طراحی و ساخت اندازه‌گیر تلفات دانه برای کمباین با استفاده از لودسل

عادل طاهری حاجی وند*[۱]،حسین نوید[۱]، حسن کریمی بانشاط[۲] و علی رستمی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۲/۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۳

۱- گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
۲- گروه مهندسی مکاترونیک دانشکده فناوری‌های نوین دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه:E-mail: a.taheri@tabrizu.ac.ir

چکیده

دستگاه اندازه‌گیر تلفات دانه کمباین وسیله‌ای است که با نصب آن روی کمباین، می‌توان از میزان تلفات دانه ناشی از واحدهای جداکننده و تمیزکننده آگاهی یافت. ازجمله مزایای نصب دستگاه این است که به کاربر امکان می‌دهد، حین حرکت در مزرعه بتواند با داشتن یک میزان قابل قبول از تلفات دانه، بیشینه سرعت پیشروی را انتخاب نماید. در این تحقیق از لودسل برای اندازه‌گیری میزان تلفات استفاده و به منظور جلوگیری از ریزش کاه‌های بلند روی آن، از یک صفحه مشبک استفاده شد. طراحی سیستم شامل دو بخش سخت‌افزار و نرم‌افزار می‌شود. در طراحی سیستم روش طراحی ماژول استفاده شد که شامل ماژول حسگر، ماژول دریافت داده، ماژول پردازش مرکزی و ماژول تغذیه می‌باشد. دستگاه ساخته شده دارای حساسیت بالا و قابل تنظیم بوده و قادر به شناسایی هر گونه تلفات است و لذا حساسیت اولیه دستگاه روی ۰/۱ گرم تنظیم شد. برای نشان دادن خروجی لودسل از یک مانیتور ال‌سی‌دی استفاده شد. پس از ساخت، دستگاه کالیبره گردید و در آزمایشگاه تحت آزمون قرار گرفت. زاویه ۳۷ درجه به عنوان زاویه مناسب برای نصب حسگر تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: دستگاه اندازه‌گیر تلفات دانه، حسگر، کمباین، لودسل.

۱- مقدمه

حدود ۱۱ درصد از وسعت کشور ایران برای تولید محصولات کشاورزی به‌کار گرفته می‌شود. از این طریق نیاز غذایی تقریبا ۷۵ درصد از جمعیت کشور تأمین می‌گردد. تولید گندم در این بین جایگاه ویژه‌ای دارد و یکی از موضوعاتی که در سال‌های اخیر مورد بحث و بررسی قرار گرفته، مساله تلفات گندم از تولید تا مصرف و ارائه راهکارهایی به منظور جلوگیری از آن به‌ویژه در مرحله برداشت توسط کمباین بوده است. تلفات گندم در مرحله برداشت را گاه تا ۲۰ درصد نیز گزارش کرده‌اند در حالی که میزان تلفات هنگام برداشت گندم در کشورهای صنعتی ۲ تا ۵ درصد است (بی نام، ۱۳۷۲). لذا تحقیق و پژوهش در زمینه کاهش این گونه تلفات کاملا ضروری است. البته تلفات بعد از برداشت تا مرحله مصرف جای بحث و بررسی جداگانه‌ای دارد و در این تحقیق تنها به تلفات مرحله برداشت پرداخته شده است.

خسروانی و رحیمی (۱۳۸۴) در یک طرح نمونه‌گیری چند مرحله‌ای، تعداد ۶۸ مزرعه در حین برداشت محصول با کمباین در سه شهرستان مرودشت، اقلید و داراب در استان فارس را به طور تصادفی انتخاب و بررسی کردند. در این تحقیق، اثر عواملی چون مشخصات مزرعه، زمین، کمباین، راننده و کشاورز در تلفات قسمت‌های مختلف کمباین شامل: شانه‌برش، کوبنده، الک و کاه‌برها و تلفات طبیعی بررسی شدند. نتایج نشان داد که میانگین کل تلفات گندم در مرحله برداشت در استان فارس ۴/۸ درصد تولید است. بیشترین مقدار این تلفات مربوط به افت شانه‌برش کمباین (۶۸ درصد) و بعد از آن به ترتیب افت طبیعی (۱۲/۹ درصد)، افت الک و کاه‌برها (۱۰/۷ درصد)، افت کوبنده (۸/۴ درصد) است.

طالقانی (۱۳۹۰) در تحقیقی به بررسی میزان اتلاف محصول در مرحله برداشت پرداخت. در این بررسی کل میزان تلفات در شرایط نامساعد برداشت ۴/۲۷ درصد اندازه‌گیری شد که تلفات انتهای کمباین با ۳/۳۸ درصد، بیشترین مقدار تلفات دانه را به خود اختصاص داد.

