طراحی و ساخت ربات بذرکار خورشیدی مجهز به تکنولوژی تشخیص ردیف کشت

*سید محمد جاویدان[1]، داود محمدزمانی[2]

[1]مدرس گروه مکانیک، آموزشکده فنی و حرفه ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان، گرگان، ایران*
Email: mh.javidan@gorganiau.ac.ir

[2]استادیارگروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی،دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان، ایران
E-mail: dr.dmzamani@gmail.com

چکیده

با توجه به گسترش استفاده از ماشین آلات خودکار در بخش کاشت، داشت و برداشت به منظور افزایش بهره‌وری و دقت و نیز کاهش مصرف انرژی در عملیات زراعی، کشاورزی دقیق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از تکنولوژی جدید در ماشین‌های کشاورزی از مهمترین عوامل گسترش علم کشاورزی دقیق است که توانسته روز به روز بر افزایش کارایی عملکرد ماشین در حین عملیات زراعی کمک نماید. بنابراین در کشاورزی امروزی متناسب با شرایط موجود در عملیات زراعی می‌توان ماشین آلات را به گونه ای سازماندهی نمود تا بتوانند علاوه بر عملکرد مناسب بطور هوشمندانه نیز عمل نمایند. این فرآیند به افزایش راندمان در تولید محصول و کاهش انرژی مصرفی کمک خواهد کرد. با ظهور علم رباتیک و کاربرد آن در کشاورزی دقیق این امکان عملی شده است که دستگاه های کوچک هوشمندی ساخته شود که بتوانند در مکان مناسب و زمان مناسب به درستی کار کنند. در این پژوهش به منظور کاشت خودکار بذر حبوبات در مزرعه و نیز تشخیص جوی پشته‌ها در ردیف کشت در هنگام عملیات کاشت، ربات بذرکار خورشیدی مجهز به تکنولوژی تشخیص ردیف کشت طراحی و ساخته شد. این ربات مجهز به تکنولوژی تشخیص موانع بود و توان مصرفی خود را توسط انرژی خورشیدی تامین و این قابلیت را داراست که عملیات دور زدن در انتهای مسیر در پایان ردیف‌های کشت را نیز بصورت خودکار انجام دهد.

کلمات کلیدی: ربات، بذرکار، تشخیص ردیف، انرژی خورشیدی، کشاورزی دقیق.

Design and Development of Solar powered seed sowing robot with row detection technology

Seyed Mohamad Javidan[1*], Davood Mohammadzamani[2]

[1]University Lecturer of Mechanic Engineering, Sama Technical and Vocational Training College, Islamic Azad University. Gorgan Branch. Gorgan, Iran*
Email: mh.javidan@gorganiau.ac.ir

[2]Assistant and Associate of Islamic Azad University, Takestan Unit, Department of Agricultural Machinery, Takestan, Iran.
E-mail: dr.dmzamani@gmail.com

ABSTRACT

Due to the increasing use of automatic machinery in the planting, growing and harvesting sectors, in order to increase efficiency and accuracy and reduce energy consumption in crop operations, precision farming is of particular importance. Use of new technology in agricultural machinery, is one of the most important factors in the development of precision agriculture, which has been able to improve the performance of machinery throughout the crop production. Therefore, in today's agriculture, in accordance with the conditions governing agro-operations, machinery can be organized in such a way as to be able to function not only properly, but also to act intelligently. This process will help increase productivity and reduce energy consumption. With the emergence of robotics and its application in precision farming, it has been possible to make intelligent devices that can work properly at the right place in the right time. In this research, with the purpose of automatic plantation of legumes in the field, as well as stack identification in the cultivation rows during planting operations, a solar powered Seed

Sowing robot with row detection technology was designed and constructed. The solar powered robot is equipped with barrier detection technology and it has the ability to automatically perform roundabout operations at the end of each cultivating row.

Keywords: Robot, Seed Sowing Machine, Row Detection, Solar Energy, Precision Agriculture.

