توسعه‌ی سازوکار تنظیم پاشش در واحد سطح توسط اندازه گیری دینامیکی وزن کودپاش سانتریفیوژی کششی

علی حاجی احمد[1*]، بهداد نجفی[2]، سید محمدامین موسوی[2]

۱- عضو هیئت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران

* ایمیل نویسنده مسئول: Hajiahmad@ut.ac.ir

چکیده

در این مقاله، سامانه‌ای دینامیکی برای محاسبه‌ی لحظه‌ای وزن کود در حال حمل، مبتنی بر بار مرجع ارائه شده است. از یک لودسل افقی S-شکل برای محاسبه‌ی مؤلفه‌ی نیروی وارد بر شاسی در راستای افقی با کمترین مفروضات ساده کننده استفاده شده است. یک مدل شاسی دو تکه که از محور معینی به هم متصل شده است برای افزایش دقت و انعطاف پذیری در هنگام تغییرات دینامیکی وزن طراحی شده است. هدف از طراحی این دستگاه ایجاد شرایطی برای محاسبه‌ی برخط میزان پاشش کود توسط کودپاش در واحد سطح بوده است. نتایج محاسبات نشان داد، پارامترهایی مانند تغییرات شتاب افقی، میزان ارتعاش ناشی از شرایط ناهموار زمین و همچنین میزان ارتعاش ناشی از عملکرد موتور تراکتور، تأثیر معنی داری بر دقت اندازه گیری سامانه طراحی شده نداشته است.

واژه‌های کلیدی: تنظیم میزان پاشش کود در واحد سطح، کودپاش سانتریفیوژ، لودسل، محاسبه وزن دینامیکی

مقدمه

با گذر زمان و عبور از عصر مکانیزاسیون کشاورزی امروزه نیازها در کشاورزی دقیق بیش از پیش احساس می‌شود، جایی که افزایش راندمان در کشاورزی با کنترل دقیق میزان مصرف کود، سم، آب و مؤلفه‌های مشابه قابل ساماندهی می‌باشد. تا به امروز اکثر عملیات کشاورزی به صورت زمین محور انجام می‌شد، به شکلی که تنظیمات ماشین کشاورزی برای همه‌ی زمین که در یک بار حرکت دستگاه اجرا می‌شد بدون تغییر باقی می‌ماند. که توسعه‌ی سیستم‌های الکترونیک و کامپیوتر راه را برای اعمال تغییرات در حین عملیات کشاورزی بسته به شرایط هموار ساخت. (Goense *et al.*, 1996). کشاورزی دقیق و کنترل میزان مواد مصرفی برای حفظ راندمان در سطح مطلوب در حوزه‌ی مصرف کود شیمیایی نیز می‌تواند امری بسیار مهم محسوب گردد.

با توجه به تحقیقات انجام شده در سال‌های اخیر، استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی نیز می‌تواند منجر به آلوده شدن خاک شده و در بروز بیماری‌های انسانی و تخریب چرخه‌ی محیط زیست نقش به سزایی داشته باشد. همچنین در کشاورزی دقیق یکی از مسائل مطرح شده میزان کاشت محصولات کشاورزی در واحد سطح و حفظ این نرخ می‌باشد. با توجه به نیازهای موجود در این زمینه استفاده از یک سامانه‌ی مطلوب جهت گزارش لحظه‌ای میزان پاشش در کودپاش‌های سانتریفیوژی یکی از راهکارهای مناسب جهت مواجهه به مشکلات روبروست (Van-Bergeijk *et al*., 2001). سامانه‌ای که قابلیت اندازه گیری لحظه‌ای پارامترهای وزن کود در حال حمل، و سرعت حرکت را داشته باشد، تا بتوان برآوردی از میزان پاشش کود در واحد سطح ارائه کرده و با ابزارهای تنظیمی نسبت به تغییر متناسب آن اقدام کرد. اطلاعات بدست آمده از سامانه اندازه گیری وزن لحظه‌ای کود برای ارزیابی مدیریت کود در سیستم‌های کشاورزی دقیق و برای تنظیم میزان پاشش با نوع کود ضروری به نظر می‌رسد (Van-Bergeijk *et al*., 2001). روش‌های متفاوتی برای اندازه گیری دینامیکی وزن اجسام توسعه داده شده است. برای مثال (Niedzwiecki and Wasilewski, 1995; Halimic and Balachandran, 1995) به ترتیب برای محاسبه‌ی وزن دینامیکی مبتنی بر مقیاس در خودروهای سبک و سنگین و همچنین برای محاسبه‌ی وزن اشیاء حمل شده بر تسمه نقاله از تئوری فیلتر کالمن استفاده کردند. استفاده از منطق فازی برای محاسبه‌ی دینامیکی وزن چهارپایان توسط (Cveticanin, 2003) یکی دیگر از تلاش‌ها برای محاسبه‌ی دینامیکی وزن بوده است.

اطلاعاتی که از سامانه‌های سنجش عملکرد بدست می‌آیند می‌توانند برای ارزیابی لزوم عملیات با نرخ متغیر برای نهاده‌هایی مانند کود و بذر و نهاده‌های مشابه که تغییرات نرخ استفاده از آن‌ها حائز اهمیت می‌باشد استفاده شوند، که این سامانه‌ها به‌طور معمول دارای دقتی بین ۵ تا ۱۰ درصد می‌باشند (خراسانی فردوانی و همکاران، ۱۳۸۷). سامانه‌ی کنترل میزان کود و بذر پاششی بر واحد سطح نیز، به نوبه‌ی خود سامانه‌ای است که همواره تحت تأثیر عوامل محیطی، می‌تواند دقت عملکرد نامناسبی را ارائه دهد. کاهش دقت عملکرد در سامانه‌های کنترل میزان پاشش کود و بذر می‌تواند باعث ناهمگونی در پاشش این نهاده‌ها و در نتیجه کاهش راندمان خروجی محصول گردد. سامانه‌های پاشش کود و بذر خودکار معمولاً دارای اجزائی برای محاسبه‌ی دینامیک وزن مخزن حامل کود و بذر، و سرعت حرکت می‌باشند (Van-Bergeijk *et al*., 2001). در این سامانه‌ها عامل محدود کننده‌ای که می‌تواند میزان ریزش بذر را به خطر بی اندازد، سامانه‌ی محاسبه‌ی وزن دینامیک است که همواره تحت تأثیر عوامل زیر قرار دارد:

- تغییرات سرعت و شتاب حرکت وسیله‌ی کشنده، که در این نوع ادوات معمولاً تراکتور می‌باشد.
- ارتعاشات ناشی از موتور وسیله‌ی کشنده
- ارتعاشات ناشی از ناهمواری‌های سطح زمین

این عوامل به همراه دقت حسگر، بسامد و شدت تقویت سیگنال ورودی اندازه گیری سامانه‌ی تحصیل داده و همچنین نوع تکنیک‌های فیلترینگ بکار گرفته شده، همگی در حصول داده‌ی صحیح برای تصمیم گیری ماشین در حلقه‌ی نیمه بسته به جهت

تنظیم میزان پاشش تأثیرگذار خواهند بود. همچنین برای برطرف ساختن بخشی از خطاهای ناشی از ارتعاشات داشتن اطلاعاتی از محدوده و بزرگی ارتعاش ماشین مفید خواهد بود.

