رباتیک در گلخانه ها

حسن مسعودی[1*]

۱- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز.

*نویسنده مسئول: hmasoudi@scu.ac.ir

چکیده

ربات دستگاهی الکترومکانیکی است که می تواند بطور خودکار عمل کند. ربات ها مخصوصاً برای انجام کارهایی که برای انسان خسته کننده، دشوار و یا خطرناک هستند، مناسبند. در واقع ربات ها بعنوان جانشین آینده انسان ها برای انجام کارهای سخت و تکراری مد نظر هستند. یکی از موارد اخیر کاربرد ربات ها ، انجام عملیات مختلف در بخش کشاورزی است. کمبود نیروی انسانی و تقاضا برای تولید بیشتر در واحد سطح، استفاده از ربات ها را در بخش کشاورزی اجتناب ناپذیر نموده است. حضور وسایل نقلیه کاملاً خودکار و ربات هایی که آزادانه بدون دخالت انسان به کمک سیستم های مدرن درون مزرعه حرکت می کنند، فناوری پیشرفته کشاورزی را در قرن ۲۱ نوید می دهند. در این مقاله ضمن بیان اهمیت و مزایای بکارگیری ربات ها در گلخانه ها، انواع و اجزاء ربات های مورد استفاده در فضاهای گلخانه ای تشریح شده است. همچنین مطالعات انجام شده در زمینه بکارگیری ربات ها در محیط های گلخانه ای بررسی شده است. در پایان ربات متحرکی که با هدف سمپاشی خودکار گلخانه ها طراحی و ساخته شده است، معرفی شده است.

کلمات کلیدی: گلخانه، بازوهای رباتیک، ربات های سیار، ربات سمپاش.

مقدمه

امروزه به ربات ها و کاربرد آنها در کشاورزی توجه ویژه ای معطوف شده است. استفاده از ربات ها در باغبانی، گلخانه ها و مزارع به طور موثری در حال گسترش است. صرفه جویی در کار و کارگر و تقاضا برای تولید بیشتر در واحد سطح، استفاده از فناوری های نوین را در گلخانه ها اجتناب ناپذیر نموده است. با پیشرفت روزافزون فناوری و کاهش هزینه های محصولات فناوری های جدید، چشم انداز دستیابی به ماشینی شدن پیچیده و پیشرفته در گلخانه ها واقع گرایانه تر می شود. ماشین هایی از قبیل بذرکارهای استوانه ای، پرکننده های گلدان، نشاءکارها و جابجا کننده های خودکار راه خود را در گلخانه ها پیدا می کنند. همچنین امروزه بیشتر تولیدکنندگان بزرگ، محصولات گلخانه ای را روی کف گلخانه پرورش نمی دهند بلکه از میز و چهارچوب های مخصوص استفاده می کنند تا دسترسی کارگران راحت تر شود. میزهای متحرک، ماشین های خودکار کاشت گیاه، ماشین های خودکار فاصله گذار بین گیاهان و آبکشت کم کم مقبولیت می یابند. در این دوره شاهد حضور جرثقیل های بزرگی در تعدادی از گلخانه ها هستیم که با کنترل کننده های منطقی قابل برنامه ریزی[1](PLC) در جهت جابجایی میزها و وسایل مختلف گلخانه هدایت می شوند. حضور وسایل نقلیه کاملاً خودکار و ربات هایی که آزادانه بدون ریل های مزاحم به کمک سیستم های مدرن روی زمین حرکت می کنند، فناوری پیشرفته گلخانه ها را در دهه های آینده نوید می دهند.

طرحی که از یک ماشین خودکار یا ربات گلخانه ای مطرح است وسیله نقلیه متحرکی است که به یک سری تجهیزات یا بازوهای مکانیکی ماهر مجهز شده است و می تواند به کمک آنها و به طور خودکار عملیات مختلف (همچون سمپاشی، هرس، برداشت محصول، جابجایی محصول و غیره) را انجام دهد. اصولاً در گلخانه ها بر خلاف بخش صنعت (که اکثراً ربات ثابت بوده و محصول به طرف آن حرکت می کند) در بیشتر مواقع محصول ثابت است و بایستی ربات به سمت محصول حرکت کند، لذا این

[1] Programmable Logic Controller

کار شرایط ویژه ای را به ربات های گلخانه ای تحمیل می کند. بنابراین ربات هایی که در ارتباط تنگاتنگ با محصولات کشاورزی به کار می روند، نیازمند حسگرها، بازوهای ماهر مکانیکی و توانمندی های محیطی هستند که بسیار فراتر از توانائی های ربات های طراحی شده در اتوماسیون ساخت و تولید کارخانجات است. این ربات ها نیازمند حسگرهایی هستند که بتواند با استفاده از آنها پارامترهای مختلف محیطی مانند دما، رطوبت هوا، شدت نور، عوارض زمین و همچنین پارامترهای کاری ربات (مانند سرعت پیشروی، موقعیت مکانی، مسیر حرکت) را تعیین نموده و بر اساس آنها تصمیم گیری نمایند. برخی از مزایای بکارگیری ربات ها در گلخانه ها را می توان بصورت ذیل بیان نمود :

