طراحی، شبیه‌سازی، ساخت و ارزیابی حسگر تعیین موقعیت بذر با قابلیت تشخیص Front-to-Back Location بذر نسبت به کارنده در دقیق‌کارها

رضا عبدی، حمیدرضا قاسم‌زاده، ایرج رنجبر و یحیی عجب‌شیرچی[1]

چکیده

در این پژوهش یک سیستم حسگر نوری-الکترونیکی برای تعیین پارامترهای عملکرد ساز و کار تغذیه بذر با مشخص نمودن موقعیت بذور در روی ردیف‌های کشت و تعیین Front-To-Back Location بذر نسبت به کارنده طراحی، شبیه‌سازی، ساخت و ارزیابی گردید. سیستم متشکل از اجزای حسی (شامل ۲۴ جفت فرستنده و گیرنده نوری تک مسیره NIR)، سطح مقایسه، قطعه حامل حسگرها با مشخصات ویژه، Detector Interface Circuit (شامل تقویت کننده عملیاتی، مقایسه‌گر، LM324 و مبدل A/D)، Processor Unit Interface Circuit (شامل میکروکنترلرهای 89C52 و 89C55، RAM HM6116، Latch 74LS373 و واحد انتقال داده)، دو عدد منبع تغذیه و یک دستگاه رایانه می‌باشد. طراحی سیستم طوری است که فعال شدن آن به صورت Normally Open می‌باشد. سیستم پس از ساخت توسط ساچمه‌های پلی‌اتیلنی با قطرهای ۲، ۳، ۴ و ۶ میلی-متری در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار صد تایی ارزیابی و نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل گردید. نتایج حاصل نشان داد که در سطح احتمال یک درصد در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: میکروکنترلر، دقیق-کار، بذر، حسگر نوری-الکترونیکی.

مقدمه و بررسی منابع

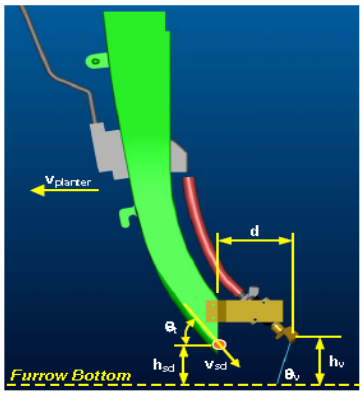
حسگرها از نظر کیفی، عرصه جدیدی را در استفاده هر چه بیشتر از همه امکاناتی که توسط میکروالکترونیک به وجود آمده است (بویژه در زمینه پردازش اطلاعات) گشوده‌اند. از آنجاییکه حسگرها وسیله اساسی برای بدست آوردن همه اطلاعات لازم در رابطه با وضعیت‌های مختلف عملیات و محیط هستند بنابراین باب امکانات وسیع و جدیدی را به روی اتوماسیون طیفی از عملیات در صنعت، کشاورزی، منزل، کارخانه، پزشکی و ... می‌گشایند. برای مثال، کارخانه‌های تمام اتوماتیک و مجتمع تنها به کمک حسگرها تحقق یافته‌اند. با پیشرفت سریع تکنولوژی اتوماسیون و پیچیده‌تر شدن فرآیندهای صنعتی و کشاورزی و نیز کاربرد روز افزون این شاخه از تکنولوژی نیاز شدیدی به کاربرد حسگرهای مختلف که اطلاعات مربوط به عملیات تولید را درک کرده و بر اساس این اطلاعات فرمان‌های مقتضی صادرگردد احساس می-شود. حسگرها به عنوان اعضای حسی یک سیستم، وظیفه جمع‌آوری و یا تبدیل اطلاعات را به صورتی که برای یک سیستم کنترل و یا اندازه‌گیری قابل تجزیه و تحلیل باشد، به عهده دارند(۲ و ۱۱).

۱- گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

کم و کیف بذرکاری و همچنین یکنواختی و غیر یکنواختی فواصل بذرها در روی ردیف‌های کشت، موضوع بسیار مهمی در دقیق‌کارها می‌باشد به طوری که دقیق‌کارها بایستی میزان تعیین شده‌ای بذر را در فواصل مشخصی روی ردیف قرار دهد. برای تعیین دقت، کمیت و کیفیت بذرکاری دقیق‌کارها از روش-های مختلفی مانند روش‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی(از قبیل اشعه X ، Solid State Camera، دید-ماشین و حسگرهای نوری-الکترونیکی) استفاده می‌شود که در میان آنها سیستم حسگرهای نوری-الکترونیکی با قابلیت تشخیص و تعیین Front-To-Back Location بذر نسبت به کارنده، از مزیت نسبی بیشتری برخوردار است(۴، ۵، ۶، ۷، ۹ و ۱۰).

حسگرهای نوری-الکترونیکی از قبیل آنهایی که توسط Dickey-john، شرکت‌های هلندی S.I. Distributig و Meuleman Automation و دکتر Raheman و همکارانش در سال ۲۰۰۳ توسعه داده شده‌اند، حسگرهایی هستند که عبور بذر را از لوله سقوط حس می‌نمایند. این حسگرها عموماً از فرستنده و گیرنده‌های نوری بهره می-جویند. در این حسگرها موقعی که بذر از بین پرتوهای نوری مادون قرمز فرستنده‌ها (LEDs) عبور می‌کند، تعدادی از پرتوها را قطع می‌نماید و مانع از رسیدن این پرتوهای نوری مادون قرمز به گیرنده می‌گردند. عدم دریافت پرتوهای نوری به اندازه کافی از طرف گیرنده، باعث تغییر چگالی نور شده و به تبع آن باعث تغییر خروجی مدار می‌شود و مدار الکترونیکی این تغییرات را توسط تقویت کننده‌ها، تقویت می‌نماید و سپس عملیات پردازش در روی آنها انجام می‌گیرد. میانگین فواصل بین بذرها از طریق داده‌های حاصل از این حسگرها قابل برآورد است. اگر حسگر تعداد تجمعی بذرها را در یک طول مشخص از مسیر پیشروی کارنده نشان دهد برای بدست آوردن میانگین فواصل بین بذرها، تعداد بذرها را به مسافت طی شده تقسیم می‌کنند. وچنانچه حسگرها، زمان بذرهای عبوری را ثبت نماید، با میانگین‌گیری از زمان‌های مختلف و ضرب نمودن آن در سرعت پیشروی کارنده، میانگین فواصل بین بذرها در روی ردیف کشت حاصل می-شود(۴، ۵، ۶، ۷ و ۹).

این حسگرها هیچ گونه اطلاعاتی راجع به Front-To-Back Location بذر نسبت به کارنده نمی‌توانند در اختیار کاربر قرار دهند به این دلیل نتایج حاصل از ارزیابی این گونه حسگرها نشان می‌دهد که در بین روش تسمه گریس اندود و



شکل ۱- نمایی ازخروج بذر با زاویه θ از لوله سقوط

سیستم‌های حسگر نوری-الکترونیکی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همانطوری که در شکل(۱) نشان داده شده است هنگامی که بذر از لوله سقوط خارج می‌شود با یک زاویه θ نسبت به افق پرتاب شده و موجب می-

گردد بذر در موقعیتی غیر از آن که در حالت خروج به صورت عمودی است، قرار گیرد. خروج بذر به صورت پرتابی، باعث ایجاد Front-To-Back location بذر نسبت به کارنده می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی حسگرهای نوری-الکترونیکی با قابلیت تشخیص Front-To-Back location بذر نسبت به کارنده توسط Lan در سال ۱۹۹۹ و Kocher در سال ۱۹۹۸ در امریکا، نشان داده است که در بین روش تسمه گریس اندود و این روش در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد(۶، ۷، ۹).

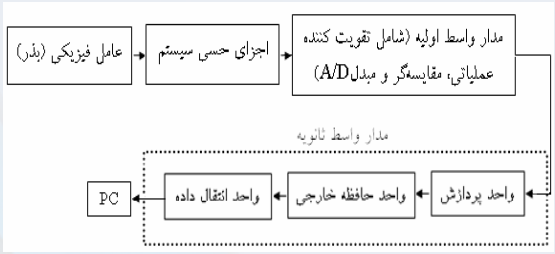
حسگرهای نوری با استفاده از نور و قطعات الکترونیکی کار کرده و از نور مادون قرمز و یا نور قرمز بهره می‌جویند. منبع تولید نور قرمز و یا مادون قرمز، دیودهای نوری LEDs می‌باشد، این دیودها ارزان، مقاوم و دارای طول عمر زیادی بوده و می-توان نور آنها را مدوله نمود. در گیرنده این نوع حسگرها، از فتودیود و یا فتوترانزیستور استفاده می-گردد. حسگرهای نوری یا توسط نور فعال می‌شود، که در این حالت در حسگر هنگامی خروجی وجود خواهد داشت که مانع از مسیر نور کنار رفته و نور توسط گیرنده دریافت گردد. به همین جهت به حالت عادی باز و یا Normally Open معروف می‌باشند و یا از طریق تاریکی فعال می‌شود که در این صورت برعکس حالت قبلی عمل کرده و با قطع شدن اشعه نور توسط یک مانع، خروجی فعال می‌گردد. به همین علت در حالت عادی بسته و یا به Normally Closed معروف می‌باشند. یک حسگر نوری از دو قسمت اصلی فرستنده و گیرنده تشکیل شده است. فرستنده و گیرنده می‌توانند در یک قطعه واحد تعبیه شوند که در این صورت به حسگرهای نوری انعکاسی معروف می‌باشند، ویا در دو قطعه مجزا قرار بگیرند که بعنوان حسگرهای نوری یک مسیره شناخته می‌شوند. در فرستنده یک منبع تولید نور قرمز و یا نور مادون قرمز قرار دارد که بر طبق قوانین اپتیک در یک خط راست نور را ساطع کرده و در گیرنده، نور دریافتی فیلتر شده و سپس توسط مدارهای الکترونیکی تحلیل می‌گردد(۲ و۱۱).

در این پژوهش بر اساس سیستم پیشنهادی Lan در سال ۱۹۹۹ و Kocher در سال ۱۹۹۸ در امریکا و با نوآوری‌ها و ابتکارات، خصوصاً استفاده از سطح مقایسه و پتانسیومترهای مولتی دور برای کالیبراسیون حسگرها، یک سیستم حسگر نوری-الکترونیکی با قابلیت تشخیص Front-To-Back location بذر نسبت به کارنده، تعیین موقعیت بذور در روی ردیف‌های کشت، ثبت اطلاعات لازم برای تعیین عملکرد سیستم تغذیه بذر از قبیل تعداد نکاشت‌ها، تعداد کپه‌کاری، زمان سقوط بذور و ...، در گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و با استفاده از امکانات آزمایشگاه الکترونیک دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز طراحی، شبیه‌سازی، ساخت و ارزیابی گردید.

مواد و روش‌ها

در شکل(۲) قسمت‌های کلی سیستم بصورت نمودار بلوکی آورده شده است. چنانکه مشاهده می-گردد اطلاعات مربوط به سقوط بذر توسط سیستم حسگرهای نوری-الکترونیکی پردازش و ثبت شده

و سپس جهت نمایش داده‌ها، انجام عملیات تجزیه و تحلیل آماری و نمایش نتایج نهایی به کامپیوتر منتقل می‌شود.



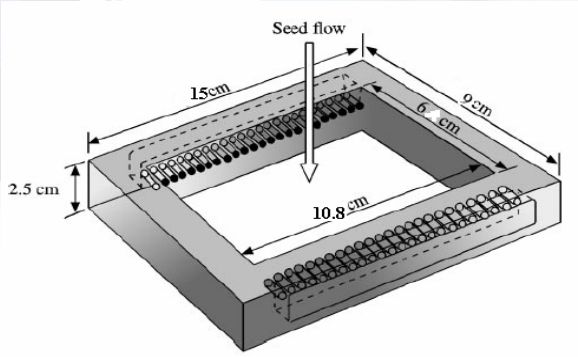
شکل۲- نمودار بلوکی سیستم حسگرهای نوری-الکترونیکی

حامل حسگرها

نقشه قطعه حامل حسگرها (دید از بالا، روبرو و سه بعدی) با استفاده از نرم افزار Auto Cad طراحی و آماده شد. جنس قطعه حامل حسگرها لازم بود ضمن عایق بودن از استحکام کافی در برابر عملیات ماشین‌کاری و سوراخ‌کاری نیز برخوردار باشد. بنابراین از جنس فیبر استخوانی استفاده شد. فیبر استخوانی ارزان، عایق و دارای استحکام بالا می‌باشد. یکی از پارامترهای اساسی در عملکرد سیستم حسگر نوری، میزان متأثر شدن گیرنده از فرستنده مقابل خود می‌باشد، به همین دلیل عملیات سوراخ‌کاری و ماشین‌کاری می‌بایستی طوری روی قطعه انجام می‌گرفت که سوراخ‌های مقابل هم دقیقاً هم محور می‌شدند. برای دست‌یابی به این هدف، عملیات ماشین‌کاری و سوراخ‌کاری با استفاده از دستگاه جیگ بورینگ با دقت ۰/۰۰۵ میلی‌متر در واحد ابزارسازی کارخانه ایدم انجام پذیرفت. ابعاد قطعه مطابق شکل(۳) می‌باشد که سوراخ‌هایی به قطر ۳mm با فاصله محوری ۴/۵mm از هم و به تعداد فرستنده‌ها و گیرنده‌ها در طرفین طولی قطعه ایجاد گردید.

اجزای حسی سیستم

اجزای حسی سیستم شامل ۲۴ عدد فرستنده نوری مادون قرمز با قطر ۳mm و ۲۴ عدد دیود نوری NIR(گیرنده نزدیک به مادون قرمز) با قطر ۳mm بودند که در یک طرف طولی قطعه، گیرنده‌ها و در طرف مقابل فرستنده‌ها کار گذاشته شدند. حسگرهای نوری بکار گرفته شده در این پروژه به حالت عادی باز (N/O) می‌باشند. در این حسگرها در حالت عادی فرستنده نور را ساطع می‌کند و نورهای منتشره از فرستنده توسط گیرنده دریافت می‌شود، در این حالت خروجی حاصل از دیودهای نوری در حداکثر مقدار خود می‌باشد. حال چنانچه بذری از بین فرستنده و گیرنده عبور کند در لحظه عبور باعث قطع پرتوهای نوری شده و مانع رسیدن تعدادی از آنها به گیرنده می‌شود. در نتیجه چگالی



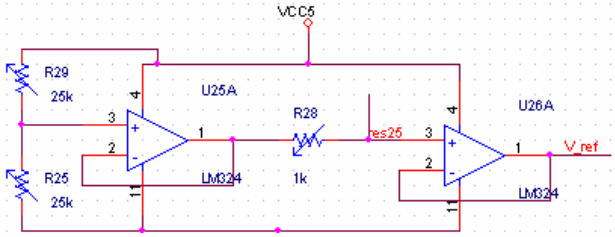
شکل۳- نمای حامل حسگرها

نور دریافتی گیرنده از فرستنده کاهش می‌یابد و حسگرها حضور بذر را به صورت تغییرات شدت و چگالی نور در گیرنده‌ها حس می‌نمایند.

مدار واسط آشکارساز

برای استخراج اطلاعات لازم از تغییرات چگالی نور مدار الکترونیکی واسطی طراحی و شبیه سازی شد

تا بتواند عملیات آماده سازی را بر روی سیگنال الکتریکی اولیه انجام دهد. عملیات آماده سازی سیگنال شامل عملیات تقویت، فیلترسازی و تبدیل آنالوگ به دیجیتال می‌باشد. برای این منظور از تراشه LM324 استفاده شد. این IC دارای ۱۴ پایه می‌باشد که خروجی حاصل از گیرنده‌ها به پایه‌های ورودی این تراشه وصل می‌شود. در این پروژه از ۲۴ حسگر بذر با خروجی جداگانه استفاده شد. بنابراین هر بار که بذر حس می‌شود، ۲۴ سیگنال الکتریکی بطور همزمان تولید و خروجی آنها جداگانه پردازش می‌گردد و از طرفی چون هر تراشه LM324 قابلیت پوشش دادن ۴ سیگنال جداگانه را دارد پس برای پوشش دادن ۲۴ حسگر مورد استفاده در این پروژه از ۶ عدد تراشه LM324 استفاده شد.

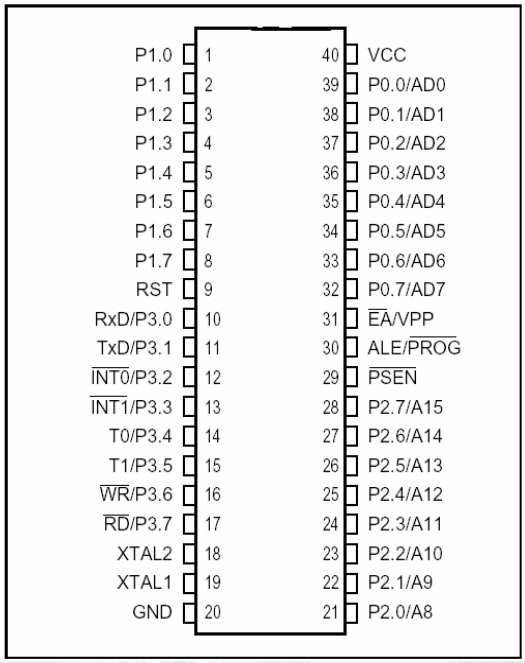


شکل۴- شماتیک حسگر سطح مقایسه

سطح مقایسه

در این پروژه برای حذف کردن اثرات نور محیط از یک گیرنده نوری که فقط از نور محیط تأثیر می-پذیرد استفاده شد که طرح مدار آن در شکل(۴) نشان داده شده است که در آن از یک تراشه LM324 به همراه دو عدد پتانسیومتر مولتی دور جهت کالیبراسیون و تنظیم نمودن سطح مقایسه استفاده شده است. خروجی حاصل از حسگرهای بذر با خروجی سطح مقایسه مقایسه می‌شوند اگر چنانچه مقدار خروجی حسگر کمتر از مقدار سطح مقایسه باشد نمایانگر آن است که بذری در موقع عبور از بین فرستنده و گیرنده مانع رسیدن نور از فرستنده به گیرنده شده است. در نتیجه خروجی نهایی حاصل ازLM324 صفر منطقی معرفی می-شود و برعکس. به قسمت حسگر سطح مقایسه در هیچکدام از منابع در دسترس اشاره‌ای نشده است. سطح مقایسه از تداخل نور محیط ممانعت کرده و دقت سیستم را افزایش می‌دهد.

Processor Unit Interface Circuit



شکل ۵- نمایی از پایه‌های میکروکنترلر

برای بدست آوردن اطلاعات مفید از پدیده فیزیکی (بذر) سیگنال‌های خروجی آنالوگ به دیجیتال تبدیل گردید. در این پروژه خروجی‌های حاصل از هر کدام از تراشه‌های LM324 به ترتیب به خطوط درگاه‌های P1، P2 و P3 (که هر کدام هشت بیت خط ورودی و در کل ۲۴ خط ورود دارند) میکروکنترلر 89C52 متصل شدند. با این کار عکس‌العمل هر حسگر بذر بترتیب به پایه‌های میکروکنترلر 89C52 منتقل شد و ۲۴ پایه از ۴۰ پایه 89C52 به عنوان خطوط ورودی اشغال شدند. پایه ۳۱ به Vcc5، پایه ۲۰ به زمین و پایه ۴۰ به تغذیه ۵+ ولت، پایه‌های ۱۸ و ۱۹ به کریستال و پایه ۹ به کلید Reset میکروکنترلر 89C52 متصل شدند. نمایی از پایه‌های میکروکنترلر در شکل(۵) نشان داده شده است. میکروکنترلر 89C52 پردازش اولیه را مطابق برنامه‌ای که برای آن نوشته شده بود روی ۲۴ بیت داده ورودی از بخش اندام‌های حسی سیستم انجام می‌دهد و اطلاعات مربوط به موقعیت عبور بذر را استخراج نموده و در قالب ۵ بیت در آورده و از طریق خروجی خطوط درگاه P0 میکروکنترلر 89C52 توسط پایه‌های ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۳۸ و ۳۹ به همراه پایه ۳۴ به عنوان بیت اعلام خطا و پایه ۳۳ نیز جهت اعلام وقفه به میکروکنترلر 89C55 می‌فرستد. میکروکنترلر 89C55 مورد استفاده از خانواده میکروکنترلرهای MCS-51™ می‌باشد که با نام تجاری AT89C55DW به بازار عرضه می‌شود. این IC از توان مصرفی کم و عملکرد بالایی برخوردار است. دارای ۲۰ کیلو بایت حافظه، ۳ تایمر ۱۶ بیتی و ۸ منبع وقفه می‌باشد. میکروکنترلر89C55 با دریافت اطلاعات از میکروکنترلر 89C52 عملیات پردازش اصلی را انجام می‌دهد. برای این منظور چنانکه گفته شد اطلاعات از طریق ۷ بیت خط انتقال درگاه PO میکروکنترلر 89C52 که در آن ۵ بیت اول اطلاعات مربوط به موقعیت عبور بذر، بیت ۶ مربوط به بیت خطا و بیت ۷ بیت اعلام وقفه می‌باشد به میکروکنترلر 89C55 منتقل می‌شود. ۶ بیت اول به درگاه P1 پایه‌های ۱ تا ۶ (P1.0، P1.1، P1.2، P1.3، P1.4، P1.5) و بیت اعلام وقفه به درگاه P3 و در آن به پایه‌های 12 ((P3.2(INTO)) و 14 ((P3.4(TO)) وارد می‌شود. وقفه حالتی است که باعث متوقف شدن یک برنامه به صورت موقت می‌شود، که خود توسط یک برنامه دیگر فعال می‌گردد. تفاوتی که در یک سیستم راه‌اندازی شده با وقفه وجود دارد، این است که وقفه پاسخی به یک **اتفاق** است که بطور غیر همزمان با برنامه اصلی به وقوع می‌پیوندد و حالتی نیست که برنامه اصلی مورد وقفه قرار می‌گیرد. به محض رسیدن بیت اعلام وقفه از میکروکنترلر 89C52 به پایه ۱۲ ((P3.2(INTO)) میکروکنترلر 89C55 در آن اعلام وقفه شده و سریعاً پایه ۱۴ ((P3.4(TO)) اولین تایمر را بکار انداخته و اطلاعات مربوط به موقعیت بذر را از طریق درگاه P1 پایه‌های 1 تا 6 (P1.0،P1.1، P1.2،P1.3، P1.4، P1.5) دریافت و ضمن تعیین زمان دریافت بوسیله درگاه PO پایه‌های ۳۲ تا ۳۹ (PO.0،PO.1، PO.2، PO.3، PO.4. PO.5، PO.6،PO.7) به Latch 74LS373 و از آن به حافظه خارجی HM6116 فرستاده و در آن به صورت جفت بیت‌هایی ذخیره می‌کند. در RAM خارجی مورد استفاده بیت اول مربوط به موقعیت و

بیت بعدی مربوط به زمان دریافت داده می‌باشد. بیت خطا نیز در داخل بیت موقعیت فرستاده شده و در داخل آن ذخیره می‌گردد. از حافظه خارجی ۲ کیلو بایتی HM6116 جهت ذخیره نمودن اطلاعات مربوط به موقعیت عبور بذر از بین حسگرها و زمان عبور آن و از Latch 74LS373 جهت دی‌مولتی‌پلکس نمودن بیت‌های خروجی از P0 استفاده شده است. از آنجاییکه با N بیت می‌توان 2^N بایت از حافظه خارجی را آدرس‌دهی نمود، بنابراین در این پروژه برای آدرس‌دهی حافظه خارجی ۲ کیلو بایتی، نیاز به ۱۱ بیت خط انتقال از میکروکنترلر 89C55 می‌باشد که ۸ بیت آن توسط پایه‌های ۳۲ تا ۳۹ (P0.0،P0.1، P0.2، P0.3، P0.4،P0.5، P0.6، P0.7) و ۳ بیت دیگر توسط پایه‌های ۲۱ تا ۲۳ (P2.0،P2.1، P2.2) تأمین - شدند. ظرفیت حافظه HM6116 برای ثبت اطلاعات مربوط به ۱۰۰۰ بذر کافی می‌باشد.

با عنایت به توضیحات فوق، میکروکنترلر 89C55 بعد از دریافت اطلاعات از میکروکنترلر 89C52 براساس برنامه نوشته شده شروع به پردازش می‌نماید و اطلاعات پردازش شده نهایی را از طریق درگاه P0 به Latch 4LS373 می‌فرستد و در آن گذرگاه داده از گذرگاه آدرس جدا می‌شود. سپس اطلاعات به حافظه خارجی فرستاده شده و در آنجا بصورت جفت بیت‌هایی ذخیره می‌شوند. در هر جفت بیت اول مربوط به موقعیت و بیت دوم مربوط به زمان حس شدن بذر می‌باشد. جهت دست‌یابی به داده یا آدرس در RAM خارجی HM6116، پایه ۱۷ میکروکنترلر 89C55 ($\overline{RD}$P3.7،) به خط $\overline{OE}$ تراشه RAM و پایه ۱۶ ($\overline{WR}$,P3.6) به خط $\overline{WE}$ وصل شدند. پایه‌های ۱۰ (RXD) و ۱۱ (TXD) از میکروکنترلر 89C55 بترتیب به پایه‌های ۱۲ و ۱۱ (CON16،J2) که رابط بین میکروکنترلر 89C55 و کامپیوتر بوده و با نام MAX R232 شناخته می‌شود متصل شد. پایه‌های ۱۳ و ۱۴ از MAX R232 به دو پین J4(CON2) متصل می‌گردد. این دو پین بوسیله یک سیم رابط به درگاه متناظر در پشت کامپیوتر وصل می‌شود. از آنجایی که درگاه سریال کامپیوتر با خطوط صفر و ۹ ولتی و درگاه سریال میکروکنترلر با خطوط صفر و ۵ ولتی کار می‌کنند بنابراین MAX R232 که رابط بین کامپیوتر و میکروکنترلر می‌باشد تغذیه صفر و ۵ ولتی خطوط میکرو را به تغذیه صفر و ۹ ولتی برای ارتباط دادن به کامپیوتر و برعکس تغذیه صفر و ۹ ولتی خطوط ارتباطی کامپیوتر را به تغذیه صفر و پنج ولتی جهت ارتباط دادن به میکروکنترلر تبدیل می‌کند. جهت انتقال داده‌های ذخیره شده در RAM HM6116 به کامپیوتر، برنامه‌ها و دستورالعمل‌های لازم در میکروکنترلر 89C55 نوشته شد. این میکروکنترلر با دریافت وقفه مربوط به درگاه سریال، اطلاعات را از RAM HM6116 باز خوانی می‌کند و سپس آنها را در روی خطوط انتقال مربوطه قرار می‌دهد و اطلاعات را در قالب اعداد باینری به کامپیوتر منتقل می‌کند(۱، ۳ و ۸).

بعد از به اتمام رسیدن طراحی کل مجموعه سیستم حسگری حاضر بوسیله بسته نرم‌افزاری orCAD نسخه ۹/۱، شبیه‌سازی‌های لازم نیز توسط همین نرم افزار انجام گرفت. نتیجه شبیه‌سازی

قسمت‌های مختلف کاملاً هدف پروژه را برآورده می‌کرد. سپس مدارهای چاپی(PCB) به صورت دو رویه ساخته شده و سپس عملیات متالیزه بوردها به علت دو رویه بودن آنها مطابق نقشه‌های طراحی شده، با دست انجام شد. بوردهای الکترونیکی مطابق با نقشه‌ها مونتاژ گردید. بعد از آماده شدن بوردها عملیات آزمون آنها در اتاق پروژه دانشکده برق، گروه الکترونیک انجام پذیرفت و آزمون‌های عملی صحت کارکرد سیستم را تأیید نمود. جهت ارزیابی عملکرد سیستم، در واقع درصد بذرهایی با اندازه‌های مختلف که توسط سیستم قابل حس شدن بودند، از چهار نوع مختلف ساچمه‌های پلی-اتیلنی برای شبیه سازی اشکال چهار نوع مختلف بذر و هر کدام با چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید و با استفاده از نرم افزار SAS نتایج حاصل تجزیه و تحلیل گردید.

نتایج و بحث

تداخل‌های نوری

جنس پیشنهادی برای قطعه حامل حسگرها پلاستیک آکریلیک ریخته شده[1] بود که به دلیل عدم وجود این جنس در بازار و غیر مقدور بودن تهیه آن (به لحاظ هزینه و محدودیت زمانی انجام پروژه) از فیبر استخوانی آلمانی استفاده شد که هزینه مواد اولیه، عملیات ماشین‌کاری و سوراخ‌کاری آن بسیار پایین‌تر از جنس‌های مشابه تمام می‌شد. در این میان، مشکل ناشی از بکار گیری فیبر استخوانی آلمانی این بود که نور فرستنده‌ها از دیواره سوراخ‌ها به علت ضخامت کم آنها (۱/۵میلی‌متر) عبور می‌کرد و بنابراین در صورت استفاده از آرایش Lan (که در آن برای به حداقل رساندن تداخل نوری حاصل از فرستنده‌ها در گیرنده‌ها، دیودهای نوری در طرفین طولی قطعه حامل حسگرها بطور متناوب و یک در میان کار گذاشته شده بودند) در کار سیستم اختلال جدی بوجود می‌آمد.

پرتوهای ساطع شده از فرستنده‌ها به شکل مخروط و با زاویه ۲۰ درجه انتشار می‌یافتند بنابراین فرستنده‌ایکه در فاصله ۶ سانتی‌متری از گیرنده مقابل خود قرار داشت می‌توانست طولی به اندازه ۲۱/۱۶ میلی‌متر را پوشش دهد و چون فاصله محوری سوراخ‌ها ۴/۵ میلی‌متر بود، بنابراین هر فرستنده بیش از ۴ عدد گیرنده را پوشش می‌داد. چنانچه مانعی (بذری) از مقابل گیرنده‌ای عبور می‌کرد و باعث می‌شد که نور فرستنده متناظر با خود را دریافت نکند باز هم عبور بذر حس نمی‌شد زیرا گیرنده از فرستنده‌های همسایه خود به اندازه کافی نور دریافت می‌کرد. این تداخل نوری باعث اختلال بسیار جدی در کار سیستم می‌شد.

تأثیرات نور محیط بر روی عملکرد سیستم کاملاً مؤثر بود و با تغییر شدت نور محیط خروجی حاصل از اجزای حسی نیز تغییر می‌کرد در صورتی که خروجی ثابت از حسگرها مورد نظر بود.

[1] - Cast Acrylic Plastic

نتایج حاصل از روش‌های جلوگیری از تداخل-های نوری

برای به حداقل رساندن اثرات نامطلوب و مشکلات ناشی از تداخل‌های نوری از تکنیک‌های زیر در بخش اجزای حسی استفاده شد:

به علت اثر پذیری کمتر حسگرهای نوری NIR از نور محیط، از حسگرهای نوری مادون قرمز استفاده شد.

برای کاهش دادن زاویه انتشار از غلاف استفاده شد. عمق غلاف مورد استفاده به اندازه ۱۱ میلی‌متر برای هرکدام از فرستنده‌ها و گیرنده‌ها بود که در عرض قطعه حامل حسگرها در نظر گرفته شد.

از یک حسگر نور محیط تحت عنوان سطح مقایسه، که شامل یک گیرنده از همان نوع دیودهای نوری داخل سوراخ‌ها جهت ثبت تأثیرات نور محیط استفاده شد و خروجی این حسگر صرفاً به نور محیط نسبت داده شد.

نتایج حاصل از آزمون و ارزیابی سیستم نشانگر آن بود که روش‌های در پیش گرفته شده برای جلوگیری از تداخل‌های نوری کاملاً مؤثر بوده و عملکرد سیستم را تا حد زیادی بهبود بخشید.

نتیجه عملکرد سیستم

وقتی بذری از بین حسگرها عبور می‌کرد بسته به اندازه بذر، جلوی تعدادی از دیودهای نوری گرفته می‌شد. بنابراین هنگامی که میکروکنترلر AT89C52 خروجی حاصل از هر کدام از حسگرها را بررسی می‌کرد همزمان خروجی چندین حسگر را (0) مشاهده می‌کرد و چون هدف این بود که هر بار فقط یکی از حسگرها به عنوان آشکارساز معرفی شود بنابراین برنامه میکروکنترلر طوری نوشته شد که بعد از کالیبره نمودن سیستم اندازه اولین بذر حس شده را به عنوان معیار قرار دهد و بعد از اینکه مشخص نمود هر بذر جلوی چند گیرنده را می‌گیرد در صورت فرد بودن حسگر میانی و در صورت زوج بودن حسگر شماره نصف بعلاوه/ منهای یک را به عنوان محل عبور بذر معرفی کند.

از مهمترین مزیت‌های سیستم حسگری پروژه حاضر نسبت به سیستم‌های مشابه خارجی، استفاده از سطح مقایسه و غلاف برای گیرنده‌ها می‌باشد و همچنین سیستم می‌تواند برای هر اندازه‌ای از انواع بذرها بطور اتوماتیک تنظیم شده و حسگر اصلی آشکارساز را مشخص نماید بدون اینکه نیازی به تغییر دادن برنامه میکروکنترلرها باشد. نحوه عمل به این صورت می‌باشد که وقتی اولین بذر عبور می‌کند تعداد حسگری که بوسیله آن پوشش داده می‌شود را بطور اتوماتیک مشخص می‌کند و آن را ملاک عمل خود قرار داده و بقیه را متناسب با آن می‌سنجد. در صورتی که در ادامه کار مانعی بیشتر از آن تعداد را پوشش دهد خطا در نظر می‌گیرد و تعداد کپه‌ها را از این طریق تعیین می‌نماید.

انتقال اطلاعات به کامپیوتر

جهت پذیرش اطلاعات ارسالی از سوی میکروکنترلر 89C55 از طرف کامپیوتر لازم بود که سیستم حسگر به کامپیوتر شناسانده شود بنابراین برنامه مربوطه در زبان ویژوال بیسیک نوشته شد و اطلاعات ارسالی از طرف میکروکنترلر که به صورت باینری بودند توسط کامپیوتر دریافت گردید. سپس

برای تبدیل اعداد باینری به اعداد حقیقی ادامه برنامه نیز در زبان ویژوال بیسیک نوشته و به صورت فایل اجرایی درآورده شد. با این برنامه سیستم قادر شد اطلاعات دریافتی از بخش اجزای حسی را بصورت اعداد حقیقی در صفحه مانیتور کامپیوتر به نمایش بگذارد و همچنین جهت تجزیه و تحلیل‌های لازم به نرم افزارهای مربوطه قابل انتقال باشد.

محاسبه پاسخ زمانی سیستم حسگر

مدت زمانی‌که طول می‌کشد تا یک سیکل کامل از فرایند دریافت بذر تا پردازش نهایی اطلاعات مربوط به موقعیت و زمان حس شدن بذر و هم‌چنین ذخیره شدن اطلاعات در سیستم انجام پذیرد، به عنوان پاسخ زمانی سیستم حسگر تعریف شد. پاسخ زمانی سیستم حسگر با توجه به دستورات نوشته شده برای واحد پردازش و با در نظر گرفتن تأخیرات زمانی لحاظ شده، حداکثر ۵ میلی ثانیه حاصل شد که بیانگر توانایی خوب سیستم برای ارزیابی سیستم تغذیه بذر در دقیق‌کارها می‌باشد.

سرعت پیشروی دقیق‌کارها معمولاً ۳-۱ متر بر ثانیه (۱۰/۸–۳/۶ کیلومتر بر ساعت) می‌باشد. بنابراین چنانچه کارنده دارای سرعت پیشروی ۱ متر بر ثانیه باشد. سیستم حداقل برای بذرهایی که بایستی به فاصله ۰/۵ سانتی‌متر از هم در روی ردیف کشت کاشته شوند توانایی پاسخگویی خواهد داشت و اگر سرعت پیشروی کارنده ۳ متر بر ثانیه باشد سیستم قادر به استفاده برای بذرهایی خواهد بود که حداقل به فاصله ۱/۵ سانتی‌متر از هم بایستی کشت شوند.

نتایج حاصل از آزمون و ارزیابی سیستم

برای ارزیابی عملکرد سیستم از طرح آزمایشی کاملاً تصادفی استفاده شد. جهت تعیین حداقل اندازه بذر قابل حس شدن به وسیله سیستم و ایجاد شرایط یکسان، از چهار نوع مختلف ساچمه پلی اتیلنی به عنوان نماینده چهار نوع مختلف بذر با قطرهای ۲mm ، ۳mm ، ۴mm و ۶mm انتخاب شده و به عنوان تیمارهای طرح در نظر گرفته شدند. برای انجام آزمون از هر نوع ساچمه، ۱۰۰ عدد انتخاب شده و در چهار تکرار ۱۰۰ تایی بطور تصادفی از بین حسگرهای مختلف سیستم عبور داده شدند. در هر تکرار تعداد بذرهایی که توسط حسگرها، حس شده و در سیستم ثبت می‌گردیدند را به عنوان یک خروجی از عملکرد سیستم برای آن تیمار در نظر گرفتیم و سپس از چهار تکرار هر تیمار میانگین گرفته شد و با استفاده از بسته نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین-ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول (۱) و مقایسه میانگین‌ها در جدول (۲) نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین اندازه‌های مختلف ساچمه‌ها (تیمارها) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. بنابراین می‌توان گفت قطر بذر از فاکتورهای بسیار مهم و مؤثر در عملکرد سیستم می‌باشد و در نهایت کاربرد آن با اندازه بذر محدود می‌شود و این امر ناشی از دیواره‌ای است که بین سوراخ‌ها وجود دارد و حداقل قطر بذر با ضخامت این دیواره رابطه مستقیمی دارد.

ضریب تغییرات کوچک آزمایش (C.V =۱/۲٪) نشان می‌دهد که آزمون با دقت بسیار خوبی انجام پذیرفته و نتایج حاصل از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار می‌باشد.

آزمون مقایسه میانگین‌ها، نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین دقت تشخیص ساچمه‌های با قطر ۲mm و بقیه ساچمه‌هاست. با توجه به نتایج حاصل از آزمون سیستم پوشش‌دار نمودن بذرهای با قطر ۲mm و کمتر از آن برای بالا بردن دقت سیستم امری ضروری است و توصیه می‌شود در صورت استفاده از این سیستم برای بذرهای با قطر ۲mm و کمتر از آن ، از بذرهای پوشش‌دار استفاده گردد.

جدول۱- جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمون

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
اندازه ساچمه(تیمار)	۳	۱۷/۸۰۷**
خطا	۱۲	۱/۴۱

C.V= ۱/۲ ٪

×× **بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ٪ ۱ می‌باشد**

جدول ۲) جدول مقایسه میانگین داده‌های آزمون

اندازه ساچمه(تیمار)	میانگین
ساچمه‌های ۶ میلی‌متری	۹۹/۸۷۵۰ a
ساچمه‌های ۴ میلی‌متری	۹۹/۷۵۰۰ a
ساچمه‌های ۳ میلی‌متری	۹۹/۵۰۰۰ a
ساچمه‌های ۲ میلی‌متری	۹۵/۵۰۰۰ b

حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٪۱ می‌باشد.

منابع

۱. سپیدنام، قدرت. ۱۳۸۰. *میکروکنترلر 8051 (ترجمه)*. چاپ اول. موسسه انتشاراتی باغانی.

۲. قاسمی، منصور و شاهین امیرقاسمی. *سنسور و کاربرد آن در صنعت*. فستو آموزشی ایران.

۳. ملکان، مجید و هاله واحدی. ۱۳۷۷. *مدارهای میکروالکترونیک(ترجمه)*. نشر علوم دانشگاهی، تهران.

4. Alchanatis, V., Kashti, Y., and Brikman, R. 2002 *A machine vision system for evaluation of planter seed spatial distribution.* The CIGR Journal of Scientific Research and Development., Vol**. IV**.

5. Heege, H.J., and Feldhaus, B. 2001. *Site specific control of seed-numbers per unit area of grain drills.* Department of Agricultural Systems Engineering, University of Kiel, Germany.

6. Kocher, M.F., Lan, Y., Chen, C., and Smith, J.A. 1998. *OPTO-Electronic sensor system for rapid evaluation of planter seed spacing uniformity.* Transactons of the ASAE., **41**(1): 237-245

7. Lan, Y., Kocher, M.F., and Smith, J.A. 1999. *OPTO-Electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds*. J. Agric. Engng. Res., **72**: 119-127.

8. Mazidi, M.A., and Mazidi, J.G. 2000. *The 8051 Microcontroller and embedded systems*. Prentice Hall, New Jersey.

9. Raheman, H., and Singh, U. 2003. *A sensor for seed flow from seed metering mechanisms.* IE(I) Journal-AG.

10. Srivastavaa, A.K., C.E. Goering., and R.P. Rohrbach. 1993. *Engineering principles of agricultural machines*. ASAE Text book.

11. Sidney, W.R. Cox. 1997. *Measurement and control in agriculture.* University Press, Cambridge., Great Britain.

Design, Simulation, Construction and Evaluation of a Sensor System to Determine Seed Location as well as Front-to-Back Location of Seed Drop Events Relative to the Planter

ABSTRACT

In the seeding operation, the precision planters should place a specified number of seeds along the row with uniform spacings. A wide variety of criteria have been used to quantify planter performance with regard to seed spacings.

An opto-electronic sensor system for measuring seed spacing uniformity with different types of seeds was designed, simulated, constructed and evaluated in this project. A Photogate block with 24 phototransisrors (dia. 3mm) mounted against 24 light emitting diodes (dia. 3mm)was made and detector interface circuit, a processor unit interface circuit, a personal computer, and power supplies was used to extract the data to be analysed. The activation of system is normally open. To test the system four different sizes of polymer balls was used to simulate the shape of a seed. Results showed that, there were significant ($P \leq 0.1$) differences among treatments and the opto-electronic system worked satisfactorily for seed above 2mm in diameter.

Key words: Precision Planter, Seed, Opto-Electronic Sensor, and Microcontroller.