در برخورد با نویزها نیز همواره با ۳ محدوده مواجه هستیم:

- حالتی که تابع تبدیل در کانال نویز متغیر باشد که در این حالت حذف نویز توسط فیلتر تطبیق یافته حذف نویز[۱] صورت می‌گیرد [۱۰]، [۱۱] و [۱۲].
- نویزی که در محدوده‌ی بسامد مناسب اتفاق میافتد. فیلترهای ساده در این حالت حذف اطلاعات مطلوب را به همراه خواهند داشت، لذا در این موارد از گزینه‌ی تغییر حسگر به شکلی استفاده می شود، که حسگر جدید به کار گرفته شده همبستگی پایینی با سیگنال و همچنین همبستگی بالایی با نویز داشته باشد. در این حالت همواره کانالی از حساسیت بالایی برخوردار خواهد بود که در آن نویز به سیگنال‌های مطلوب اضافه خواهد شد، که در صورت عدم وجود تغییرات معنی دار تابع تبدیل، می‌توان توسط فیلتر تطابقی وینر[۲] نویز را حذف کرد.
- نویزی که خارج از محدوده‌ی بسامدی عملکرد سیستم قرار دارد. این نوع از نویز توسط فیلترهای آنالوگ یا دیجیتال پایین گذر، بالا گذر یا باند گذر قابل حذف‌اند. (خراسانی فردوانی و همکاران، ۱۳۸۷).

فرآیند تشخیص جریان جرمی در کودپاش‌ها باید توانایی واسنجی مکانیزم کنترل جریان برای انواع کود با مشخصات فیزیکی متفاوت را داشته باشد. (Hofstee and Huisman, 1990). مکانیزم کنترل جریان یک کودپاش با یک سنسور اندازه گیری سرعت دورانی تغذیه‌ی استوانه‌ای یا یک سنسور اندازه گیری میزان گشودگی دریچه بر اساس نوع مکانیزم کودپاش مجهز شده است. اطلاعاتی که بر مبنای این سنسور دریافت می‌شوند جریان جرمی تئوری نام دارند و توسط واسنجی مکانیزم کنترل جریان تشخیص داده می شوند. روش واسنجی مرسوم توسط جمع آوری نمونه‌ی کوچکی از حدود ۲۵ الی ۳۰ کیلوگرم از کودپاش در حین اجرای آزمایش انجام می‌شود. وزن این نمونه اندازه گیری شده و با میزان اعمال شده‌ی تئوری برای واسنجی دوباره مقایسه می‌شود. برای کاهش خطاهای نرخ کاربردی برخی تولید کنندگان از لودسل‌ها برای نمایش میزان کود اعمال شده استفاده می‌کنند. روش نیمه اتوماتیک واسنجی این نوع کود پاش‌ها نیز در توزین آن‌ها در دو مرحله‌ی کودپاش خالی و کودپاش پر در محل تراز شده‌ی ثابت می‌باشد. تفاوت میزان بار اندازه گیری شده باید با میزان تئوری گزارش شده در حین عملیات کودپاشی بین دو توزین برابر باشد. اگر تفاوتی رخ دهد واسنجی انجام شده اصلاحات را انجام خواهد داد (Van-Bergeijk *et al*., 2001). در حال حاضر تکنولوژی اندازه گیری مداوم و بی وقفه‌ی واسنجی بدون توقف در کودپاش ها مورد بحث ماست. بر خلاف روش‌های مرسوم اندازه گیری وزن که

[۱] Adaptive Noise Cancellation Filter
[۲] Weiner Matched Filter

بار موجود در مخزن بایستی در شرایط ایستایی اندازه گیری می شد، این روش توزین دینامیک نام دارد. در این روش واسنجی و تصحیح میزان پاشش بر اساس نرخ پاشش اعلام شده به دستگاه به صورت حلقه‌ای نیمه بسته اتفاق میافتد.

هدف از این تحقیق بررسی چگونگی کاهش خطای مکانیزم واسنجی کود پاش و بذر پاش پشت تراکتوری به جهت اعمال نرخ پاشش ثابت از پیش تعیین شده توسط کاربر می‌باشد که این موضوع با استفاده از اعمال وزن مرجع و اعمال دو لودسل مجزا دارای بسامد طبیعی ارتعاش برابر با شاسی اصلی به جهت کاهش خطای اندازه گیری و استفاده از سنسورهای اندازه گیری سرعت و مکان لحظه‌ای برای تشخیص دقیق نرخ پاشش ممکن شد.

مواد و روش‌ها

تئوری تحقیق: مکانیزم حذف ارتعاشات ناشی از اثر ناهمواری زمین و ارتعاشات ناشی از موتور وسیله‌ی کشنده

مکانیزم جرم و فنر نمونه‌ی خوبی از یک سامانه‌ی ارتعاشی است. به طور مثال هنگام استفاده از یک لودسل بر روی شاسی تعبیه شده و با استفاده از یک لودسل مشابه و وزنه‌ای آزاد با جرمی مشخص که به‌عنوان جرم مرجع در نظر گرفته می‌شود با مدل کردن شاسی طراحی شده به عنوان یک مکانیزم ارتعاشی جرم و فنر حاوی یک فنر (لودسل) با ضریب K و جرم M_1 و فنر (لودسل) دیگر با ضریب K و جرم M_2 می‌توان برای یکسان نمودن بسامد طبیعی F_n این دو سامانه نسبت بین M_2 و M_1 را ثابت X قرار داد.

$$F_n = \left[\sqrt{\frac{XK}{M_1}}\right]_1 \equiv \left[\sqrt{\frac{K}{M_2}}\right]_2 \Leftrightarrow M_2 = \frac{1}{X} M_1 \qquad (۱)$$

که در آن F_n بسامد طبیعی، K ضریب فنریت لودسل‌ها بر حسب (N/m)، M_1 جرم چهارچوب و M_2 جرم وزنه آزاد روی لودسل دوم بر حسب (Kg) و X نسبت جرم است. (خراسانی فردوانی و همکاران، ۱۳۸۷).