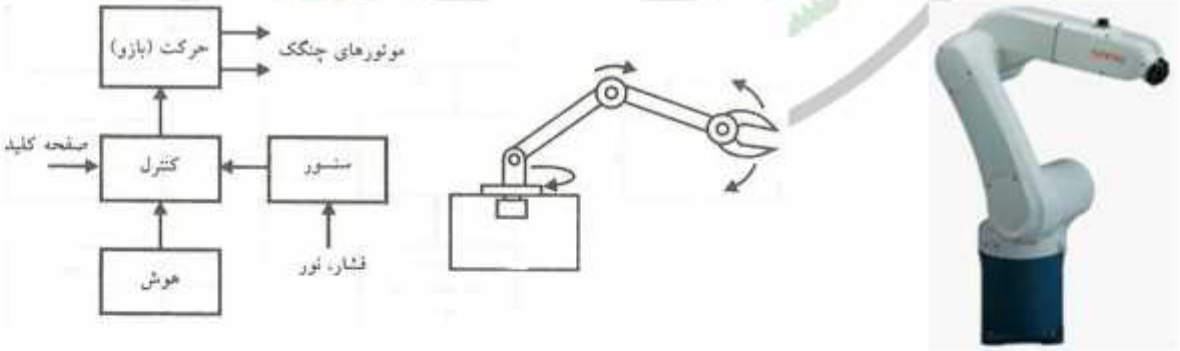
- کاهش خطاها و افزایش بازده کاری در انجام عملیات مختلف
- کاهش مصرف انرژی، هزینه ها و نهاده ها
- افزایش کیفیت محصولات تولیدی
- کاهش هزینه های تولید
- صرفه جویی در وقت کشاورز و افزایش بازده نیروی انسانی
- کاهش خستگی و صدمات وارده به کشاورز
- کاهش نیروی انسانی مورد نیاز در بخش کشاورزی

۱- انواع ربات های گلخانه ای

ربات های گلخانه ای سیستم های کاملاً خودکاری هستند که بدون مداخله انسان و با برنامه ریزی قبلی قادر به انجام تمامی عملیات موردنیاز در گلخانه در تکرارها و زمان های مختلف می باشند. بطور کلی دو گروه از ربات ها در فضاهای بسته همچون گلخانه قابل استفاده هستند.

۱-۱ بازوهای رباتیک

بازوهای رباتیک مورد استفاده در گلخانه دو نوع مختلف می باشند. در نوع اول بازوی رباتیک بر روی شاسی هایی که به سقف گلخانه متصل شده اند، قرار دارند و به کمک این شاسی ها می توانند در سرتاسر گلخانه جابجا شده و در موقعیت تعیین شده عملیات موردنظر را انجام دهند. در نوع دوم یک بازوی رباتیک مشابه شکل ۱ را می توان بر روی یک ربات سیار نصب نموده و از آن برای انجام عملیات مختلف در داخل گلخانه استفاده نمود.



شکل ۱- بازوی رباتیک و بلوک دیاگرام عملکردی آن

هامر[1] از جمله بزرگترین شرکت های تولید کننده و پرورش دهنده گل و گیاه در هلند، پنج بازوی رباتیک در محیط کار خود استفاده می کند. این سیستم شامل یک دستگاه رایانه است که ربات ها را از طریق فرستنده- گیرنده خودکار با بسامد رادیویی

[1] Hamer

هدایت می کند. این ربات ها مجهز به رایانه هایی هستند که محیط کشت را کنترل کرده، گلها و گیاهان را از یک مکان به مکان دیگر با توجه به نیاز آب و هوایی جابجا می کنند. این ربات ها ۲۴ ساعته کار کرده و جای دهها کارگر را گرفته اند. تمامی ربات هایی که در مورد آنها بحث شد توسط سیستم های هدایت خودکار خود در درون گلخانه حرکت نموده و با رسیدن به موقعیت مورد نظر کشاورز عملیات لازم را انجام می دهند(شریعتی، ۱۳۸۳).

۱-۲ ربات های سیار

شکل ۲ نمونه هایی از ربات های سیار جهت کار در محیط های گلخانه را نشان می دهد. این ربات ها بر خلاف بازوهای رباتیک دارای چرخ های محرک برای حرکت بر روی سطح زمین می باشند و می توانند بر اساس برنامه ریزی انجام شده به نقاط مختلف در داخل گلخانه ها رفته و در حین حرکت یا در حالت توقف عملیات مورد نیاز را انجام دهند. این نوع ربات ها برای انجام موفق کار موردنظر نیازمند سامانه هدایت خودکار دقیقی می باشند.

انجام عملیات خاکورزی توسط ربات برداشت گوجه فرنگی توسط ربات

شکل۲- نمونه هایی از ربات های سیار جهت کار در محیط های گلخانه ای

طراحی سیستم هدایت خودکار برای ربات های گلخانه ای شامل دو مرحله زیر می شود (Tillett, 1991):

الف ـ چگونگی تولید سیگنال‌های هادی

ب ـ طراحی کنترل کننده

هنگامیکه یک وسیله نقلیه به صورت دستی هدایت می‌گردد، راننده مرتباً مسیر حرکت واقعی را می‌بیند و آن را با مسیر مطلوب از پیش تعیین شده مقایسه می‌کند، تا هرگونه انحراف از مسیر را تصحیح کند. برای جایگزینی یک سیستم هدایت خودکار به جای کاربر نیز این حلقه بسته باید پیاده گردد که شامل عملیات "سنجش، مقایسه و اصلاح" است. هرچند که تا به حال هیچ سیستم هدایت ایده‌آلی برای ربات های گلخا نه ای فراهم نشده است، لیکن روش های فراوانی توسعه یافته اند که برحسب نحوهٔ به دست آمدن سیگنال‌های هدایت کننده از مزرعه تقسیم‌بندی می‌گردند. روش های تولید سیگنال های هدایت کننده را می توان به صورت زیر تقسیم بندی نمود (صیدی، ۱۳۸۴) :

۱- تخمین مسافت[1]

۲- هدایت با حسگرهای تماس مکانیکی

۳- هدایت وسیله بر اساس خطوط راهنما

[1] Dead Reckoning

۴- هدایت با کمک امواج فراصوتی
۵- هدایت توسط حسگرهای اپتیکی (نوری یا لیزری)
۶- سیستم های دید ماشین[1]
۷- هدایت به کمک ماهواره ها (GPS)
۸- هدایت ترکیبی

در هر پروژه ای با توجه به اهداف تعیین شده و امکانات و بودجه موجود ممکن است یک یا چند تا از این روش ها استفاده شود. ولی استفاده ترکیبی از چند روش با وجود افزایش هزینه های ساخت، باعث افزایش دقت و کارآیی ربات خواهد شد.