۱- مقدمه

کشاورزی توسعه یافته نیاز به یافتن راه‌های جدید برای بهبود بهره‌وری دارد. یکی از این رویکردها، استفاده از فناوری اطلاعات، در قالب دستگاه‌های هوشمند برای کاهش و هدایت منابع انرژی در روش‌های موثرتر از گذشته باشد. کشاورزی دقیق منافع این رویکرد را نشان داده است، اما اکنون می‌توان به سمت نسل جدیدی از تجهیزات حرکت کرد. ظهور روش‌های سیستم مستقل این فرصت را عملی می‌سازد تا یک طیف کاملی از تجهیزات جدید کشاورزی بر پایه دستگاه‌های کوچک هوشمند ساخته شود که بتوانند در مکان مناسب و زمان مناسب به درستی کار کنند. (Stafford, 2013) در سناریوی کنونی اکثر کشورها نیروی انسانی ماهرانه در بخش کشاورزی ندارند، این موضوع بر رشد کشورهای در حال توسعه تأثیر می‌گذارد. بنابراین کشاورزان باید از تکنولوژی ارتقاء یافته برای فعالیت‌های کشت (حفاری، کاشت بذر، کودهی، سم پاشی و غیره) استفاده کنند. (Abdulrahman, 2017) علاوه بر آن در حال حاضر ماشین آلات سنگین بزرگی طراحی شده‌اند که هنگام حرکت در زمین‌های کشاورزی، باعث فشرده‌سازی خاک می‌شوند. با ادامه حرکت این ماشین‌آلات، یک لایه خاک فشرده ایجاد شده که توانایی بسیار کم جذب آب را داراست و منجر به فرسایش و سیلاب خواهد شد. (Blackmore, 2005) بنابراین زمان آن رسیده که بخش رباتیک در کشاورزی برای غلبه بر این مشکل به کار گرفته شود که به نوبه خود نیز نیاز به کارگران را از بین می‌برد و همچنین از تلف شدن بذر نیز جلوگیری می‌کند. (Abdulrahman, 2017) تکنولوژی رباتیک به عنوان تکنولوژی بسیار مطلوبی شناخته می‌شود. استفاده از فناوری رباتیک در زمینه کشاورزی، راه حل خوبی برای مشکلات زارعین در زمینه کشت خواهد بود. سیستم پیشنهادی نقش مهمی در انجام وظیفه کاشت بذر دارد. (Swati, 2015) ربات‌های خودکار به طور کامل تحت کنترل یک برنامه کامپیوتری کار می‌کنند. آنها اغلب از سنسورها برای جمع‌آوری اطلاعات در مورد محیط اطراف خود برای حرکت استفاده می‌کنند. ربات‌های با قابلیت کنترل، تحت کنترل افراد و یا برنامه‌های کامپیوتری کار می‌کنند. (Anil Meravade, 2017) محققان سرعت عمل بهتر و توانایی کاشت بذر را برای فرآیند پیشرفته کشاورزی ارائه دادند که شامل کشت مبتنی بر رباتیک می‌باشد. آن‌ها از موتور DC دارای چهارچرخ استفاده کرده‌اند. (Abdulrahman, 2017) ربات با سیستم تشخیص موانع از دو سنسور اولتراسونیک برای تشخیص فاصله از شی از سنسور استفاده می‌کنند تا بر اساس فواصل اندازه‌گیری شده، یک الگوریتم تشخیص شی برای تعیین موقعیت جابجایی در اطراف ماشین کشاورزی (ربات) به وجود آید. (Edan . Y, 2009) مادامی که فرآیند شارژ باتری مورد استفاده در ربات ها توسط انسان انجام می‌شود، واحد تامین نیروی آن یک نقص در توانایی ربات‌ها به حساب می‌آید زیرا این امر باعث می‌شود که ربات به انسان وابسته شود. حتی اگر یک سیستم برای بارگیری خودکار باتری‌ها با استفاده از پنل‌های خورشیدی وجود داشته باشد. (Salokhe, 2015) پنل خورشیدی، انرژی خورشیدی را به برق یا حرارت یا کار مکانیکی جمع‌آوری و تبدیل می‌کند و می‌توان از آن به عنوان وسیله‌ای برای شارژ کردن باتری استفاده نمود. (Swetha S, 2015) بدین ترتیب دستگاه ربات بذرکار خورشیدی به کشاورزان در مناطق دور افتاده کشور که سوخت به راحتی برایشان قابل دسترسی نیست کمک می‌کند. در عین حال با استفاده از انرژی خورشیدی، آلودگی نیز می‌تواند کاهش یابد. (Swetha S, 2015)

روشان و همکاران، ۲۰۱۳ در کشور هند بذرکار دو ردیفه چند منظوره‌ای را با موزع مکانیکی ساختند که عملیات کشت و کودهی را همزمان انجام می‌داد. کاشت با این دستگاه هزینه و زمان کشت بذر را کاهش می‌داد. (Roshan V Marode, 2013) نیتین و شیواپراکاش، ۲۰۱۶ در پژوهشی بذرکار خورشیدی‌ای را طراحی و ساختند که قابلیت پوشاندن بذر با خاک و آبدهی بذر را داشت. این ربات با باطری و انرژی خورشیدی کار می‌کرد. (Nithin P V, 2016) سوتا و شریهارشا، ۲۰۱۵ ربات بذرکار خورشیدی‌ای را ساختند که از موتور DC برای حرکت ربات استفاده می‌کرد و انرژی مصرفی خود را برای شارژ کردن باطری از پتل خورشیدی تامین می‌کرد این ربات برای تشخیص خطوط کشت از سنسور IR استفاده می‌کرد. (Swetha S, 2015) کونال و همکاران، ۲۰۱۷ در طراحی و ساخت دستگاه بذر کار تک ردیفه‌ای به منظور خارج نشدن از ردیف کشت از سنسور اثر هال استفاده نمودند. به گفته ایشان دستگاه ساخته شده دارای کارایی بالا بوده و عملیات کاشت را با هزینه کمتری نسبت به دستگاه‌های متناظر انجام می‌داد. (Kunal A. Dhande, 2017)