بعد از در نظر گرفتن مقدار ثابت جرم آزاد، بسامد ارتعاش دو سامانه برابر خواهد بود و نمودارهای زمان- مکان هر دو سامانه هم فاز می‌شود در صورتی که دامنه‌ی سیگنال‌های لودسل دوم X برابر خروجی شاسی طراحی شده است. هنگام اجرای فرآیند کودپاشی، شاسی طراحی شده در معرض تغییرات متناوب ناشی از ارتعاشات حاصل از منابع ارتعاش ناهمواری زمین و ارتعاشات موتور تراکتور خواهد بود. اثر این عوامل باعث تغییر بسامد طبیعی یا به عبارتی پهنای باند تابع تبدیل متناسب با ریشه دوم $1/(M+\Delta m)$ می‌شود و در نتیجه مقدار انرژی اضافه شده به سیگنال به دلیل ارتعاشات یا ضربه تغییر خواهد کرد. در نتیجه بسامد طبیعی طبق رابطه (۲) تغییر خواهد کرد. در این حالت به ضریب تصحیح بزرگ‌تری نیاز است.

$$F_n = \sqrt{\left(\frac{K}{M_1 + \Delta m}\right)} \qquad (۲)$$

که در آن Δm تغییرات جرم ناشی از ارتعاشاتی را نشان می‌دهد که از ناهمواری‌های زمین منشأ گرفته‌اند.

از این مکانیزم برای حذف اثر ارتعاشات

مکانیزم حذف اثر تغییرات سرعت و شتاب وسیله‌ی کشنده

برای حذف اثر تغییرات سرعت و شتاب وسیله‌ی کشنده‌ی کودپاش می‌توان با اندازه گیری لحظه‌ای شتاب و گزارش دهی به سیستم تصمیم گیری نیمه بسته اقدام کرد. از آنجایی که معمولاً تغییرات شتاب وسیله‌ی کشنده ناشی از کنترل این وسیله توسط انسان می‌باشد و همچنین در حین انجام عملیات کودپاشی یا بذرپاشی تغییر ناگهانی سرعت باعث ایجاد ناهمگونی در پاشش می‌شود و شرایط را برای بکسوات وسیله‌ی کشنده بیش از پیش محیا می‌کند این مسئله اکثراً در دو برهه‌ی زمانی مرسوم می‌باشد. در آغاز هنگامی که راننده وسیله‌ی کشنده تصمیم به افزایش سرعت حرکت یا شروع حرکت با سرعت V_0=0 m/s را داشته باشد و در هنگامی که راننده قصد توقف یا کاهش سرعت وسیله‌ی کشنده را دارد. همان‌طور که گفته شد تعدد این مسئله در حین عملیات کودپا شی و یا بذرپا شی خود باعث ناهمگونی پا شش می شود، لذا این تغییرات سرعت معمول نمی‌با شد. مادامی که تغییرات شتاب لحظه‌ای بیشتر از مقدار مشخصی باشد که خطای سیستم اندازه گیری را به شکل چشمگیری افزایش دهد آخرین نسبت واسنجی ثبت شده در سیستم به‌عنوان نرخ اصلاح جهت تنظیم میزان پاشش به‌عنوان معیار قرار می‌گیرد.

سیستم محاسبه‌ی دینامیکی وزن کودپاش

سیستم محا سبه‌ی دینامیکی وزن کودپاش از یک شا سی، دو عدد لودسل، وزنه‌ی مرجع، سامانه‌ی ا ستحصال داده و سنسورهای شتاب سنج جهت حذف اثر شتاب‌های ناگهانی بر واسنجی نرخ پاشش در کودپاش تشکیل می‌شود.

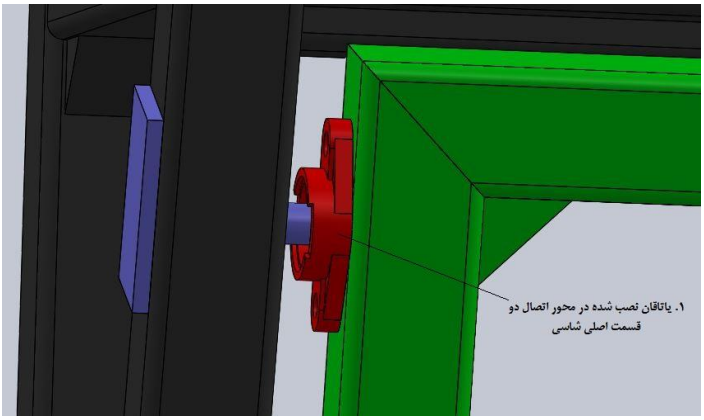
شاسی

شاسی طراحی شده در این سیستم از دو بخش اساسی تشکیل می‌شود:

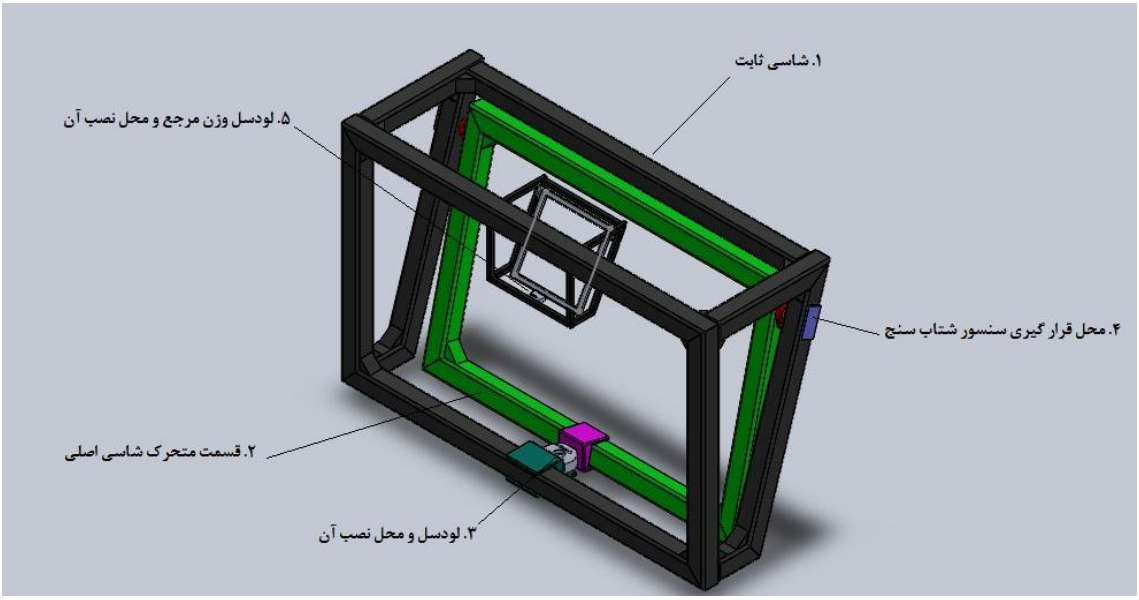
- شاسی اندازه گیری وزن حقیقی کودپاش
- نیم شاسی اندازه گیری وزن سامانه‌ی جرم مرجع

