه به سطح حسگر القایی روی آن چهل سوراخ ایجاد و درون هر کدام از آنها یک پیچ با دو مهره در طرفین صفحه نصب گردید که با تنظیم مهره‌ها می‌توان فاصله سر پیچ تا محدوده‌ی حسگر را تنظیم نمود. ضمناً حسگر بگونه‌ای روی یک پایه قرار داده شد که موقعیت آن در جهت افقی و عمودی در حد چند سانتی‌متر قابل تغییر باشد و با قراردادن یک درپوش فلزی در مقابل گرد و خاک، بارندگی و ضربه‌های ناشی از پرتاب سنگ و کلوخ محافظت شود. از روابط ۸ و ۹ برای محاسبه سرعت دورانی (RPM_{fl}) بر حسب دور بر دقیقه و سرعت خطی (V_{fl}) چرخ جلو ($km \cdot h^{-1}$) استفاده گردید:

$$RPM_{fl} = \frac{P_i - P_{i-T}}{40 \times T} \times 60000 \quad (8)$$

$$V_{fl} = \frac{60 \times RPM_{fl} \times C}{1000} \quad (9)$$

اندازه‌گیری مصرف سوخت خالص

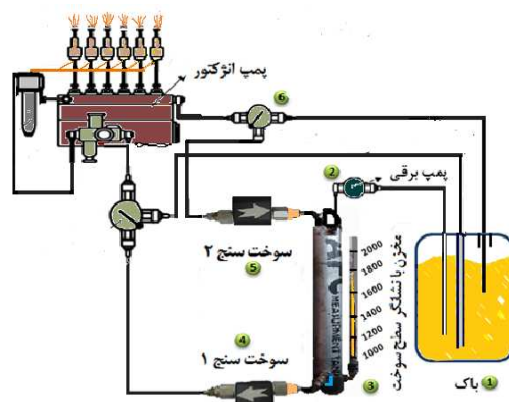
اندازه‌گیری دبی سوخت به صورت بر خط^۲ (رفت و برگشت) با استفاده از سوخت سنج‌ها^۳ است. برای انتخاب سوخت سنجی که بتواند در کمترین حالت مصرف عمل کند یک سری آزمایش‌های اولیه در دو شرایط درجا با دور آرام و پر گاز و حرکت بدون بار روی آسفالت، انجام شد و مشخص گردید که دبی مسیر لوله ورودی از باک به پمپ اولیه در کمترین حالت ممکن ۲۰۰ cc بر دقیقه است. بر این اساس سوخت سنج‌های نوع صوتی ساخت کشور انگلیس با ۱ پالس بر cc و نرخ جریان 1 min^{-1} cc باک تهیه گردید و با تغییراتی در لوله برگشتی آنزکتورها دو سوخت سنج در مسیرهای رفت و برگشت سوخت به باک مطابق شکل ۴ در مسیر عبور جریان قرار گرفت. با نصب شیرهای کنترل مسیر دستی می‌توان دو حالت در مسیر عبور سوخت در نظر گرفت، یکی حالت عادی استفاده از باک تراکتور و خارج کردن سوخت سنج‌ها از

1- Distance Sensing

2- Online

3- Flow meters

کاظمی و همکاران: ساخت و ارزیابی یک سامانه نظارت...



شکل (۴) شماتیک مسیر تغییر یافته سیستم سوخت رسانی برای کالیبره کردن سوخت سنجها
Figure (4) Schematic structure of fuel flow meter calibration procedure

کالیبراسیون آن از یک ترازوی دیجیتال، یک سری وزنه‌هایی با جرم مشخص از ۱ تا ۱۰۰۰ کیلوگرمی استفاده شد. ابتدا وزنه‌ها توسط ترازو وزن شده و در دو حالت افزایشی و کاهش‌ی به نیروسنج متصل شدند و بر اساس مشخصات فنی کشش سنج رابطه بین سیگنال خروجی و بار اعمالی با وزنه‌های مختلف طبق معادله زیر، کالیبراسیون نیروسنج کامل گردید.

