نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد 7، شماره 2، نیمسال دوم 1396، ص 387-379

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 7, No. 2, Fall - Winter 2017, p. 379-387

بررسی و ارزیابی سامانه فراصوت در تعیین و تشخیص ارتفاع تاج پوشش گیاه ذرت

ترحم مصری گندشمین[1*]- پژمان عالی قلعه[2]- سعید عالی قلعه[3]- بهمن نجفی[1]

تاریخ دریافت: 1394/04/31
تاریخ پذیرش: 1395/03/22

چکیده

افزایش جمعیت، کمبود منابع و مخاطرات زیست‌محیطی در امر تولید محصولات، سبب نفوذ چشمگیر فناوری‌های نوین و افزایش دقت در عملیات کشاورزی شده است. یکی از نمودهای به‌کارگیری فن‌آوری‌های نوین در روند تولید محصول، تعیین ویژگی‌های مختلف محصول (مثل ارتفاع محصول) در مراحل مختلف رشد گیاه است. شناسایی و اندازه‌گیری ارتفاع محصول با استفاده از تکنولوژی فراصوت گامی کوچک در راستای اتوماتیک کردن کنترل داشت و برداشت، موضوع پژوهش حاضر است. بعد از طراحی و ساخت، حسگر فراصوت در یک سیستم آزمایشگاهی مورد آزمون قرار گرفت. برای کالیبره کردن از موانع مصنوعی استفاده شد که تجزیه تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده حاصل از کالیبراسیون با روش رگرسیون خطی و آزمون مقایسه میانگین جفت شده نشان داد که بین آن‌ها اختلاف معنی‌دار وجود ندارد و ضریب تبیین مدل رگرسیونی 99٪ محاسبه شد. آزمایش‌ها در 3 تکرار در محیط آزمایشگاهی بر روی بوته ذرت انجام گرفت که ولتاژ خروجی حسگر فراصوت با ارتفاع بوته (اندازه‌گیری دستی) دارای همبستگی خطی بالا بود که منجر به ارائه مدل رگرسیون خطی با ضریب تبیین 95٪ شد. نتایج حاصل از پژوهش ما، شناسایی وجود یا عدم وجود محصول، در کنترل تخصصی مراحل داشت (به‌طور مثال سم‌پاشی) و اندازه‌گیری ارتفاع محصول (جهت تعیین ارتفاع برش در زمان برداشت)، با استفاده از فناوری حسگر فراصوت به‌عنوان روشی مناسب در کشاورزی دقیق از لحاظ فن و هزینه اقتصادی کمتر توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع گیاه، حسگر فراصوت، ذرت، کشاورزی دقیق

مقدمه

وجود عملیات طولانی در بخش کشاورزی و اهمیت دقت بالا در انجام صحیح هر یک از عملیات که به‌طور مستقیم بر روی کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی اثرگذار است، لزوم استفاده از تجهیزات مکانیزه و خودکار را امری بدیهی می‌نماید. از این‌جهت دستگاه‌های پیشرفته مکانیکی، سیستم‌های کنترلی و الکترونیکی، سیستم‌های نیمه‌هوشمند و هوشمند با سرعت بالایی در صنایع مختلف کشاورزی متداول می‌شوند. در کشاورزی دقیق به‌منظور مصرف بهینه نهاده‌ها، نیاز به ثبت پیوسته، تحلیل و مدیریت تغییرات درون‌مزرعه‌ای مؤثر بر عملکرد محصول است. سیستم‌های مدیریت اطلاعات مزرعه[4] (FMISs) با فراهم آوردن اطلاعات دقیق مکانی از مزرعه در هر زمانی به کمک حسگرهای مختلف، امکان اتخاذ تصمیم مناسب را با توجه به معیارهای مختلف ازجمله زمان سم‌پاشی، زمان برداشت، کاهش تلفات در زمان برداشت، صرفه‌جویی در مصرف آب و غیره را فراهم می‌نماید (Nikkila *et al.*, 2010). توانایی حسگرهای الکترونیکی در شناسایی و اندازه‌گیری دقیق تفاوت‌های مکان ویژه زراعی، سبب شده است تا این نوع حسگرها در کشاورزی دقیق جایگاه ویژه‌ای پیدا کنند. اگرچه در سال‌های اخیر فناوری حسگرهای الکترونیکی در بخش کشاورزی پیشرفت‌های زیادی داشته است ولی توجه برنامه‌ریزان کشاورزی به اقتصادی بودن فناوری منتخب در سیستم مذکور معطوف است.

