طرح و توسعه یک دستگاه شبیه ساز متحرک آشکارسازی عملکرد محصول غلات برای کاربری درآموزش و تحقیق

محمد لغوی[1]- رضا احسانی[2]

چکیده

کشاورزی دقیق بطور شدیدی به داده های دقیق و قابل اعتماد متکی است . داده های عملکرد محصول اهمیت ویژه ای دارد ، چرا که مبنای بسیاری از تصمیمات مدیریتی در کشاورزی دقیق می باشد. درسال های اخیر ، توجه ناچیزی به آموزش تولید کنندگان رابطه با روش های صحیح آشکارسازی عملکرد محصول و تهیه نقشه عملکرد معطوف گردیده است . همچنین نیاز فرآینده ای به آزمون و مقایسه دقت و کارکرد مدل های مختلف سیستم های آشکار سازی عملکرد احساس می گردد.

در این راستا یک دستگاه شبیه ساز متحرک آشکار سازی عملکرد که اجزاء انتقال غله و آشکار سازی آن قابل رویت ، دسترسی و تعویض بود، طراحی و ساخته شد تا در فعالیت های تحقیقاتی ، آموزشی و ترویجی مورد استفاده قرارگیرد، این شبیه ساز قادر بود اجزاء مختلف یک سیستم آشکارسازی عملکرد محصول را بهنگام کارنشان دهد. همچنین قادر به نمایش آن دسته از دلایل مختلف ایجاد اختلال و خرابی سیستم بود که نشان دادن آن برروی کمباین واقعی غیر ممکن و یا خطرناک است . این شبیه ساز مجهزبه یک سیستم توزین مستقل و مستقیم و ابزار و تجهیزات جمع آوری و ذخیره داده ها از آشکارساز عملکرد محصول و سیستم توزین مستقیم بطور همزمان بود. از یک سیگنال مشترک بمنظور همگام سازی داده برداری از سیستم های توزین مستقیم و آشکار سازی عملکرد محصول استفاده گردید. این شبیه ساز قادر به نمایش نحوه کارکرد و آزمون دقت سیستم های آشکارسازی عملکرد قابل دسترس دربازار شامل *Ag Leader PF3000®*، *JohnDeere Greenstar®* و*AGCO Fieldstar®* بود . با تغییر شدت جریان جرمی غلات ، و زاویه دادن به بالابر دانه تمیز شده ، تاثیر دامنه وسیعی از نرخ برداشت محصول و شیب مزرعه بردقت اندازه گیری محصول را میتوان مورد بررسی قرارداد. مجموعه ای از آزمون های مختلف بمنظور ارزیابی کارکرد و دقت یک دستگاه آشکار ساز عملکرد محصول با نام تجاری*AGCO Fieldstar®* در محدوده وسیعی از شدت جریان جرمی ذرت به اجرا گذاشته شد . کارکرد شبیه ساز عملکرد محصول در شرایط شدت جریان جرمی یکنواخت بسیار خوب بود . بطوری که همبستگی بسیار قوی *(R^2= 0.99)* بین آشکار ساز عملکرد و توزین مستقیم در اندازه گیری و ثبت شدت جریان لحظه ای و انباشته ذرت درسطوح مختلف نرخ جریان از ۱/۲۸ تا ۵/۴ کیلوگرم بر ثانیه بدست آمد .

۱- دانشیار بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیرازو پژوهشگر میهمان دردانشگاه ایالتی اوهایو
۲- استادیار بخش مهندسی صنایع غذایی-کشاورزی وزیستی دانشگاه ایالتی دانشگاه اوهایو

مقدمه

آشکار سازی عملکرد محصول که "بصورت سنجش محصول برداشت شده در واحد زمان و مکان و ترکیب این دوکمیت بفرمی ترسیمی تعریف شده است" (۱۷) گام اول در پذیرش کشاورزی دقیق می باشد. اجرای موفقیت آمیز کشاورزی دقیق به کمی سازی دقیق تغییرات مکانی عملکرد متکی می باشد. راهکارهای مختلفی برای آشکار سازی پیوسته عملکرد محصول توسعه و بکار گرفته شده است . حسگرهای سنجش عملکردی که درگزارش های علمی ذکر شده و یا اکنون دردسترس کشاورزی می باشد بر مبنای انواع مختلفی از روشهای سنجش متکی است که از ان جمله استفاده از یک حسگر حجم جریان از نوع چرخ پدالی (۱۹، ۲۰ ۲۱) ، یک تقاله لولایی(۲۳) ، حسگر خازنی (۲۲) ، حسگر فراصوتی (۱۱) ، حسگر ضربه ای مجهز به کرنش سنج (۷) ، حسگر اشعه گاما(۱۳، ۲۲) ، حسگر ماورن قرمز (۱۰) و حسگر اشعه ایکس (۴) را می توان نام برد.