شا سی اندازه گیری وزن حقیقی کودپاش، شامل یک مقطع ذوزنقه‌ای شکل ا ست که در امتداد منطبق بر خطوط گذرنده از اتصال سه نقطه‌ی تراکتور ادامه یافته است. این قسمت از شاسی نسبت به اتصال سه نقطه ثابت بوده و اثر تغییرات وزن روی آن حرکتی ایجاد نمی‌کند. همچنین قسمتی از این شاسی که قابلیت حرکت را نیز دارد شامل یک قاب مستطیلی شکل بوده که از محور بالایی با محور بالایی قسمت ثابت شا سی به صورت موازی و در فا صله‌ی کمی از آن قرار دارد. اتصال دو بخش ثابت و متحرک شا سی توسط یاتاقان‌هایی یا ظرفیت بارگذاری بالا انجام شده است. همچنین هر دو قسمت ثابت و متحرک شاسی اندازه گیری وزن

حقیقی توسط دو قطعه‌ی طراحی شده که کمترین الاستیسیته ی ممکن را داشته‌اند در جایی در قسمت تحتانی شاسی نصب شده است که محل اتصال سنسورها خواهد بود (شکل ۱ و ۲).

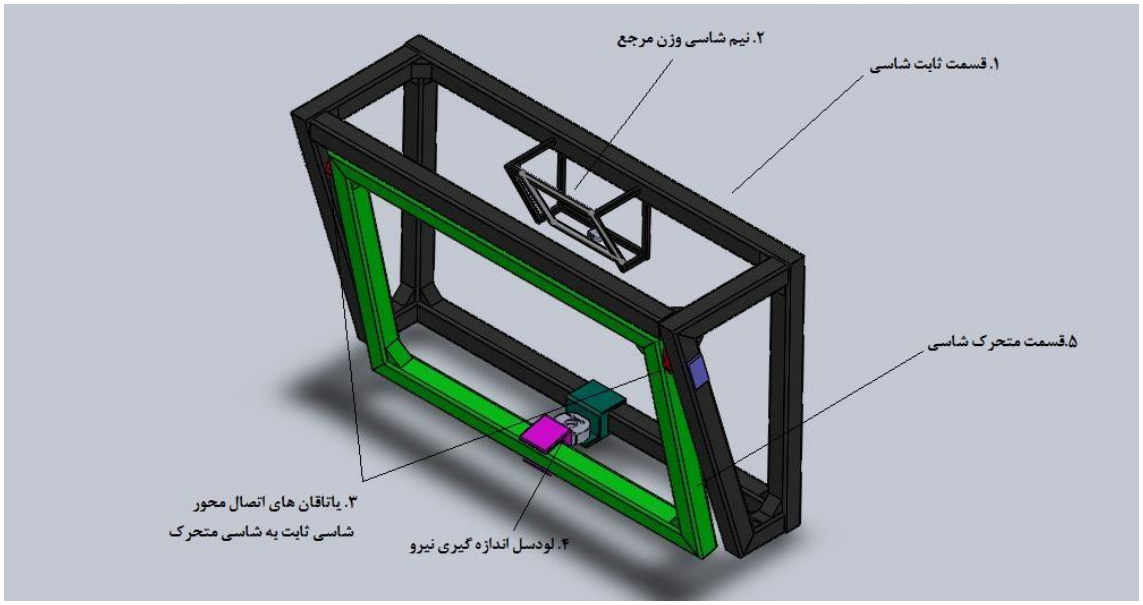


شکل ۱: یاتاقان طراحی شده برای اتصال محورهای مشترک شاسی



شکل ۲: شماتیک شاسی طراحی شده

نیم شاسی اندازه گیری وزن سامانه جرم مرجع شامل شاسی خود متشابه ای است که در ابعاد کوچک‌تر نسبت به شاسی اصلی طراحی شده است. به دلیل نیاز به مقایسه‌ی خروجی لودسل موجود بر این شاسی به نسبت خروجی لودسل موجود بر روی شاسی اصلی، از مکانیزم دقیقاً مشابه شاسی اصلی برای طراحی این شاسی استفاده کردیم و تنها نسبت‌های طراحی را برای کوچک‌تر سازی مدل کاهش دادیم. همچنین با توجه به ناچیز بودن اثر فاصله‌ی مرکز شاسی اصلی از نیم شاسی وزن مرجع، این شاسی در قسمت فوقانی شاسی اصلی در وسط محوری که اتصال سه نقطه‌ی وسیله‌ی کشنده به آن متصل می‌شود واقع شده است (شکل ۳).