مستوفی سرکاری و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی تاثیر نوع کمباین و سرعت دورانی استوانه کوبنده بر تلفات گندم در حین برداشت را بررسی کردند. نتایج تجزیه مرکب دو سال اجرای پروژه در استان البرز نشان داد که افت کلی کمباین‌های TC56، JD955، JD1165 و CLASS68 به ترتیب برابر با ۱/۹۸، ۲/۱۵، ۴/۳۰ و ۴/۱۲ درصد می‌باشد.

در یک نگاه کلی میزان تلفات برداشت در کمباین بستگی به تنظیمات آن، نرخ مواد ورودی، وضعیت محصول و زمین دارد. در روش مرسوم برای اطمینان از نحوه کار مطلوب کمباین بایستی عملیات

برداشت را چندین بار متوقف نمود تا میزان تلفات دانه را اندازه‌گیری و منشاء این تلفات مشخص شود. برای این کار، زمان و تلاش قابل ملاحظه‌ای صرف می‌شود. اما آگاهی یافتن مداوم از میزان تلفات در کمباین بویژه در قسمت‌های جداکننده و تمیزکننده ضروری بوده و می‌تواند در افزایش راندمان کمباین نقش مهمی داشته باشد. در این صورت است که راننده می‌تواند نرخ مواد ورودی کمباین را با سرعت حرکت کمباین هماهنگ نموده و ضمن انتخاب بیشینه سرعت پیشروی، بازده بالایی را تحصیل نماید.

دستگاه اندازه‌گیر تلفات، یک سیستم اندازه‌گیری الکترونیکی است که به منظور پایش تلفات کمباین در قسمت‌های جداکننده و تمیزکننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. نصب این دستگاه روی کمباین می‌تواند مزایای زیادی از جمله صرفه‌جویی در زمان، نمایش دایمی میزان تلفات، اندازه‌گیری تلفات بدون نیاز به توقف کمباین، آگاهی از منشا واقعی تلفات، انتخاب سرعت پیشروی مناسب، کنترل تلفات و آسایش و رضایت‌مندی راننده را به همراه داشته باشد.

در طول سالیان گذشته تلاش‌های زیادی برای ساخت دستگاه اندازه‌گیر تلفات کمباین صورت گرفته است. استرلیوف و همکاران (۱۹۷۷) از خواص صوت برای پایش تلفات دانه استفاده کردند. به این ترتیب که در عقب کمباین حسگرهای حساس به صوت نصب گردید. صدای دانه های گندم برخورد کرده به حسگر، از طریق میکروفون دریافت شده و پس از تقویت و فیلتر و نیز انجام محاسبات به عنوان میزان افت دانه نمایش داده می‌شد. این حسگرها در انتهای واحد تمیزکننده و در زیر واحد جداکننده نصب گردید.

سامز (۱۹۸۲) ساخت دستگاه اندازه‌گیر تلفات دانه برای واحد تمیزکننده را به ثبت رساند که در آن از حسگرهای الکترواپتیک استفاده شده بود. این حسگرها کانال‌هایی داشتند که یک طرف آن دیود نوری (LED) و طرف دیگر آن فوتوترانزیستور نصب شده بود. بهترین حالت کانال، کانال U شکل از جنس فایبرگلاس یا مواد صنعتی دیگر گزارش شده است. هنگامی‌که به علت جمع شدن ناگهانی دانه در کانال، گرفتگی صورت می‌گیرد، بین دیود نوری و فوتوترانزیستور تیره و تاریک جریان منقطع شده و در نتیجه ولتاژ بالا می‌رود.

ال‌درج (۱۹۸۵) از حسگرهای پیزوالکتریک برای ساخت دستگاه استفاده کرد. کریستال سرامیکی به‌طور محکم به واحد جداکننده و تمیزکننده کمباین نصب شد. دانه‌ها هنگام خروج از عقب کمباین روی حسگر سقوط کرده و در نتیجه به آن نیرو وارد شده و یک سیگنال الکتریکی تولید می‌شود که پس از تقویت، به کاربر امکان می‌دهد که از میزان تقریبی تلفات آگاه شود.

نی و همکاران (۲۰۱۱) پیرامون عوامل موثر در کیفیت کار عناصر حساس موجود در دستگاه اندازه‌گیر تلفات به مطالعه پرداختند. سنسورهای مورد استفاده در این دستگاه از نوع کریستال‌های پیزوالکتریک بود. ضخامت عناصر حساس، یک پارامتر ساختاری خیلی مهم و تاثیرگذار بر باز شناخت سیگنال ناشی از ضربه دانه است. به منظور تعیین ضخامت مناسب صفحه حسگر در شرایط آزمایشگاه سه اندازه ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌متر انتخاب گردید؛ کریستال‌های پیزو در چهار گوشه‌ی هر عنصر حساس چسبانده شد؛ دانه‌های محصول از فاصله ۳۰ سانتی‌متر بر روی صفحه عنصر حساس سقوط می‌کردند. در پایان ضخامت مناسب برای کار دستگاه، ۱/۵ میلی‌متر به‌دست آمد.