خطاهای بالقوه آشکار سازی عملکرد شامل خطاهای مکان یابی ، سنجش جریان دانه ، عرض برش ، تاخیرهای زمانی ، محتوای رطوبت دانه ، کالیبراسیون و بالاخره خطاهای کاربردی کمباین می باشد (۹) . دقت تبلیغ شده آشکار سازهای پیوسته عملکرد محصول چنانچه مطابق دستورالعمل نصب و کالبیره گردند بین ۰/۵ تا ۴ درصد متغیر است (۱۳) پژوهشگران متعددی برای ارزیابی دقت آشکارسازهای عملکرد تجارتی موجود دربازارآزمون های مزرعه ای انجام داده اند (۱،۳،۵،۶،۱۲،۱۵،۱۶،۱۸،۲۲) قابل اعتمادترین روش تعیین دقت ، مقایسه داده های آشکار سازی پیوسته عملکرد با سنجش شدت جریان جرمی توسط یک مرجع مستقل در یک مسیر جریان مشترک می باشد(۳) .این عمل را می توان با نصب یکدستگاه باسکول دقیق درون مخزن دانه کمباین غلات انجام داد.

*Thylen and Murphy(1996)*عوامل کلیدی ایجاد کننده خطا در داده های لحظه ای عملکرد محصول را مورد مطالعه قراردادند. آنان پنج منبع خطارا شناسایی نمودند که عبارتند از : عملکرد پائین درابتدای شروع یک ردیف ، قطع متناوب جریان محصول به درون کمباین ، تغییرات ناگهانی درسرعت پیشروی ، عدم استفاده از عرض کامل برش و تاخیر زمانی دانه درحرکت از شانه برش تا رسیدن به حسگر عملکرد محصول .

Kettle and peterson (1998) گزارش نمودند که دقت آشکارسازهای عملکرد محصول بطور معنی داری تحت تاثیر تغییر درنرخ برداشت و شیب زمین می باشد.

Arslan and Colvin (1998) یک دستگاه آزمون آزمایشگاهی آشکار سازهای عملکرد محصول کمباین غلات برای مقایسه دقت آشکارساز عملکرد بایک باسکول الکترونیک را توسعه دادند. آنان پس از واسنجی آشکار ساز درشرایط آزمایشگاهی ، یک همبستگی قوی بین داده های آشکارساز و باسکول الکترونیک بدست آورند.

Al-Mahasneh and Colvin (2000) یک دستگاه باسکول الکتروینک را درون مخزن دانه یک کمباین تجاری نصب نمودندتا دقت سیستم آشکار سازی درحال حرکت عملکرد محصول را بررسی نمایند. داده های آشکارساز عملکرد و باسکول با یکدیگر انطباق داده شد تا دقت آشکارساز ارزیابی گردد . نتایج نشان داد که با افزایش طول ردیف برداشت شده ، دقت آشکار ساز افزایش می یابد.

Arslan and Colvin (2000) آزمون هایی را برای مقایسه سنجش عملکرد بوسیله یک حسگر ضربه ای و یک باسکول الکترونیک درردیف های مجاور هم و یک مسیر جریان دانه درون کمباین به اجرا گذاشتند. آنها همچنین واکنش کمباین در برابر تغییرات عملکرد محصول و اثرات تغییر سرعت پیشروی بر دقت را با ایجاد الگوهای مصنوعی عملکرد درردیف های برداشت مورد ارزیابی قرار دادند. میانگین خطای آنها درتخمین عملکرد درسرعت پیشروی ثابت ، ۳/۴ درصد و در سرعت متغیر ، ۵/۲ درصد بود. *Burk et al. (2003)* تجهیزات آزمون آشکار ساز عملکرد برای آزمایش کارآیی آشکار سازهای عملکرد محصول تحت نرخ جریان های استاتیکی و دینامیکی ۱ تا ۴ کیلوگرم در ثانیه را توسعه دادند.

تاکنون ، کلیه ارزیابی های آشکار ساز عملکرد برروی کمباین در شرایط واقعی کشتزار یا در تجهیزات آزمون ثابت درآزمایشگاه اجرا گردیده است . مزیت در شرایط واقعی کشتزار بودن آن است که آزمون ها را می توان بامحتوای واقعی رطوبت دانه انجام داد ، ولی آزمون ها را نمی توان تکرار نمود . در مقابل تجهیزات آزمون ثابت بیشتر قابل کنترل بوده و تکرارآزمون ها را به سادگی می توان انجام داد . محدودیت تجهیزات ثابت هزینه بالای ساخت آنها بوده و در مواردی نمی توان شرایط واقعی کشتزار نظیر رطوبت دانه را ایجاد نمود . آشکار ساز متحرک عملکرد محصول پلی پین این دو بر قرا ر می نماید ، زیرا می تواند درشرایط واقعی کشتزار مورد استفاده قرارگرفته و می تواند آزمون ها را تکرار نماید . همچنین نسبتا" کم هزینه بوده می تواند به عنوان یک وسیله آموزشی درآزموشهای آکادمیک و ترویجی مورد استفاده قرارگیرد.