تشخیص محصول و ارتفاع آن به‌صورت غیر مخرب با سه روش پیشنهاد شده است که عبارتند از سیستم سنجش از دور که برای تشخیص وجود یا عدم وجود محصول در مسیر محصولات کاشته شده می‌تواند استفاده شود، سیستم ماشین بینایی و اندازه‌گیری آسان و سریع در حال پیشروی[5] پیشنهاد شده که هر یک از این روش‌ها دارای مزایا و محدودیت‌هایی می‌باشند. مهم‌ترین محدودیت روش

1- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: (Email: mesrigtm@uma.ac.ir
2- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی
3- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی برق، دانشگاه علوم و فناوری مازندران
DOI: 10.22067/jam.v7i2.48567
4- Farm management information systems
5- On-the-go Sensors

سنجش از دور و ماشین بینایی با توجه به‌دقت بالا، در پیچیده و پرهزینه بودن جمع‌آوری اطلاعات و پردازش داده‌ها است (Holland *et al.*, 2006; Meyer *et al.*, 1998; Zhang *et al.*, 2009). مزیت اصلی روش اندازه‌گیری در حال پیشروی استفاده از حسگرهای مختلف نوری، صوتی و دمایی است که با هزینه کمتری تهیه و روی ماشین‌های زراعی نصب می‌شوند و متغیرهایی چون میزان رطوبت خاک و ارتفاع محصول و غیره را در مدت‌زمان کوتاهی اندازه‌گیری می‌کنند (Mesri Gundoshmian, 2004).

تحقیق شیبایاما و همکاران را می‌توان به‌عنوان اولین تحقیق کاربردی در تشخیص ارتفاع محصول اشاره کرد که طی پژوهش خود دریافتند امواج ارسالی فراصوتی به ساختار تاج پوشش حساس بوده و در مقابل اجزای افقی تاج پوشش دارای حساسیت بیشتری است (Shibayama *et al.*, 1985).

کاتوآکا و همکاران طی تحقیقاتی نشان دادند حسگر فراصوت نسبت به حسگر لیزر در اندازه‌گیری ارتفاع ذرت و سویا کارایی بیشتری دارد. بدین‌صورت که حسگر فراصوت در مقایسه با حسگر لیزر، به دنبال تغییرات ارتفاع، خروجی مناسب و مقاوم در برابر نویزهای محیطی را تولید می‌کند (Kataoka *et al.*, 2002).

کوک و وایسر برای اندازه‌گیری ارتفاع و عرض درختان در زمان سم‌پاشی و به‌منظور سم‌پاشی تخصصی و آنلاین، از حسگرهای فراصوت استفاده کردند. درنتیجه این سیستم، میزان سم مصرفی تا 58٪ کاهش یافت، رسوبات سمی روی برگ‌ها به حداقل رسید که تضمین بیولوژیکی بودن محصول را تا حد قابل قبولی بهبود بخشید (Koch and Weisser, 2000).

ویس و بیبر با استفاده از فناوری لیدار 3 بعدی که جزء حسگرهای نوری محسوب می‌شود تصویر گیاه مورد نظر را به‌صورت آنلاین به‌دست آوردند. پژوهش مذکور با هدف شناسایی خطوط کاشت و تعیین مسیر حرکت ادوات برای به حداقل رساندن صدمات به گیاهان و همچنین مانیتورینگ گیاهان به‌صورت تکی یا توده‌ای برای تشخیص و پیگیری مراحل رشد انجام شده بود. از مزایای استفاده از حسگر لیدار امکان ثبت داده‌ها در شرایط مختلف جوی و بدون نیاز به نور مصنوعی است. بزرگ‌ترین محدودیت حسگر لیدار قیمت بسیار بالای آن و محدودیت دسترسی به حسگر مربوطه است (Weiss and Biber, 2011).

زمان و همکاران با تشخیص ارتفاع علف هرز به کمک حسگر فراصوت و مقایسه آن با ارتفاع گیاه زغال‌اخته، تکنیک اعمال نرخ متغیر و مبارزه با علف هرز را به‌طور تخصصی انجام دادند. آن‌ها برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاهان موجود در مزرعه از 8 حسگر فراصوت مدل MaxSonar-EZ با دقت 69٪ تا 75٪ استفاده کردند (Zaman *et al.*, 2011).

مقصودی و همکاران با استفاده از حسگرهای فراصوت توانستند حجم تاج درخت پسته را تخمین بزنند. این پژوهش به‌منظور بررسی توانایی حسگرهای فراصوتی در سنجش ساختار ظاهری درختان پسته برای کاربرد در دستگاه سم‌پاش دقیق صورت گرفت. در شرایط آزمایشگاه، حسگر فراصوت مورد بررسی قادر به برآورد دقیق فاصله با خطای میانگین 0/64 سانتی‌متر بود. در شرایط مزرعه خطای میانگین به 3/19 سانتی‌متر رسید (Maghsoudi *et al.*, 2015).