ژائو و همکاران (۲۰۱۱) برای واحد جداکننده کمباین برنج یک دستگاه اندازه‌گیر تلفات ساختند. حسگر مورد استفاده در این تحقیق از نوع حسگرهای پیزوالکتریک PVDF بود. نتایج آزمایش‌ها نشان داد، از آنجا که چگالی دانه بیشتر از MOG[1] است، لذا فرکانس و بزرگی ولتاژ تولیدی ناشی از دانه بیشتر خواهد بود. به منظور تمیز دادن تاثیر لرزش‌های کمباین و نیز سیگنال‌های ناشی از MOG فرکانس بحرانی بین ۱ تا ۵ کیلوهرتز در نظر گرفته شد. حسگر در شرایط آزمایشگاه مورد آزمون قرار گرفت و کالیبره گردید. زاویه نصب حسگر ۴۵ درجه و فاصله آن از سطح ریزش مواد ۲۵۰ میلیمتر در نظر گرفته شد. میزان خطای نسبی شمارش دانه‌ها ۴/۵ درصد بدست آمد. سپس حسگر در شرایط مزرعه‌ای بررسی گردید. سرعت پیشروی کمباین بین ۱/۲ – ۰/۸ m/s تنظیم و نتایج در مزرعه نشان دادند که میزان خطای نسبی کمتر از ۱۲ درصد بود.

ژائو و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق دیگری به ویژگی‌های حسگر طراحی شده در دستگاه اندازه‌گیر خود پرداختند و نیز چگونگی کنترل لرزش‌های کمباین را تشریح کردند. غشاهای پیزوالکتریک PVDF به عنوان عنصر حساس انتخاب گردید. برای تضعیف اثر تداخلی لرزش‌های کمباین یک بازوی شناور لرزش‌گیر طراحی شد که از دو لایه مجزاکننده تشکیل شده بود. ولتاژ خروجی از حسگر پس از تقویت، ناشی از سیگنال ضربه دانه و ضربه MOG و لرزش می‌باشد. بر اساس تفاوت میان مشخصات فرکانس‌های تولیدی و با استفاده از فیلتر بالاگذر سیگنال ناشی از ضربه تشخیص داده می‌شود. در نهایت حسگرها انتهای واحد تمیزکننده نصب شدند و تلفات دانه‌ها در این قسمت به صورت دستی و هم با استفاده از حسگر اندازه‌گیری و مقایسه شد. نتایج آزمایش‌ها در مزرعه گندم و برنج نشان دادند که خطای نسبی اندازه‌گیری با حسگر در قیاس با روش دستی، کمتر از ۱۵ درصد بود.

[1]Materials other than grain

روشن است که چنانچه کمباین متناسب با شرایط مزرعه تنظیم و با سرعت پیشروی مناسب حرکت کند میزان تلفات کاهش خواهد یافت، لذا می‌توان گفت که مزیت اصلی استفاده از دستگاه اندازه‌گیر تلفات دانه، امکان کنترل تلفات می‌باشد. از آنجا که میزان تولید گندم کشور در سال زراعی ۸۹-۹۰ حدود ۱۲/۳۲ میلیون تن برآورد شده است (بی نام، ۱۳۹۲)، چنانچه بتوان با به‌کارگیری دستگاه، میزان تلفات گندم را فقط به میزان یک درصد کنترل نمود، چیزی در حدود ۱۲۳/۲ هزار تن گندم می‌شود که با احتساب ۱۰۵۰ تومان برای هر کیلوگرم (قیمت خرید تضمینی گندم برای سال ۹۳، مصوبه هیات دولت)، مبلغی حدود ۱۲۹/۳۶ میلیارد تومان خواهد شد. لذا در این تحقیق کوشش گردید که با ساخت این دستگاه منتها با روشی متمایز قدمی در جهت کنترل میزان تلفات محصول برداشته شود.

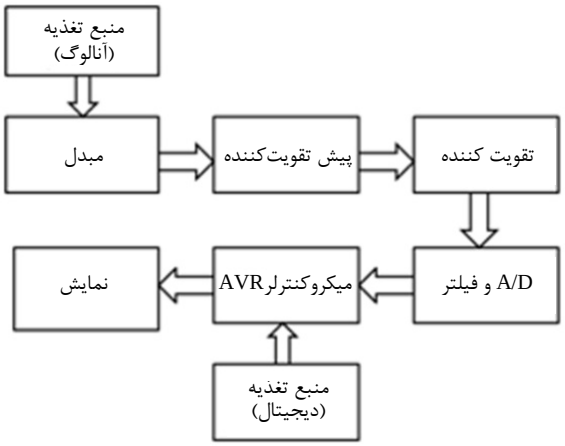
۲- مواد و روش‌ها

هدف اصلی در این تحقیق عبارت است از: وزن کردن دانه‌های خروجی از عقب کمباین، به منظور تشخیص تغییرات و میزان تلفات دانه در واحد جداکننده و تمیزکننده.