۲- اجزاء سخت افزاری ربات های گلخانه ای

مهم ترین اجزاء سخت افزاری موردنیاز ربات های گلخانه ای عبارتند از:

الف- حسگرها: شامل حسگرهای برای تعیین موقعیت ربات[2]، تشخیص جهت ربات، تشخیص موانع[3]، تعیین پارامترهای کاری ربات ، تشخیص محصول و تعیین پارامترهای محیطی گلخانه.
ب- کنترل کننده : برای تجزیه و تحلیل اطلاعات حسگرها جهت هدایت ربات
ج- عملگرها : عملگرهایی برای اجرای دستورات صادر شده از طرف کنترل کننده

۲-۱ حسگرهای تشخیص مانع

بررسی پژوهش های مختلف درباره ربات ها نشان می دهد که فقط پنج تا شش نوع مختلف از حسگرهای تشخیص مانع موثر وجود دارند. این حسگرها به تشخیص مانع محدود نمی شوند. برخی از حسگرها برای مکان یابی وسیله نقلیه نیز استفاده می شوند. حسگرهای دیگر ممکن است برای استخراج ویژگی های مختلف گیاهان جهت شناسائی گیاه، اجازه به یک ربات خودکار جهت دادن کود شیمیایی صحیح و در مقدار درست به گیاهان مختلف استفاده شوند. می توان گفت اگر یک حسگر جهت تهیه نقشه های دقیق از محیط اطراف ربات بطور موثر استفاده شود، آنگاه می تواند جهت تشخیص موانع در یک محیط نیز بکار رود. مطابق شکل ۳ مهمترین حسگرهای تشخیص مانع که امروزه استفاده می شوند عبارتند از (Gray, 2000) :

۱- حسگرهای تماس مکانیکی
۲- دوربین ها
۳- حسگر های فراصوتی
۴- حسگرهای لیزری
۵- حسگرهای مادون قرمز
۶- رادراهای موج میلیمتری

[1] Machine Vision
[2] Position Sensors
[3] Obstacle Dtection Sensors

الف- دوربین CCD

ب- حسگر فراصوتی

ج- حسگر لیزری دو بعدی با زاویه دید ۱۸۰ درجه ای

د- حسگر رادار موج میلی متری

شکل ۳- برخی از حسگرهای تشخیص مانع مورد استفاده در ربات های گلخانه ای

در یک محیط گلخانه می توان چهار معیار برای انتخاب بهترین حسگر تشخیص مانع برای ربات در نظر گرفت:

۱. کار در هر شرایط رطوبتی بالا
۲. کار در هر شرایط نوری
۳. زمان واکنش سریع
۴. قیمت پائین

خلاصه مقایسه حسگرهای تشخیص مانع بر اساس پنج معیار فوق در جدول ۱ آمده است (Gray, 2000). دیده می شود که در مجموع حسگرهای فراصوتی و لیزری دو بعدی برای تشخیص موانع توسط ربات های گلخانه ای مناسب تر هستند.

جدول۱- مقایسه حسگرهای تشخیص مانع مورد استفاده در ربات ها (Gray, 2000)

نوع حسگر	کار در هر شرایط رطوبتی بالا	کار در هر شرایط نوری	زمان پاسخ سریع	قیمت پائین
دوربین های CCD			+	+
حسگر فراصوتی		+	+	+
حسگر لیزری دو بعدی		+	+	+
حسگر لیزری سه بعدی		+		
رادار موج میلیمتری	+	+	+	

۲-۲ عملگرهای ربات

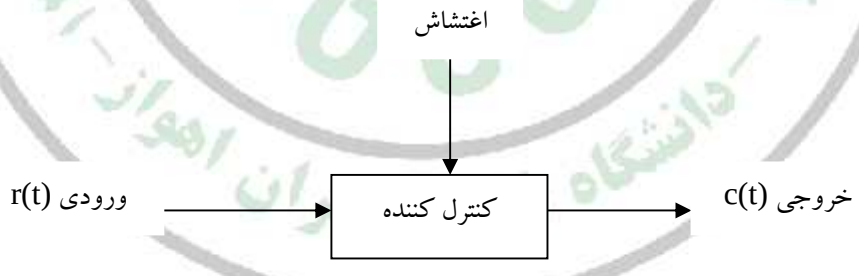
برای فرمانگیری خودکار ربات های سیار و همچنین حرکت بازوهای رباتیک می توان از عملگرهای مختلفی استفاده کرد که بهترین آنها موتورهای الکتریکی و جک ها یا موتورهای هیدرولیکی هستند. در جک های هیدرولیکی با استفاده از یکسری شیرهای الکترومغناطیسی، سوپاپ های ورود و خروج روغن به آنها کنترل شده و درنتیجه جهت و سرعت حرکت آنها تغییر می کند. بعضی از سیستم ها زاویه چرخش فرمان را به نسبت انحراف ایجاد شده تغییر می دهند. دقت در کنترل فرمان بستگی به تشخیص دقیق موقعیت، نشان دادن میزان انحراف و سرعت پیشروی ربات است. برای کنترل دقیق، میزان انحراف باید به همان نسبت که سرعت پیشروی زیاد می گردد، افزایش یابد (Gray, 2000). بجای جک های هیدرولیکی می توان از موتورهای هیدرولیکی یا الکتریکی برای فرمانگیری خودکار ربات استفاده کرد. در این حالت موتور هیدرولیکی یا الکتریکی بر روی غربالک فرمان یا محور خروجی جعبه فرمان نصب می شود. سیگنال خروجی از کنترلر فرمان، موتور را راه اندازی کرده و موتور نیز غربالک فرمان یا میل فرمان را می چرخاند و در نتیجه باعث تغییر زاویه فرمانگیری چرخ های هادی ربات می شود.