اسکندری و حسین پور با تلفیق اطلاعات به‌دست‌آمده توسط حسگرهای فراصوت و شبکه عصبی مصنوعی، خطای تخمین حجم تاج پوشش درختان را کاهش دهند. در تحقیق صورت گرفته، با بررسی ناحیه دید حسگرهای فراصوتی نشان داد که بزرگی این ناحیه علاوه بر زاویه واگرایی حسگرهای فراصوتی به موقعیت و شکل هندسی اجسام نیز بستگی دارد اما با این وجود شبکه‌های عصبی مصنوعی قادر به تخمین حجم کل تاج پوشش با دقت مناسب را دارا می‌باشند (Eskandari and Hoseynpour, 2015).

قیمت مناسب و مقاومت حسگرهای فراصوت در برابر نویزهای طبیعی و گرد و غبار، منجر به گسترش بیش از پیش این تکنولوژی در صنایع بیوسیستم و کارهای مزرعه‌ای شده است. از بررسی مقالات ارائه شده چنین استنباط می‌شود که شناسایی گیاهان و اندازه‌گیری ارتفاع گیاهان مزرعه‌ای از اهمیت خاصی برخوردار است که به‌صورت آزمایشگاهی متناسب با نوع گیاه انجام شده‌اند. در این تحقیق اهداف زیر مدنظر خواهد بود:

- طراحی و ساخت سامانه‌ای که برای تشخیص ارتفاع گیاه ذرت به‌صورت غیر مخرب در محیط آزمایشگاهی.
- ارزیابی و بررسی میزان دقت سامانه اندازه‌گیری.

مواد و روش‌ها

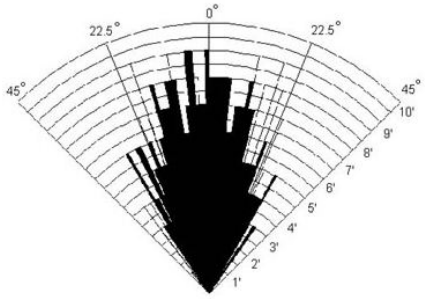
اندازه‌گیری ارتفاع گیاه

حسگر فراصوت متشکل از یک فرستنده و گیرنده امواج صوتی با فرکانس بالای 20 کیلوهرتز است. امواج فراصوت مانند دیگر امواج با ایجاد آشفتگی مکانیکی در یک محیط گاز، مایع یا جامد با سرعت یکنواخت از چشمه خارج می‌شوند (Sudduth *et al.*, 1998). مدت‌زمان طی شده از لحظه تولید موج و دریافت موج بازتابی از هدف توسط گیرنده بر اساس رابطه (1) به فاصله حسگر تا هدف تبدیل می‌شود (Upchurch *et al.*, 1992).

$$L = \frac{ct}{2} \quad (1)$$

در رابطه (1)، L: فاصله چشمه تا هدف (m)، t: مدت‌زمان ارسال صوت از فرستنده و دریافت موج توسط گیرنده (s)، c: سرعت صوت در هوای با دمای 20 درجه سانتی‌گراد که ثابت فرض شده است ($344\ m\ s^{-1}$).

با محاسبه فاصله از رابطه (1) و کم کـردن آن از ارتفـاع حسـگر (H)، ارتفاع محصول تعیین می‌گردد. حسـگر مـورد اسـتفاده در ایـن پژوهش دارای زاویه تابش 40 درجه نسبت بـه محـور مرکـز چشـمه انتخاب شد (شکل 1).