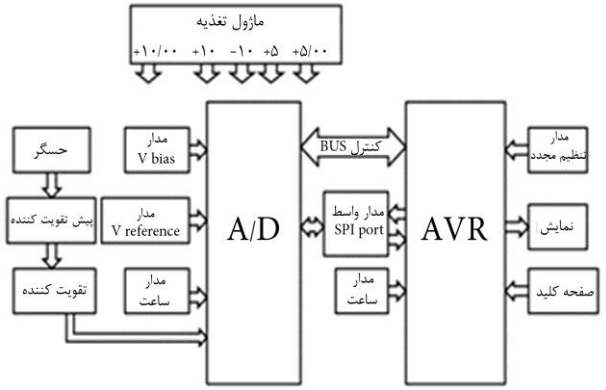
از قسمت عقب کمباین حجم وسیعی از کاه و کلش به همراه دانه خارج می‌شود و امکان تفکیک دانه‌های تلف شده از کاه و کلش به هیچ وجه وجود ندارد. با این حال به منظور کاهش تاثیر ضربه کاه و کلش‌های سنگین، ابتدا یک صفحه مشبک در عقب کمباین و در امتداد مسیر کاه‌برها نصب گردید. وظیفه صفحه مشبک این است که مسیر حرکت کاه و کلش و دانه همراه آن را تا انتهای صفحه دستگاه اندازه‌گیر امتداد داده و تا حد امکان اجازه ندهد که کاه و کلش‌های سنگین و بزرگ از آن عبور کنند. البته منافذ صفحه مشبک (۱×۱ سانتی‌متر مربع) این شرایط را فراهم می‌کند که دانه‌ها و کاه‌های سبک و ریز عبور کرده و روی صفحه دستگاه اندازه‌گیر سقوط کنند.

نمودار بلوکی ساده از سیستم دریافت و پردازش داده، در شکل ۱ نشان داده شده است. در یک نگاه کلی متناسب با ریزش مواد روی حسگر، یک سری سیگنال‌های الکتریکی تولید می‌شود. این سیگنال‌ها توسط یک پیش تقویت‌کننده، تقویت شده و به طبقه بعدی، تقویت-کننده با بهره قابل کنترل، منتقل می‌شود. در این قسمت نیز سیگنال بعد از تنظیم صفر و حذف خطای آفست، تا مقدار مورد نظر تقویت شده و به مبدل آنالوگ به دیجیتال[1] (A/D) ارسال می‌گردد. سیگنال آنالوگ توسط A/D و فیلتر دیجیتالی که در آن وجود دارد و فرکانس آن قابل کنترل است، نویزگیری و کوانتیزه می‌گردد. در نهایت سیگنال تبدیل شده به دیجیتال، توسط میکروکنترلر AVR خوانده می‌شود و سپس داده‌های مورد نظر پردازش و برای نمایش به خروجی ارسال می‌گردد.

طراحی سیستم در دو بخش سخت‌افزار و نرم‌افزار انجام شد.



شکل (۱): نمودار بلوکی ساده از دستگاه



شکل (۲): نمودار بلوکی مدار اصلی

نمودار بلوکی مدار اصلی در شکل ۲ نشان داده شده است. قسمت‌های اصلی این مدار شامل حسگر برای تولید سیگنال‌های آنالوگ ناشی از وزن دانه‌های تلف شده، قسمت دریافت داده[2] و پردازش است.

در سیستم طراحی شده روش طراحی ماژول استفاده شد که شامل ماژول حسگر، ماژول دریافت داده، ماژول پردازش مرکزی و ماژول تغذیه است.

بررسی‌های متعددی جهت انتخاب یک حسگر مناسب برای ساخت دستگاه صورت گرفت در نهایت یک لودسل مدل 1004 از شرکت Vishay خریداری شد که هم در بازار داخل وجود داشت و هم به لحاظ اقتصادی مناسب بود (شکل۳). ظرفیت حسگر ۱/۵ کیلوگرم

[1]Analog to Digital

[2]Data Acquisition

با نرخ خروجی ۰/۹ mV/V و با امپدانس خروجی ۳۵۰ اهم است. بررسی‌ها نیز نشان داد که این حسگر می‌تواند پاسخ‌گوی نیاز این طرح باشد. حساسیت دستگاه بالا و قابل تنظیم بوده و قادر به شناسایی میزان تلفات تا حد ۵۰ میلی‌گرم است. اما از آنجا که در این حساسیت سیگنال‌های نویز زیادی تولید می‌شود، حساسیت اولیه دستگاه روی ۰/۱ گرم تنظیم شد. از دیگر ویژگی‌های مهم این حسگر می‌توان به پایداری در شرایط محیط آزمایشگاه و مزرعه و مناسب بودن قیمت آن اشاره کرد.

