ناوبری ربات‌های کشاورزی

قسمت اول

الهام عمرانی

ربات‌های کشاورزی نقش بسیار مهمی در بسیاری از کاربردهای کشاورزی دارند تا کار کارگری را کاهش و امنیت عملیاتی را افزایش دهند. نیاز به سیستم‌های ناوبری خودران ربات‌ها در بسیاری از عملیات مانند کاشت، داشت، سم‌پاشی، کودپاشی، وجین کاری، مبارزه با علف هرز و برداشت ضروری به نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر، پیشرفت تکنولوژی بسیاری از محققان را به توسعه‌ی وسایل نقلیه هوشمندتر و سازگار با شرایط مختلف تشویق کرده است. طراحی ربات‌های کشاورزی برای کار در محیط بیرون یک بحث چالش‌برانگیز است به دلیل اینکه در محیط کشاورزی، تغییرات شرایط آب و هوایی و تنوع پوشش گیاهی بسیار زیاد بوده و حرکت ربات را با مشکل مواجه می‌کند. برای شناسایی این ویژگی‌های محیطی به سیستم‌های حسگری و کنترلی بسیار پیشرفته‌ای نیاز است.

ناوبری خودران یکی از مهم‌ترین موضوعات در کاربردهای ربات‌های کشاورزی است. منظور از ناوبری، هدایت اتوماتیک و سالم در محیط‌های مختلف است. توانایی ربات بر سیستم‌های سنسوری پیچیده و الگوریتم‌های کنترل هوشمند متکی است. ربات باید قادر به تشخیص محیط اطراف در مرحله اول و سپس تجزیه‌وتحلیل و مدل‌سازی آن باشد که این کار مستلزم درک موقعیت وسیله نقلیه و دوری از موانعی مانند حیوان مرده یا زنده، شاخه‌های افتاده درختان و حصارهای موجود در باغ می‌باشد. بنابراین برای ناوبری یک ربات به یک سیستم تشخیص، نقشه‌برداری، برآورد موقعیت، و ناوبری در اطراف هر شیء نیاز خواهد بود.

بسیاری از محققان ربات خودکار یا نیمه‌خودکار کشاورزی ساخته اند که می‌تواند محیط اطراف خود را بررسی و یک نقشه از محیط تهیه کند. برای تهیه‌ی نقشه‌ی محیط از سنسورهای مختلفی استفاده می‌شود. اگر نقشه‌ی محیط کامل باشد، ربات می‌تواند موقعیت و جهت خود را در هرلحظه به‌آسانی تعیین نماید.

سنسورهای ناوبری اطلاعاتی درباره‌ی وضعیت (موقعیت، جهت، سرعت، و غیره) ربات و اشیاء موجود در محیط اطراف فراهم می‌کنند که بعضی از این سنسورها، موقعیت نسبی و بعضی دیگر موقعیت حقیقی ربات را نشان می‌دهند. سنسورهایی مانند سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS)، سیستم های مبتنی بر بینایی ماشین و اسکنر لیزر به‌عنوان سیستم‌های سنجش اصلی بکار می‌روند ولی سنسورهای فراصوتی و رادیویی (RFID) کاربرد کمتری دارند. سنسورهای دیگری مانند سیستم اندازه‌گیری فاصله، واحد اندازه‌گیری اینرسی (IMU)، قطب نمای دیجیتال، و ژیروسکوپ به‌طورمعمول به‌عنوان سنسور ثانویه برای تکمیل سنسورهای اولیه استفاده می‌شوند.

سنسورهای سنجش اصلی عبارت‌اند از سیستم موقعیت‌یاب جهانی، ناوبری مبتنی بر بینایی ماشین، ناوبری مبتنی بر اسکنر لیزر، ناوبری مبتنی بر سنسورهای بینایی و اسکنر لیزر و انواع سنسورهای دیگر. در ادامه هر یک از موارد اشاره‌شده به‌صورت مختصر توضیح داده‌شده است.

سیستم موقعیت‌یاب جهانی(GPS)

سیستم موقعیت‌یاب جهانی به‌طور گسترده‌ای برای انجام انواع عملیات کشاورزی استفاده می‌شود. این سیستم موقعیت حقیقی وسیله نقلیه در مختصات جهانی را نشان می‌دهد. برای افزایش دقت سیستم ناوبری GPS تکنولوژی‌های جدیدی به‌وسیله‌ی شرکت‌های مختلف توسعه داده‌شده‌اند. سیستم موقعیت‌یاب جهانی تفاضلی (DGPS) و سیستم موقعیت‌یاب جهانی زمان واقعی (RTK-GPS) دو نمونه از سیستم‌های جدید ارائه‌شده می‌باشند.

ناوبری مبتنی بر بینایی ماشین

علم ماشین بینایی در چند دهه اخیر از هر دو جنبه نظری و عملی پیشرفت‌های چشمگیری داشته است. سرعت این پیشرفت به‌اندازه‌ای بوده است که هم‌اکنون، به‌راحتی می‌توان رد پای پردازش تصویر را در بسیاری از علوم و صنایع مشاهده نمود. بعضی از این کاربردها آن چنان به پردازش تصویر وابسته هستند که بدون آن، اساساً قابل‌استفاده نمیباشند.

سنسورهای بینایی به دلیل مقرون‌به‌صرفه بودن و توانایی انتقال اطلاعات زیاد در واحد زمان به‌طور وسیعی در ناوبری ربات‌های کشاورزی استفاده می‌شوند، مخصوصاً در برنامه‌های کاربردی مانند مکان‌یابی، ترسیم نقشه، ناوبری خودران، مسیریابی، بازرسی، نظارت و اجتناب از موانع. یکی از معایب استفاده از سنسورهای بینایی، تأثیر شرایط نور محیط‌های مختلف، بخصوص در محیط-های فضای باز است.

ناوبری مبتنی بر اسکنر لیزر

ناوبری با استفاده از اسکنرهای لیزری در تحقیقات بی‌شماری استفاده‌شده است. به دلیل اینکه اسکنرهای لیزری دارای وضوح بالایی بوده، دامنه دید وسیعی دارند و تحت تأثیر شرایط محیطی قرار نمی‌گیرند. این روش، فاصله نسبی بین اشیا را به‌وسیله‌ی اندازه‌گیری زمان رفت وبرگشت پالس‌های لیزر اندازه‌گیری می‌کند. یکی از مزایای سنسورهای لیزری نسبت به سنسورهای بینایی، توانایی اندازه‌گیری دقیق‌تر فاصله بین اشیا می‌باشد. این امر باعث می‌شود که ربات در آب‌وهوای مختلف و شرایط نوری متنوع با ضریب اطمینان بالایی کار کند.

ناوبری مبتنی بر سنسورهای بینایی و اسکنر لیزر

در برخی از محیط‌های طبیعی مانند مزارع و یا باغ، هر دو سنسور بینایی و اسکنر لیزر به‌عنوان سنسور اولیه برای ناوبری خودران استفاده می‌شوند. ادغام هر دو بینایی ماشین و اسکنر لیزری موجب هدایت مطمئن‌تر شده و موانع را با دقت بالایی تشخیص می‌دهد.

سنسورهای فراصوتی

در بعضی مطالعات، سنسورهای فراصوتی برای هدایت وسایل نقلیه در زمین‌های کشاورزی استفاده‌شده‌اند. به دلیل اینکه سنسورهای صوتی برای ارائه‌ی دقت بالا باید عمود بر جسم تابیده شوند، استفاده از سنسورهای صوتی در فضای باز با محدودیت مواجه شده و فقط در محیط‌های بسته مانند گلخانه‌ها کاربرد دارند.

انواع سیستم‌های بینایی استریو

ماشین بینایی در دو حوزه‌ی تصویربرداری با دوربین‌های تک‌چشمی و دوچشمی قابل‌بررسی می‌باشد. ماشین بینایی تک‌چشمی حدود سی سال است که در علوم مختلف مورداستفاده قرارگرفته است درحالی‌که فقط در طول ده سال اخیر بوده است که حسگرهای استریو به درجه مطلوبی از شهرت و رواج رسیده‌اند. علت این تأخیر، پیچیدگی موجود در یافتن یک شی مشابه در هر دو تصویر به‌طور هم‌زمان می‌باشد. امروزه بینایی استریو نقش مهمی در بینایی کامپیوتر دارد. برای مثال ربات‌ها می‌توانند با استفاده از بینایی استریو فاصله بین خود و شیء موردنظر را تشخیص دهند.

در ادامه انواع سیستم سه‌بعدی بینایی که عبارت‌اند از: ۱- سیستم بینایی استریوی مبتنی بر دوربین، ۲- سیستم‌های صفحه نوری و ۳- سیستم‌های ثبت سه‌بعدی شرح داده‌شده اند.

۱. سیستم بینایی استریوی مبتنی بر دوربین

در این روش مختصات سه‌بعدی از نقاط قابل‌مشاهده بر روی سطح شی را می‌توان با استفاده از دو یا چند دوربین نصب‌شده در زوایای مختلف از قطعه، با انجام محاسبات تخصصی بر روی تصاویر، به دست آورد که بعد از پردازش این تصاویر در نرم افزارهای تخصصی، می‌توان موقعیت قطعه و تغییرات آن در محورهای X,Y,Z را به دست آورد و برای کاربردهای مختلف از این اطلاعات استفاده کرد.

۲. سیستم‌های صفحه‌ی نوری

یکی از روش‌های دیگر در سیستم‌های ماشین بینایی سه‌بعدی، استفاده از یک دوربین و یک سیستم لیزری می‌باشد.

در این روش که در بعضی مواقع به نام سیستم‌های ویژن و لیزر هم از آن‌ها یاد می‌شود یک پرتو لیزری به قطعه تابانده شده و سپس توسط دوربین‌های با رزولوشن و سرعت بالا، تصاویری از قطعه گرفته می‌شود که این دوربین‌ها می‌توانند بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ تصویر در ثانیه عکس‌برداری کنند. این تصاویر توسط نرم‌افزارهای خاص در کنار هم قرار داده می‌شوند و بعد از پردازش‌های خاص موقعیت قطعه و تغییرات آن در محورهای X,Y,Z را به دست می‌آید و برای کاربردهای مختلف از این اطلاعات استفاده می‌شود.

۳. سیستم‌های ثبت سه‌بعدی

یکی دیگر از روش‌های استفاده‌شده در صنعت با تکنولوژی ماشین بینایی سه‌بعدی، سیستم‌های ثبت سه‌بعدی(3D Registration) می‌باشند.

در این روش با استفاده از یک یا دو دوربین خاص و یک سیستم نورپردازی که به آن روشنایی الگو گفته می‌شود، استفاده می-شود در این سیستم‌ها، تصاویر در نورپردازی‌های مختلف توسط دوربین‌ها گرفته می‌شود که این تصاویر توسط نرم‌افزارهای خاص در کنار هم قرار داده می‌شوند و شکل سه‌بعدی قطعه را به صورت فایل‌های سه‌بعدی ترسیم می‌گردند.

RFID: Radio Frequency Identification

DGPS: Differential Global Positioning System

RTK-GPS: Real-Time Kinematic Global Positioning System

Sheet of Light:	صفحه نوری
3D Registration:	سیستم ثبت سه‌بعدی
Pattern lightning:	روشنایی الگو