$$\text{Load} = (\text{ADC} \times \text{offset}) \times \text{coef} \quad (14)$$

$$\text{Coef} = (\text{scale} \times 40) / (V \times \text{mV} \times \text{Zero Load})$$

ADC: مقدار خوانده شده از سنسور، Coef: ضریب ثابت سنسور، Scale: حداکثر مقدار قابل سنجش توسط سنسور، V: تغذیه سنسور که ۵ ولت است، mV: مقدار میلی ولت بر ولت سنسور، Zero-Load: رقمی که سنسور در حالت بی‌باری می‌خواند، Offset: رقمی که اضافه می‌شود تا خطای سنسور گرفته شود و ۴۰ ضریب اصلاحی است که در حالت بی‌باری نرم‌افزار نشان می‌دهد.

طبق رابطه ۱۲ سامانه RTPM دبی ورودی به پمپ انژکتور و دبی برگشتی به باک^۱ و مصرف خالص بر حسب لیتر بر ساعت را به طور لحظه‌ای اندازه‌گیری، نمایش و در نهایت به صورت یک کاربرگ جداگانه در فایل اکسل ذخیره می‌نماید.

$$Q_{fl} = \frac{(FM_{1t} - FM_{1t-T}) - (FM_{2t} - FM_{2t-T})}{KT} \times 3600 \quad (12)$$

که Q_{fl} مصرف خالص سوخت بر حسب Litr.h^{-1} در لحظه t ، FM_1 و FM_2 به ترتیب پالس جمععی سوخت سنج مسیر رفت و برگشت و K تعداد پالس برای هر سی سی که برابر 1 puls.cc^{-1} می‌باشد.

توان کششی

توان کششی طبق رابطه ۱۳ تحت تأثیر سرعت پیشروی و نیروی مقاومت کششی است. در این طرح برای اندازه‌گیری نیروی کششی تک نقطه از یک نیرو-سنج ۵ تنی مدل S.type ساخت کره جنوبی با خروجی $2/99 \text{ mV.V}^{-1}$ استفاده شد.

$$P_{db} = \frac{F.V}{3/6} \quad (13)$$

که P_{db} توان کششی ادوات (kW)، F نیروی کششی (kN) و V سرعت پیشروی km.hr^{-1} است. برای

1- Return Line

و میزان دور چرخ‌های جلو همواره بدون خطا ثبت گردید؛ بنابراین اندازه‌گیری لحظه‌ای سرعت هر چرخ به تفکیک و سرعت پیشروی با چرخ پنجم درصد بکسوات و سرش هر چرخ و محاسبه متوسط جفت چرخ‌ها به طور لحظه‌ای توسط سامانه با دقت خیلی خوب صورت می‌گیرد. شکل ۶ منحنی‌های تغییرات واقعی سرعت چرخ جلو و عقب و سرعت پیشروی واقعی به همراه درصد بکسوات (چرخ محرک عقب) و سرش (چرخ جلو در حالت دوچرخ محرک 2WD) را طی حدود یک دقیقه عملیات دیسک زنی به عنوان نمونه نشان می‌دهد (T=333ms).

دور موتور

در مقایسه‌ی ثبت لحظه‌ای داده‌های سرعت موتور با سامانه RTPM با داده‌های برداشت شده توسط سرعت سنج نوری و دورسنج عقربه‌ای تراکتور هیچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، به طوری که شیب خط برازش شده‌ی آن نزدیک به یک است؛ لذا اندازه‌گیری لحظه‌ای توسط دور سنج القایی نصب شده کاملاً قابل اعتماد است و کلیه‌ی پالس‌های دریافتی، سرعت موتور بر حسب دور بر دقیقه و ثانیه و همچنین تعداد تزریق بر ثانیه نمایش و ذخیره می‌گردد. در شکل شماره ۷ منحنی ثبت داده‌های مربوط به دورموتور در پنج وضعیت گاز دستی بر حسب RPM را به طور واقعی نشان می‌دهد (T=333 ms). اندازه‌گیری مصرف سوخت خالص استفاده از سوخت سنج‌های صوتی به جهت عدم تأثیر پذیری آنها از لرزش‌های تراکتور مناسب بوده و قرار دادن دو سوخت سنج در مسیرهای رفت و برگشت، مصرف خالص سوخت با نرخ جریان‌های پایین که توسط یک سوخت سنج مقدر نیست را به صورت تفاضلی محاسبه می‌کند.