توسعهٔ کشت بذر حبوبات توسط ربات علاوه بر کاهش هزینهٔ تولید، بـه افزایش علاقهٔ کشاورزان به کشت توسط ربات‌های کارنده خواهد انجامید. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تاکنون هیچ نمونه‌ای از به کارگیری روش تمام مکانیزه در کشت بذر حبوبات توسط ربات در ایران در منابع علمی در زمان اجرای این تحقیق گزارش نشده است.

در این طرح رباتی به منظور کاشت خودکار بذر حبوبات در مزرعه طراحی و ساخته شده است. این ربات مجهز به تکنولوژی تشخیص جوی و پشته‌های ردیف کشت توسط سنسورهای تشخیص موانع می‌باشد. همچنین این ربات توان مصرفی خود را توسط انرژی خورشیدی تامین کرده و این قابلیت را داراست که عملیات دور زدن در انتهای مسیر در پایان ردیف‌های کشت را بصورت خودکار انجام دهد.

اهداف

۱. امکان‌سنجی کاشت خودکار بذر حبوبات در مزرعه توسط ربات.
۲. انتقال دانش فنی طراحی و ساخت ربات‌های کشاورز به بخش مکانیزاسیون کشاورزی و علم رباتیک.
۳. ایجاد بستر مناسب برای کشاورزی هوشمند و اتوماتیک.
۴. کاهش هزینه‌های کارگری در فرآیند کشت حبوبات با گسترش علم رباتیک در کشاورزی.
۵. تغییر الگوی کشت مرسوم و جایگزینی آن با ربات‌های کارنده.
۶. دقت در تنظیم عمق و فاصله ردیف‌های کشت به صورت منظم در مقایسه با کشت‌های مرسوم.
۷. منظم بودن کشت در ردیف و بین ردیف به منظور عملیات هرس‌کاری
۸. گسترش علم کشاورزی دقیق (precision farming) در مقابل کشاورزی مرسوم.

۲- بخش مواد و روش‌ها

هدف اصلی عملیات کاشت، قرار دادن دانه و کود در ردیف‌ها در عمق مناسب و فاصله مناسب بذر در ردیف کشت، پوشش دانه‌ها با خاک و ارائه تجمع مناسب بر روی بذر است. فاصله بذرها و عمق کاشت از محصول به محصول دیگر متفاوت است، این کار برای شرایط مختلف کشاورزی و اقلیمی برای رسیدن به مقادیر مطلوب از کشت توصیه می‌شود. (Kyada, 2014) به روش معمول، کشاورزان به طور دستی در اطراف هر ردیف قرار می‌گیرند تا بذر تقریبا در فاصله مورد نیاز و محل هدف قرار گیرد. عدم حفظ فاصله مطلوب یا عدم توانایی دانه بندی دانه‌ها در محل مورد نیاز، کارایی کلی را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. (Ravishankara, 2014) اما در روش کاشت با ربات این کار بصورت خودکار انجام خواهد گرفت.

ربات ساخته شده از دو سازوکار مهم عملیاتی شامل:

۱) **قسمت‌های مکانیکی**: چرخ‌ها، زنجیر و چرخ زنجیر، موزع بذر، شاسی، شیار بازکن
۲) **قسمت‌های الکتریکی:** باتری، پنل خورشیدی، موتور الکتریکی، سنسور التراسونیک، سیستم هشدار دهنده خطا تشکیل شده است.

قسمت‌های مکانیکی ربات

نحوه طراحی ساختار ربات به گونه‌ای است تا بتواند با چرخ‌های راست و چپ خود در دو طرف پشته‌های ردیف‌ها حرکت کند. دو نازل به منظور انداختن دانه‌ها به داخل فضای ایجاد شده برای دانه‌ها در خاک تعبیه شده است. در بالای هر نازل، موزعی به منظور انتخاب یک به یک دانه‌های و ارسال به زمین برای کاشت قرار گرفته است. شکل ۱ نمای کلی از اجزاء ربات بذر کار را که در نرم افزار سالیدورک طراحی شده است را نشان می‌دهد.