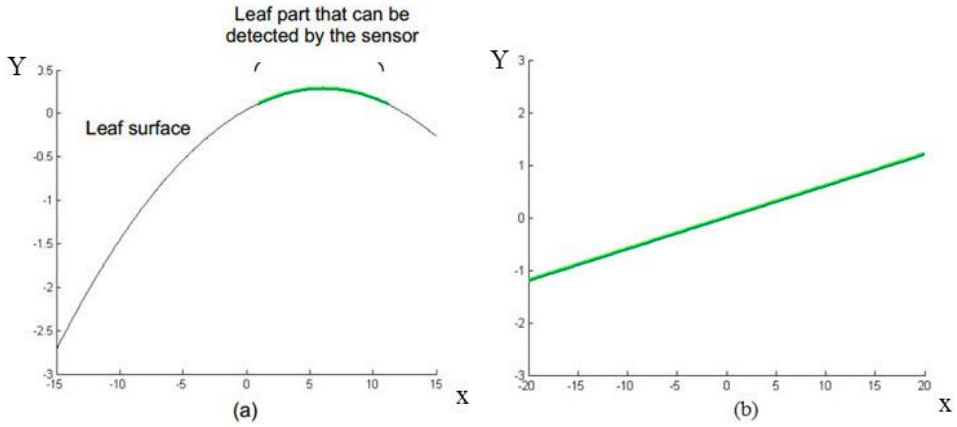
شکل 1- زاویه ارسال امواج

Fig. 1. Waves angles

برگ‌ها، سطح برگ و تراکم گیاه است و زاویه برگ نسبت به حسـگر مهم‌ترین عامل در قابلیت شناسایی برگ توسـط سـیگنال فراصـوت است (Shibayama *et al.*, 1985; Aziz *et al.*, 2004). به‌طورکلی برگ‌ها نسبت به سـاقه دارای وضـعیت اسـتقراری مطـابق شـکل 2 هستند که درنتیجه بر اساس قانون بازتاب، برگ‌های باحالت مستقیم در سطح افق تا حداکثر شیب 30 درجه نسبت بـه سـطح افـق قابـل شناسایی و اندازه‌گیری توسط حسگر فراصوت می‌باشند (شکل 2-b). جهت اندازه‌گیری ارتفاع برگ‌هـایی کـه مطـابق شـکل 2-a حالـت سهمی دارند، دامنه‌ی تغییرات شیب خط مماس بر روی برگ (شـکل 3) باید بین صفر تا 30 درجه باشد (Aziz *et al.*, 2004). شیب خط مماس بر روی برگ طبق رابطه (2) قابل محاسبه است.

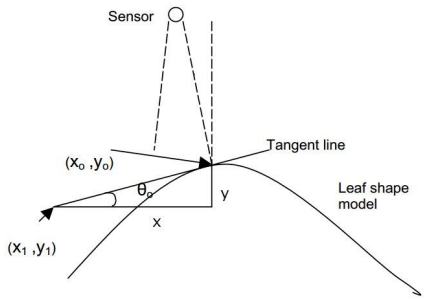
$$\theta_0 = \tan^{-1}\left(\frac{dy}{dx}\right)\Bigg|_{x=x_0} \qquad (2)$$

حسگر فراصوت در تشـخیص ارتفـاع محصـول تـابعی از زاویـه



شکل 2- حالت‌های ممکن قرارگیری برگ نسبت به ساقه، (a) سهمی و (b) خطی

Fig. 2. Possible positions for leaf placement on stem, (a) Parabolic and (b) linear

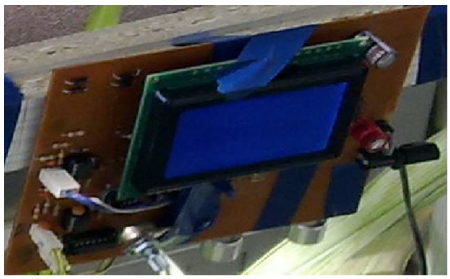


شکل 3- خط مماس بر برگ در نقطه (x_0,y_0)

Fig. 3. Tangent to the leaves at point (x_0, y_0)

طراحی سامانه الکترونیکی

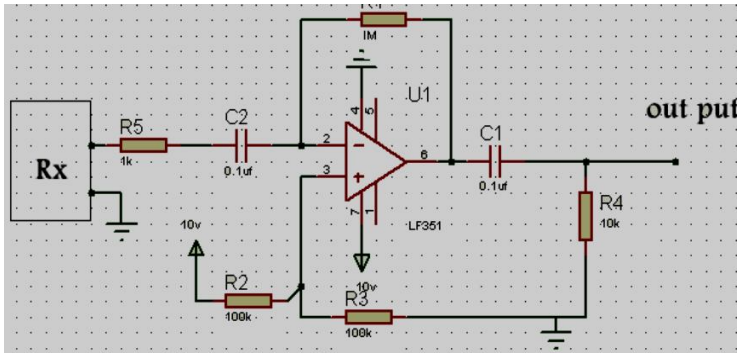
سامانه الکترونیکی تشخیص ارتفاع متشکل از یک فرستنده فراصوت 40 کیلوهرتز با قطر 10 میلی‌متر، گیرنده فراصوت با حساسیت 67 دسی‌بل، مدار رابط تقویت‌کننده سیگنال (op-amp)، میکروکنترلر AVR 128 atmega، LCD گرافیکی از نوع 64 در 128 پیکسل بود. در شکل 4 تصویر برد الکترونیکی ساخته شده نشان داده شده است. حسگرهای فراصوت بکار رفته در این سامانه، قابلیت اندازه‌گیری هدف در دامنه مسافت 17 تا 270 سانتی‌متر را داشتند. فرستنده فراصوت روی قاب نگه‌دارنده به‌صورت عمود بر سطح استقرار محصول (زمین) قرار گرفت، طوری‌که در راستای بوته مستقر در روی زمین باشد. با توجه به دامنه تشخیص گیرنده فراصوت، امواج بازتاب شده از سطح برگ که در دامنه اکوی گیرنده باشد، قادر به شناسایی و دریافت خواهند بود. به همین منظور گیرنده فراصوت در فاصله یک سانتی‌متری از فرستنده نصب شد تا در مسیر امواج بازتابی قرار گیرد. با توجه به نحوه استقرار حسگر فراصوت (بالای محصول و به‌صورت عمود بر سطح زمین) شاسی باید به نحوی ساخته می‌شد که حسگر فراصوت بدون لرزش و بدون ایجاد تغییر در حالت فیزیکی محصول، سیگنال‌های لازم را ارسال و دریافت کند.