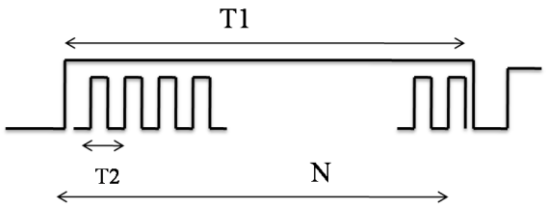
شکل(۳): حسگر مورد استفاده

سیگنال خروجی حسگر به صورت تفاضلی (دو قطبی) و خیلی ضعیف است. به همین منظور روی سیگنال خروجی تقویت اولیه (G= ۲۰۰) توسط یک تقویت‌کننده تفاضلی انجام گردید. تقویت‌کننده طبقه دوم، یک تقویت‌کننده با بهره متغیر در نظر گرفته شد تا متناسب با شرایط کاری بتوان بهره نهایی را تنظیم نمود. برای داشتن آفست کم در خروجی و کاهش اثرات نویز و حذف نوسانات، از آمپلی‌فایر عملیاتی[1] نوع OP200 و مقاومت‌هایی با خطای ۰/۰۱ درصد استفاده شد. همچنین از یک آمپلی‌فایر عملیاتی به صورت بافر جهت ایجاد یک ولتاژ منفی استفاده گردید تا افست خروجی آمپلی فایرهای عملیاتی را کاملا حذف نموده و نیز در صورت نیاز، صفرِ حسگر را تنظیم کند. از AD7710 با فرکانس کاری ۸ مگاهرتز برای تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال استفاده شد. این A/D، ۲۴ بیتی با حالت پیش‌فرض ۱۶ بیتی، دارای یک رجیستر کنترلی به منظور تنظیم فیلتر دیجیتال داخلی آن است و تعداد بیت نرخ نمونه‌برداری و کنترل آن متناسب با شرایط کاری است. با توجه به اینکه نوشتن و خواندن اطلاعات A/D از طریق یک خط گذرگاه دو طرفه و به صورت سریال است، توسط یک مدار واسط، با پورت SPI، با پردازش‌گر مرکزی (AVR) ارتباط برقرار شده است.

برای فهمیدن توابع سیگنال داده‌هایی که از حسگر به‌دست می‌آید، نیاز به یک سیستم عملیاتی و پردازشی است. از ATMEGA32 به عنوان پردازش مرکزی استفاده شد تا در آن بعضی از توابع ارتباط جانبی از قبیل ارتباط با رجیستر کنترلی A/D، ارتباط SPI به همراه یک مدار واسط با A/D، ارتباط با یک صفحه کلید جهت دریافت دستور از اپراتور برای کنترل دستگاه، ارتباط با مدار تنظیم مجدد، ارتباط با مدار ساعت ۱۶ مگاهرتز و نیز ارتباط با یک نمایشگر LCD، انجام شود.

ماژول تغذیه از دو قسمت تشکیل شده است: بخش اول که برای قسمت آنالوگ طراحی گردید و شامل ۱۰ ولت به وسیله A/D584 برای A/D و ۱۰± ولت به وسیله LM337 و LM317 برای حسگر و تقویت‌کننده‌ها است. بخش دوم نیز که برای قسمت دیجیتال طراحی شد، یک ولتاژ ۵+ ولت در نظر گرفته شد. همچنین ولتاژ رفرنس A/D توسط RE05 تامین گردید.

زبان برنامه‌نویسی استفاده شده، زبان C است که در محیط کدویژن نوشته شد. قبل از هر چیز ابتدا A/D متناسب با شرایط کاری از لحاظ نرخ نمونه‌برداری، فرکانس فیلتر دیجیتال و بهره تقویت داخلی (A/D) و ... پیکربندی گردید. مهم‌ترین بخش برنامه‌نویسی، نحوه دریافت داده و پردازش آن می‌باشد. در شکل۴، T_1 زمان تغییر داده روی نمایشگر و N تعداد نمونه‌برداری داده از حسگر در این فاصله زمانی است و T_2 فاصله زمانی نمونه‌برداری می‌باشد که در آن N و T_1 با هم رابطه مستقیم دارند.



شکل (۴): نحوه خواندن داده‌ها

تنظیم و بهینه بودن این پارامترها از فاکتورهای مهمی است که به طور مستقیم در اندازه‌گیری دقیق تلفات تاثیر دارند. این پارامترها باید به گونه‌ای تنظیم شوند که مواد روی حسگر دو بار خوانده نشوند و همچنین بدون خوانده شدن از روی حسگر خارج نشوند. برای سیستم مورد نظر یک صفحه کلید در نظر گرفته شد تا توسط آن بتوان تنظیمات را اعمال نمود. انعطاف‌پذیر بودن سیستم، این اجازه را می‌دهد تا آزمایش‌های مختلفی انجام داد تا در نهایت بهترین مقدار پارامترها و مناسب‌ترین حالت کاری انتخاب گردد.