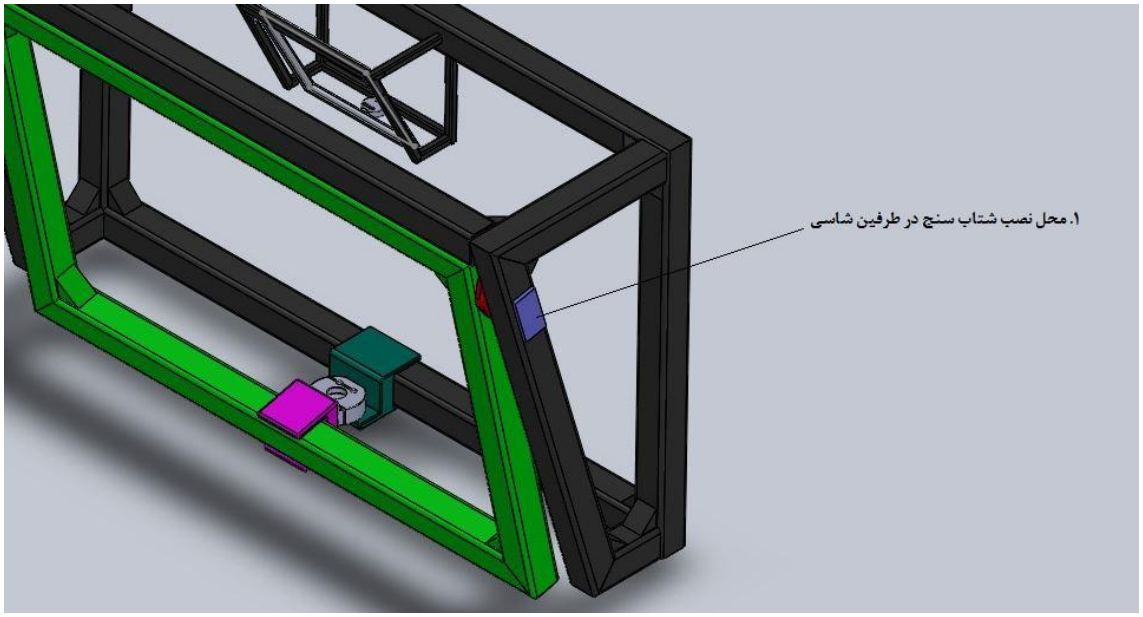
شکل ۳: نسبت ابعاد نیم شاسی به شاسی اصلی

نصب سنسورها

در این سیستم از ۳ نوع سنسور به صورت مجزا استفاده شده است:

سنسور اندازه گیری شتاب:

با توجه به اینکه محوری که اندازه گیری شتاب در آن حائز اهمیت ا ست محور افقی و موازی با را ستای حرکت و سیله‌ی نقلیه‌ی کشنده می‌باشد، لذا استفاده از شتاب سنج مدل Digital Accelerometer(ADXL203) کمپانی Analog Devices جهت اندازه گیری شـــتاب لحظه‌ای با توجه به دقت بالا و بســـامد اندازه گیری مناســـب و همچنین توان پایین و عدم نیاز به تقویت کننده‌های سیگنال توصیه می شود. این سنسور باید در ۳ قسمت از شاسی طراحی شده نصب گردد. در طرفین شاسی ثابت (شکل ۴) و در قسمت تحتانی شا سی در نزدیکی محل قرار گیری لود سل. علت این امر نیز نیاز به تعیین را ستای حرکت در حین اندازه گیری و واسنجی لحظه‌ای مقادیر شتاب توسط سیستم استحصال داده است.



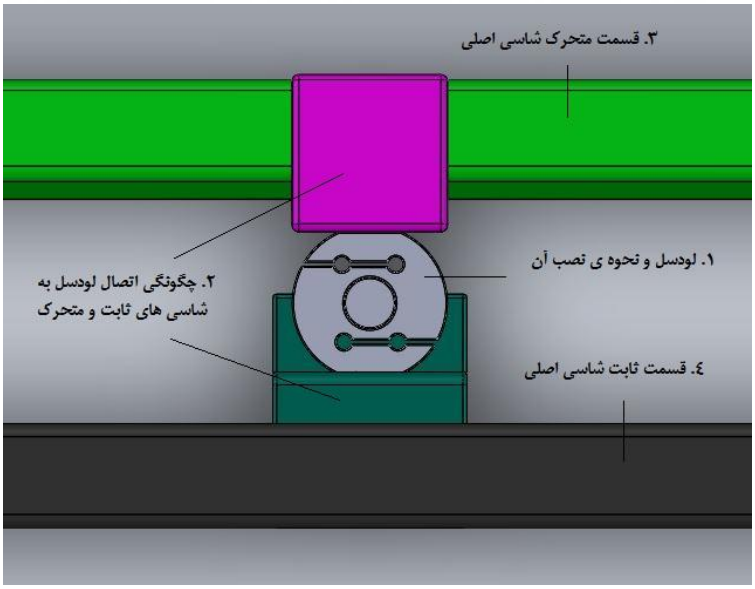
شکل ٤: محل نصب سنسور شتاب سنج در طرفین شاسی ثابت

مجموعه ماژول **GPS-IMU-Lidar** جهت اندازه گیری سرعت لحظه‌ای:

با توجه به اینکه داده‌ی نهایی سیستم توزین دینامیک که در تنظیم میزان کود یا بذر پاششی در حال واسنجی لحظه‌ای خواهد بود دارای واحد Kg/m^2 می‌باشد، لذا نیاز است که سرعت لحظه‌ای حرکت کودپاش به صورت دقیق مشخص گردد. روش‌های متعددی برای اندازه گیری سرعت حرکت اجسام بر روی زمین وجود دارد که روش پیشنهادی برای استفاده یکی از دقیق‌ترین روش‌های موجود می‌باشد. همان‌طور که مشخص است استفاده از سیستم GPS ۳ گانه جهت یافتن محدوده‌ی مکانی توسط ماهواره‌ها توسط دستگاه‌های معادلات و محاسبه‌ی مکان نسبتاً دقیق‌تر توسط ماژول‌های ترکیبی شتاب سنج، ژیروسکوپ از روش‌هایی هستند که استفاده از آن‌ها جهت محاسبه‌ی سرعت حرکت وسیله‌ی نقلیه رو به رشد می‌باشد. استفاده از لیدار به همراه نقطه‌ی مرجع اولیه و مکانیزم تعویض نقاط مرجع به جهت اندازه گیری موقعیت دقیق مکانی و تغییرات مکان می‌تواند سرعت لحظه‌ای را با دقت بسیار مناسب (در حدود ۱ میلی متر خطا) ارائه نماید. مجموعه‌ی این سنسورها نیز بر روی شاسی ثابت متصل به اتصال سه نقطه‌ی وسیله‌ی کشنده نصب خواهد شد.

سنسور لودسل:

در این سیستم از ۲ عدد لودسل مشابه استفاده می‌شود. علت این تشابه نیز همان‌طور که قبلاً گفته شد نیاز به ایجاد شرایط آزمونی است که شرایطی برابر را برای کنترل تغییرات تنها یک پارامتر ایجاد می‌سازد. مکان نصب لودسل ها دقیقاً در وسط محور تحتانی هر دو شاسی بین قسمت ثابت و متحرک شاسی می‌باشد.