شکل 4- برد طراحی شده برای سامانه تشخیص ارتفاع گیاه

Fig. 4. Designed control panel for plant height detection system

به دلیل پایین بودن ولتاژ خروجی حسگر، سیگنال دریافتی قبل از ارسال به میکروکنترلر، توسط مدار رابط تقویت‌کننده سیگنال (op-amp) تا هزار برابر تقویت شد (شکل 5).



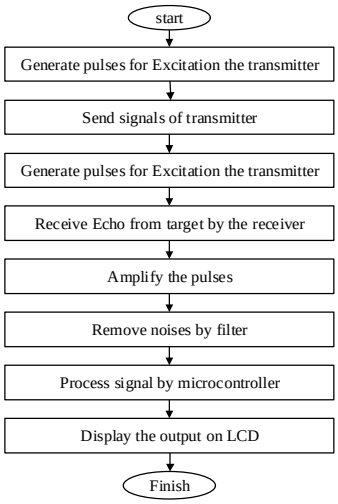
شکل 5- مدار تقویت‌کننده op-amp

Fig. 5. Amplifier circuit op-amp

شروع کار با ایجاد چارچوبی در میکروکنترلر با توجه به بلوک دیاگرام (شکل 6) ورودی‌ها و خروجی‌ها شروع گردید. طبق این الگوریتم در ابتدا میکروکنترلر یک پالس 40 کیلوهرتزی را تولید و روی یکی از پایه‌های خروجی میکروکنترلر قرار می‌دهد، سپس این پالس، تقویت شده و به حسگر فرستنده فراصوت ارسال می‌گردد تا فرستنده با حداکثر توان کار نماید. پالس ارسالی توسط فرستنده بعد از برخورد به هدف به‌صورت اکو بازگشت می‌کند و توسط گیرنده فراصوت دریافت می‌گردد. پالس دریافتی که دارای توان ناچیزی است توسط 2 عدد op-amp تقویت شده و برای میکروکنترلر قابل تشخیص خواهد شد. سیگنال دریافتی به کمک میکروکنترلر AVR، atmega 128 که دارای سرعت مناسبی است به سیگنال دیجیتال تبدیل می‌شود. میکروکنترلر به‌کار برده شده دارای 64 پایه با حافظه داخلی 128 کیلوبایت است، حافظه داخلی جهت ذخیره‌سازی برنامه و تحلیل اطلاعات جهت نمایش خواهد بود. برای راه‌اندازی میکرو کنترلر ولتاژ ثابت 5/5 ولت نیاز است. برای از بین بردن نویزهای دریافتی از فیلتر پایین گذر در مدار استفاده گردید. در انتها امواج دریافتی در قسمت میکروکنترلر پردازش می‌شود و فاصله محاسبه و روی نمایشگر نشان داده می‌شود.

کالیبراسیون سامانه به‌وسیله یک صفحه مقوایی در فواصل مشخص انجام شد، بعد از کالیبراسیون اولیه سیستم، از بوته ذرت

به‌منظور انجام آزمایش‌ها استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها در 100 نقطه مختلف با سه تکرار و تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS و نرم‌افزار Excel 2010 انجام شد.