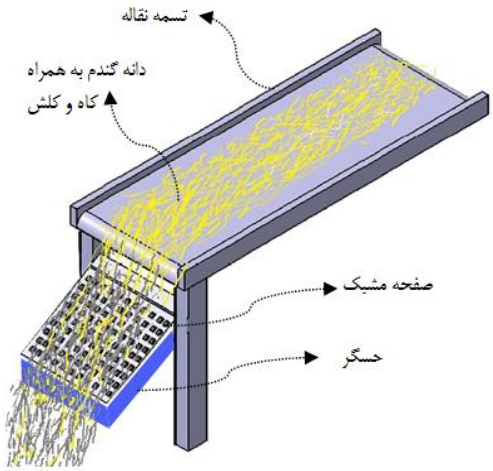
۳- آزمون دستگاه

برای شبیه‌سازی ریزش مواد از قسمت عقب کمباین، از یک تسمه بدون انتها استفاده گردید. مقدار از قبل تعیین شده کاه و کلش که با مقدار مشخصی دانه مخلوط شده بود به طور یکنواخت روی تسمه پخش گردید. زمانی که تسمه با سرعت ثابتی به حرکت در می‌آمد کاه و کلش مشابه قسمت عقب کمباین بیرون می‌ریخت. دستگاه با ۴ زاویه مختلف نسبت به محور افق (۱۵، ۳۰، ۳۷ و ۴۵ درجه) ارزیابی شد.

برای آزمون دستگاه فرض گردید که عملکرد مزرعه ۴ تن در هکتار (میانگین عملکرد آبی و دیم در اغلب مزارع کشور) و ظرفیت

[1] Op-Amp

مزرعه‌ای ۱/۱ هکتار در ساعت باشد. مقادیر گندم معادل تلفات ۱، ۲ و ۳ درصد، با مقادیر مشخصی ازکاه و کلش (در سه سطح ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ گرم که این سطوح تامین‌کننده نسبت‌های مختلف دانه به مواد غیردانه‌ای است) مخلوط گردید. سپس به طور یکنواخت روی تسمه نقاله پخش و سرعت تسمه طوری انتخاب شد که در مدت ۱۰ ثانیه همه مخلوط روی صفحه حسگر ریخته شود (شکل ۵).



شکل(۵): نصب دستگاه روی تسمه بدون انتها و آزمون آن

نرخ نمونه‌گیری دو بار در ثانیه تنظیم شده بود تا از این طریق داده‌های بدست آمده در طول هر ۵ ثانیه جمع شده و به نمایش گذاشته شود. این روش به کاربر فرصت می‌دهد که داده‌ها را به راحتی قرائت کرده و در مورد روند تلفات قضاوت و تصمیم‌گیری نماید. در مدت ریزش مخلوط کاه و گندم اعداد نمایش داده شده توسط دستگاه، قرائت و یادداشت گردید. با توجه به اینکه عرض تسمه ۴۰ سانتی‌متر بود و به همین خاطر طول صفحه حسگر به اندازه ۴۰ سانتی‌متر انتخاب شد، بنابراین با توجه به ابعاد خروجی عقب کمباین، در عمل برای نصب دستگاه روی کمباین لازم است از ۳ عدد لودسل استفاده گردد. عرض صفحه حسگر نیز به اندازه‌ای انتخاب شد (۳۰ سانتی‌متر) که در حالت معمول، زمان حرکت دانه روی آن کمتر از بازه زمانی بین دو اندازه‌گیری باشد تا یک دانه یا کاه بیش از یک بار قرائت نشود. هرچند که با توجه به وجود شرایط پیچیده، ممکن است خلاف این اتفاق بیافتد.

برای آزمون دستگاه از سه میزان کاه و کلش (۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ گرم) که مقادیر مختلفی از دانه (معادل مقادیر متفاوت تلفات) با آن ترکیب شده بود استفاده گردید. آزمایش‌ها برای سه سطح ۱، ۲ و ۳ درصد تلفات انجام گرفت. روابط زیر نحوه محاسبه مقدار دانه لازم برای تلفات ۱٪ را نشان می‌دهد. با استفاده از روشی مشابه مقادیر دانه مخلوط شده با کاه و کلش مطابق جدول۱ بدست آمد.

$$۴۰۰۰\ {}^{kg}/_{ha} \times ۱/۱\ {}^{ha}/_{hr} = ۴۴۰۰\ {}^{kg}/_{hr}$$

$$۴۴۰۰\ {}^{kg}/_{hr} \times ۰/۰۰۲۸\ {}^{hr}/_{sec} \times ۱۰۰۰\ {}^{g}/_{kg} = ۱۲۳۲\ {}^{g}/_{sec}$$