اهداف خاص این تحقیق عبارت بود از :

۱- طرح و توسعه یک سیستم حمل و نقل و توزین مواد با ظرفیت ۰/۷۶ متر مکعب ذرت (درحدود ۵۹۰ کیلوگرم) و برقراری امکان جریان مواد به سوی بالابر دانه با شدت جریان های مختلف.

۲- طرح و توسعه نگاهدارنده بالابر دانه به نحوی که بتوان تاثیر شرایط حرکت کمباین در مزارع شیبدار را با انحراف بالابر در حدود۱۰ درجه به سمت های جلو ، عقب و جانبی شبیه سازی نمود .

۳- طرح و توسعه روشی جهت داده برداری که قادر به همگام نمودن و ثبت همزمان داده های آشکار ساز عملکرد باسکول الکترونیک مرجع باشد.

۴- استفاده ازاین سیستم برای ارزیابی دقت آشکار ساز عملکرد دانه AGCO Fieldstar® مدل سال ۲۰۰۰ درمحدوده ای وسیع از شدت جریان ذرت .

مواد و روش ها

تصویری شماتیک از آشکارساز عملکرد محصول در شکل ۱ نشان داده شده است. اجزاء اصلی این سیستم آشکار سازی عملکرد محصول شامل پیکره اصلی(Main Frame) ، دو عدد مخزن (انباره) غله Grain) bin) ، نیروسنج های الکتریکی(load cells) ، یک سیستم حمل و نقل مارپیچی Auger) conveyor) و یک بالابر پره ای (Paddle trpe elevator) که دردهانهٔ خروجی مجهز به حسگر آشکار ساز شدت جریان جرمی دانه می باشد.

پیکره اصلی از دو بخش تشکیل می گردد: یک ارابه چرخدار و یک سازه فولادی مقاوم برای نگهداری کلیه اجزاء سیستم . ارابه مجهز به چهار عدد چرخ لاستیکی ۱۶ اینچی است که امکان حرکت برروی سطوح ناهموار را فراهم ساخته و برای انتقال به نقاط دور دست به راحتی برروی کامیون یا تریلی بارگیری گردد.

از دو مخزن غله ، یکی بعنوان مخزن ذخیره و عرضه غله(Supply bin) ودیگری که برروی سه عدد نیروسنج الکتریکی(Lood cell) قرارداشته و همراه با مانیتور و Data logger مربوطه قادر به نمایش و ثبت لحظه ای جرم غله وارد شده به آنان می باشد ، مخزن مرجع (Reference bin) نام دارد. هر دو مخزن در تحتانی ترین قسمت مجهز به دریچه های تخلیه از نوع روزنه متغیر (Variable orifice) بوده و میزان باز و بسته شدن آنها به کمک اهرم بندی خاصی قابل کنترل می باشد.

سیستم انتقال مارپیچی و بالابر دانه که هریک توسط موتور الکتریکی دور متغیر مستقلی رانده می شوند،کارحمل و نقل غله از مخزن ذخیره تا مخزن مرجع را به عهده دارند. نقاله بالابردانه طوری طراحی و نصب گردیدکه بتواند با ۱۰ درجه انحراف به چپ و راست و همچنین رو به جلو و عقب ، شرایط کار درمزارع شیبدار را شبیه سازی نماید. بدین منظور مفصل بین بخش انتهایی نقاله عرضی(Auger) و شاسی دستگاه و همچنین بین تفاله عرضی و بالابر دانه هردوبصورت فلانج لغزشی انتخاب گردید.