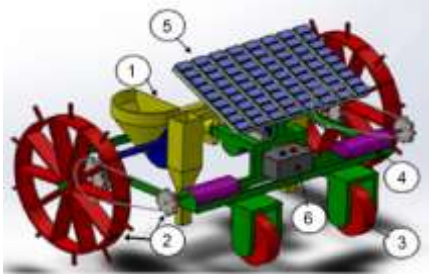

Figure 1- total face of designed seed sowing robots component
(1: seed sowing mechanism 2: wheels and Dc motor 3: rear wheel 4: chassis 5: solar panel 6: battery)
شکل ۱- نمای کلی از اجزاء ربات بذرکار طراحی شده در نرم افزار سالیدورک

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

(۱:مکانیزم کارنده بذر ۲: جرخ‌ها و موتور DC ۳:چرخ‌های عقب ۴: شاسی ۵: پنل خورشیدی ۶: باتری)

موزع دانه: در کشت محصولات با بذر حبوبات و غلات، دستگاه مستلزم آن است که یک دانه در یک محل واحد بکارد به طوری که هیچ تراکمی از محصول وجود نداشته باشد. مثلا برگ‌های ذرت بزرگ و جدا از هم هستند بنابراین دانه‌ها می‌بایست بطور تکی در محل کاشت با حفظ فاصله تا دانه دیگر قرار گیرند (Mukhtar Ullah, 2016). بنابراین یکی از قسمت‌های اصلی در این طرح موزع دانه است که عملکرد آن انتخاب یک بذر از توده‌ای از بذرها برای کاشت در خاک است. موزع، دانه‌ها را از توده بذر موجود در مخزن بذر برداشته و سپس به کارنده برای کاشت در خاک منتقل می‌کند.

درون مخزن بذر موزع قرار میگیرد تا با حرکت چرخشی خود بذرها را بصورت تکی از مخزن گرفته و به منظور کاشت به لوله سقوط بذر بیاندازد. شکل ۲ و ۳ به ترتب نمایی از اجزاء موزع بذرکار را که در نرم افزار سالیدورک طراحی شده و موزع ساخته شده را نشان می‌دهند.

Figure 3- Developed seedling distributor

شکل ۳- موزع دانه ساخته شده

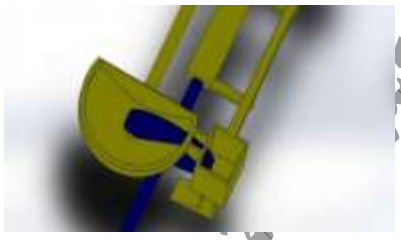

Figure 2- Designed seedling distributor in solidworks

شکل ۲- موزع و مخزن بذر طراحی شده در نرم افزار سالیدورک

بذرها پس از برداشته شدن از مخزن توسط موزع به لوله سقوط منتقل شده و در شیار ایجاد شده توسط شیاربازکن قرار گرفته و بوسیله چرخ‌های پوشاننده بذر با خاک پوشانده خواهند شد. شکل ۴ و ۵ به ترتیب محل قرارگیری مخزن لوله سقوط بذر و شیاربازکن‌ها را در طراحی انجام شده و ربات ساخته شده نشان می‌دهند.

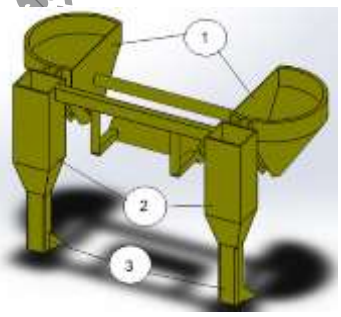

Figure 4 and 5- Position of designed and developed seedling distributor and seed storage and (1: seed storage

شکل ۴ و ۵ - محل قرارگیری مخزن دانه، لوله سقوط بذر و شیاربازکن‌های طراحی و ساخته شده

(۱: مخزن بذر ۲: لوله سقوط بذر ۳: شیاربازکن)

چرخ‌ها و محرک چرخ‌ها: به منظور گردش محور چرخ‌ها از دو موتور ۱۲ ولتی استفاده شد. توان مورد نیاز برای موتورها از باتری و توان مورد نیاز برای شارژ باتری از انرژی تجدید پذیر خورشیدی از پنل خورشیدی ۱۲ ولتی استفاده شده است. این توان توسط چرخ زنجیر به چرخ ها رسیده و موجب حرکت ربات خواهد شد.

به منظور عدم لغزش چرخ‌ها پیرامون آن‌ها را به صورت خاردار ساخته تا در زمین فرو رفته و لغزشی ایجاد نگردد. در انتهای ربات برای حفظ تعادل از دو چرخ تعادل استفاده شده است. این چرخ ها علاوه بر حفظ تعادل در فشردن خاک و تثبیت آن بر روی بذرهای کاشته شده نیز موثر است. شکل ۶ مکانیزم حرکتی چرخ‌ها و محور موزع را نشان می‌دهد. برای انتقال دور از موتور به چرخ‌ها از چرخدنده زنجیری و زنجیر استفاده شده است.