که برای یک درصد تلفات گندم به عرض حسگر (که یک سوم عرض خروجی کمباین در نظر گرفته شد) و برای مدت زمان ده ثانیه داریم:

$$۱۲۳۲\ {}^{g}/_{sec} \times ۰/۳۳ \times ۰/۰۱ \times ۱۰\ sec = ۴۰/۶۵\ g$$

جدول (۱): مقادیر دانه لازم برای ترکیب با کاه و کلش برای داشتن تلفات مختلف

درصد تلفات مورد نظر	٪۱	٪۲	٪۳
مقدار دانه (گرم)	۴۱	۸۱	۱۲۳

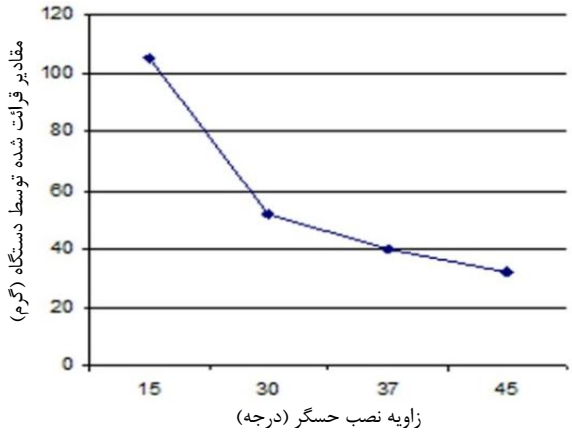
آزمون‌ها برای سه سطح مقدار کاه و کلش و چهار زاویه نصب دستگاه نسبت به افق (۱۵، ۳۰، ۳۷ و ۴۵) و با سه تکرار انجام گرفت. طرح کاملا تصادفی جهت پیاده کردن آزمایش‌ها در نظر گرفته شد و برای تجزیه و تحلیل‌ها نیز از نرم افزار SPSS استفاده گردید.

۴- نتایج

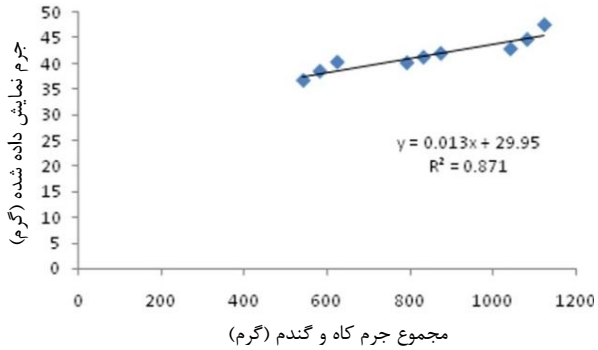
میزان تلفات اندازه‌گیری شده بوسیله حسگر بر حسب گرم و روند تغییرات مقادیر اندازه‌گیری شده با تغییر زاویه نصب حسگر در شکل ۶ نمایش داده شده است. در زاویه ۱۵ درجه میزان تلفات نمایش داده شده بسیار زیاد بود مواد پس از عبور از منافذ صفحه مشبک و سقوط روی صفحه حسگر، کاملا به روی زمین نمی‌ریزند و مواد همچنان روی صفحه باقی می‌مانند و به‌دلیل این که مواد باقی مانده روی صفحه حسگر، بیش از یک بار توسط دستگاه قرائت می‌شدند اعداد قرائت شده از دستگاه واقعی نخواهند بود. در زاویه نصب ۴۵ درجه مقادیر تلفات اندازه‌گیری شده بسیار کم می‌باشند چرا که بخشی از دانه‌های عبور کرده از صفحه مشبک به علت سطح تماس کمتر حسگر نتوانستند روی صفحه حسگر بریزند.

جدول(۲): تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش

	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
بین گروه‌ها	۳۱۳/۰۰۶	۸	۳۹/۱۲۶	۲۵/۴۱۲	۰/۰۰۰
در گروه‌ها	۴۱/۵۷۰	۲۷	۱/۵۴۰	-	-
مجموع	۳۴۵/۵۷۶	۳۵	-	-	-



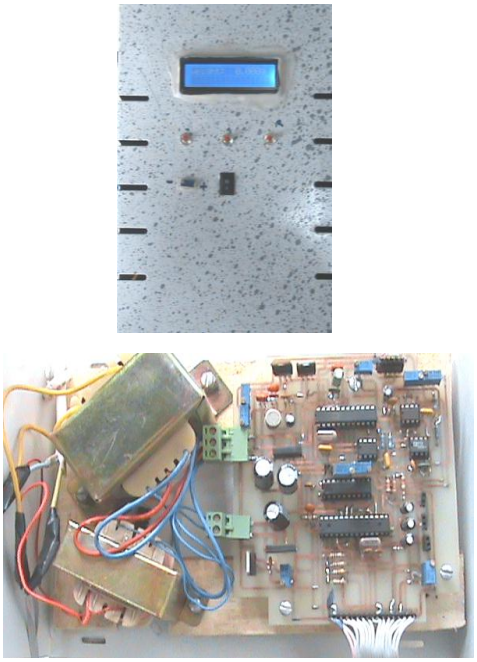
شکل (۶): مقادیر خوانده شده از دستگاه در زوایای مختلف نصب



شکل (۷): مقایسه مقادیر خوانده شده در زاویه ۳۷ درجه

برای این‌که بتوان این دستگاه را بطور صحیح کالیبره کرده و از آن استفاده نمود باید اعداد خوانده شده از یک روند منطقی تبعیت کنند. این موضوع در زاویه نصب ۳۷ درجه مشاهده گردید اما در زاویه ۳۰ درجه دیده نشد. در زاویه نصب ۳۷ درجه، با افزایش میزان افت تنظیمی، مقادیر قرائت شده توسط دستگاه نیز افزایش می‌یافت و یک رابطه خطی با ضریب تبیین مناسب ۰/۸۷ بدست آمد (شکل ۷). تجزیه واریانس هم نشان داد که تفاوت بین مقادیر به دست آمده در این زوایه معنی‌دار است (جدول ۲).