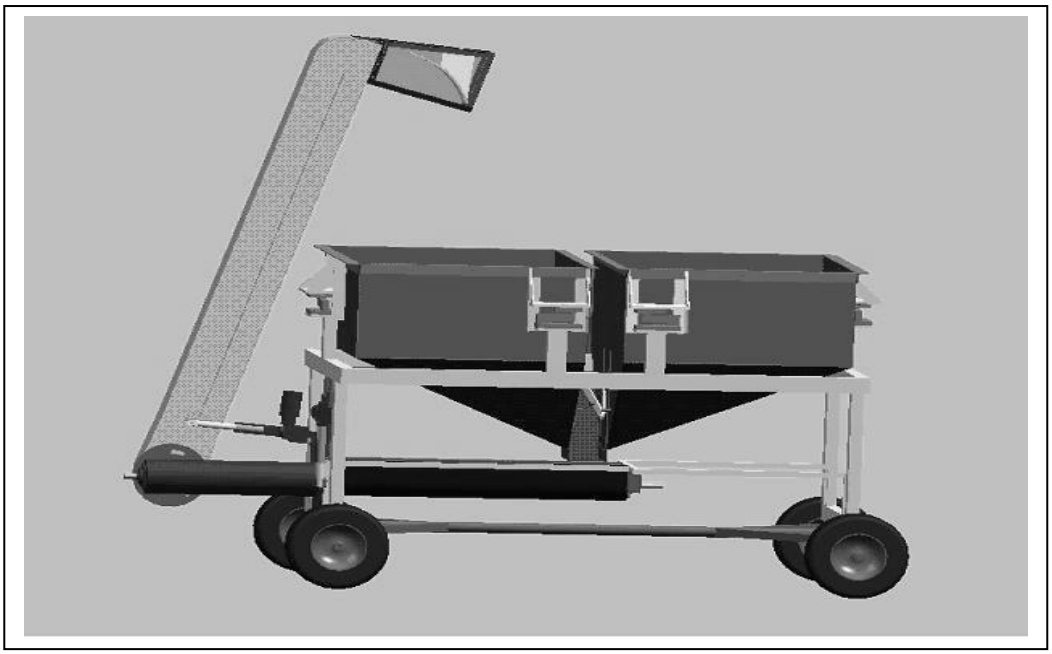
دماغه تخلیه دانه درانتهای بالابر برداشته شد وبجای آن دماغه مخصوصی با دیواره های شفاف پلی کربنات که قادر به نگهداری دونوع حسگر شدن جریان جرمی دانه ، یکی Greenstar® و دیگری Fleldstar®جایگزین گردید (شکل ۱) . بدین ترتیب بازدید کننده قادر بود جریان دانه و نحوه ارتباط و برخورد آن با حسگر را مشاهده نماید.

بمنظور آشکارسازی عملکرد محصول بطور پیوسته و ارزیابی صحت و دقت آشکار سازهای عملکردلازم بود غله را از مخزن ذخیره به بالابردانه که به نوعی حسگر جریان جرمی دانه مجهزگردیده و سپس به مخزن مرجع که بروی نیروسنج های الکتریکی سوارشده بود انتقال داد تا وزن واقعی دانه های انتقال داده شده را اندازه گیری و ثبت نماید. داده های این سیستم مرجع سپس با داده های ثبت شده توسط سیستم آشکار سازی عملکرد محصول مقایسه می گردد تا دقت حسگرهای جریان جرمی دانه مورد ارزیابی قرار گیرد.

سه عدد نیروسنج (Lood cel) ساخت شرکت Mettler Toledo® تنها سه نقطه اتکامخزن مرجع برروی پیکره دستگاه را تشکیل می داد. موقعیت نصب این سه بگونه ای انتخاب گردیدکه وزن مخزن مرجع

بطور یکسان برروی آنها اعمال گردد . سیگنال های خروجی این نیروسنج ها پس از انطباق و تجمیع در *Transmitter* برای پردازش و نمایش به مانیتور نیروسنج ها و از آنجا برای ثبت برروی یک کارت حافظه به یک *Data logger* فرستاده می شد.

داده های عملکرد وزنی محصول و رطوبت آن می بایست بطور همزمان جمع آوری گردد تا بتوان بمیزان عملکرد تصحیح شده را تعیین نمود. حسگر های رطوبت ظرفیت خازنی *(Capacitance)* غله را اندازه گیری نمود و به محتوای رطوبت آن ارتباط می دهند . این حسگرها عموما" درمسیر انتقال دانه ، برروی نقاله مارپیچ و یا بالا بردانه نصب می گردند . دراین پروژه یک حسگر رطوبت در زیر نقاله مارپیچ که غله را از مخزن ذخیره به بالابر انتقال می دهد نصب گردید.

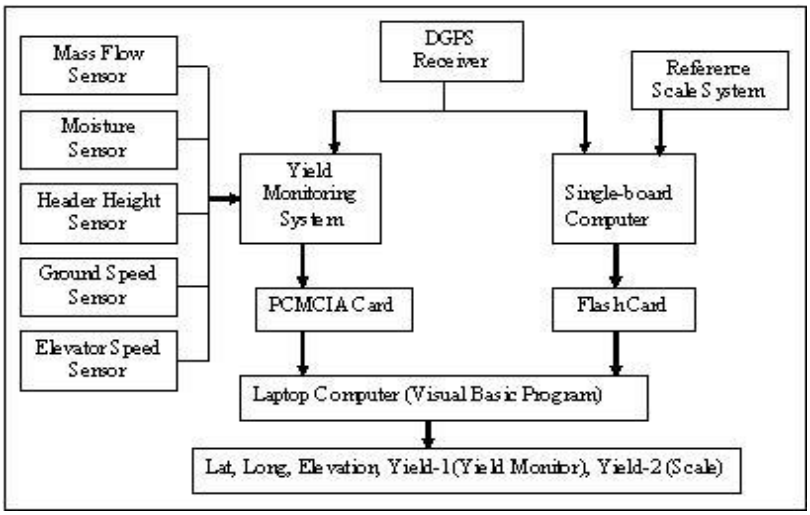


شکل ۱. تصویری شماتیک از دستگاه شبیه ساز متحرک آشکارسازی عملکرد محصول غلات.