شکل 6- بلوک دیاگرام مراحل کار حسگر فراصوت در یک مرحله

Fig. 6. Process diagram of ultrasonic sensor at one step

نتایج و بحث

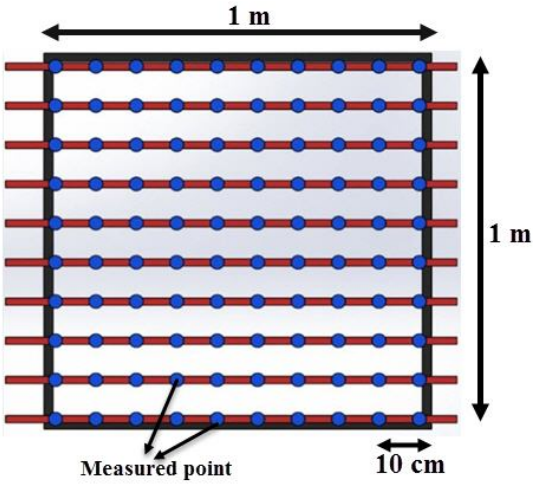
اندازه‌گیری ارتفاع بوته ذرت با استفاده از سامانه طراحی‌شده (شکل 7)، طی آزمایشی از 100 نقطه بافاصله 10 سانتی‌متری از هم در یک پلات با طول و عرض یک متر اجرا شد (شکل 8). با حرکت سامانه بر روی خطوط مشخص شده (شکل 8) ارتفاع لحظه‌ای بوته بر روی صفحه نمایشگر سامانه نشان داده شد اما برای سنجش دقت فقط ارتفاع بوته در نقاط مشخص شده در 3 تکرار ثبت گردید. در گام بعدی جهت اندازه‌گیری ارتفاع واقعی بوته در نقاط مشخص از متر دستی استفاده شد و در پایان مجموع داده‌های جمع‌آوری شده برای تجزیه و تحلیل در نرم‌افزارهای SPSS و Excel وارد شد.

جهت بررسی شدت رابطه یک به یک بین داده‌های حاصل از اندازه‌گیری دستی و خروجی حسگر فراصوت نمودار یک‌به‌یک بین دو روش اندازه‌گیری رسم (شکل 9) و ضریب همبستگی خطی بین آن‌ها محاسبه گردید (0/98). با مقایسه مقادیر به‌دست آمده از حسگر و مقادیر اندازه‌گیری دستی با استفاده از معادلات رگرسیون، ضریب تبیین برای حسگر فراصوت در سنجش ارتفاع بوته ذرت برابر $R^2 = \%97$ به‌دست آمد.

علاوه بر آزمون همبستگی خطی از مقایسه میانگین‌های همبسته نیز برای کلیه داده‌های آزمون استفاده شد، بدین منظور داده‌های حاصل از دو روش اندازه‌گیری با استفاده از آزمون t جفت شده باهم مقایسه شدند. همان‌طور که در جدول 1 نشان داده‌شده است، بین خروجی حسگر و روش داده‌برداری دستی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و لذا می‌توان مدعی بود که با ضریب اطمینان 99%، حسگر با دقت بالایی مقدار واقعی ارتفاع را برآورد کرده است.

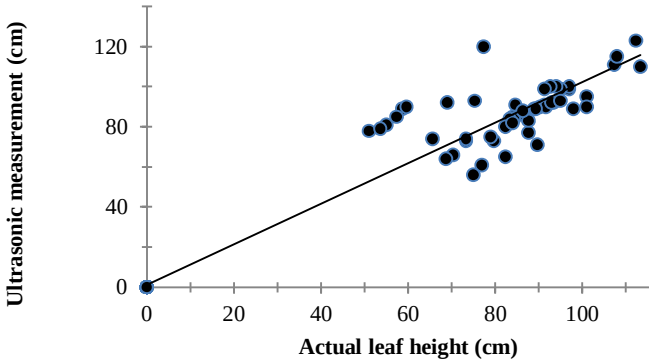
شکل 7- گیاه ذرت استفاده شده در آزمایشگاه

Fig. 7. Maize used in laboratory



شکل 8- نقاط اندازه‌گیری شده در پلات

Fig. 8. Measured point in plot



شکل 9- نمودار یک‌به‌یک داده‌های حاصل از اندازه‌گیر دستی و خروجی حسگر

Fig. 9. Corresponding graph of manual and ultrasonic measurement results

جدول 1- مقایسه اختلاف بین اندازه‌گیری دستی و خروجی حسگر با آزمون t جفت شده

Table 1- Comparison of difference of manual and ultrasonic measurement by paired-t method

رابطه Relation	میانگین(cm) Mean	انحراف معیار Standard Deviation	میانگین خطای استاندارد Average of Standard Error	t
ارتفاع واقعی موانع مصنوعی و اندازه‌گیری با حسگر فراصوت Artificial body height and ultrasonic measurement	0.65	1.82	0.407	2.8^{ns}
ارتفاع واقعی گیاه ذرت و اندازه‌گیری با حسگر فراصوت Actual leaf height and ultrasonic measurement	1.73	9.66	0.966	1.79^{ns}