نتایج و بحث

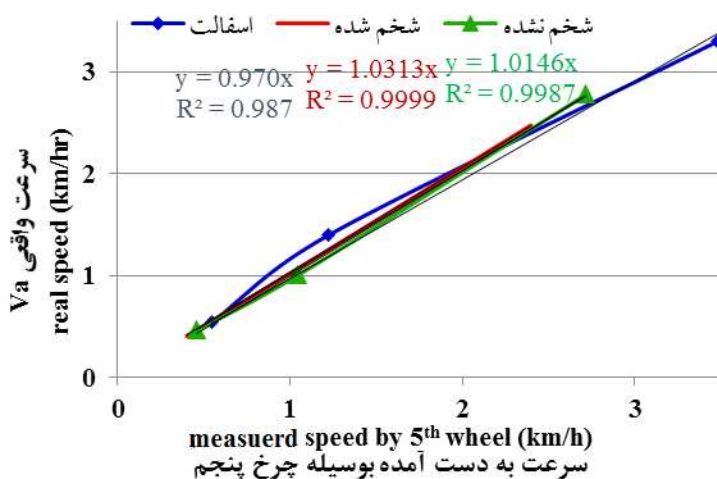
سرعت واقعی پیشروی

نتایج آزمایش‌های انجام شده نشان داد که همواره تعداد دورهای ثبت شده با تعداد دورهای واقعی چرخ برابر است و این امر نشان دهنده دقت انکدر ۵۰۰ پالسی و نصب صحیح آن است. با توجه به میزان اختلاف بین سرعت واقعی و سرعت محاسبه شده به وسیله چرخ پنجم طبق جدول ۱ نتایج نشان می‌دهد که در سطح آسفالت به طور متوسط در کلیه سطوح سرعتی، اختلاف به صورت ۲/۸ درصد بکسوات بوده که آنهم به خاطر آجدار بودن لاستیک و پریدن روی سطح آسفالت است؛ اما در هر دو شرایط مزرعه‌ای اختلاف ناشی از سرش بوده که به طور متوسط ۱/۷۵- درصد است و که به راحتی با ویرایش در نرم افزار اصلاح می‌گردد. منحنی‌های شکل ۵ نیز نشان می‌دهند که رابطه خطی قوی با ضریب تبیین بالا بین سرعت ثبت شده توسط سامانه RTPM و سرعت واقعی اندازه‌گیری شده بویژه برای کار در مزرعه وجود دارد؛ لذا در مجموع نتایج بیانگر عملکرد درست سامانه با چرخ پنجم است.