۲-۳ کنترل کننده ربات

اکثر سیستم های کنترل واقعی غیرخطی اند، ولی اگر بتوان عملیات کاری آنها را با مدل های ریاضی خطی تقریب زد، می توان از روش های طراحی مدون شده ای استفاده کرد. از دیدگاه عملی، مشخصات عملکردی تعیین شده برای سیستم، روش طراحی را تعیین می کند. به طور کلی بخش های اصلی یک سیستم کنترل عبارتند از:

۱- ورودی ها (اهداف)
۲- کنترل کننده (اجزاء)
۳- خروجی ها (نتایج)

در شکل۴ ارتباط اساسی بین این سه بخش به صورت نمودار بلوکی نمایش داده شده است. بصورت علمی تر می‌توان اهداف را متغیرهای ورودی (r(t)) و نتایج را خروجی ها یا متغیرهای کنترل شونده (c(t)) نامید. بطور کلی، هدف یک سیستم کنترل عبارت است از کنترل خروجی ها به روشی معین به کمک ورودی ها از طریق کنترل کننده (اوگاتا،۱۳۸۲).



شکل ۴- بخش های اصلی یک سیستم کنترل

در ربات های گلخانه ای از سیستم های کنترل حلقه بسته[1] (با پسخور[2]) استفاده می شود. در این نوع سیستم ها برای کنترل دقیق تر و تطبیق پذیرتر، پسخوری از خروجی به ورودی سیستم لازم است که سیستم های کنترل حلقه باز فاقد آن هستند. برای اینکه کنترل دقیق تر صورت گیرد، باید سیگنال کنترل شونده c(t) به ورودی برگشت خورده و در آنجا با ورودی مبنا r(t) مقایسه شود و

[1] Closed Loop Control
[2] Feedback

سیگنال کاراندازی متناسب با اختلاف ورودی و خروجی به درون کنترل کننده فرستاده شود تا خطا را تصحیح کند. توابع کنترلی متداول برای سیستم های کنترل حلقه بسته عبارتند از (اوگاتا، ۱۳۸۲) :

۱- توابع کنترلی دو وضعیتی یا روشن - خاموش[1]

۲- توابع کنترلی کلاسیک شامل نوع P ، PI ، PD ، PID

۳- توابع کنترلی پیشرفته مانند کنترل کننده منطق فازی[2] ، شبکه های عصبی[3] و ... .

۳- پیشینه تحقیق

ماسایوکی(Masayuki, 1975) برای تشکیل یک سیستم هدایت از ریل های فولادی استفاده کرد که ادوات در میان آنها و با یک ماشین که با چرخ هایش بر روی این ریل‌ها قرار داشت کشیده می‌شد. استفاده از این روش دارای مزایایی مثل دقت بسیار بالای آن و نیز کاهش بسیار چشمگیر مقاومت به غلتش بود. لیکن عامل محدود کننده استفاده از این روش که هزینه بسیار بالای نصب این ریل‌ها بود، قابل چشم‌پوشی نیست. بنابراین استفاده از این روش تنها در وسعت‌های بسیار کوچک مثل فعالیت‌های گلخانه‌ای دارای توجیه اقتصادی است. کالئوف و لیبرفارب(Kaleof and Liberfarb, 1976) سیستمی را توسعه دادند که چنانچه حسگر از ردیف محصول جدا می‌شد، بازوی متصل به آن به ارتعاش درمی‌آمد و شروع به جستجوی ردیف محصول می‌کرد و در این زمان وسیله نیز برای قرارگیری در مسیر قبلی تحریک می‌شد. بیسچوف(Bischoff, 1999) از دوربین ها جهت هدایت یک ربات خدمتکار شبیه انسان در محیط بسته استفاده کرد. چوُ و کی (Cho and Ki, 1999) فناوری های کنترل فازی و ماشین بینایی را برای هدایت یک سمپاش سریع باغی استفاده کردند. اطلاعات ورودی به کنترل کننده فازی بصورت دوتایی توسط حسگرهای ماشین بینایی و فراصوتی فراهم می شدند. جهت حرکت وسیله نقلیه از تصاویر ماشین بینایی تعیین می شد، در حالیکه داده های فاصله بین موانع و سمپاش با استفاده از چهار عدد حسگر فراصوتی بدست می آمد. چوُ و لی(Cho and Lee, 2000) یک کنترلر فازی را برای بکارگیری خودکار یک سمپاش در باغات توسعه دادند. یک گیرنده DGPS برای تعیین جهت حرکت و چهار عدد حسگر فراصوتی برای تشخیص موانع استفاده شدند. نتایج شبیه سازی نشان داد که سمپاش می تواند با ترکیب کنترلر فازی با گیرنده DGPS و حسگرهای فراصوتی بطور خودکار بکار گرفته شود. سیگنال های گیرنده DGPS و حسگرهای فراصوتی بصورت لحظه ای پردازش می شدند. سمپاش توسط دو عدد سیلندر هیدرولیکی فرمانگیری می شد. کنترلر فازی دو تا ورودی شامل جهت حرکت و فاصله از موانع داشت، در حالیکه مدت زمان حرکت سیلندرهای هیدرولیکی خروجی آن بود. نتایج آزمایش های مزرعه ای نشان داد که با این سیستم، سمپاش می تواند با انحراف ۵۰ سانتی متر بطور خودکار هدایت شود. در حالت استفاده ترکیبی از حسگرهای DGPS و فراصوتی مقدار میانگین انحراف جانبی (۲۲/۲۶ سانتی متر) کمتر از حالت بکارگیری تنهای حسگر DGPS (۲۳/۹۳ سانتی متر) بود. شین و کیم (Shin and Kim, 2001) سیستم هدایت خودکار برای یک سمپاش کوچک باغی را با بکارگیری اهداف لوله استیل ضدزنگ جهت انعکاس امواج فراصوتی به سمت حسگرهای فراصوتی توسعه دادند. آیدا و بورکس(Iida and Burks, 2002) موقعیت نسبی یک وسیله نقلیه خودرو را از توده درختان با استفاده از حسگرهای فراصوتی نصب شده بر روی یک شمش آلومینیومی جهت هدایت تراکتورهای باغی اندازه گیری نمودند. همزمان از یک عدد DGPS جهت تعیین موقعیت دقیق وسیله نقلیه استفاده شد. نتایج آزمایشات نشان داد که ابزار فراصوتی ساخته شده برای هدایت تراکتور در باغات مناسب است. سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2005) یک وسیله نقلیه شش چرخ با فرمانگیری دیفرانسیلی طراحی و ساختند که به عنوان سمپاش گلخانه ای عمل می کرد. یک کنترلر تناسبی- دیفرانسیلی (PD) فازی نیز جهت هدایت وسیله نقلیه از

[1] On –Off
[2] Fuzzy Logic Controller
[3] Neural Network

میان راهروهای گلخانه شبیه سازی شده با استفاده از اطلاعات دامنه سیگنال جمع آوری شده توسط حسگرهای فراصوتی ساخته شد. نتایج آزمایش ها نشان داد که در هر دو سطح ماسه ای و سیمانی، حالت سوار عملکرد بهتری دارد. میانگین RMSE انحراف از مسیر اصلی کمتر از ۲/۵ سانتی متر برای راهرویی با عرض ۶۱ سانتی متر و میانگین خطای لحظه ای کمتر از ۶/۴ میلی متر بود. همچنین مقدار انحراف جانبی از مسیر اصلی در سطح ماسه ای بیشتر از سطح سیمانی و در حالت کششی بیشتر از حالت سوار بود. این سمپاش رباتیک با موفقیت در راهروهایی با پهنای ۴۵/۷، ۵۰/۸ و ۶۱/۰ سانتی متر هدایت شد. هولپ و دور (Holpp and Dürr, 2006) سیستم هدایت خودکار تراکتور در باغات میوه با استفاده از دید ماشین را بکار گرفتند. باراوید و همکاران (Barawid *et al.* 2007) یک سیستم هدایت خودکار که قادر بود یک تراکتور باغی را در بین ردیف های درختان با استفاده از یک حسگر لیزری دو بعدی و در سرعت های پیشروی مختلف هدایت کند، توسعه دادند. در این سیستم میانگین انحراف جانبی تراکتور از مسیر اصلی ۱۱ سانتی متر و میانگین انحراف زاویه ای آن ۱/۵ درجه به دست آمد.

٤- گروه های تحقیقاتی در جهان

در حال حاضر گروههای تحقیقاتی زیادی در دنیا با هدف توسعه ربات های گلخانه ای فعالیت می کنند، با این حال هنوز تا رسیدن به اتوماسیون کامل گلخانه ها راهی طولانی در پیش است. برخی از گروه های فعال در این زمینه عبارتند از:

٤-١ گروهCIRAA (ایتالیا)

پروژه ای که این گروه بر عهده دارند به کارگیری سیستم رباتیک جهت کاربردهای کشاورزی در گلخانه هاست. این سیستم متشکل از یک خودرو، یک بازو با شش درجه آزادی، یک محرک نهایی، یک کلاهک دو درجه آزادی و سیستم کنترل است. کلاهک مجهز به سیستم دید استریو است که علاوه بر هدایت خودرو در مسیر تعیین شده خاص، جستجوی گیاه به هنگام توقف را عهده دار است. بررسی میزان رسیدگی محصولات به کمک یک سیستم پردازش تصویر رنگی صورت می گیرد (Kassler, 1997).

٤-٢ موسسه تحقیقات مهندسی ماشین های کشاورزی(ایتالیا)

پروژه مورد بحث این گروه یک ربات کشاورزی چند منظوره است. اعضاء این گروه تحقیقات خود را روی آشکار سازی میوه و برداشت آن متمرکز کرده اند. سیستم شامل خودرویی است که مجهز به حسگرها و عملگرها می باشد. در این سیستم حسگرهای طیف نور که قادر هستند تصاویر را با طول موج های متعددی دریافت کنند جهت آشکارسازی میوه بکار می روند. این سیستم مجهز به فیلترهای تنظیم کننده طول موج است که روی دوربین سیاه و سفید آن قرار دارد. سیستم چنگک آن از دو محور موازی تشکیل شده که همانند قیچی البته به کمک سیستمی نیوماتیک باز و بسته می شود و جهت نشاءکاری بکار می رود. نیروی بکار گرفته شده در چنگک با تغییر فشار خروجی کمپرسور تغییر می کند. نیرویی که برای کارکرد مؤثر لازم است در حدود ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم است و مقادیر کمتر از این حد سبب کشیده شدن نشاء به خارج از ظرف مربوطه خواهند شد(Kassler, 1997) .

٤-٣ گروه دانشگاه کیوتو (ژاپن)

پروژه در حال بررسی این گروه ربات برداشت هندوانه (از دسته سبزیجات سنگین) است. این گروه توجه خود را روی بازوی ماهر مکانیکی و مجری نهایی آن قرار داده است که بتواند با کنترل نیروی فعال جابجایی مؤثری برای این میوه حجیم ایجاد نماید. همچنین ربات برداشت کلم در مرکز تحقیقات کشاورزی شهر تسوکوبا طراحی و ساخته شده است(Kassler, 1997) . نمونه هایی

از عناوین پروژه ها عبارتند از : بازوی مکانیکی برداشت، ربات برداشت انگور، سیستم کنترل و هدایت ربات برداشت توت فرنگی، طراحی سیستم های ایمنی ربات، سیستم ربات گل داوودی و غیره(Matsuura *et al.*, 2001; Iida and Burks, 2002)

٤-٤ آزمایشگاه مهندسی سیستم های کشاورزی (ژاپن)