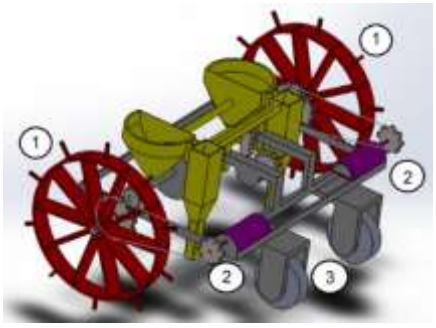

Figure 6- wheels and distributor shaft driven mechanism

شکل ۶- مکانیزم حرکتی چرخ‌ها و محور موزع (۱:چرخ ربات بذرکار ۲: محرک چرخ‌ها ۳: چرخ‌های تعادل)

رابطه ۱ نسبت دور موتور به دور چرخ‌ها را نشان می‌دهد.

$$\frac{D2}{D1} = \frac{N2}{N1} = \frac{Z1}{Z2} \quad (۱)$$

که در آن: D_1 و D_2: به ترتیب قطر چرخ‌دنده روی محور موتور و روی محور چرخ، N_1 و N_2: به ترتیب دور محور موتور و دور محور چرخ، Z_1 و Z_2: به ترتیب تعداد دنده‌های چرخ‌دنده روی محور موتور و تعداد دنده‌های چرخ‌دنده روی محور چرخ، می‌باشند.

قطر چرخ ربات و نیز تعداد دندانه‌های چرخ‌زنجیر روی محور چرخ‌ها و محور افقی موزع‌ها از جمله عوامل مهم در طراحی به حساب می‌آید چرا که فاصله بین بذرها را می‌توان با تغییر در ابعاد هر یک از این قطعات تغییر داد. برای این تناسب قطعات در مورد بذرکار طراحی و ساخته شده رابطه ۲ را می‌توان نوشت.

$$\mathbf{X} = \frac{D\,2}{D1} \times \frac{\mathbf{M}}{\mathbf{S}} \quad (۲)$$

که در آن: D_1 و D_2: به ترتیب قطر چرخ‌دنده روی محور موتور و روی محور چرخ. محیط چرخ ربات، X: فاصله بین بذرها در ردیف کشت و S: تعداد سوراخ‌های روی موزع، می‌باشد.

مکانیزم دور زدن ربات: تفاوت در سرعت دو چرخ جهت ربات را تغییر خواهد داد، سه راه مختلف برای کنترل حرکت ربات وجود دارد (شکل ۷).

الف: وقتی که چرخ چپ سریع‌تر حرکت می‌کند، جهت حرکت به سمت راست خواهد بود. شکل a ۷.

ب: وقتی که چرخ راست سریع‌تر حرکت می‌کند، جهت حرکت به سمت چپ خواهد بود. شکل b ۷.

پ: وقتی که هر دو چرخ در سرعت یکسان دارند، ربات در یک مسیر مستقیم حرکت خواهد کرد.

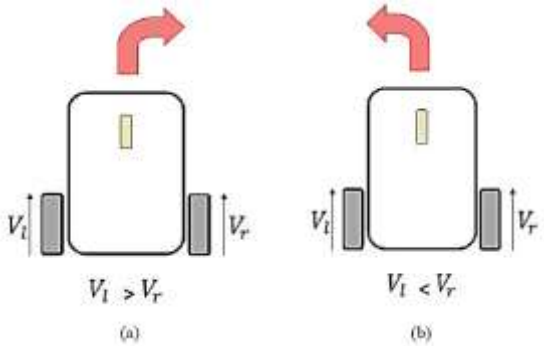

Figure 7- Robot movement (a) Left wheel is faster (b) Right wheel is faster

شکل ۷- محرکت ربات: (a) چرخ سمت چپ سریعتر است (b) چرخ سمت راست سریع تر است

شاسی: شاسی وظیفه انسجام قطعات را بر عهده دارد و قسمتی است که قطعات بر روی ان سوار می‌شوند. شکل ۸ محل قرار گیری پنل خورشیدی و موتورهای محرک و نیز باتری دیده می‌شود.