شکل ۵: محل نصب لودسل ها و اتصالات آن‌ها

سیستم استحصال داده و تصمیم سازی:

برای استحصال داده و تصمیم سازی توصیه می‌شود تا از میکروکنترلرهای ARM، ATMEL و یا INTEL ATOM استفاده شود که قابلیت جمع آوری داده با فرکانس بـ سیار بالا را به همراه گیت‌های منطقی و حافظه‌ی د ستر سی ت صادفی منا سب در کنار هم محیا کرده‌اند. به طور مثال اســـتفاده از یک ریزپردازنده‌ی ATMEGA 328P به همراه برد Arduino UNO می‌تواند فرکانس پردازش داده را تا ۱۶ مگا داده در ثانیه افزایش داده و هم‌زمان با مصرف ۱۵۰ میلی آمپر ساعت ۱۴ پین ورودی و خروجی را به طور هم‌زمان فعال نگاه دارد. همچنین د ستر سی پورت USB و قابلیت اتصال حافظه‌ی Micro SD می‌تواند در داده برداری تا حجم ۸ گیگابایت مؤثر باشد.

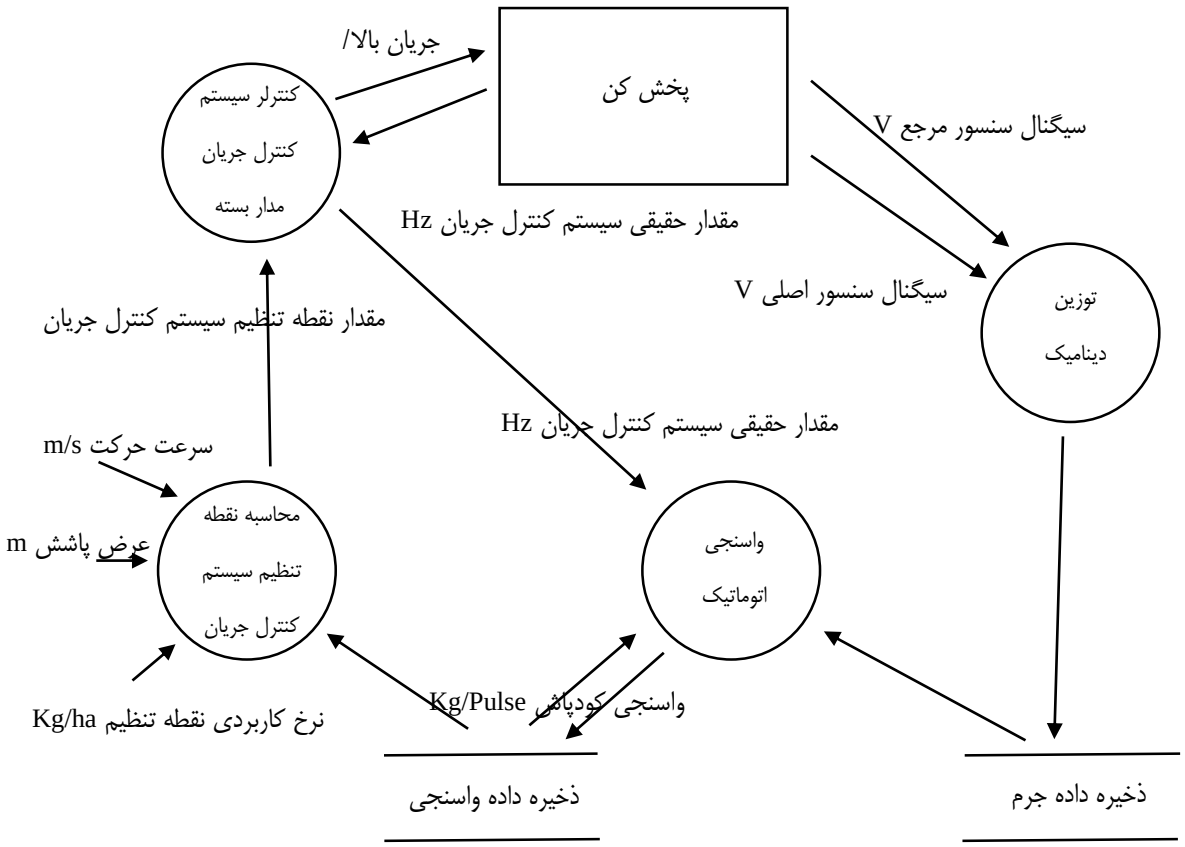
مکانیزم عملکرد

مکانیزم عملکرد این سیستم بدین شکل می‌باشد، که به همراه کاهش وزن مخزن کودپاش، لودسل که از پیش و در شرایط ایده آل و ایستایی وا سنجی شده بود با نسبت وا سنجی صحیح ارائه شده عدد وزن مخزن را در واحد زمان ارائه می‌کند. در صورت ایجاد تغییرات در شتاب حرکت وسیله‌ی کشنده، و خارج شدن از محدوده‌ی شتاب مجاز (که اعداد این محدوده به صورت تئوری و با توجه به وزن حقیقی مخزن پر و سرعت بیشینه حرکت و سیله‌ی کشنده بد ست آمده و از پیش به سیستم ارائه شده بود) آخرین نسبت کاهش وزن در واحد زمان از طرف ســیســتم، به‌عنوان نســبت صــحیح در نظر گرفته می‌شــود تا هنگامی که تغییرات شــتاب در محدوده‌ی مجاز قرار گیرد. در این هنگام تغییرات وزن در واحد زمان دوباره گزارش می‌شـود. محدوده‌ی ارتعاشـات موتور وسـیله‌ی کشنده اگر در را ستای عمود بر سطح زمین در حدی با شد که وارد محدوده‌ی غیر مجاز ارتعا شات شود، این ارتعا شات در را ستای

عمودی توسط بکار گیری وزن مرجع حذف خواهد شد. وزن مرجع، وزنی است که عدد مشخص آن قبل از نصب وزنه‌ی مرجع بر سکوی وزنه‌ی مرجع اندازه گیری شده است، که این سکو توسط اتصالی مشابه با همان اتصال ۳ نقطه‌ی قسمت متحرک شاسی اصلی که به مخزن کودپاش متصل بود، به وزنه‌ی مرجع متصل است. اختلاف اعداد ارائه شده توسط لودسل خروجی وزنه مرجع نسبت به وزن حقیقی آن نسبت صحیحی را تشکیل می‌دهد که با اعمال آن بر عدد ارائه شده توسط لودسل اصلی می‌تواند وزن حقیقی مخزن کودپاش را در واحد زمان مطلوب در اختیار قرار دهد. همچنین با محاسبه‌ی سرعت لحظه‌ای حرکت کودپاش و در اختیار داشتن عرض پاشش ثابت کودپاش، می‌توان میزان پاشش را در کود پاش با نسبت زیر بدست آورد:

$$D = \frac{\Delta m}{\Delta t} \times \frac{\Delta t}{\Delta v} \times \frac{1}{W} \times \frac{1}{10000} \qquad (۳)$$

که در آن D نرخ پاشش بر حسب Kg/ha، $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ تغییرات جرم مخزن کودپاش نسبت به تغییرات زمان که واحد آن Kg/s است، $\frac{\Delta t}{\Delta v}$ معکوس عدد سرعت بر حسب s/m، $\frac{1}{W}$ عرض پاشش کودپاش بر حسب 1/m و نسبت $\frac{1}{10000}$ نسبت تبدیل m^2 به هکتار می‌باشد.



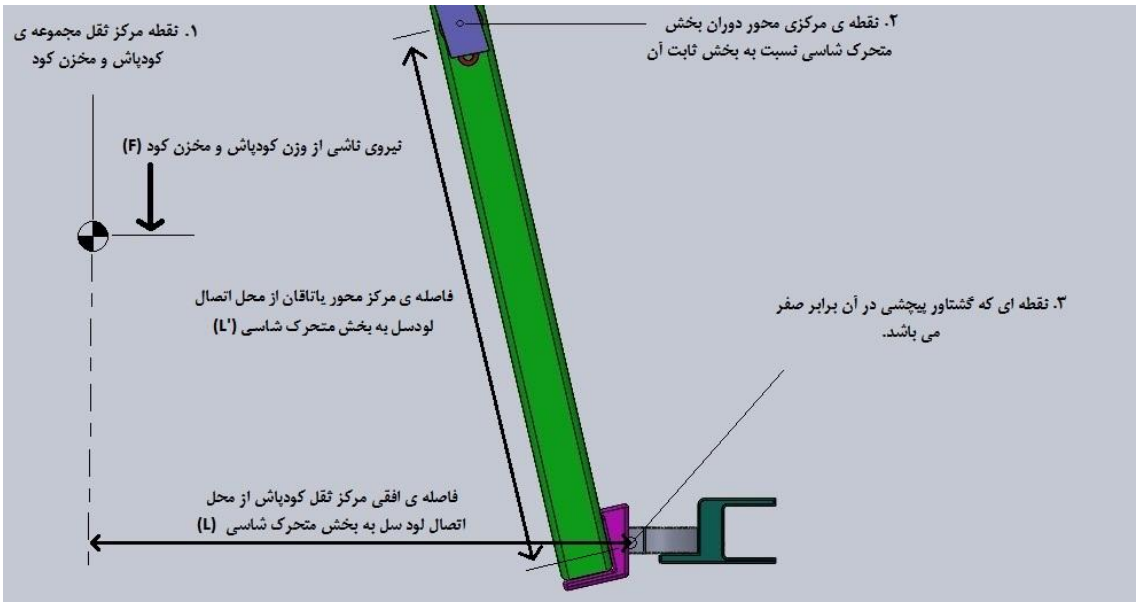
شکل ٦: دیاگرام جریان داده برای واسنجی اتوماتیک سیستم کنترل جریان

نتایج و بحث

در این تحقیق سامانه‌ای دینامیکی برای محاسبه‌ی لحظه‌ای وزن کود در حال حمل، مبتنی بر بار مرجع بررسی شد. از یک لودسل افقی S–شکل برای محاسبه‌ی مؤلفه‌ی نیروی وارد بر شاسی استفاده شد. یک مدل شاسی دو تکه که از محور معینی به هم متصل شده است برای افزایش دقت و انعطاف پذیری در هنگام تغییرات دینامیکی وزن طراحی شد. در شاسی طراحی شده میزان گشتاور پیچشی که بر مبنای رابطه ی (۴) بیان می شود برابر صفر خواهد بود.

$$\sum M = F \times L = 0 \qquad (۴)$$

بر اساس شکل (۷) اثر گشتاور پیچشی نیروی F وارد شده در نقطه ی (۱) که ناشی از وزن مجموعه ی کودپاش و مخزن کود می با شد در فا صله ی L در نقطه ی (۳) به دلیل اتصال ایجاد شده در این نقطه با لود سل و همچنین اتصال موجود در نقطه ی (۲) خنثی خواهد شد. لذا مجموع نیرو های گشتاور پیچشی در نقطه ی (۳) برابر صفر خواهد بود.



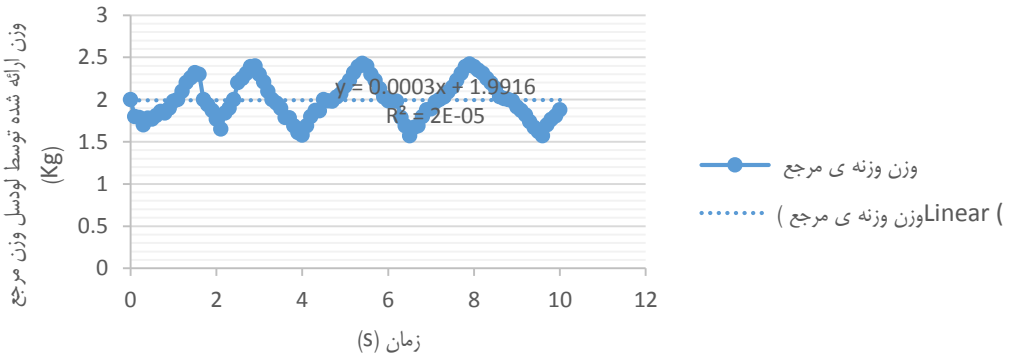
شکل ۷: اثر نیروهای وزن و چگونگی خنثی شدن گشتاور پیچشی در محل اتصال لودسل با قسمت متحرک شاسی

همچنین از آنجایی که نقطه ی (۱) در شکل (۷) که نقطه ی مرکز ثقل مجموعه ی کودپاش است می تواند بر اثر تخلیه ی مداوم کود جابجا گردد لذا برای جلوگیری از این امر محور عمودی مرکز ثقل مخزن کودپاش به شکلی طراحی شده است که نقطه ی مرکز ثقل مجموعه ی کودپاش بر آن منطبق با شد و با تخلیه ی مخزن این نقطه دچار جابجایی نشود. رابطه نسبت وزن بدست آمده در نقطه ی اتصال لودسل به شاسی به وزن حقیقی در رابطه ی (۵) بیان شده است.