آزمایشگاه مهندسی سیستم های کشاورزی[1](ASE) در ژاپن موفق به ساخت ربات های متعددی در زمینه کشاورزی شده است. نمونه این ربات ها، برداشت کننده گوجه فرنگی است (شکل۲-چپ). این ربات از چهار بخش اصلی تشکیل شده است: بازوی مکانیکی ماهر، کاربر نهایی، حسگر بینایی و وسیله نقلیه خودرو. بازوی مکانیکی با هفت درجه آزادی برای برداشت میوه درشت گوجه فرنگی بکار می رود. اگر این بازو در موقعیت برداشت قرار گیرد با مهارت بالایی کار می‌کند. بازو از دو مفصل لغزشی و پنج مفصل چرخشی تشکیل شده است. طول های بازوی بالا و جلو به ترتیب ۲۵۰ و ۲۰۰ میلی متر است. در حالیکه طول حرکت مفصل های لغزشی ۲۰۰ میلی متر در مسیر افق و۳۰۰ میلی متر درمسیر عمودی است. مجری نهایی برداشت شامل دو مدل است. یک مدل برای اندازه بزرگ گوجه فرنگی و مدل دوم برای گوجه فرنگی های ریز طراحی شده است. مدل اول دارای دو انگشتی به همراه دو صفحه مکش است. این صفحه توانایی مکش یک میوه را داراست و قادر است آن را از سایر خوشه جدا نماید. مجری نهایی برای گوجه فرنگی های کوچک توانایی مکش هوایی میوه را به کمک دمنده متصل به آن خواهد داشت. هنگامیکه میوه در موقعیت مناسب واقع می شود، دم آن به کمک منگنه چیده می شود. اگر میوه در موقعیت مناسب نباشد، بازو مجری نهایی را آنقدر به جلو و عقب حرکت می دهد تا حسگر بینایی موقعیت مناسب میوه را اعلام نماید. میوه برداشت شده از طریق لوله به مخزن منتقل می شود. یک دوربین CCD رنگی می تواند برای تشخیص میوه از برگها و ساقه بکار رود. یک خودروی چهارچرخ جهت حمل و نقل بازو بکار می رود که بصورت خودکار کنترل می شود (Kassler, 1997).

٥- ربات سمپاش گلخانه ای

مسعودی و همکاران (۱۳۹۰) با هدف خودکار کردن عملیات سمپاشی گلخانه ها به صورت کاملاً خودکار ربات متحرکی را طراحی و ساختند که در داخل یک گلخانه واقعی مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۵). ربات ساخته شده یک ربات سیار با دو چرخ محرک در قسمت عقب و یک چرخ هرزگرد در قسمت جلو است. از توابع کنترلی تناسبی (P) و فازی برای کنترل و هدایت ربات استفاده شد. این ربات دارای دو موتور محرک الکتریکی جریان مستقیم (۲۴ ولت و ۵۰۰ وات) مشابه است که در دو سمت چپ و راست آن نصب شده اند و ربات برای رانش و فرمانگیری از آنها استفاده می کند. نوع فرمانگیری ربات دیفرانسیلی[2] است که برای حرکت مستقیم هر دو موتور با سرعت یکسان می چرخند و برای گردش به یک سمت، با توجه به سرعت دورانی پیش فرض ربات، سرعت دورانی موتور سمت مخالف آن اندکی افزایش یافته و سرعت دورانی موتور سمت موافق به همان میزان کاهش می یابد.

سیستم هدایت خودکار این ربات توانائی آنرا دارد که ربات را در داخل یک گلخانه از نقطه ای به نقطه دیگر هدایت نماید، تا عملیات سمپاشی محصولات انجام شود. البته این ربات قابلیت آنرا دارد که با نصب تجهیزات مربوطه جهت انجام سایر عملیات ها مانند دیده بانی، جمع آوری پارامترهای محیطی و رشد گیاهان، آبیاری، جابجائی گلدان ها و غیره نیز بکار رود، ولی از آنجائیکه انجام عملیات سمپاشی توسط انسان در یک محیط بسته همچون گلخانه، خطرات زیادی را برای وی به همراه دارد، بنابراین سمپاشی بعنوان عملیات کاری اصلی در این ربات انتخاب شد.

[1] Agricultural Systems Engineering(ASE)
[2] Differential Steering

(الف) نمای سه بعدی رایانه ای (ب) عکس واقعی ربات

شکل۵- تصاویر رایانه ای و واقعی و اجزاء مختلف ربات سمپاش گلخانه (مسعودی و همکاران، ۱۳۹۰)

ربات سمپاش شامل دو بخش اصلی سخت افزاری و نرم افزاری است. بخش سخت افزاری از واحدهای زیر تشکیل شده است:

۱- ایستگاه مرکزی
۲- واحد کنترل
۳- واحد حسگرها
۴-واحد عملگرها
۵- واحد ایمنی
۶- واحد سمپاشی
۷- شاسی و بدنه

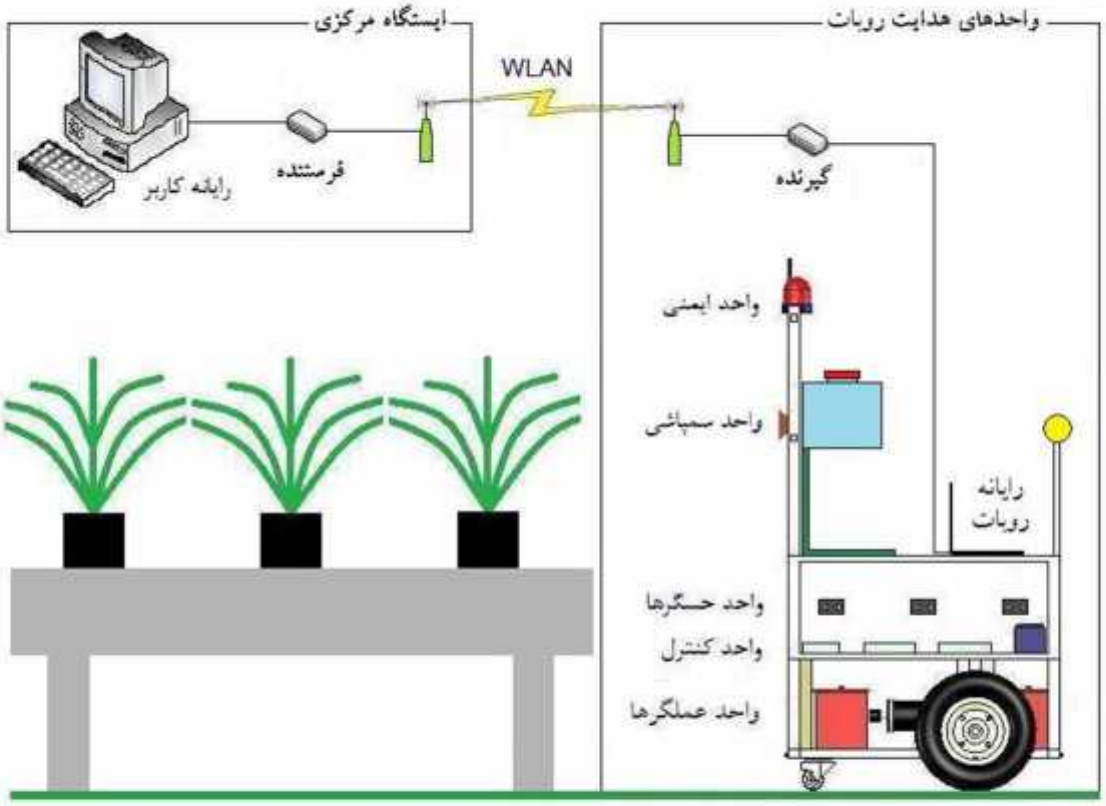
بخش نرم افزاری نیز شامل الگوریتم های سیستم هدایت خودکار ربات و نرم افزارهای سیستم هدایت خودکار ربات می باشد. سه برنامه رایانه ای جامع با استفاده از زبان برنامه نویسی ویژوال++C و در محیط کمپایلر Visual Studio 2008 برای پیاده سازی و اجرای الگوریتم های سیستم هدایت خودکار ربات و برقراری ارتباط با کاربر نوشته شد که عبارتند از:

الف) برنامه رایانه ای میکروکنترلر ب) نرم افزار رایانه ربات ج) نرم افزار رایانه کاربر

کنترل و نظارت کاربر بر روی عملکرد ربات از طریق نرم افزارهای سیستم هدایت خودکار ربات میسر می شود. این نرم افزارها رابط بین کاربر و ربات هستند. یکی از این نرم افزارها در ایستگاه مرکزی بر روی رایانه کاربر نصب گردید و دیگری بر روی رایانه ربات. برنامه رایانه ای میکروکنترلر نیز در درون حافظه فلش[1] میکروکنترلر ریخته شد.

شکل۶ واحدهای مختلف ربات و نحوه ارسال اطلاعات از ایستگاه مرکزی به واحدهای دیگر را نشان می دهد. کاربر از طریق رایانه کاربر در ایستگاه مرکزی یا رایانه ربات مستقر در روی آن، از طریق یک صفحه رابط گرافیکی کاربر[2] مشخصات مسیر (شامل تعداد راهروها، طول و عرض هر راهرو، فاصله بین دو راهروی مجاور و جهت دور زدن در انتهای راهروی اول) و عملیات موردنظر را تعیین می کند. وقتی که کاربر یک ماموریت را تعریف نمود، می تواند دستور شروع ماموریت را صادر کند. دستورات صادر شده از طرف کاربر از طریق یک شبکه بی سیم محلی به کمک فناوری WiFi به ربات ارسال می گردد. همچنین مقادیر پارامترهای مختلف ربات نیز بصورت لحظه ای به ایستگاه مرکزی ارسال می شود تا کاربر بتواند نظارت و کنترل دقیقی بر روی کارکرد ربات داشته باشد.

[1] Flash memory
[2] Graphical User Interface(GUI)



شکل ۶- نمای کلی و واحدهای مختلف ربات سمپاش گلخانه (مسعودی و همکاران، ۱۳۹۰)

آزمون های عملی در یک گلخانه در داخل راهروهایی با عرض ۹۸ سانتی متر به منظور ارزیابی عملکرد ربات در پیمودن یک مسیر U شکل بر روی سطح سیمانی و همچنین ارزیابی عملکرد واحد سمپاشی آن انجام شد. برای تعیین میزان انحراف ربات از مسیر واقعی در آزمون های گلخانه ای از شاخص آماری RMSE استفاده شد. بر اساس نتایج ارزیابی عملکرد ربات در گلخانه، با افزایش سرعت پیشروی ربات مقدار میانگین RMSE انحراف جانبی ربات نیز افزایش یافت. حداقل مقدار میانگین RMSE در سرعت ۱۵ سانتی متر بر ثانیه برابر ۴/۹۳ سانتی متر و بیشترین مقدار آن در سرعت ۳۵ سانتی متر بر ثانیه برابر ۶/۵۱ سانتی متر بود. با افزایش سرعت پیشروی ربات، شعاع دور زدن، میزان پراکندگی مسیرهای دور زدن در تکرارهای مختلف از یکدیگر و فضای مورد نیاز برای دور زدن ربات در انتهای راهرو افزایش یافت. عملکرد واحد های ایمنی و ایستگاه مرکزی ربات نیز مطلوب و قابل قبول بود. از آزمون ارزیابی عملکرد واحد سمپاشی ربات نیز میانگین دقت واحد سمپاشی در "سمپاشی" ۹۹/۴۷ درصد و در "عدم سمپاشی" ۹۹/۹۲ درصد و در کل ۹۹/۶۹ درصد به دست آمد.