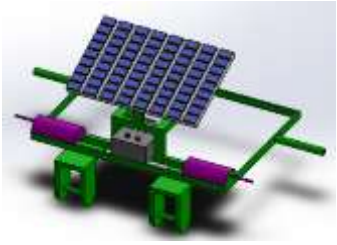

Figure 8- Designed chassis in Solidworks

شکل ۸- شاسی طراحی شده در نرم افزار سالیدورک

قسمت های الکترونیکی ربات

تولید توان از انرژی خورشیدی: برای بدست آوردن ولتاژ مناسب برای مصارف روزانه معمولا از چندین سلول خورشیدی به جای یک سلول استفاده می کنند و بدین ترتیب توان تولیدی نیز، بیشتر خواهد شد. ایده این کار از سری کردن چندین سلول خورشیدی تشکیل می‌شود و بعد از سری شدن سلول‌ها با هم ولتاژ خروجی بدست می‌آید. به منظور ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی و با توجه به ولتاژ خروجی پنل خورشیدی ولتاژ باطری مورد نیاز نیز تعیین می‌گردد، در این مورد با توجه به ولتاژ ۱۲ ولتی موتورهای دستگاه از یک پنل خورشیدی و باطری ۱۲ ولتی استفاده شد. جهت کنترل جریان تولید شده توسط پنل خورشیدی **از** شارژ کنترلر خورشیدی استفاده شد. نقش شارژ کنترلر خورشیدی در سیستم‌های خورشیدی جدا از شبکه بسیار حائز اهمیت می‌باشد. از این رو که بازدهی سیستم‌های خورشیدی و هم چنین آمپرهای خروجی از پنل خورشیدی را جهت شارژ کردن باطری خورشیدی بر عهده دارد.

نحوه اتصال پنل، شارژ کنترلر و باطری در شکل ۹ آمده است.

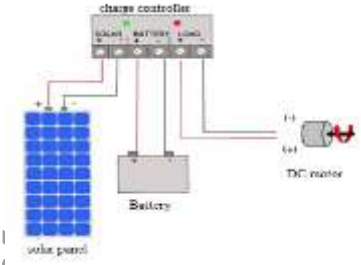

Figure 9- Connecting method of Panel, Charge Controller and Battery

شکل ۹- نحوه اتصال پنل، شارژ کنترلر و باتری

ماژول التراسونیک: در طراحی ربات تشخیص موانع، مسئله اولیه این است که چگونه ربات به طور خودکار به دنبال مسیر دقیق به عنوان مثال دنبال کننده یک خط در زمین با اجتناب از آسیب به جوی و پشته‌ها باشد. این عمل را می‌توان به سه روش پردازش تصویر و سیستم GPS و استفاده از سنسور التراسونیک انجام داد. برای پردازش تصویر و سیستم GPS در ابتدا، ربات باید قادر به دنبال ردیف در مزرعه باشد اما این راه حل گران و پیچیده است و نیاز به یک واحد پردازش قوی دارد که به طور غیر مستقیم افزایش هزینه‌های پروژه را داراست. بنابراین، تحقیق در مورد استفاده از سنسور التراسونیک در مسیر انجام شد. این ماژول شامل یک جفت سنسور فرستنده و گیرنده التراسونیک و همچنین آی‌سی‌های تویزگیر و تقویت-کننده‌های op-amp جهت تقویت سیگنال ارسالی و دریافتی می‌باشد. این ماژول را می‌توان مستقیما بدون هیچ واسطی به میکرو متصل کرد(شکل ۱۰).

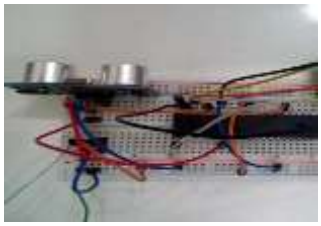

Figure 10- Ultrasonic module for row detection

شکل ۱۰- ماژول التراسونیک برای تشخیص ردیف

همانطور که در جدول شماره ۱ نشان داده شده است سنسور التراسونیک مزایای متعددی نسبت به پردازشگر همتای خود از نظر هزینه، پیچیدگی

و سهولت در استفاده، بدون نیاز به معادلات تحلیلی فشرده است.

جدول۱: مقایسه بین روش ارائه شده، پردازش تصویر و GPS

Table 1. Comparison between Proposed Method, Image Processing and GPS

Factor	GPS System	Image Processing	Ultrasonic Sensor
Cost	High	High	Low
Complexity	High	High	Low
Accuracy	Low	High	High
Precision	Low	High	High

دو سنسور در هر دو طرف از ربات برای اندازه گیری فاصله بین چرخ ربات و ردیف پشته قرار داده شد. سنسورهای مورد استفاده به طور مداوم داده های اندازه‌گیری شده را به ADS می فرستند، ADS سیگنال آنالوگ را به دیجیتال تبدیل کرده، سپس آن را به کنترلر می‌فرستد. این امر با تولید دستورهای ویژه به درایور موتور برمبنای مقادیر اندازه‌گیری شده، مسیری را که ربات پیروی و ردیابی می‌کند، کنترل می‌کند. درایور موتور سرعت و جهت موتورها را برای پرهیز از صدمه رسانی ربات به ردیف ها و کاشت نامناسب، بر مبنای دستورات کنترلر، کنترل می‌کند. استفاده از سنسورهای فرا صوتی در اندازه گیری مقادیر زمان بر است که موجب تاخیر زمانی در پروسه تصمیم گیری می‌شود، چرا که نوسانات کوچک ایجاد شده در حرکت ربات، سیستم را به سرعت به شرایط اضافه جهش (فرا رفت) می‌رساند. این مسئله با به کارگیری یک کنترلر PID حل شد که نوسانات کل را کاهش داده و حرکت پایدار را نتیجه می‌دهد.