سرعت لحظه‌ای چهارچرخ تراکتور به طور مجزا

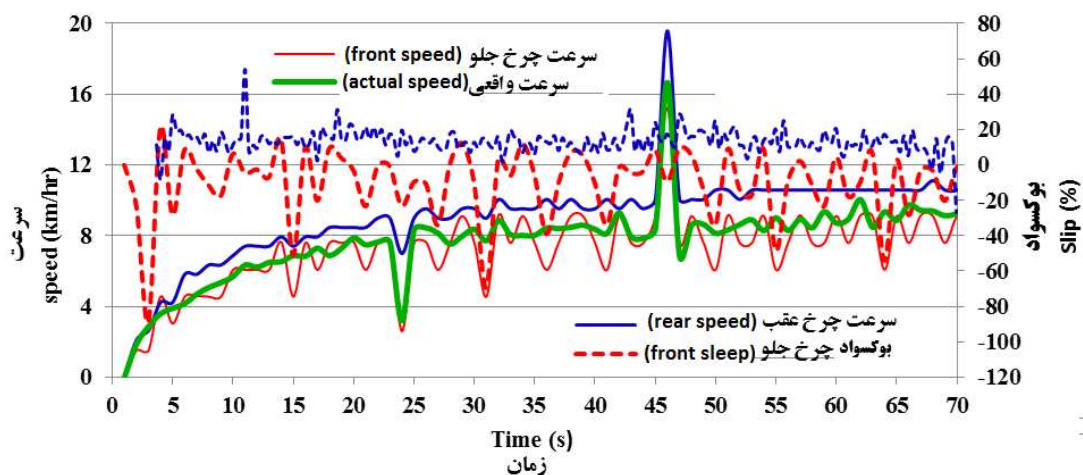
استفاده از پایه‌ی فلزی ثابت، رابط لاستیکی و کوپلینگ انعطاف پذیر روی هم رفته بدنه‌ی انکودر را به خوبی ثابت نگه می‌دارد و موجب می‌شود که لرزش‌های تراکتور به آن منتقل نگردد و حتی الامکان محور انکودر و شفت محرک در یک راستا قرار گیرند، به طوری که نتیجه‌ی آزمایش‌ها در حالت‌ها و سرعت‌های مختلف نشان داد، در تمام چرخ‌ها تعداد دور ثبت شده توسط سامانه در مقایسه با تعداد دور شمارش شده توسط اشخاص برابر بوده و فقط در شروع حرکت تراکتور و زمان توقف ممکن است کمتر از ۱۰ پالس اضافی (کمتر از یک صدم دور) ثبت گردد که قابل اغماض و اصلاح است. در خصوص چرخ‌های جلو در هر شرایط کاری لرزش بر کارکرد دورسنج‌های القایی بی‌تأثیر بوده

کاظمی و همکاران: ساخت و ارزیابی یک سامانه نظارت...



شکل (۵) منحنی مقایسه سرعت واقعی و به دست آمده بوسیله چرخ پنجم در سه سطح متفاوت.

Figure (5) Comparison of predicted speed by 5th wheel and measured via Distance-Time for 3 Surfaces: a) Asphalt b) undisturbed c) disturbed.



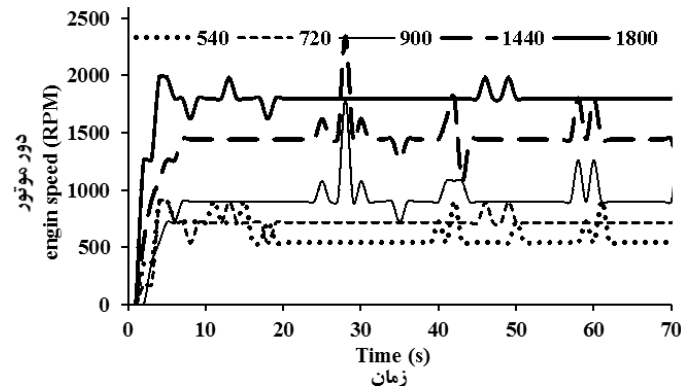
شکل (۶) منحنی‌های تغییرات لحظه‌ای متوسط سرعت چرخ‌های جلو، عقب، سرعت پیشروی و درصد بکسواد

Figure (6) Real Time change in actual speed (5th wheel), a front wheel speed, rear wheel speed and their slip in the field experiment (disk harrow) by RTPM

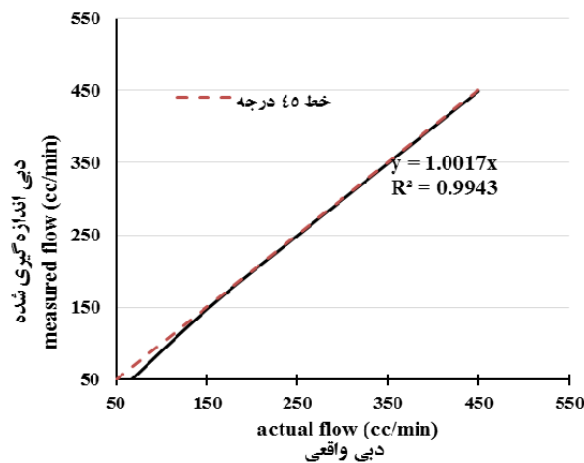
جدول (۲) جدول مقایسه متوسط دبی واقعی و اندازه‌گیری شده بوسیله سوخت سنج در آزمون آزمایشگاهی جهت سنجش سوخت سنج (متوسط تکرارها بر حسب cc/min)

Table (2) The result of library tests for evolution of flow meter

Vac (cc.min ⁻¹)	V _f (cc.min ⁻¹)	دبی (Flow) (cc.min ⁻¹)
42	14	50
99	87	100
145	140	150
196	187	200
294	280	300
391	380	400
489	478	500



شکل (۷) منحنی تغییرات دور موتور ثبت شده با سیستم RTPM نسبت به زمان برای دوره‌های مختلف
Figure (7) Changes in measured engine speed (by RTPM system) at 6 speed levels with throttle Control



شکل (۸) همبستگی بین دبی اندازه‌گیری شده واقعی و محاسبه شده با سوخت‌سنج در ۶ دبی عبوری مختلف
Figure (8) Correlation between measured values and predicted flow rate by Fm values in the 6 flow rate

با اندازه‌گیری لحظه‌ای مصرف سوخت در واحد زمان، تغییرات سایر پارامترهای مرتبط همچون بازده سوخت ویژه و بازده انرژی کل تراکتور نیز به صورت واقعی ثبت می‌شوند، در شکل ۹ یک نمونه واقعی از ارتباط بین تغییرات SFC در مقابل تغییرات توان مالبندی دیسک کششی ثبت شده توسط سامانه آمده است.

توان کششی

باداده‌های سرعت پیشروی واقعی $km.h^{-1}$ و نیروی کششی لحظه‌ای بر حسب KN، توان کششی در هر لحظه بر حسب kW نشان داده می‌شود. شکل

به عنوان مثال نتایج آزمایش به صورت درجا (۵۰۰RPM) سوخت‌سنج رفت به طور متوسط ۲۳۰ و برگشت ۲۰۰ سی سی بر دقیقه را ثبت کرده و مصرف خالص ۳۰ سی سی بر دقیقه، توسط سامانه نمایش داده شد؛ لذا این سامانه توانست کمترین مصرف سوخت را که در دور آرام است نیز ثبت کند. در شکل ۸ منحنی‌های نتایج تست آزمایشگاهی تکی سوخت‌سنج‌ها نشان می‌دهد که هرچه دبی عبوری از ۱۵۰ سی سی بیشتر گردد رابطه خطی قوی‌تر خواهد بود و این با داده‌های ذکر شده در Datasheet سوخت‌سنج‌ها مطابقت دارد.

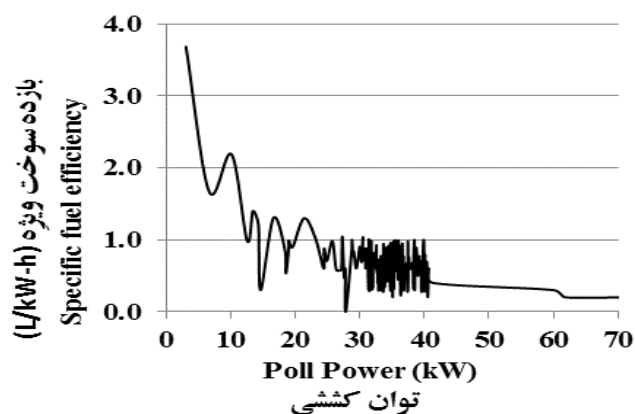
کاظمی و همکاران: ساخت و ارزیابی یک سامانه نظارت...

همزمان با عملیات بروی نمایشگر لب تاپ قابل مشاهده باشد. در پایان داده برداری بلافاصله کلیه داده های برداشت شده با فرمت اکسل ذخیره سازی می شود. نمونه فایل اکسل مورد نظر دارای ۹ کاربرگ بوده و عبارتند از: چرخ پنجم، چرخ جلو راست، چرخ جلو چپ، چرخ عقب راست، چرخ عقب چپ، توان کششی، مصرف سوخت، سرعت موتور و کاربرگ پارامترها که حاوی داده های میانگین گیری شده از کلیه پارامترها است. در شکل ۱۱ یک نمونه از فایل اکسل ذخیره اطلاعات آمده است که داده های مربوط به کاربرگی با عنوان پارامترها با تنظیم میانگین گیری از هر سه ثانیه را نشان می دهد (سرعت داده برداری در این نمونه ۳۳۳ میلی ثانیه یا ۳ داده در ثانیه می باشد).

۱۰ یک نمونه از عملکرد سامانه است که تغییرات واقعی این پارامترها در یک عملیات دیسک زنی را طی مسافت ۱۵۰ متر نسبت به زمان نشان می دهد. این منحنی ها بر اساس داده های ثبت شده توسط سامانه با تنظیم هریک سوم ثانیه یک داده می باشد و به دلخواه تا یک هزارم ثانیه (T=1ms) قابل ویرایش است.

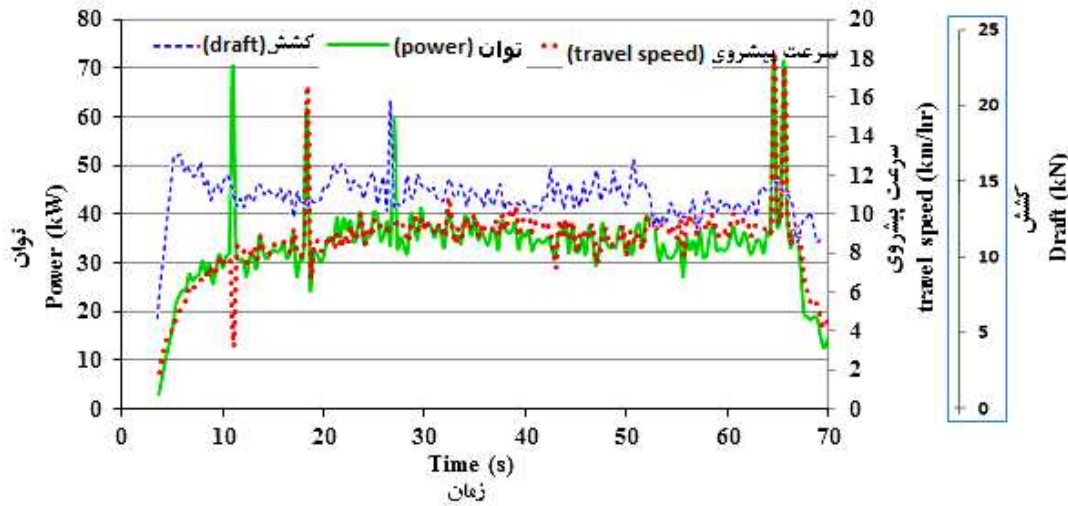
ذخیره سازی اطلاعات

پس از نصب و کالیبراسیون کلیه حسگرها با شروع عملیات در مزرعه و روشن کردن واحد پردازش، کاربر سرعت داده برداری را در منوی تنظیمات نرم افزار مربوطه مشخص می نماید تا طبق آن فاصله زمانی بین ثبت دو داده متوالی تعیین شود و همچنین تعداد داده هایی که برنامه از آنها میانگین گیری کرده است را تعیین کرده تا در قالب سطر (زمان) و ستون (نام پارامتر اندازه گیری شده)