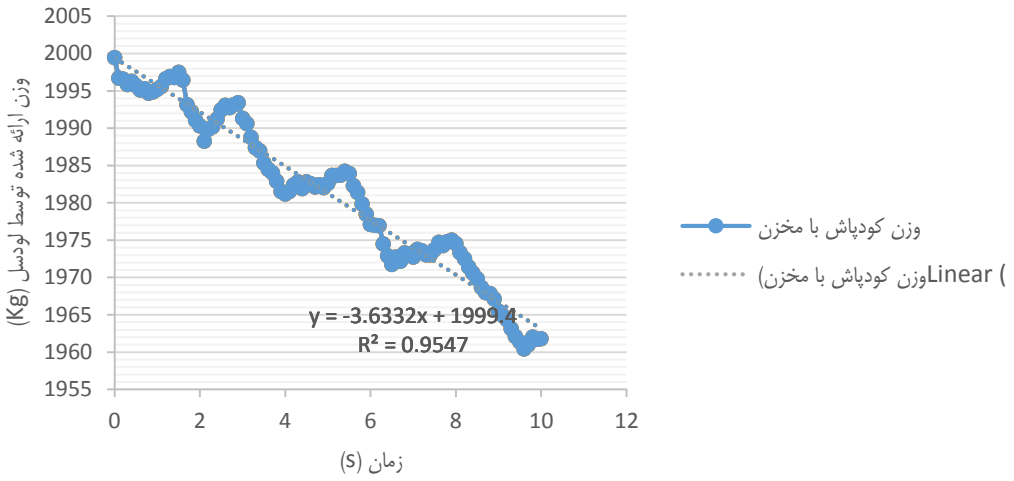
$$F = \frac{F_L \times L'}{L} \qquad (۵)$$

که در آن F وزن حقیقی ناشی از مجموعه ی کوپاش، F_L وزن بدست آمده در نقطه ی اتصال لودسل به شاسی، L فاصله ی افقی مرکز ثقل کودپاش از محل اتصال لودسل به بخش متحرک شاسی و L' فاصله ی مرکز محور یاتاقان از محل اتصال لودسل به بخش متحرک شاسی می باشد. با توجه به رابطه ی فوق بدین نتیجه میرسیم برای بدست آوردن عدد صحیح وزن مجموعه ی کودپاش نیاز است تا عدد وزن بدست آمده توسط لودسل را که وانسنجی شده است در رابطه ی فوق قرار داده و با ثابت در نظر گرفتن L فاصله ی افقی مرکز ثقل کودپاش از محل اتصال لودسل به بخش متحرک شاسی و L' فاصله ی مرکز محور یاتاقان از محل اتصال لودسل به بخش متحرک شاسی می توان میزان حقیقی وزن مجموعه ی کودپاش را محاسبه کرد.

هدف از این تحقیق بررسی چگونگی کاهش خطای مکانیزم واسنجی کود پاش و بذر پاش پشت تراکتوری به جهت اعمال نرخ پاشش ثابت از پیش تعیین شده توسط کاربر می‌باشد که این موضوع با استفاده از اعمال وزن مرجع و اعمال دو لودسل مجزا دارای بسامد طبیعی ارتعاش برابر با شاسی اصلی به جهت کاهش خطای اندازه گیری و استفاده از سنسورهای اندازه گیری سرعت و مکان لحظه‌ای برای تشخیص دقیق نرخ پاشش ممکن شد. (شکل۸ و ۹) مقایسه ی تغییرات و نحوه ی تصحیح ضرایب را ارائه می کند. نتایج نشان داد پارامترهایی مانند تغییرات شتاب افقی، میزان ارتعاش ناشی از شرایط ناهموار زمین و همچنین میزان ارتعاش ناشی از عملکرد موتور تراکتور، با توجه به وجود سیستم وزن مرجع برای خنثی سازی اثر ارتعاشات بر داده‌های خروجی لودسل تأثیر چشمگیری بر خروجی داده‌ها نخواهد داشت.



شکل ۸: نمودار داده های لودسل وزن مرجع که در زمان ۱۰ ثانیه از کارکرد دستگاه با سرعت ثابت حرکت 5.5 m/s و فرکانس داده برداری ۱۰ Hz در زمین ناهموار تهیه شد، عرض کار دستگاه ۱۶ متر بوده و وزن مرجع ۲ کیلوگرم در نظر گرفته شده بود.



شکل ۹: نمودار داده های لودسل وزن حقیقی کودپاش با مخزن که در زمان ۱۰ ثانیه از کارکرد دستگاه با سرعت ثابت حرکت 5.5 m/s و فرکانس داده برداری ۱۰ Hz در زمین ناهموار تهیه شد عرض کار دستگاه ۱۶ متر بوده است.

منابع

خراســانی فردوانی، م، ا، علیمردانی، ر، امید، م، گرازیانو ماگلایز، پ، ۱۳۸۷، توســعه و ارزیابی آزمایشــگاهی مکانیزم کاهنده نویز سکوی توزین سامانه سنجش عملکرد نیشکر با استفاده از لودسل جرم آزاد

نادری بلداجی، م، علیمردانی، ر، عباس زاده، ر، احمدی، ح، ۱۳۸۷، بررســی معادلات بار دینامیکی و انتخاب معادله مناسـب با اندازه گیری لغزش چرخ تراکتور

Hofstee, J. W., and Huisman, W. 1990. Handling and spreading of fertilizers Part 1: Physical properties of fertilizer in relation to particle motion. Journal of Agricultural Engineering Research 47:213-234

J. van Bergeijk D. Goense; L.G. van Willigenburg; L. Speelman. Dynamic Weighing for Accurate Fertilizer Application and Monitoring. Precision Agriculture 80: 25-35

D. Goense *, J.W. Hofstee, J. van Bergeijk. An information model to describe systems for spatially variable field operations. Computers and Electronics in Agriculture 14:197-214

M. Nledzwlecki and A. Wasilewski. 1995. Application Of Adaptive Filtering To Dynamic Weighing Of Vehicles.

M. Halimic and W. Balachandran. 1995. Kalman Filter for Dynamic Weighing System

D. Cveticanin. 2003. New Approach to the Dynamic Weighing of Livestock. Biosystems Engineering 86:247-252

Pelletier, M.G. 2001. Adaptive signal processing for removal of impulse noise from yield monitor signals. Journal of Cotton Science 5:224-233

Pelletier, M.G. 1998. Development of a tomato load/yield monitor. Ph.D. diss. Univ. of California, Davis, CA (Diss. Abstr. Int. No. pending).

Pelletier, M.G., and S.K. Upadhyaya. 1999. Development of a tomato load/yield monitor. Comput. Electron. Agric. 32:103-117.

Porat, B. 1997. A course in digital signal processing. John Wiley & Sons, New York, NY.