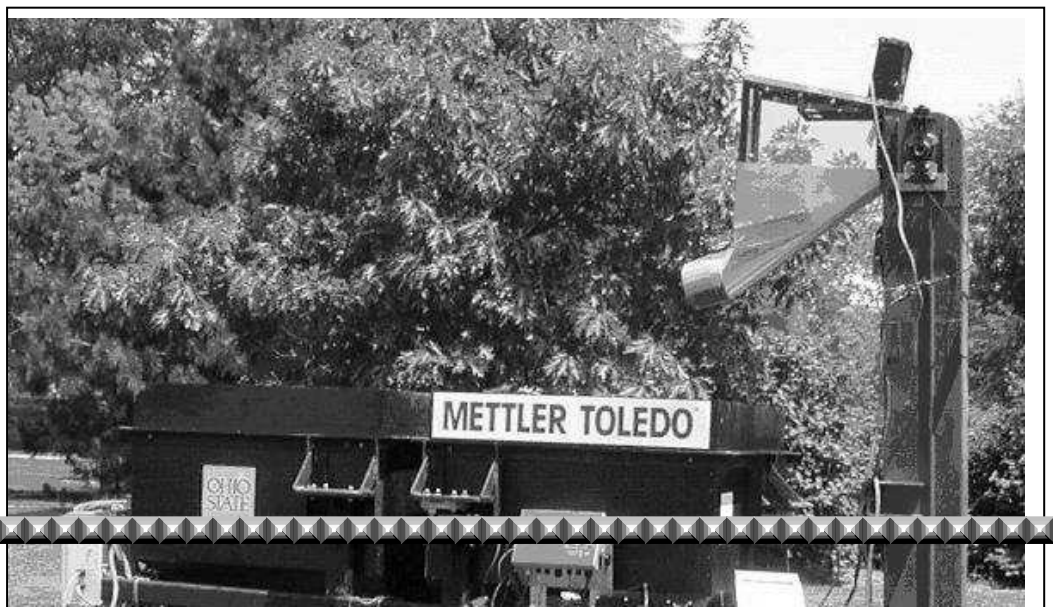
سیستم آشکارسازی عملکرد محصول

دراین پروژه از سیستم آشکارسازی عملکردمحصول غلات با نام تجارتی *Fieldstar®* که ساخت یک شرکت سازنده کمباین غلات میباشد استفاده گردید. این سیستم برای اندازه گیری و آشکارسازی عملکرد محصول از پنج نوع حسگر بطورهمزمان برروی کمباین غلات استفاده می نماید: حسگر عملکرد محصول (شدت جریان جرمی دانه) ، حسگر رطوبت دانه ، حسگرسرعت بالابردانه ، حسگر ارتفاع پلاتفرم کمباین و حسگر سرعت پیشروی. دراین پروژه باتوجه به بی حرکت بودن دستگاه ومستقر بودن آن درآزمایشگاه از یک مولد تابع*(Function generator)* برای شبیه سازی سرعت پیشروی کمباین استفاده گردید. حسگر عملکرد به نحوی بالای بالابر دانه نصب گردید. که چنگالهای آن با قرارگرفتن درمسیر جریان دانه های ذرت از مخزن ذخیره به مخزن مرجع، شدت جریان جرمی آن را اندازه گیری نماید . بدین ترتیب که جریان دانه

نیرویی متناسب با شدت جریان جرمی به چنگال حسگر وارد می کرد که با کمک سیستم های سخت افزاری و نرم افزاری بکار گرفته شده تبدیل به داده های عملکرد محصول می گردید. یک واحد پردازشگرمرکزی داده های عملکرد را از این حسگر و اطلاعات مکانی را ازیک گیرنده *GPS* دریافت داشته و میزان عملکرد محصول را درهرموقعیت مکانی تعیین می نمود. واحد پردازشگرمرکزی داده ها را به ترمینالی که رابط بین کاربر و سیستم آشکارسازی عملکرد است فرستاده و برروی صفحه نمایش آن میزان عملکرد لحظه ای محصول را نشان می داد. این ترمینال همچنین داده ها را برروی یک کارت ذخیره می نمواد تا درمراحل بعدی برای پردازش و تجزیه و تحلیل به رایانه منتقل گردد. از سیگنال های مکانی و زمانی یک گیرنده *GPS (Trimble AgGp5132®)* برای همگام سازی*(Synchronization)* داده های آشکارسازعملکرد و نیروسنج های مخزن مرجع استفاده گردید. نمودار فرآیند ارتباط بین حسگر هاو سایر ابزار اندازه گیری وپردازش داده ها درشکل ۲ نشان داده شده است . شکل ۳ تصویری واقعی از کل دستگاه آشکار سازی عملکرد محصول در حالی که به حسگرها و سایر ابزار داده برداری مجهز گردیده است را نشان می دهد.