در واقع دستگاه ساخته شده می‌تواند در زاویه ۳۷ درجه تغییرات میزان دانه‌های تلف شده را نشان دهد. در پایان می‌توان گفت که این دستگاه (شکل ۸) پس از کالیبره کردن و انجام آزمون‌های مزرعه‌ای می‌تواند قابل رقابت با نمونه‌های خارجی باشد چرا که تاکنون هیچ کدام از دستگاه‌های ساخته شده کاربر را از میزان عددی تلفات آگاه نمی‌کنند، بلکه به روش‌های گوناگون، فقط تغییرات را نشان داده و چنانچه میزان تلفات از یک حدی بیشتر شود هشدار می‌دهند. ولی این دستگاه از این قابلیت برخوردار است که ضمن نشان دادن افزایش یا کاهش تلفات، کاربر را از میزان عددی آن نیز آگاه نماید. از سوی دیگر به خاطر استفاده از لودسل، هزینه‌ی تمام شده دستگاه کمتر از نمونه‌های دیگر می‌شود.



شکل (۸): نمای نهایی دستگاه اندازه‌گیر تلفات کمباین

منابع مورد استفاده

بی نام. ۱۳۷۲. **گزارش ضایعات برداشت غلات وزارت کشاورزی، بنگاه توسعه ماشینهای کشاورزی.**

بی‌نام. ۱۳۹۲. **آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹**. تهران: انتشارات وزارت جهاد کشاورزی.

خسروانی ع.، ه. رحیمی. ۱۳۸۴. **بررسی تلفات برداشت گندم با کمباین در استان فارس.** مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی.

طالقانی ا. ۱۳۹۰. **ارزیابی و بررسی برخی از عوامل موثر در اتلاف عملکرد و انرژی تولیدی گندم در مرحله برداشت با کمباین**. دومین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر. مشهد: دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

مستوفی سرکاری م.، ه. اسدی، م. شاکر، ا. زارع، ع. مهدی‌نیا، ش. زارع. ۱۳۹۱. **ارزیابی و مقایسه فنی اقتصادی عملکرد کمباین‌های جدید گندم با کمباین‌های رایج به منظور اصلاح و بهینه‌سازی آنها**. هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. شیراز: دانشگاه شیراز.

Eldredge, K.W. 1985**. Patent No.** 4490964. United States.

Ni, J., H. Mao, Y. Tian, X. Yao and Y. Zhu. 2011. **Design and experimentation of sensitive element of piezoelectric crystal sensor array for grain cleaning loss**. African Journal of Biotechnology , 6913-6919.

Somes, R.K. 1982. **Patent No.** 4360998. United States.

Sterlioff, W.P., W.S. Elliott and D. Johnson. 1977. **Patent No.** 4036065. United States.

Zhao, Z., Y. Li, J. Chen and J. Xo. 2011. **Grain separation loss monitoring system in combine harvester**. Computers and Electronics in Agriculture , 183-188.

Zhao, Z., Y. Li, Z. Liang and Y. Chen. 2012. **Optimum design of grain impact sensor utilizing poly vinylidene fluoride films and a floating raft damping structure**. BioSystems Engineering , 223-227.

Design and Construction of a Grain Loss Monitor for Combine Harvester Using Load Cell

A. Taheri-hajivand[1*], H. Navid[1], H. Karimi Baneshat[2] and A. Rostami[2]

Received: 6 Apr 2013 Accepted: 22 Feb 2015
[1]Department of Biosystems Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2]Department of Mechatronics, School of Engineering-Emerging Technologies, University of Tabriz, Tabriz, Iran
*Corresponding author: E-mail:a.taheri@tabrizu.ac.ir

Abstract

Combine grain loss monitor is installed on the combine to measure the amount of grain losses in the separating and cleaning units. One of the advantages of this system is that it allows combine operator to choose the maximum forward speed for a given amount of grain losses. To achieve this goal, a load cell sensor was used. In order to prevent long straws covering the load cell, a mesh plate has been used. The basic blocks considered in designing the proposed system, were sensor, data-acquisition, central processing and power modules. The initial accuracy of the device was set on 0.1 g, since a large amount of noise is produced at the below levels of accuracy. The output data of the load cell was demonstrated on a LCD monitor. After assembling the designed blocks, laboratory experiments were conducted to evaluate the proposed system. Results showed that the setup angle of 37° was diagnosed as the best angle for installation.

Keyword: Combine, Grain loss monitor, Load cell, Sensor.