شکل (۹) منحنی تغییرات لحظه ای بین توان کششی با SFC در عملیات دیسک زنی

Figure (9) Real time changes in SFC (litr.kw-hr⁻¹) subjected to power (kw) in the field tested for disk harrow



شکل (۱۰) تغییرات لحظه‌ای توان، سرعت واقعی و کشش نسبت به زمان در عملیات دیسک زنی

Figure (10) Changes in power (kW), actual speed (km/hr) and draft (kN) subjected to the time in the field disk harrow

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Time(ms)	Km/h	P(kw)	F(kn)	ASFW	ASRW	RPM	Lit/hr	DIS(m)	Lit/kw-h	OEE%	Ha/hr	Lit/ha	N/cm
2	0	1.51	2.08	4.96	0.40	4.79	1080.00	13.00	0.26	6.24	1.57	0.36	35.82	20.68
3	333	1.74	2.48	5.13	14.09	17.86	1080.00	13.00	0.42	5.24	1.87	0.42	31.15	21.38
4	666	2.38	3.40	5.15	-15.51	10.02	1080.00	14.00	0.64	4.11	2.38	0.57	24.50	21.44
5	999	3.70	6.90	6.71	-21.96	12.52	1080.00	14.00	0.99	2.03	4.83	0.89	15.75	27.95
6	1332	4.39	9.16	7.52	3.73	20.90	1080.00	16.00	1.39	1.75	5.61	1.05	15.20	31.34
7	1665	4.69	12.16	9.34	10.23	15.46	1080.00	15.00	1.83	1.23	7.95	1.12	13.33	38.93

شکل (۱۱) نمونه واقعی ذخیره داده های جمع آوری شده از پارامترهای عملکردی با سامانه RTPM

Figure (11) Tractor performance parameters results screen by RTPM system after saving

کششی، دور موتور، مصرف سوخت خالص و هر پارامتری را که بر اساس آنها محاسبه می‌شود، بلادرنگ با حداکثر ۱۰۰۰ داده بر ثانیه را اندازه‌گیری کند و بی‌سیم تا مسافت ۱/۵ کیلومتر به صورت جدول و منحنی روی کامپیوتر شخصی نمایش دهد و در پایان کلیه داده‌های خام (پالس‌ها) و نتایج اندازه‌گیری‌ها به تفکیک هر حسگر و هم کلی در ۱۰ کاربرد درون یک فایل اکسل ذخیره گردد. انتخاب حسگرها و نرم افزار برنامه ریزی شده به گونه‌ای است که دقت اندازه‌گیری‌ها برای سرعت موتور (دور/پالس)، چرخ پنجم (پالس/میلی‌متر/۳/۵)، چرخ‌های عقب (پالس/میلی‌متر/۵)، نیروی کششی (حداقل ۱۰ نیوتن و حداکثر ۵۰ کیلو

نتیجه‌گیری

به طور کلی برای شناخت و بررسی تأثیر متغیرهای گوناگون بر پارامترهای عملکردی تراکتور-ادوات و همچنین طراحی سیستم‌های کنترل خودکار و SSCM^۱ و تغییرپذیری مکانی^۲ در کشاورزی دقیق نیازمند است اندازه صحیح متغیرها و تغییرات پارامترها همزمان با اجرای عملیات در اختیار باشد؛ لذا طراحی سامانه نصب شده به لحاظ ظرفیت پردازشگری و نرم افزاری به گونه‌ایی است که قادر است در حال حاضر ۹ متغیر اصلی همچون سرعت پیشروی و سرعت کلیه چرخ‌ها، نیروی

1- Site Specific Crop Management
2- Spatial Variability

کاظمی و همکاران: ساخت و ارزیابی یک سامانه نظارت...