جمع بندی

استفاده از ربات ها علاوه بر آثار اجتماعی گوناگون همچون لزوم کسب مهارت های جدید، ضرورت بازآموزی نیروها و غیره، ابعاد مثبتی چون کاهش هزینه ها، بهبود کیفیت محصولات، بالارفتن استاندارد زندگی، کاهش خطرات کاری، کاهش رودررویی انسان با محیط های ناامن مصنوعی که بنا به طبیعت کار نامطلوب می باشند، کاهش آثار روانی حاصل از کارهای تکراری و خطای انسانی و بخصوص افزایش بهره وری را در بر دارد. مشکلات و موانع موجود به کارگیری ربات ها در گلخانه ها را می توان به صورت زیر خلاصه نمود :

الف ـ توانائی های محدود ربات ها در انجام کلیه امور اجرایی لازم

ب ـ بالا بودن هزینه های بکارگیری ربات ها

ج- عدم توانایی کار با فناوری های سطح بالا از سوی بسیاری از کشاورزان

این موانع و مشکلات روند به کارگیری ربات ها در گلخانه ها را کند نموده است، اما در مجموع اتوماسیون گلخانه ها روند رو به رشدی در قرن ۲۱ خواهد داشت و گرچه هنوز این سیستم ها به صورت تجارتی توسعه فراوانی نیافته اند، اما امید است تحقیقات آینده موانع موجود را برطرف نمایند.

منابع

۱- اوگاتا، ک. ۱۳۸۲. مهندسی کنترل. ترجمه دکتر قدرت سپیدنام. انتشارات باغانی. چاپ اول.

۲- شریعتی، س. ا. ۱۳۸۳. طراحی و ساخت نمونه بازوی مکانیکی ربات جهت تشخیص میوه در یک مسیر خاص. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

۳- صیدی، ا. ۱۳۸۴. امکان سنجی بکارگیری سیستم فرمان گیری خودکار در تراکتورهای رایج در ایران با استفاده از تکنولوژی مناسب. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی ماشین های کشاورزی دانشگاه تبریز.

۴- مسعودی، ح.، علیمردانی، ر.، امید، م.، محتسبی، س. س. و باقری شورکی، س. ۱۳۹۰. طراحی، ساخت و ارزیابی یک ربات متحرک برای انجام عملیات سمپاشی در گلخانه. مجله علمی - پژوهشی "تحقیقات مهندسی کشاورزی"، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. جلد ۱۲، شماره ۲، سال ۱۳۹۰، ص ۸۷ تا ۱۰۰.

5- Barawid, O. C., Mizusshima, A., Ishii, K. and Noguchi, N. 2007. Development of an autonomous navigation system using a two-dimensional laser scanner in an orchard application. Biosystems Engineering 96(2), 139-149.

6- Bischoff, R. 1999. Advances in the development of the humanoid service robot HERMES. Proceedings of the International Conference on Field and Service Robotics, pp. 156-161.

7- Cho, S. I. and Ki, N. H. 1999. Autonomous speed sprayer using machine vision and fuzzy logic. Trans. ASAE 42(40):1137-1143.

8- Cho, S. I. and Lee, J. H. 2000. Autonomous Speedsprayer using Differential Global Positioning System, Genetic Algorithm and Fuzzy Control. J. Agric. Eng. Res. 76: 111-119.

9- Gray, Keith W. 2000. Obstacle detection and avoidance for an autonomous farm tractor. M.Sc. Thesis in Electrical Engineering. Utah State University. Logan, Utah, USA.

10- Holpp, M. and Dürr, L. 2006. Automatic guidance system for tractors in fruit farming. Proceedings of the XVIth CIGR world congress, Bonn: Germany.

11- Iida, M. and Burks, T. F. 2002. Ultrasonic Sensor Development for Automatic Steering Control of Orchard Tractor, Proceedings of the Automation Technology for Off-Road Equipment Conference. Pp. 221-229. July 26-27, 2002. Chicago, Illinois. USA.

12- Kaloev, A. V. and Liberfarb, Z. B. 1976. Selection of a mechanical feeler for an automatic steering system. Mechanization & electrification of socialist agriculture, No. 4: 17-18.

13- Kassler, M. 1997. Introduction Robotic in Agriculture, Computer and Electronics in Agriculture Journal, 16.

14- Masayuki, K. 1975. Driverless Field operation apparatus. Agricultural mechanization in Asia. Spring 1975. 83-85.

15- Matsuura, K., Iida, M., Umeda, M. and Ono, K. 2001. Automatic Following Vehicle System. ASAE Paper No. 01-1164. ASAE Annual International Meeting, July 30- August 1, 2001. Sacramento, California, USA.

16- Shin, B. and Kim, S. 2001. Autonomous guidance system for small orchard sprayer with ultrasonic sensors. ASAE Paper No. 011193. St. Joseph, Mich.: ASAE.

17- Singh, S., Burks, T. F. and Lee, W. S. 2005. Autonomous robotic vehicle development for greenhouse spraying. Transactions of the ASAE. Vol. 48(6): 2355−2361.

18- Tillett, N. D. 1991. Automatic Guidance Sensors for Agricultural Field Machines: A Review. J. Agric. Engng Res., 50: 167-187.

Robotics in Greenhouses

H. Masoudi[1*]

1- Assistant Professor, Biosystems Engineering Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
*Corresponding author: hmasoudi@scu.ac.ir

Abstract

Robot is an electromechanic machine that can operate automatically. The robots are especially suitable for doing tasks which are tedious, difficult and dangerous for human. Actually, the robots are substitute of humans for doing hard and repeatedly works in the future. One of the recent applications of the robots is doing different works in agriculture. Decreasing of work forces and requesting for more productions have resulted using the robots in agriculture. Presence of full automatic vehicles and robots that move inside the fields by modern systems without human interference promise advanced agricultural thechnologies in the 21th century. In this paper, after explaining importance and advanteges of using the robots in greenhouses, types and parts of the greenhouse robots are explained. Also, researches abouts using the robots in greenhouses have been reviewed. Then, a mobile robot is introduced that has been desighed and manufactured for greenhouse spraying.

Key words: Greenhouse, Manipulator, Mobile robots, Sparying robot.