کنترل حرکت ربات: به منظور کنترل حرکت موتور دنده از رله استفاده می‌شود تا H-bridge تولید نماید تا ربات را به حرکت در آورد. H-bridge مداری الکترونیکی است که این امکان را بوجود می‌آورد تا یک ولتاژ در سراسر یک بار در هر دو جهت اعمال شود. این جریان‌ها اغلب در رباتیک و برنامه‌های کاربردی دیگر استفاده می‌شود که اجازه می‌دهد موتور DC به جلو و عقب حرکت نماید. آرایش پل H به طور کلی برای معکوس کردن قطب ها یا جهت موتور استفاده می‌شود، اما همچنین می‌تواند از آن به منظور ترمز موتور، (جایی که موتور ناگهان متوقف می‌شود) به عنوان اتصال کوتاه ترمینال‌های موتور استفاده کرد.

ممانعت عبور از مانع و آشکار ساز خطا: هنگامی که ربات در حال حرکت در زمینی از خاک سفت است، احتمال زیادی وجود دارد که ربات در مسیر خود با برخی موانع مواجه شود. این موانع مسیر را مسدود می‌کند و اگر ربات حرکت خود را متوقف نکند ممکن است موجب خسارت در سیستم شود. به منظور حفاظت ربات از موانع، سنسور التراسونیک فاصله تا مانع را ضبط و مقادیر را به کنترلر ارسال می‌کنند که باعث می‌شود دستورات برای تمام توابع در حال اجرا از ربات متوقف شده و یک ماژول GSM سیگنال خطا را به همراه کاربر می‌فرستد. لذا به منظور حل این مشکل از سیم کارت 900 ماژول های GSM / GPRS استفاده شد. کنترلگر خطا را شناسایی و سپس دستورات را به ماژول GSM به منظور ارسال پیام خطا به مالک ارسال می‌نماید.

ماژول بلوتوث برای حرکت بر پایه آندروید: چرخ‌ها با موتورهای دنده‌ای محاط شده‌اند، آن‌ها تا زمانیکه موتور به صورت الکتریکی انرژی نگیرد، قادر به حرکت نیستند. بنابراین برای کنترل حرکت ربات به صورت دستی، برای ارتباط با موبایل اندروید از بلوتوث استفاده می‌شود. تصویر زیر، اپلیکیشن اندروید مورد استفاده برای فرستادن سیگنال ها به ربات را نشان می‌دهد. کنترلر سیگنال‌ها را دریافت کرده و بر مبنای آن‌ها دستورها را تولید می‌کند (شکل ۱۱).

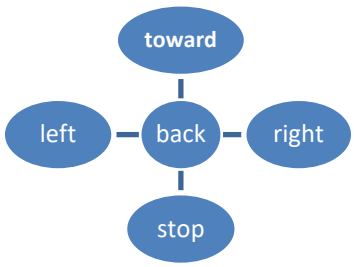

Figure 11- Android Application

شکل ۱۱- پنل کاربری اندروید

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (پایش‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

۳- نتایج و بحث

شکل ۱۲ دیاگرام کلی از عملکرد ربات را نشان می‌دهد.

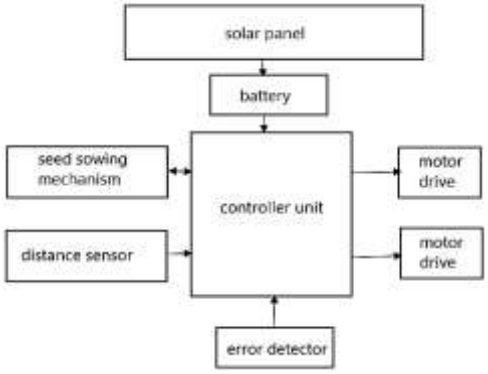

Figure 12- The function diagram of the robot

شکل ۱۲- دیاگرام عملکرد ربات

نحوه عملکرد دستگاه: با به حرکت در آمدن موتورهای موجود که توان چرخشی خود را از باتری که خود با انرژی تجدیدپذیر خورشیدی شارژ می‌شود، چرخ‌های ربات شروع به حرکت می‌کنند. این حرکت توسط چرخ زنجیر و دنده زنجیری از موتور به چرخ‌ها منتقل می‌شود. در نتیجه چرخش چرخ‌ها محور موزع‌ها که توسط دو چرخ دنده بر روی محور چرخ سوار است شروع به گردش کرده و بذرها را بصورت تکی برداشته و به داخل لوله سقوط منتقل می‌نماید و در شیار ایجاد شده توسط شیار باز کن قرار می‌دهد.