سپاس‌گزاری

در پایان از ریاست محترم دانشکده مهندسی زراعی، مدیر و همکاران گروه مکانیزاسیون و تکنسین‌های کارگاه فنی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به خاطر همکاری و مساعدتشان در طول اجرای این طرح قدردانی می‌شود.

نیوتن) و مصرف سوخت (دقیقه/سی سی ۱) می‌باشد. در مجموع این سامانه با تغییرات جزئی قابل نصب روی تراکتورهای مرسوم در کشور است.

منابع

1. Al-Aljonobi, A. 2000. A data acquisition system to monitor performance of fully mounted Implements. *Journal of Agriculture Engineering. Research*, 75(2): 165-175.
2. Alimardani, R. 1987. A computer based instrumentation system for measuring tractor field performance. Ph.D. Thesis, Iowa State University, Ames, IO, USA.
3. AL-Suhaibani, S.A., AL-Janobi, A., and AL-Majhadi, Y.N. 2010. Development and evolution of tractors and tillage implements instrumentation system. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(2): 363-371.
4. ASAE Standards, 1997a. ASAE D497.3: Agricultural machinery management data. In: Hahn, R.H., Purschwitz, M.A., Rosentreter, E.E. (Eds.). ASAE Standards, 1997, 44th ed. ASAE, St. Joseph, MI, 363-370.
5. Gotoh, T., Teshima, T., and Sugiura, Y. 2010. Reduction rates of fuel consumption by gear up and throttle down on an agricultural tractor. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 44 (4): 369 – 374.
6. Hawasi, M. Shaykh Davvodi, M. J., and Alaei Shani, N. 2008. The design, fabrication and evaluation of digital sleep gauge for tractor. *Journal of Agriculture*, 31 (2): 185-177. (In Persian with English abstract).
7. Jokiniemi, T., Rossner, H., and Ahokas, J. 2012. Simple and cost effective method for fuel consumption measurements of agricultural machinery. *Agronomy Research Bio system Engineering*. 1: 97-107.
8. Khosravi, M. Abbaspoor fard, D. Agh Khani, M. 2011. Design and evaluation of digital slip and speed measurement systems for two-wheel drive tractors, *Journal of Agricultural Machinery*, 1: 10-1. (In Persian with English abstract).
9. Khalilian, A., Hale, S., Hood, C., Garner, T., and Dodd, R. 1989. Comparison of four ground speed measurement techniques. ASAE Paper No: 89-1040.
10. Kheiralla, A.F., and Azmi, A. 2004. Modeling of power and energy requirements for tillage implements operating in Serdang sandy clay loam. *Soil and Tillage Reaserch*, 78: 21-34.

11. Lotfi, D. Hemmat, A., and akhavan sarraf, M.R. 2007. Development and evaluation fifth-wheel and three point dynamometer to measure draft and speed of the tractor. *Journal of Science and Technology, Agriculture and Natural Resources*, 11 (1): 163-147. (In Persian with English abstract).
12. McLaughlin, N.B. Heslop, L.C., Buckley, D.J., Amour, G.R., Compton, B.A., Jones, A.M., and Bodegom, P. 1993. A general purpose tractor instrumentation and data logging system. *Transactions of the ASAE*, 36: 265–273.
13. Moradlo, N., Saeid, M., Alimardani, R., and Borghei, M. 2010. Evaluate and compare the performance of two automatic traction control system for tractor MF399. National Congress of agricultural machinery and mechanization. Agricultural University of Tehran.
14. Muharrem, K.A., and Sait, M. 2006. Feasibility of low-cost GPS receivers for ground speed measurement. *Computers and Electronics in Agriculture*, 54: 36–43.
15. Singh, C.D., and Singh, R.C. 2011. Computerized instrumentation system for monitoring the tractor performance in the field. *Journal of terra mechanics*, 48: 333-338.
16. Soltani ghale, A., and loghavi, M. 2007. The effect of axial load and a second differential on field capacity and fuel consumption in plowing with moldboard plow tractor MF399. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 38 (4): 649-641. (In Persian with English abstract).