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

ns: non-significant difference

به‌کارگیری فن‌آوری‌های اندازه‌گیری و افزایش دقت در سیستم‌های تولید کشاورزی امری مسلم و اجتناب‌ناپذیر است. بررسی بر روی تحقیقات انجام شده در کشور نشان داد که غالب تحقیقات در زمینه اندازه‌گیری ارتفاع و حجم محصولات باغی برای کاربرد در سم‌پاشی دقیق صورت گرفته است. این پژوهش به‌منظور شناسایی حسگر مناسب با توجه به قیمت و میزان دقت در سنجش ارتفاع گیاه ذرت (محصول مزرعه‌ای) در محیط آزمایشگاهی است. بدیهی است که بعد از شناسایی حسگر فراصوت با فرکانس مناسب در محیط

آزمایشگاهی در گام بعدی می‌توان با تغییرات مختصر بر روی سامانه ساخته‌شده آن را بر روی ادوات کشاورزی باهدف یافتن خطوط کاشت و تعیین مسیر حرکت ادوات برای بـه حـداقل رسـاندن صـدمات بـه گیاهان، بهینه‌سازی مصرف سموم در مزارع و کـاهش تلفـات بـا بـه حداقل رساندن همپوشانی مسیرهای برداشت مورد اسـتفاده قـرار داد. حسگر فراصوت در تعیین ارتفاع محصولات مختلف در ماشـین‌هـای برداشت دقیق نیز می‌تواند کاربرد گسترده داشته باشد که عـلاوه بـر دقت مناسب از قیمت پایینی نیز برخوردار است.

References

1. Eskandari, M., and A. Hoseynpour. 2015. A Study of Ultrasonic Sensors to Intelligent Estimation of Tree Canopy Volumes. Journal of Agricultural Machinery 5(1): 25-34.
2. Holland, K. H., J. S. Schepers, and J.,F. Shanahan. 2006. Configurable multi-spectral active sensor for highspeed plant canopy assessment. In: Mulla, D.J. et al. (Eds.), Proc. of the Eighth International Conference on Precision Agriculture (CD), Minneapolis, MN, University of Minnesota, USA.
3. Kataoka, T., H. Okamoto, T. Kaneko, and S. Hata. 2002. Performance of Crop Height Sensing Using Ultra Sonic Sensor and Laser Beam Sensor. ASAE Paper No. 021184.Chicago, IL: ASAE.
4. Koch, H., and P. Weisser. 2000. Sensor equipped orchard spraying-efficacy, savings and drift reduction. Aspects Appl. Biol. Pestic. Appl. 57: 357-362.
5. Maghsoudi, H., S. Minaei, B. Ghobadian, and H. Masoudi. 2015. Field and Laboratory Investigation of USS3 Ultrasonic Sensors Capability for Non-contact Measurement of Pistachio Canopy Structure. Journal of Agricultural Machinery 5(1): 10-24.
6. Mesri Gundoshmian, T. 2004. Automatic sowing depth control as a function of soil moisture. M.Sc thesis, Agricultural Machinery Dep. Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
7. Meyer, G. E., T. Mehta, M. F. Kocher, D. A. Mortensen, and A. Samal. 1998. Textural imaging and discriminant analysis for distinguishing weeds for spot spraying. Transact. ASAE 41 (4): 1189-1197.
8. Nikkila, R., I. Seilonen, and K. Koskinen. 2010. Software architecture for farmmanagement information systems in precision agricolture. Computers and Electronics in Agriculture 70: 328-336.
9. Aziz, S. A., B. L. Steward, S. J. Birrell, T. C. Kaspar, and D. S. Shrestha. 2004. Ultrasonic Sensing for Corn Plant Canopy Characterization. ASABE Paper No. 041120. ASABE, St. Joseph, MI, USA.
10. Shibayama, M., T. Akiyama, and K. Munakata. 1985. A portable field ultrasonic sensor for crop canopy characterization. Remote Sensing of Environment 18 (3): 269-279.
11. Sudduth, K. A., S. T. Dummond, W. W. Wang, and M. J. Krumpelman. 1998. Ultrasonic and GPS measurement of combine swath width. ASAE Paper No. 983096. St. Joseph, MI.
12. Upchurch, B. L., W. C. Anger, G. Vass, and D. M. Glenn. 1992. Ultrasonic tree caliper. Applied Enginreering in Agriculture 8 (5): 711-714.
13. Weiss, U., and P. Biber. 2011. Plant detection and mapping for agricultural robots using a 3D LIDAR sensor. Robotics and Autonomous Systems 59: 265-273.
14. Zaman, Q. U., T. Esau, A. W. Schumann, D. C. Percival, Y. K. Chang, S. M. Read, and A.A. Farooque. 2011. Development of prototype automated variable rate sprayer for real-time spot-application of agrochemicals in wild blueberry fields. Computers and Electronics in Agriculture 76: 175-182.
15. Zhang, F., Q. U. Zaman, A. W. Schumann, D. C. Percival, D. Nams, and T. Esau. 2009. Detecting weeds in wild blueberry field based on color images. ASABE Paper No. 096146, ASABE, St. Joseph, MI, USA.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 7, No. 2, Fall - Winter 2017, p. 379-387

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد 7، شماره 2، نیمسال دوم 1396، ص 387-379

Study and Evaluation of Ultrasound System for Detecting the Height of Corn Canopy

T. Mesri Gundoshmian[1*]- P. Alighaleh[2]- S. Alighaleh[3]- B. Najafi1[1]

Received: 22-07-2015
Accepted: 11-06-2016

Introduction

Growth of population, deficiency of resources, environmental hazards, fast spatial science progress and relevant subjects have resulted in significant effects of enhanced accuracy and modern technologies in agricultural technology and management methods. One of the modern technologies' utilities in production and nondestructive tests is determination of product characteristics (such as product height), using electronic sensors at different stages of plant growth. In recent years, electric sensors improved widely in farm science. Regarding to wide performance of sensors, from simple sensors such as thermo, light and moisture sensors, to complex ones such as GPS and lidar, also the ability of electronic sensors to exact identification and measurement of special farm properties, makes these sensors to an important part of precision agriculture. The subject of this study is to identify and measure the height of the product using ultrasonic technology to automate control of breeding and harvesting operations. Suitable price and noise and dust resistance of ultrasonic sensor, make it an attractive subject in biosystem industries and farm operations.

Materials and Methods

Plant height measurement

Ultrasonic sensor includes an ultrasonic transmitter and receiver with more than 20 kHz frequency. As other waves, ultrasonic waves diffuse constantly from a source by mechanical distracting in a gas, liquid or solid environment. The distance between sensor and object is a function of the wave passing time from generation point to receive point. Plant height calculated by estimating this distance and minus it from sensor height. The sensor used in this research had a diffuse angle of 40 degrees to center axis of source. The sensor ability to height measurement depends on leaves angle, leaves surface, plant aggregation in area and plant height. Leaves angle is the most important factor in recognization ability of ultrasonic sensor.

Electronic system design

The height measurement electronic system includes: 40 kHz Ultrasonic transmitter with diameter of 10 mm, 67 db ultrasonic receiver, Signal amplifier circuit (op-amp), AVR Microcontroller, (atmega 128) and a 64×128 pi LCD. Electronic part of system produces 40 kHz pulse initially and locates on one of the outlet bases of microcontroller. Then, this pulse is amplified and sent to ultrasonic sensor transmitter for maximum performance of the transmitter. The received pulse has low power so it shoud be amplified by an amplifier to be recognizable by the microcontroller. The received signal transmitted to digital signal by a high-speed 128 AVR atmega microcontroller. The sensor calibrated in the first phase using artificial barriers, the data analyzed by linear regression and paired mean comparison test in SPSS and EXCEL software.

Results and Discussion

Corn height measured by designed system in a test by 100 plots and 10 blocks. Thus, the blocks had a dimension of 1m length and 10cm width. System output recorded in first block and the block length passed by system with 10cm distances. Actual measurement accuracy comprised as pixels to data from manual measurement. The results didn't show any significant difference between means. The regression coefficient of model was calculated 99%. The operating phase continued in a lab to measure maize height. The results showed

1- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Graduated Student, Agricultural Mechanization Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3- Graduated Student, Electrical Engineering, Mazandaran University of Science and Technology, Iran
(* Corresponding Author Email: mesrigtm@uma.ac.ir)

high linear correlation between ultrasonic output voltage and manual measurement. This linear correlation led to present a linear regression model with the regression coefficient of 95%. Correlated mean comparison used for all of data too, i.e. the data obtained by the two measurement methods were compared by t-paired test. So it's defensible that with 99% confidence, sensor can estimate the real value of height with high accuracy.

Conclusions

Utilization of measurement technologies and accuracy enhancement in agricultural production systems are unavoidable. In this research, corn height was measured accurately by ultrasonic technology. According to the results, identifying the presence or absence of plant, precision control of the operations (e.g. spraying) and measuring the height of the plants (to set the cutting height at combine harvester). Obviously, the produced device can identify plant height with precision, and can use in different phases of precision agriculture such as seeding row identification, machinery path determination to minimize plant's loss, poison optimization and harvesting.

Keywords: Corn, Plant height, Precision agriculture, Ultrasonic sensor