دو سنسور در هر دو طرف از ربات برای اندازه گیری فاصله بین چرخ ربات و ردیف پشته قرار داده شده است که به طور مداوم داده‌های اندازه‌گیری شده را به ADS می‌فرستند، ADS سیگنال آنالوگ را به دیجیتال تبدیل کرده، سپس آن را به کنترلر می‌فرستد. این امر با تولید دستورهای ویژه به درایور موتور برمبنای مقادیر اندازه گیری شده، مسیری را که ربات پیروی و ردیابی می‌کند، کنترل می‌کند. درایور موتور سرعت و جهت موتورها را برای پرهیز از صدمه رسانی ربات به ردیف ها و کاشت نامناسب، بر مبنای دستورات کنترلر کنترل می‌کند. با این روش ربات در ردیف‌های کشت باقی خواهد ماند و توانایی ان را دارد که عملیات کشت را به خوبی انجام دهد. به دلیل شرایط متنوع زمین‌های کشاورزی (ناهمواری‌ها و موانع) گاهی ممکن است عملیات ربات در حین ماشت متوقف شود که در صورت بوجود آمدن این مورد ربات قادر است پیامی را به کاربر برساند تا او را از وضعیت موجود با خبر سازد.

۴- نتیجه‌گیری

این ربات با استفاده از قطعات DC طراحی شده است و کل سیستم با باطری کار می‌کند. بنابراین از پنل‌های خورشیدی می‌توان برای شارژ کردن باتری در مکان‌هایی که در آن مردم با مشکل برق مواجه هستند و در آن در دسترسی به برق وجود ندارد استفاده شود.

به منظور ارتقا در آینده، ربات به گونه‌ای طراحی شده است که از آن برای فرآیند کاشت محصولات کشاورزی مانند ذرت، باقلا، پنبه و غلات استفاده شود. این ربات همچنین می‌تواند برای پخش کودها و اسپری آفت کش ها به زمین های زراعی استفاده شود.

ربات بذر کار پس از تشخیص فاصله ردیف ها و ایجاد فواصل در کشت بذرها با یکدیگر موجب کاهش علف هرز و گیاهان ناخواسته در بین ردیف‌ها خواهد شد.

۵- مراجع

Abdulrahman, M. K. (2017). Seed Sowing Robot. *International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCST)*, *5*(2), 131.

Anil Meravade, Y. M. (2017). Design and Development of Advanced MultiTasking Android Based Agrobot. *nternational Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, *4*(6), 4081.

Blackmore, B. S. (2005). Robotic agriculture–The future of agricultural mechanisation. *5th European Conference on Precision Agriculture*.

Edan,Y. (2009). autonomous agricultural vehicles and robotic field operations. In *Automation in Agriculture* (p. 1099). Springer, Berlin, Heidelberg.

Kunal, A. (2017). Design and Development of Automatic Operated Seeds Sowing Machine. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication* , *5*(2), 277-279.

Kyada, A. R. (2014). Dessign and Development of Manually Operated Seed Planter Machine. In *5th International & 26th All India Manufacturing Technology, Design and Research Conference*. Guwahati, Assam.

Mukhtar Ullah. (2016). Towards Autonomy in Agriculture: Design and Prototyping of a Robotic Vehicle with Seed Selector. *International Conference on Robotics and Artificial Intelligence.*

Nithin P V, S. S. (2016). Multi purpose agricultural robot. *International Journal of Engineering Research, 5*(6), 1129-1254.

Ravishankara, B. S. (2014). Design and implementation of seeding and fertilizing agriculture robot. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM), 3*.

Roshan V Marode, G. P. (2013). Design and Implementation of Multi Seed Sowing Machine. *international of mechanical engineering and robotic research, 2*(4), 421-429.

S. Blackmore, B. S. (2005). Robotic agriculture– The future of agricultural mechanisation. *5th European Conference on Precision Agriculture.*

Salokhe, S. S. (2015). Solar powered battery charging of robotic vehicle. *International Journal of Emerging Technology in Computer Science & Electronics (IJETCSE), 14*(2).

Stafford, J. V. (2013). *Precision Agriculture '13.* Wageningen Academic.

Swati, D. S. (2015). Use of Robotics Technology for Seed Sowing in Agriculture. *Bharti Vidyapeeth, Deemed University, Pune*(1), 54.

Swetha S, S. G. (2015). Solar Operated Automatic Seed Sowing Machine. *International Journal of Advanced Agricultural Sciences and Technology, 4*(1), 67.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران