نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

کاربرد بینایی استریو در ربات‌های هوشمند کشاورزی

الهام عمرانی[۱]، حسین موسی‌زاده[۲*]

۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران

ایمیل مکاتبه کننده: hmousazade@gmail.com

چکیده

امروزه در بسیاری از عملیات کشاورزی از ربات‌ها استفاده می‌شود. برای هدایت ربات‌های کشاورزی روش‌های مختلفی وجود دارد. در بین این سیستم‌های هدایت، سیستم های مبتنی بر بینایی ماشین از اهمیت ویژه ای برخوردارند. برای پیاده سازی سیستم‌های مبتنی بر بینایی ماشین می‌توان از دوربین‌های تک چشمی یا دوچشمی (بینایی استریو) استفاده کرد. در یک سیستم استریو با داشتن حداقل دو تصویر از یک صحنه، می‌توان به استخراج عمق پرداخت که این عمل برمبنای تطابق استریو انجام می‌شود. با بررسی تحقیقات انجام شده، کارایی روش بینایی استریو در حوزه‌ی کشاورزی به اثبات رسید.

واژه‌های کلیدی: ربات‌های کشاورزی، بینایی استریو، تمایز.

مقدمه

ربات‌های کشاورزی نقش اساسی 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 به‌نظر می‌رسد(Tanigakia et al., 2008). در سال‌های اخیر، پیشرفت تکنولوژی بسیاری از محققان را به توسعه وسایل نقلیه هوشمندتر و سازگار با شرایط مختلف تشویق کرده است. طراحی ربات‌های کشاورزی برای کار در محیط بیرون یک بحث چالش برانگیز است بدلیل اینکه در محیط کشاورزی، تغییرات شرایط آب و هوایی و تنوع پوشش گیاهی بسیار زیاد بوده و حرکت ربات را با مشکل مواجه می‌کند (Shalal et al., 2013).

در توسعه ربات‌های کشاورزی، ناوبری خودران یکی از مهم‌ترین موضوعات است. منظور از ناوبری، هدایت اتوماتیک و سالم در محیط‌های مختلف است(Henten et al., 2002). توانایی ربات ناوبری بر سیستم‌های حسگری پیچیده و الگوریتم‌های کنترل هوشمند متکی است. ربات باید قادر به تشخیص محیط اطراف در مرحله اول و سپس تجزیه و تحلیل و مدلسازی آن باشد که این‌کار مستلزم درک موقعیت وسیله نقلیه و دوری از موانعی مانند حیوان مرده یا زنده، شاخه‌های افتاده درختان و حصارهای موجود در باغ می باشد. بنابراین برای ناوبری ربات به یک سیستم تشخیص، نقشه برداری،

برآورد موقعیت، و ناوبری در اطراف هر شی نیاز خواهد بود(Tanigakia et al., Åstrand and Baerveldt, 2005 ; 2008).

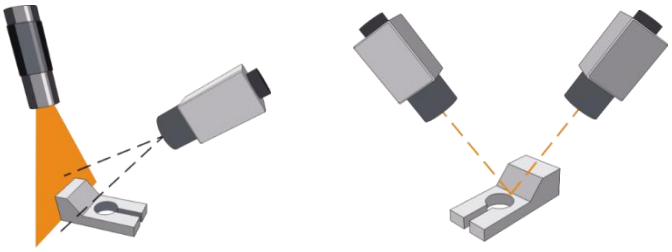
حسگرهای ناوبری اطلاعاتی درباره‌ی وضعیت (موقعیت، جهت، سرعت، و غیره) ربات و اشیاء موجود در محیط اطراف فراهم می‌کنند که بعضی از این حسگرها، موقعیت نسبی و بعضی دیگر موقعیت حقیقی ربات را نشان می‌دهند. حسگرهایی مانند سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS)، سیستم‌های مبتنی بر بینایی ماشین و اسکنر لیزر بعنوان سیستم‌های سنجش اصلی بکار می‌روند ولی حسگرهای فراصوتی و رادیویی (RFID[1]) کاربرد کمتری دارند. حسگرهای دیگری مانند سیستم اندازه گیری فاصله، واحد اندازه‌گیری اینرسی (IMU)، قطب‌نمای دیجیتال، و ژیروسکوپ به طور معمول به عنوان حسگر ثانویه برای تکمیل حسگرهای اولیه استفاده می‌شوند(Shalal et al., 2013).

انواع روش‌های بینایی سه‌بعدی

سیستم بینایی استریوی مبتنی بر دوربین

این روش معمول‌ترین روش ایجاد سیستم‌های بینایی استریو است که در آن حداقل دو دوربین برای تولید بینایی استریو لازم است. شکل ۱-الف سیستم بینایی استریوی دوچشمی (دو دوربینه) را نشان می‌دهد(Hartley and Zisserman, 2003).

در این روش مختصات سه بعدی از نقاط قابل مشاهده بر روی سطح شی را می‌توان با استفاده از دو یا چند دوربین نصب شده در زوایای مختلف از قطعه، با انجام محاسبات تخصصی بر روی تصاویر، به‌دست آورد که بعد از پردازش این تصاویر در نرم افزارهای تخصصی، می‌توان موقعیت قطعه و تغییرات آن در محورهای **X,Y,Z** را بدست آورد و برای کاربردهای مختلف از این اطلاعات استفاده نمود.



(ب) (الف)

شکل **1**: الف) سیستم بینایی استریوی مبتنی بر دوربین، ب) سیستم بینایی سه‌بعدی مبتنی بر لیزر و دوربین
سیستم‌های سه‌بعدی مبتنی بر لیزر و دوربین

[1] Radio Frequency Identification

یکی از روش‌های دیگر در سیستم‌های ماشین‌بینایی سه‌بعدی، استفاده از یک دوربین و یک سیستم لیزری می‌باشد(Mousazadeh, 2013) که اصول کار این روش در شکل ۱-ب آمده است.

در این روش که در بعضی مواقع به نام سیستم‌های ویژن[۲] و لیزر هم از آن‌ها یاد می‌شود یک پرتو لیزری به قطعه تابانده شده و سپس توسط دوربین‌های با رزولیشن و سرعت بالا، تصاویری از قطعه گرفته می‌شود که این دوربین‌ها می‌توانند بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ تصویر در ثانیه عکس‌برداری کنند. این تصاویر توسط نرم افزار های خاص در کنار هم قرار داده می‌شوند و بعد از پردازش‌های خاص، موقعیت قطعه و تغییرات آن در محورهای X,Y,Z بدست می‌آید و برای کاربردهای مختلف از این اطلاعات استفاده می‌شود.

همانطور که در بالا نیز اشاره شد برای ناوبری ربات‌های کشاورزی از حسگرهای مختلفی می‌توان بهره گرفت که هرکدام مزایا و معایبی دارند. لذا هدف از این تحقیق بررسی کاربرد بینایی استریو در ربات‌های هوشمند کشاورزی و مطالعه‌ی مزایا و معایب این روش می‌باشد.

اصول سیستم‌های استریو

ماشین بینایی در دو حوزه ی تصویربرداری با دوربین های تک چشمی و دو چشمی قابل بررسی می‌باشد. ماشین بینایی تک چشمی حدود سی سال است که در علوم مختلف مورد استفاده قرار گرفته است در حالیکه فقط در طول ده سال اخیر بوده است که حسگرهای استریو به درجه مطلوبی از شهرت و رواج رسیده‌اند. علت این تاخیر، پیچیدگی موجود در یافتن یک شی مشابه در هر دو تصویر به طور همزمان می‌باشد. امروزه بینایی استریو نقش مهمی در بینایی کامپیوتر دارد. برای مثال ربات‌ها می‌توانند با استفاده از بینایی استریو فاصله بین خود و شی موردنظر را تشخیص دهند(Más et al., 2010).