شکل ۲. نمودار فرایند ارتباط بین حسگرها و ابزار اندازه گیری و پردازش داده ها.



شکل ۳. تصویری از دستگاه شبیه ساز متحرک آشکار سازی عملکرد محصول غلات که به حسگرها و سایر ابزار داده برداری
مجهز گردیده است.

آزمون ها

از اهداف اصلی اجرای این تحقیق ابتدا مشخص نمودن خصوصیات کاری سیستم آشکار سازی عملکرد محصول غله طراحی شده دراین پروژه تحقیقاتی و سپس اجرای یک سری آزمون های مکرر بمنظور ارزیابی دقت کارحسگرهای عملکرد محصول تجاری درشرایط شدت جریان جرمی یکنواخت و غیر یکنواخت و همچنین درشرائط مزارع شیبدار بود. درفرآیند طرح و توسعه روش تحقیق و تعریف ضوابط عملکردی ، استاندارد پیشنهادی *ASAE* با شماره و عنوان *X578 Yield Performance Test Standard* مورد رعایت و توجه قرار گرفت .

آزمون های جریان یکنواخت *Steady State Flow Tests*

بمنظور ارزیابی دقت آشکار سازعملکرد محصول® *Fieldstar* درتعیین عملکرد لحظه ای و تجمیعی در سطوح مختلف شدت جریان جرمی دانه ، آزمون هایی درپنج سطح جریان جرمی مورد هدف شامل ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪، ۹۰٪ و ۱۰۰٪ حداکثر ظرفیت جریان جرمی دستگاه شبیه ساز عملکرد به اجرا گذاشته شد. درهریک از سطوح شدت جریان جرمی دانه که آزمون آن سه مرتبه تکرارگردید. پس از روشن نمودن دستگاههای اندازه گیری شامل آشکارساز عملکرد، سیستم توزین مخزن مرجع ، گیرنده و شبیه ساز سرعت پیشروی ، یک نام و شماره آزمون برروی مانیتور تماسی آشکار ساز انتخاب و وارد می گردید. سپس موتورهای گرداننده سیستم انتقال دانه (نفاله مارپیچ و بالابر) راه اندازه شده و دریچه موزع دانه درکف مخزن ذخیره تامیزان مورد نظر بطوریکه ذرت را درحد شدت جریان جرمی مورد هدف جاری سازدباز میگردید. پس از گذشت ۱۰ ثانیه بامتعادل و یکنواخت شدت جریان دکمه استارت برروی مانتیور زده می شد تا داده های آشکارساز عملکرد و سیستم توزین مخزن مرجع که به ترتیب شدت جریان لحظه ی و تجمعی ذرت بود برروی مانیتورهای مربوطه نشان داده شده و همزمان برروی کارت های حافظه ذخیره گردد. پس ازانتقال داده از کارت های حافظه به رایانه ، از نرم افزار *Excel* برای پردازش داده ها ، ترسیم نمودارهای شدت جریان لحظه ای *(Instantaneous)* و تجمیعی*(Accumulated)* ذرت در دوسیستم

آشکار سازی عملکرد *(Yield monitoring)* و توزین مخزن مرجع *(Reference scale)* و مقایسه آن دو توسط روش های آماری استفاده گردید.

آزمون های جریان غیر یکنواخت و پله ای *Transient and Step Flow Tests*

دراین بخش از تحقیق ، صحت و دقت آشکار ساز عملکرد *Fieldstar®* درشرایطی که جریان عبور ذرت از سیستم انتقال بصورت : خطی افزایش و یاکاهش می بافت*(Ramped flow)* ، نوسانات متناوب و پیوسته داشت*(Oscillating flow)* و یا تغییرات پله ای داشت *(Step- flow)*مورد آزمون و بررسی قرار گرفت .

جریان متغیر خطی *(Ramped – Flow)*. این آزمون شامل یک افزایش خطی و یکنواخت جریان دانه از سطحی معادل ۵۰ درصد تا ۱۰۰ درصد ظرفیت بیشینه سیستم انتقال درطول ۱۰ ثانیه ، ثابت نگهداشتن جریان بمدت ۱۰ ثانیه و سپس کاهش تدریجی و خطی آن به سطح اولیه مجددا" درطول ۱۰ ثانیه . درآزمونی دیگر همین روش بکارگرفته شد ولی بااین تفاوت که شدت جریان بیشینه بعنوان نقطه شروع وخاتمه و شدت جریان ۵۰ درصد ظرفیت در مرحله میانی انتخاب گردید.

نوسانات متناوب جریان *(Oscillating Flow)*. دراین آزمون شدت جریان دانه ازسطح ۵۰ درصد تا ۱۰۰ درصد بیشینه ظرفیت سیستم انتقال درطول ۱۰ ثانیه و سپس بازگشت به سطح اولیه بطور پیوسته و بدون هرگونه توقف دراین دوسطح تغییرداده شد و این سیکل جریان سه بار تکرار شد.

تغییرات پله ای جریان *(Step flow)*. بمنظور نشان دادن نحوه عمل آشکار ساز عملکرد درمواجهه با تغییرات پله ای شدت جریان دانه آزمونی بصورت زیر اجرا گردید . ابتدا جریان دانه با شدتی برابر با ۹۰ درصد ظرفیت بیشینه سیستم انتقال اغاز گردید. پس از ۲۰ ثانیه با متعادل شدن جریان ، شدت جریان بطور ناگهانی به سطح پائین تر ولی یکنواختی تغییرداده شد. تغییرات پله ای به ترتیب ۷۵ ، ۵۰ و صفر درصد جریان اولیه بود و درآزمون اول سطح جریان درهرمرحله برای مدت ۱۰ ثانیه و درآزمون دیگر برای مدت ۲۰ ثانیه قبل از باز گشت به شدت جریان اولیه ثابت نگاهداشته شد.

هریک از آزمون های جریان غیر یکنواخت و پله ای باسه تکرار اجرا گردید و با استفاده از داده های جمع آوری شده ، نمودارهای شدت جریان لحظه ای و تجمیعی سیستم آشکار سازی عملکرد و سیستم توزین مرجع مورد بررسی و مقایسه قرارگرفت .

آزمون های بررسی تاثیر شیب زمین بر دقت اندازه گیری عملکرد محصول

بمنظور بررسی تاثیر شیب زمین بر دقت اندازه گیری حسگر عملکرد محصول سه مرحله آزمون به شرح زیر اجرا گردید. ابتدا بالابر دانه بمیزان ۱۰ درجه به سمت جلو منحرف گردید تا شرایط کارکمباینی که در سراشیبی با شیب ۱۰ درجه (۱۷/۶ درصد) درحال برداشت محصول است شبیه سازی گردد. درمرحله دوم بالابر بمیزان ۵ درجه به سمت عقب منحرف گردید تا شرائط کارکمباین درسربالایی با شیب ۸/۷ درصد شبیه سازی شود . درهریک از سه مرحله فوق آزمون های جریان یکنواخت هریک درچهارسطح جریان جرمی مورد هدف شامل ۲۵٪ ، ۵۰٪ ، ۷۵٪ و ۹۰٪ حداکثر ظرفیت جریان جرمی سیستم انتقال دستگاه شبیه ساز عملکرد به اجرا گذاشته شد.

نتایج و بحث

دقت آشکارساز®*Fieldstar* در تخمین جریان جرمی لحظه ای و تجمیعی ذرت در محدوده جریان ۱/۸۲ تا ۵/۴ کیلوگرم در ثانیه مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین در صد خطای حسگر عملکرد محصول در سنجش جریان جرمی واقعی (مرجع) در محدوده شبیه سازی شده برابر با ۳/۲٪ و با حد اکثر خطای ۸/۲٪ در شدت جریان ۲/۵ کیلوگرم در ثانیه و حد اقل ۰/۱٪ در شدت جریان ۵/۴ کیلوگرم در ثانیه بود. دقت حسگر عملکرد در تعیین جرم تجمیعی دانه با میانگین خطای ۲/۸٪ قدری بهتر بود. در جریان کامل ۵/۴ کیلوگرم در ثانیه، در صد اختلاف بین آشکارساز®*Fieldstar* و سیستم مرجع تنها ۱/۳٪ بود، در حالی که این اختلاف در شدت جریان ۲/۵ کیلوگرم در ثانیه به ۵/۴٪ رسید. با توجه به اینکه هدف اصلی این مقاله که گزارشی ازمراحل طرح و توسعه شبیه ساز متحرک آشکار سازی عملکرد محصول می باشد، گزارش جامعی از نتایج آزمون ها در مقاله دیگری ارایه خواهد شد.

نتیجه گیری

براساس اهداف این تحقیق، نتایج زیر حاصل گردید.

۱. یک دستگاه متحرک انتقال و آزمون غله که توانایی ارزیابی اثرات زاویه انحراف بالا بر دانه و نرخ متغییر جریان جرمی بر دقت سیستم های آشکارسازی عملکرد محصول را داشته باشد ساخته شد.
۲. یک روش داده برداری جدید با استفاده از سیگنال های *DGPS* برای همگام سازی داده های آشکارساز عملکرد و داده های باسکول مرجع معرفی گردید.
۳. از دستگاه شبیه ساز برای ارزیابی دقت سیستم آشکارساز عملکرد ®*Fieldstar* در محدوده ای وسیع از شدت جریان جرمی ذرت استفاده گردید. نتایج نشان داد که دقت آشکارساز چنانچه در محدوده کالیبره شده استفاده گردد بسیار خوب است.

فهرست منابع

1. *Al-Mahasneh, M.A., and T.S. Colvin. 2000. Verification of yield monitor performance for on-the-go measurement of yield with an in-board electronic scale. Trans. of the ASAE, 34(4): 801-807.*
2. *Arslan, S., and T. S. Colvin. 1988.Laboratory test stand for combine grain yield monitors. Applied Engineering in Agriculture, 14(4): 369-371.*
3. *Arslan, S., and T. S. Colvin. 2002. An evaluation of the response of yield monitors and combines to varying yields. Precision Agriculture, 3:107-122.*
4. *Arslan, S., F. Inanc, J. M. Gary and T. S. Colvin. 2000. Grain flow measurements with x-ray techniques. Computers and Electronics in Agriculture, 26: 65-80.*
5. *Auernhammer, H., M. Demmel, K. Muhr, J. Rottmeier, and K. Wild. 1993. Yield measurement on combine harvesters. ASAE Paper No. 93-1506. St. Joseph, Mich. ASAE*

6. *Birrell, S. J., K. A. Sudduth, and C. S. Borgelt. 1996. Comparison of Sensors and techniques for crop mapping. Computers and Electronics in Agriculture, 14(2-3): 215-233.*
7. *Borgelt, S. C. 1993. Sensing and measuring technologies for site-specific management. In: Soil Specific Crop Management, edited by P. C. Robert et al. (ASA, CSSA and SSSA, Madisom, WI): 141-157.*
8. *Burks, T. F., S. A. Shearer, J. P. Fulton, and C. J. Sobolik. 2003. Combine yield monitor test facility development and initial monitoring test. Applied Engineering in Agriculture, Vol. 19(1): 5-12.*
9. *Grisso, R. D., P. J. Jasa, M. A. Schroeder, and J. C. Wilcox. 2000. Yield monitor accuracy: Successful Farming Magazine Case Study. Applied Engineering in Agriculture, 18(2): 147-151.*
10. *Hummel, J. W., D. W. Pfeiffer and N. R. Miller. 1995. Sensing grain volumes on individual elevator flights. In: Site-Specific Management for Agricultural Systems. Edited by P. C. Roberts et al.(ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI): 69-86.*
11. *Klemme, K. A., J. A. Schumacher and D. P. Donell. 1992. Results and advantages of a specially variable technology for crop yield. ASAE Paper No. 92-1651, St. Joseph, MI, ASAE*
12. *Kettle, L.Y., and C. L. Peterson. 1998. An evaluation of yield monitors and GPS systems on hillside combines operating on the steep slopes in the Palouse. ASAE Paper No. 98-1046, St. Joseph, MI, ASAE*
13. *Mangold, G. 1996. Yield monitors and precision farming systems integrators. Successful Farming, May-June, 37-40.*
14. *Massey Ferguson. 1993. Yield Mapping System. Manufacturers Catalog. MF 30/40 Series Combines.*
15. *Missotten, B., G. Strubbe, and J. DeBaerdemaeker. 1996. Accuracy of grain and straw yield mapping. In Site-Specific Management for Agricultural Systems, Eds. P. C. Roberts, R. H. Rust and W. E. Larson, 713-722. Madison, Wis.: ASA, CSSA, SSSA*
16. *Prez-Munoz, F., and T. S. Colvin. 1996. Continuous grain yield monitoring. Trans. of the ASAE, 39(3): 775-783.*
17. *Pierce, F. J. 1997. Yield mapping. Resource Magazine 4(2): 9-10.*
18. *Sanaei, A., and I. J. Yule. 1996. Yield measurement reliability on combine harvesters. ASAE Paper No. 96-1020. St. Joseph, MI, ASAE*

19. *Schueller, J. K,, Y. H. Bae, S. C. Borgelt, S. W. Searcy and B.A. Stout. 1987. Determination of spatially variable yield maps. ASAE Paper No. 87-1533. St. Joseph, MI, ASAE*
20. *Schnug, E., D. M. Murphy, E. Evans, S. Haneklaus and J. Lamp. 1993.Yield mapping and application of yield maps to computer-aided local resource management. In: P. C. Robert, R. H. Rust and W. E. Larson (Editors), Proceedings of Soil Specific Crop Management. Pp. 87-93.*
21. *Searcy, S. W., J. K. Schueller, Y. H. Base, S. C. Borgelt and B. A. Stout. 1989. Mapping of spatially variable yield during grain combining. Trans. of the ASAE 32(3): 826-829.*
22. *Stafford, J. V., B. Ambler and M. P. Smith. 1991. Sensing and mapping grain yield variation. In: Automated Agriculture for the 21st Century. ASAE Publication No. 1191, St. Joseph, MI, ASAE*
23. *Thylen, L., and P. L. Murphy. 1996. The control of errors in momentary yield data from combine harvesters. Journal of Agricultural Engineering Research, 64: 271-278.*
24. *Wagner, L. E., and M. D. Schrock. 1989. Yield determination using a pivoted auger flow sensor. Trans. of the ASAE 32(2): 409-413.*