بینایی استریوسکوپیک از مجموعه‌ای از الگوریتم‌ها جهت تطبیق چند تصویر از یک نمای مشخص و واحد و تبدیل آن به یک تصویر ویژه تشکیل شده است. به عبارت دیگر، بینایی استریوسکوپیک فرایندی در ادراک بینایی است که منجر به درک عمق تصاویر می شود. اصول حاکم بر بینایی استریو در بینایی کامپیوتر همانند اصول حاکم بر بینایی چشم انسان است. برای ایجاد یک بینایی استریو نیاز به دو دوربین و یک عدد کامپیوتر خواهد بود که دوربین‌ها جایگزین چشم‌ها و کامپیوتر جایگزین مغز انسان شود. سرعت در فرایندهای زمان واقعی بینایی استریو عامل بسیار مهمی می‌باشد. دو روش برای افزایش سرعت بینایی استریو وجود دارد که اولی استفاده از سخت‌افزارهای با سرعت بالا و دیگری استفاده از الگوریتم‌های موازی در بینایی تصویر است. بدلیل اینکه ساخت سخت‌افزارهای با سرعت بالا هزینه زیادی دارد، معمولا برای افزایش سرعت بینایی استریو از روش الگوریتم‌های موازی[۳] استفاده می شود(Shalal et al., 2013).

[2] Vision
[3] Parallel algorithms

در سیستم‌های بینایی استریو معمولی دو عدد دوربین به صورت افقی در کنار هم قرار می‌گیرند تا از یک صحنه دو تصویر متفاوت به‌دست آید. با مقایسه‌ی این دو تصویر و محاسبه تصویر تمایز[4]، عمق تصویر بدست می‌آید. برای ایجاد بینایی استریو چهار گام اساسی وجود دارند: تنظیمات محیط اطراف[5]، کالیبره کردن دوربین، یافتن تشابهات و محاسبه عمق.

تنظیمات محیط اطراف

همانطور که قبلا نیز اشاره شد، برای داشتن بینایی استریو، وجود دو دوربین و یک کامپیوتر ضروری است. دراین راستا متغیرهایی مانند فاصله دو دوربین ازهم و فاصله و زاویه اشیا از دوربین‌ها باید تعیین شوند(Más et al., 2010).

کالیبراسیون دوربین

برای تولید تصاویر و تنظیمات دوربین‌ها، باید سه اصل مهم را در نظر گرفت پیش زمینه، پس زمینه و نقطه صفر. پیش زمینه، المان‌ها و موضوعاتی هستند که بیننده قرار است آن‌ها را جلوتر از موضوعات پس زمینه مشاهده کند. نقطه صفر یا منطقه پیش فرض، محلی است که موضوعات فاصله مناسب و عادی از چشم بیننده دارند. معمولا برای کالیبره کردن دوربین از تخته شطرنج استفاده می‌شود. برای انجام این عمل اول باید لبه‌ها تشخیص داده شوند و سپس خطوط مستقیم بر روی لبه‌های مربوطه منطبق شده و از روی خطوط متقاطع، گوشه‌های تصویر بدست آید که در نهایت با مطابقت دادن نقاط بدست آمده می توان تصویر سه‌بعدی را معلوم کرد.

یافتن تشابهات (تطابق)

یافتن تطابق به معنی یکی کردن (در هم آمیختن) نقاط در دو تصویر اولیه به منظور ایجاد تصویر سه بعدی است. در شکل۲ نمونه ای از یک سیستم استریو و نحوه‌ی قرارگیری دوربین‌ها نشان داده شده است و همانطور که در قبل نیز ذکر شد، برای بدست آوردن اطلاعات عمق یا تصویر تمایز[6]، به دو تصویر از یک صحنه احتیاج داریم. در شکل ٤ نیز دو نقطه ی O و O_r جایگاه دو دوربین استریو در صحنه را نشان می‌دهند. فاصله این دو نقطه در سیستم‌های استریوی مختلف، متفاوت است و تحت عنوان خط مبنا شناخته می‌شود. در شکل ۲ نقطه‌ی P نقطه‌ای روی مختصات جهانی است و تصویر آن در دوربین-های چپ و راست به ترتیب P_r و P_l می‌باشد. از روی روابط هندسی موجود در شکل، می‌توان روابط زیر را استخراج نمود.

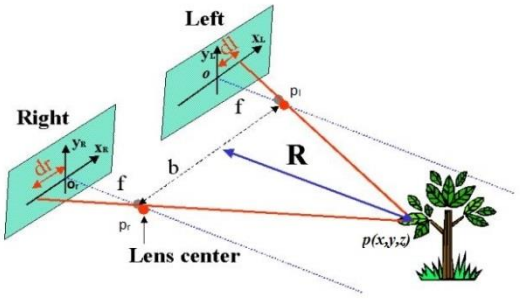
$$x_{pl} = \frac{f}{R}X, \quad x_{pr} = \frac{f}{R}(X-b)$$
$$y_{pl} = y_{pr} = \frac{f}{R}Y \qquad (۱)$$

[4] Disparity
[5] Set up the environment
[6] Disparity

طبق معادله ۱، مقدار y برای دو تصویر چپ و راست یکسان می‌باشد. برای بدست آوردن مقدار تمایز می‌توان از معادله‌ی ۲ استفاده کرد. در این روابط f فاصله کانونی لنز دوربین‌ها و b خط مبنا می‌باشد.

$$d = dr - dl = x_{pl} - x_{pr} = \frac{f}{R}(b) \qquad (۲)$$

مقدار $dr - dl$ تمایز نامیده شده و با d نشان داده می‌شود.



شکل 2 هندسه سیستم استریو

محاسبه عمق[7] تصویر(مثلث بندی)

موقعیت دوربین‌ها، میزان چرخش و زاویه دید در تعریف فضای سه بعدی اهمیت دارند. پس اگر زاویه دوربین‌ها و فاصله آن‌ها از یکدیگر را تغییر دهید، عمق میدان متفاوتی بدست می‌آید و مختصات فضای سه بعدی تغییر خواهد کرد. در حقیقت اختلاف زاویه دید دو دوربین باعث ایجاد مختصات سه بعدی صحنه می‌شود. دانستن اینکه چگونه زاویه‌بندی دوربین‌ها را انجام دهیم به کاربران کمک خواهد کرد تا بتوانند مختصات دوربین‌ها و محل و زاویه چرخش آن‌ها را کالیبره کنند تا عمق صحنه و مختصات فضای سه‌بعدی به‌درستی تولید شود. بنابراین، می‌توان عمق هر نقطه را با توجه به مقدار تمایز آن با توجه به معادله ۳ بدست آورد:

$$d = dr - dl = \frac{f}{R}(b) \rightarrow R = \frac{f}{d}b \qquad (۳)$$

لذا عمق نقطه(R) متناسب با عکس تمایز می‌باشد.

کاربرد بینایی استریو در کشاورزی

از موارد کاربرد بینایی استریو در حوزه‌ی کشاورزی می‌توان به مسیریابی ربات کشاورزی در بین ردیف محصولات و تشخیص موانع موجود در مسیر ربات، مشاهده‌ی شرایط رشد محصول، ادراک ویژگی‌های فیزیکی مانند ارتفاع پوشش گیاهی و مکان‌یابی میوه‌ها روی درختان و بوته‌ها اشاره کرد.

[7] Depth

محققان زیادی از حسگرهای بینایی مختلف به‌منظور مسیریابی ربات در بین ردیف محصولات کشاورزی استفاده کرده‌اند. آن‌ها به طور اساسی بر روی تکنیک‌های طبقه‌بندی مختلف تصویر برای استخراج اطلاعات مسیریابی در بین ردیف‌ها تمرکز کرده‌اند. بیلینگسلی[8] و اسکونفیش[9] (۱۹۹۷) یک سیستم هدایت مبتنی بر بینایی که به وجود علف‌های هرز حساس نبود، ارائه دادند. در ادامه، الگوریتم ارائه شده بمنظور کاهش زمان پردازش و انتخاب بهترین مسیر برای ردیف محصولات توسعه داده شد(Billingsley and Schoenfisch, 1997). هان[10] و همکاران (۲۰۰٤) ردیف محصول را با استفاده از روش خوشه بندی k–میانگین تشخیص دادند که با استفاده از این روش، تراکتور قادر به حرکت در مسیرهای مستقیم و انحنادار بود(Han et al., 2004). بنسن[11] و همکاران (۲۰۰۳) مسیر حرکت را با استفاده از روش‌های مبتنی بر هیستوگرام و لبه‌یابی ردیف، تشخیص دادند(Benson et al., 2003). گوتسچاک[12] و همکاران (۲۰۱۰) ترکیبی از روش‌های مبتنی بر هیستوگرام، تابع حد آستانه، و توابع مورفولوژیکی را برای تشخیص ردیف و موقعیت ربات استفاده کردند(Gottschalk et al., 2010). اریکسون[13] و آسترند[14] از روش‌های تبدیل هاف و لبه‌یابی برای تشخیص ردیف‌های موازی استفاده کردند. آن‌ها یک روش لبه‌یابی جدید برای پیداکردن خطوط و مستطیل‌های بیشتر در تصویر ارائه دادند(Ericson and Astrand, 2010). دینگ[15] و همکاران (۲۰۱۱) یک الگوریتم جدید برای تشخیص محل گندم درو شده از درو نشده ارائه دادند. این الگوریتم دو پارامتر کنترلی مهم، زاویه مسیر حرکت ناوبری و موقعیت جانبی را محاسبه می‌کند(Ding et al., 2011). تررسوسپدرا[16] و نبت[17] (۲۰۱۱) از الگوریتم مرکب تبدیل هاف و لبه‌یابی برای مسیریابی در بین درختان میوه استفاده کردند(Torres-Sospedra and Nebot, 2011). در تحقیق انجام شده توسط جیانگ[18] و همکاران (۲۰۱۱)، خوشه بندی مبتنی بر ادراک رنگ و پردازش تصویر مورفوژیکی برای استخراج مسیر، و روش برازش منحنی حداقل مربعات برای به دست آوردن مسیر ناوبری مطلوب استفاده شد(Jiang, 2011). لولیو[19] و همکاران (۲۰۱۲) از الگوریتم JSEC و شبکه عصبی مصنوعی برای استخراج و دسته‌بندی محیط‌های کشاورزی استفاده کردند. تقیسم‌بندی با روشJSEG شامل سه مرحله است: تعیین میزان رنگ محیط، نرخ (سرعت) نمایش تصاویر، ادغام نواحی دارای میزان رنگ مشابه(Lulio et al., 2012).

[8] Billingsley
[9] Schoenfisch
[10] Han
[11] Bensen
[12] Gottschalk
[13] Ericson
[14] Astrand
[15] Ding
[16] Torresospedra
[17] Nebot
[18] Jiang
[19] Lulio

یانگ[20] و نوگوچی[21] (۲۰۱۱) تراکتور اتوماتیک را به یک سیستم بینایی استریوی شش دوربینه مجهز کردند که این سیستم قادر به پایش دور تا دور تراکتور بود و می‌توانست فاصله تراکتور از انسان را تشخیص دهد. برای این منظور از روش تشخیص جریان نوری لوکاس–کاناده[22] استفاده شد. برای برآورد دقت سیستم از سیستم موقعیت یابی جهانی زمان واقعی[23] استفاده شد. نتایج نشان داد که میزان خطای این روش در مقایسه با روش موقعیت یاب جهانی زمان واقعی، کمتر از نیم متر است(Yang and Noguchi, 2012).

اومدا[24] و همکاران (۱۹۹۹) یک ماشین برداشت هندوانه که بر اساس بینایی استریو موقعیت هندوانه را تشخیص می‌نمود، طراحی کردند(Umeda et al., 1999). ون هن‌تن[25] و همکاران (۲۰۰۲) یک ماشین برداشت خیار در گلخانه را طراحی کردند. این ماشین دارای دو دوربین بود که در دو طیف متفاوت ۸۵۰ و ۹۷۰ نانومتر تصویربرداری می‌نمود. محققان دریافتند که بازتاب نور از برگ‌ها در هر دو طیف یکسان است ولی در طیف ۸۵۰ نانومتر انعکاس نور از محصول خیار بیشتر است. باتوجه به این اختلاف میان دو تصویر، محصول تشخیص داده می‌شد و در پایان موقعیت محصول توسط یک سیستم با ۷ درجه آزادی برداشت می‌گردید(Henten et al., 2002). یک ماشین برداشت گیلاس توسط تانیگاکی[26] و همکاران (۲۰۰۸) طراحی و ساخته شد. این ماشین برای تشخیص محصول و موقعیت آن از دو اسکنر لیزری، که یکی از اسکنرها از لیزر مادون قرمز، که بازتاب این شعاع لیزر از شاخ و برگ گیاه و میوه آن یکسان بود، استفاده می‌کرد و دیگری از لیزر قرمز که فقط از میوه گیلاس بازتاب می‌شد، استفاده می‌نمود. به این ترتیب دو تصویر سه بعدی بدست می‌آمد که با توجه به اختلاف آن‌دو، موقعیت محصول توسط یک سیستم با چهار درجه آزادی برداشت می‌گردید(Tanigakia et al., 2008). کهن (۱۳۹۰) یک سیستم بینایی استریو برای برداشت گل‌محمدی ارائه داد. دراین تحقیق یک سیستم با چهار درجه آزادی طراحی و ساخته شد. برای هدایت دستگاه نیز از یک سیستم کنترلی که توسط کابل USB به رایانه متصل می‌گردید، استفاده شد. درپایان بهترین فاصله برای فاصله دوربین‌ها (خط مبنا) ۱۰۰ میلی‌متر و برای فاصله گل تا دوربین ۵۰۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر گزارش شد(کهن, ۱۳۹۰).کیتاموورا[27](۲۰۰۵) یک ربات برای تشخیص و برداشت فلفل شیرین طراحی کرد(Kitamura and Oka, 2005).

نتیجه‌گیری

امروزه حسگرهای بینایی بدلیل مقرون به صرفه بودن و توانایی انتقال اطلاعات زیاد در واحد زمان بطور وسیعی در ناوبری ربات‌های کشاورزی استفاده می‌شوند. در سیستم ناوبری، از هر دو روش بینایی دو بعدی و سه‌بعدی (بینایی استریو)

[20] Yang
[21] Noguchi
[22] Lucas–Kanade
[23] RTK-GPS
[24] Umeda
[25] Van Henten
[26] Tanigaki
[27] Kitamura

استفاده می‌شود. به‌طور کلی می‌توان از بررسی تحقیقات انجام شده به این نتیجه رسید که بینایی استریو در حوزه‌ی کشاورزی در چهار زمینه‌ی مسیریابی ربات کشاورزی، تشخیص موانع موجود در مسیر ربات، مشاهده‌ی ویژگی‌های فیزیکی محصولات و مکان‌یابی محصولات روی درختان و بوته‌ها کاربرد دارد. همانطور که در متن مقاله هم مشاهده شد، بینایی استریو در بسیاری از زمینه‌ها مثل ربات‌های کشاورزی کارایی خود را اثبات کرده است.

منابع

۱. کهن, آ. (۱۳۹۰). طراحی، ساخت و ارزیابی ماشین هوشمند برداشت رزداماسینا, دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

2. Åstrand, B. and A. Baerveldt (2005). " A vision based row-following system for agricultural field machinery." Mechatronics **15**: 251-269**.**
3. Benson, E., J. Reid and Q. Zhang (2003). "Machine vision-based guidance system for agricultural grain harvesters using cut-edge detection." Biosystems Engineering **86**: 389-398**.**
4. Billingsley, J. and M. Schoenfisch (1997). "The successful development of a vision guidance system for agriculture." Computers and Electronics in Agriculture **16**: 147**.۱۶۳-**
5. Ding, Y., D. Chen and S. Wang (2011). "The mature wheat cut and uncut edge detection method based on wavelet image rotation and projection." African Journal of Agricultural Research **6**: 2609-2616**.**
6. Ericson, S. and B. Astrand (2010). "Row-detection on an agricultural field using omnidirectional camera." IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS): 4982-4987**.**
7. Gottschalk, R., X. P. Burgos-Artizzu, A. Ribeiro and G. Pajares (2010). "Real-time image processing for the guidance of a small agricultural field inspection vehicle." International journal of intelligent systems technologies and applications **8**: 434-443**.**
8. Han, S., Q. Zhang, B. Ni and J. Reid (2004). "A guidance directrix approach to vision-based vehicle guidance systems." Computers and Electronics in Agriculture **43**: 179-195**.**
9. Hartley, R. and A. Zisserman (2003). Multiple View Geometry in Computer Vision. PUBLISHED BY THE PRESS SYNDICATE OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE
10. Henten, E. J. V., J. Hemming, B. A. J. V. Tuijl, J. G. Kornet, J.Meuleman, J.Bontsema and E. A. V. Os (2002). " An autonomous robot for harvesting cucumbers in greenhouse." Autonomous Robots **13**: 241-258**.**
11. Jiang, H., Xiao, Y., Zhang, Y., Wang, X. & Tai, H. (). , , (2011). "Curve path detection of unstructured roads for the outdoor robot navigation." Mathematical and Computer Modelling**.**
12. Kitamura, S. and K. Oka (2005). Recognition and cutting system of sweet pepper for picking robot in greenhouse horticulture. Mechatronics and Automation, 2005 IEEE International Conference**.**
13. Lulio, L., M. Tronco and A. J. Porto, , p. . (2012). Cognitive-merged Statistical Pattern Recognition Method for Image Processing in Mobile Robot Navigation. Proceedings of the 2012 Brazilian Robotics Symposium and Latin American Robotics Symposium IEEE. Brazil**:** 279-283**.**
14. Más, F. R., A. C. Hansen and Q. Zhang (2010). Mechatronics and Intelligent Systems for Off-road Vehicles, British Library Cataloguing**.**
15. Mousazadeh, H. (2013). "A technical review on navigation systems of agricultural autonomous off-road vehicles." Journal of Terramechanics **50**(3): 211-232**.**
16. Shalal, N., T. L. McCarthy and N. Hancock (2013). a review of autonomous navigation systems in agricultural environments. SEAg 2013: Innovative Agricultural Technologies for a Sustainable Future. Barton, Western Australia**.**

17. Tanigakia, K., T. Fujiuraa, A. Akaseb and J. Magawa (2008**" .(**Cherry-harvesting robot." Computers and Electronics in Agriculture **63**: 65-72**.**
18. Torres-Sospedra, J. and P. Nebot (2011). "A new approach to visual-based sensory system for navigation into orange groves." Sensors **11**: 4086-4103**.**
19. Umeda, M., S. Kubota and M. lida (1999). " Development of "STORK", a watermelon-harvesting robot." Artif Life Robotics **3**: 143-147**.**
20. Yang, L. and N. Noguchi (2012). "Human detection for a robot tractor using omni-directional stereo vision." Computers and Electronics in Agriculture **89**(0): 116-125**.**

Application of Stereo Vision In Intelligent Agricultural Robots

Abstract

Todays, robots are used in many agricultural operations. There are many methods to guide agricultural robots. Among these guidance systems, machine vision-based systems have the special importance. Machine vision systems can be used in 2D or 3D systems. In a 3D systems, depth of the scene can be extract using stereo matching results. By the review of researches, application of stereo vision method was proved in the field of agriculture

Keywords: agricultural robots, stereo vision, disparity.