Archive of SID

نقش پرنده های بدون سرنشین مجهز به حسگرهای سنجش از دور در کشاورزی دقیق

قدرت الله ریاضی[۱]، ایمان شیردره[۲]،علیرضا ریاضی[۳]

۱- عضو بازنشسته هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مکاترونیک و عضو هیئت مدیره شرکت رهنوردان هلیای آسمان (رها)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا و عضو هیئت مدیره شرکت رهنوردان هلیای آسمان (رها)

riazih@yahoo.com

چکیده

مقاله حاضر در خصوص بررسی نحوه کاربرد فن آوری پرنده های بدون سرنشین مجهز به حسگرها در افزایش سیستم های ایمنی حفاظتی گیاهان می باشد. تمرکز مقاله بر روی واقعیت سنجی قابلیت این پرنده ها و حسگرهای مربوطه در جمع آوری اطلاعات درون مزرعه ای و تشخیص و رصد کردن تنش هائی است که محصول های کشاورزی را تهدید میکند. مقاله، ترکیبی از تجربیات بدست آمده از کارهای اجرائی شرکت رهنوردان هلیای آسمان (رها) (سهامی خاص) و نتایج کالیبره کردن حسگرهای کم وزن و قابل حمل در قالب پلت فورم های مختلف توسط سایر محققین خارجی، بمنظور رسیدن به مدیریت و بهره برداری دقیق و سریع در بخش کشاورزی می باشد. سیستم های حاضر شامل پرنده های بدون سرنشین (پهپاد) و یا عمود پرواز (مولتی روتور) مجهز به دوربین های حرفه ای می باشند که قادرند یک مزرعه و یا عرصه ای از منابع طبیعی و محیط زیست را بطور مرتب رصد کنند. با این سامانه ها می توان علاوه بر تشخیص آسیب های وارده به گیاهان به دلیل استرس کم آبی و یا تغذیه ناصحیح و عوارض ناشی از بروز آفات و بیماری های گیاهی، سایر خصوصیات محصولات در یک منطقه را بررسی نمود. برندهای شرکت رها، دارای یک ساختار کاملا خود تنظیم و ناوبری قدرتمند برای نقطه زنی توسط جی. پی. اس.، بکار گرفته در آن ها می باشد، بطوریکه میتوانند بارها در یک مسیر مشخص پرواز نمایند. اطلاعات اولیه بدست آمده از این سامانه ها بیانگر تشخیص گیاهان تحت استرس نسبت به درختان سالم در یک مزرعه، جنگل و یا باغ میوه می باشد.

کلمات کلیدی: پرنده بدون سرنشین، سامانه، تنش های گیاهی، حسگر(سنسور)، شرکت رها

مقدمه

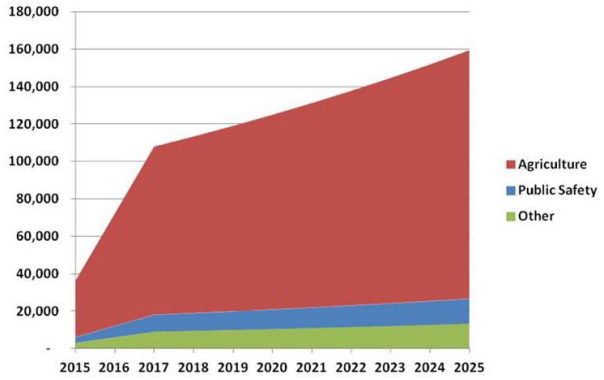
نگاه دقیق و آسیب شناسانه به شیوه های رایج کشاورزی سنتی محرکی خواهد بود تا متخصصین و کارشناسان و مسئولین امر را بر آن دارد تا با استفاده از فن آوری های جدید نهضت کشاورزی دقیق را برای استفاده حداقل از نهاده ها و افزایش بهره وری در دستور کار خود قرار دهند، چرا که ادامه این وضعیت، مدیریت در بخش کشاورزی را دچار معضل اساسی نموده و سرمایه های مملکت عمدتا صرف واردات مواد غذائی و حتی خرید آب از کشورهای دیگر خواهد شد. به همین خاطر تبیین سیستم ایمنی حفاظتی محصولات، اولویت خاص پیدا کرده و ابزاری ارزشمند در کشاورزی دقیق به شمار می رود.

www.SID.ir

Archive of SID

مسائل مختلفی در طول دوره کشت یک محصول از قبیل آبیاری تا کود دهی و بروز آفات و سمپاشی و برداشت محصول ممکن است پیش آید که بعضی از آنها به عنوان تهدیدی برای سرمایه کشاورز می باشد. جلوگیری و یا کاهش این تهدیدها احتیاج به مدیریتی دارد که دائما با استفاده از بهترین و آسان ترین فن آوری ها محصول مورد نظر را مورد رصد و بررسی قرار داده و از خسارت های گسترده جلوگیری نماید.جمع آوری اطلاعات بصورت آنلاین و سریع می تواند برای تشخیص به موقع و پیشگیری از این خسارات بسیار موثر واقع شود.

اخیرا دنیا شاهد ظهور پرنده های بدون سرنشین هدایت پذیر از دور و کم هزینه ای (پهپاد) و نوع دیگر آن به نام عمود پروازها، به عنوان سامانه های دارای حسگر می باشد که برای مصارف مختلف طراحی شده است. موارد کاربرد ایمنی حفاظتی گیاهان این سامانه ها شامل نمونه برداری از اسپر قارچ های پاتوژن (Schmale III *et. al*., 2008., Gonzalez. *et. al*., 2011., Aylor *et. al*., 2011)، شناسائی علف های هرز(Ecosure. 2009)، نقشه برداری مراتع (Mcgwire, et. al., 2013., Laliberte & Erskine, 2012., Kelcery & Lucieer, 2012., Suarez, *et. al*., 2010) و تشخیص تنش آبی (Suarez *et. al*., 2010., Sullivan *et. al*., 2007, Feldhof *et. al*., 2008) و موارد مربوط به اندازه گیری پوشش گیاهی (Rango *et., al*. 2006) می باشد.



شکل۱- تخمین میزان فروش سیستم های پرنده از نوع عمود پرواز در سال های آینده

مزیت اصلی این سامانه ها بر سایر سیستم های تصویر برداری فضائی از جمله ماهواره، قابلیت جمع آوری تصاویر در یک بازه زمانی مورد نظر، با هزینه کمتر و وضوح و شفافیت بالاتر است. این سیستم برای تصویر برداری از مزارع و عرصه های کوچک تا متوسط بسیار مناسب بوده و بطور کلی می تواند در موارد زیر مورد استفاده قرار گیرد:

۱) اسکوتینگ محصول: برای تشخیص تنش و بیماری در گیاهان و نمایی از خسارت ناشی از آفات گیاهی، ۲) نوع خاک:تصاویر خاک های بدون پوشش اگر در زمان مناسب برداشت شود برای تشخیص نوع آن کارساز می باشد. ۳) طرح های آبیاری و زهکشی:عکس های هوایی پیوسته و چند لایه می تواند برای تشخیص مسائل و مشکلات آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار گیرد. ۴) تخمین ارزیابی میزان محصول:برای یکسری محصولات بخصوص،این امکان وجود دارد تا با تهیه عکس هایی با قدرت وضوح بالا، و پردازش تصاویر تخمین خوبی از میزان تولید و ارزیابی عملکرد داشته باشیم.

مواد و روشها

۱- سامانه های حامل حسگر

۱-۱- سامانه مجهز به حسگر دیجیتالی

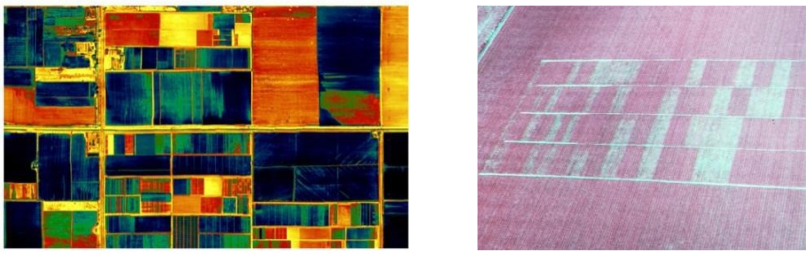
www.SID.ir

Archive of SID

تصاویر قابل مشاهده با استفاده از دوربین های معمولی دیجیتالی می توانند به عنوان یک ابزار قابل جایگزین سیستم های چند لایه ای طیفی مطرح باشند، اما این ابزار دارای شفافیت طیفی کمتر می باشند.آنها قادر به اندازه گیری شدت نور در سه کانال از جمله نور قرمز، سبز و آبی (RGB) می باشند و ممکن است تنها قادر به تشخیص بیماری ها در مراحل توسعه یافته باشند و نمی توانند در خصوص تشخیص اولیه بیماری ها بطور معنی داری نقش داشته باشند.

۱-۲- سامانه مجهز به حسگر چند طیفی یا چند لایه ای

تصاویر چند طیفی اطلاعات فشرده ای در یک سطح پیکسل ۱ تا ۶ باندی باریک طول موج که اغلب غیر پیوسته بوده و غیر همپوشان می باشند را، ارائه می دهند. این تصویر با چند دوربین و یا ترکیبی از چند فیلتر باند باریک، بر روی یک دوربین بدست می آید (Max, 2013). بکارگیری این نوع دوربین ممکن است دارای زمان های برداشت تصویر سریعتر باشد که خود باعث آسان تر نمودن نقشه و ارزیابی این تصاویر می شود. عیب این روش آن است که تنها یک طیف منطقه ای می بایست مورد هدف قرار گیرد، چرا که رصد کردن چندین طیف نیاز به دوربین های متعدد دارد که از توان حمل چنین پلت فورمهای کوچک خارج است. در بسیاری از موارد،فیلترها ممکن است توسط کاربر و در یک موضوع بخصوص جایگزین شوند.این در واقع دوربین را قادر خواهد ساخت تا از شرایط یک بیماری بخصوص عکسبرداری نماید.



شکل ۲- تصاویر دوربین های حرارتی از یک مزرعه گندم تحت تاثیر آفت شته در سمت راست و مزرعه دچار تنش خشکی در سمت چپ (لکه های زرد و قرمز بیانگر شدت تنش است)

۱-۳- سامانه مجهز به چند حسگر :

سامانه دیگر استفاده شده (Ehsani. *et al*., 2014)، مجهز به حسگرهای حساس به نورهای مختلف و در قالب پلت فورم .M.R.R.S، (مولتی روتور دارای حسگر کنترل از دور) می باشد. حسگر اول اطلاعات مربوط به باندهای سبز، قرمز و نزدیک به نور مادون قرمز را در یک طیف الکترو مغناطیس تهیه می نماید که به نوبت خود می تواند در استخراج اطلاعات برای ضریب رویشی عادی شده و ضریب رویشی سازگار شده با خاک (SAVI) و نسبت NIR به سبز با اندازه تصویر۱۵۳۶در ۲۰۴۸ مورد استفاده قرار گیرد.حسگر دوم دنسبت به ۶ طیف ناحیه ای حساس بوده و می تواند تصاویری با قدرت وضوح ۱/۳ مگاپیکسل با اندازه ۱۰۲۴ در ۱۲۸۰ را تهیه نماید. حسگر سوم حرارتی بوده که به طول موج نور مادون قرمز حساس می باشد (۷/۵ تا ۱۳/۵ میکرومتر) و اندازه تصویر آن ۵۱۲ در۶۴۰ می باشد. نمونه ای از تصویر بر مبنای باندهای حرارتی در شکل ۳ آمده است.

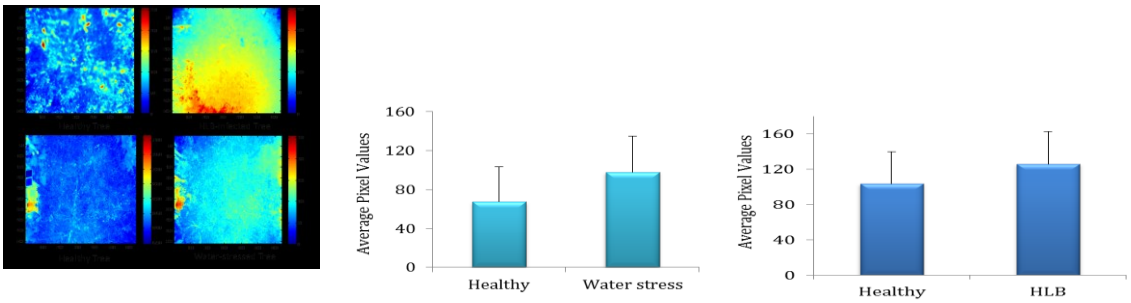
www.SID.ir

Archive of SID

جمع آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل آنها

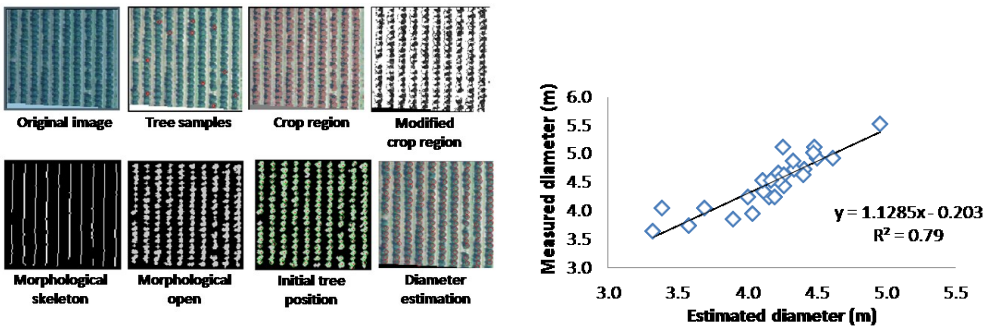
برای جمع آوری اطلاعات از گیاهان سالم و آنهایی که متاثر از استرس کم آبی بودند و یا درختانی که دچار نوعی بیماری به نام هوانگ لونگ بین شده بودند از حسگر نزدیک به ماورا قرمز و حرارتی،استفاده شد. اطلاعات منعکس شده از سطح پوششی درختان با هم مقایسه و فرایند پردازش تصویر بصورت دستی و الکترونیکی برای تشخیص نمونه ای از درختان تحت تاثیر، به دور از تغییرات توارثی انجام شد(Ehsani *et al*., 2014).

از تصاویر حاصل از حسگرها همچنین می توان برای تشخیص نوع محصول استفاده و با تخمین حجم و تراکم محصول، با دقت بیشتری برای تولید برنامه ریزی کرد. بعلاوه کاربرد مواد شیمیائی از جمله کودها و میزان آبیاری مورد نیاز هم به این ترتیب مشخص می شود که در مجموع باعث کاهش معنی دار هزینه تولید و کم شدن آلودگی زیست محیطی خواهد شد.



شکل۳- تصاویر حرارتی مقادیر پیکسل در درختان آلوده به نوعی بیماری HLB و درختان مرکبات تحت استرس کم آبی و مقایسه انعکاسی آنها با درختان سالم

شکل ۴ خلاصه ای از نحوه محاسبه تخمین قطر یک درخت مرکبات با استفاده از فرآیند پردازش تصاویر تهیه شده با حسگر نصب شده بر روی سامانه .M.R.R.S و رابطه بین مقادیر تخمینی و واقعی برداشت شده را نشان می دهد.



شکل۴- تخمین قطر درخت مرکبات با استفاده از فرآیند تصاویر اکتسابی از دوربین های عمود پروازها

www.SID.ir

Archive of SID

۲- پرنده های بدون سرنشین ایرانی، سامانه ای مناسب جهت نصب حسگرها

شرکت رها و برخی محققین دانشگاه شیراز در طول چند سال فعالیت خود اقدام به طراحی چند وسیله پروازی از جمله هواپیماهای بدون سرنشین سروش و رها (جدول ۱) و چندین عمود پرواز (مولتی روتور) به نام های RQ (رها کوادراتود)، RH (رها هگزا روتور) و RO (رها اُکتا روتور) کرده اند که بترتیب دارای ۴، ۶ و ۸ موتور پر قدرت می باشند (جدول ۱). از جمله حسگرهای به کار رفته در این پرنده ها می توان به مواردی همچون شتاب سنج ها و جایروسکوپ های سه محوره، بارومتر یا ارتفاع سنج، قطب نما و سنسور جی پی اس اشاره کرد، که با پردازش اطلاعاتی همچون سرعت و شتاب زاویه ای و تخمین زاویه و استفاده از داده های ارتفاع و موقعیت سعی در حفظ پایداری و موقعیت خود می نماید.

جدول ۱- مقایسه سامانه های بدون سرنشین جهت انجام ماموریت های کشاورزی دقیق

هواپیما	سال تست	سیستم اتوپایلوت	وزن قابل حمل (کیلوگرم)	سرعت کروز (کیلومتر بر ساعت)	مداومت پرواز (دقیقه)
Cybereye 2	-	کاملا خودکار	۲۰	۹۰-۱۰۰	۶۰۰
Crop cam	۲۰۰۸	نیمه خودکار	-	۶۰	۵۵
ها	۲۰۱۲	نیمه خودکار	۱	۹۰	۶۰
ش	۲۰۱۳	نیمه خودکار	۲	۸۰-۱۰۰	۱۲۰
عمود پرواز					
Md4-200	۲۰۰۸	-	۰/۲	-	۲۰
رها کوادروتور	۲۰۱۳	نیمه خودکار	۰/۲	-	۲۰
رها هگزاروتور	۲۰۱۳	نیمه خودکار	۰/۴	-	۳۰

www.SID.ir

Archive of SID

این سامانه ها قادرند علاوه بر وزن خود معادل ۲ تا ۳ کیلوگرم بار را نیز حمل نمایند و تصاویری با قدرت وضوح ۴ برابر بیشتر از Full HD تهیه نمایند. از اطلاعات این نوع تصاویر RGB همزمان با پردازش تصویر می توان به مسائل مهمی از جمله تشخیص تراکم گونه های گیاهی، تشخیص آفات و امراض در ناحیه طول موج های بینایی و غیر بینائی بهره برد. یکی دیگر از مزایای این نوع سامانه ها حفظ مسیر های پیشین و انجام پرواز در فصول مختلف (و زمان های مختلف رشد گیاه) درست در همان مسیر قبلی است. نتایج اولیه با استفاده از این دوربین حرفه ای نشان داد که می توان تصویر یک شیئ ۲ سانتیمتری را از ارتفاع ۱۰۰ متری بخوبی تشخیص داد. گاهی لازم است به منظور انجام برخی ماموریت ها از هواپیمای بدون سرنشین بال ثابت استفاده کرد. تفاوت عمده ی این نوع هواپیما ها در مقایسه با عمود پروازها (خصوصا مولتی روتورها) در سرعت، مدت زمان پرواز، وزن خود پرنده، منطقه تحت پوشش جهت تصویر برداری هوایی، بار قابل حمل و مقاومت در برابر باد می باشد. به نظر می رسد هواپیما ی بدون سرنشین جهت نصب حسگر های چند طیفی (بخاطر تعداد دوربین ها) مناسب تر باشند. البته لازم است گفته شود که هواپیما به لحاظ انجام ماموریت محدودیت هایی دارد از جمله اینکه توانایی توقف در یک ارتفاع خاص را ندارد و شعاع دور زدن آن مانند مولتی روتورها صفر نمی باشد.

نتایج و بحث

پرنده های با بال ثابت عمدتا برای پوشش مناطق وسیع و دور از دسترس مناسب است، چرا که سرعت عملیاتی آن بیشتر و لذا مساحت تحت پوشش آن بیشتر است. در حالیکه پرنده های عمود پرواز بدلیل سرعت عملیاتی کم و اجرای عملیات در یک مسیر ناپیوسته، بیشتر برای تهیه اطلاعات از مناطق و عرصه های محدود با وضوح اطلاعات اجسام از نزدیک و سطح پوشش کمتر مناسب می باشد. همچنین نوع حسگرهای قابل نصب بر روی این نوع پرنده ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. پیشنهاد می شود که برای تست های اولیه از دوربین های رایج RGB به همراه پردازش تصویر جهت استخراج داده های هندسی از قبیل میزان تراکم، قطر درختان، نوع پوشش های گیاهی و ... استفاده شود و در سطوح بالاتر از حسگرهای چند طیفی، مغناطیسی جهت تشخیص به هنگام امراض گیاهی، تنش و بحران آب و ... استفاده شود. نتایج بدست آمده از کارهای ابتدائی انجام شده در این زمینه گواه آن است که استفاده از فن آوری پرنده های بدون سرنشین مجهز به حسگرهای کنترل از راه دور میتواند کمکی در توسعه و پیشرفت کارآئی مدیریت در بخش کشاورزی و بالطبع جلوگیری از هدر رفت نهاده های کشاورزی و کمک به افزایش تولید در این بخش باشد. بنابراین ما به جرات میتوانیم سازگار نمودن فن آوری های جدید در پیشرفت کشاورزی را دنبال نمائیم.

منابع

[1] Schmale, D. III, B. Dingus, C. Reinholtz, 2008. “Development and application of an autonomous aerial vehicle for precise aerobiological sampling above agricultural fields,” *Journal of Field Robotics.*.

[2] Gonzalez, F., M. Castro, P. Narayan, R. Walker and L. Zeller, 2011. “Development of an autonomous unmanned aircraft to collect time-stamped samples from the atmosphere and localise potential pathogen sources,” *Journal of Field Robotics*.

[3] Aylor, D., D. Schmale III, E. Shields, M. Newcomb and C. Nappo. 2011. “Tracking potato blight pathogen in the atmosphere using unmanned aerial vehicles and lagrangian modelling,” *Agricultral and Forest Meteorology*.

[4] Ecosure, 2009. “Aerial mapping of riparian vine weeds,” Tweed Shire Council, West Burleigh, 2009.

[5] Mcgwire, K., M. Weltz, J. Finzel, C. Morris, L. Fenstermaker and D. Mcgraw. 2013 “Multiscale assessment of green leaf cover in a semi-arid rangeland with small unmanned aerial vehicle,” *International Journal of Remote Sensing*.

www.SID.ir

Archive of SID

[6] Laliberte, A., M. Goforth, C. Steele and A. Rango. 2011. "Multispectral remote sensing from unmanned aircraft: image processing workflow and applications for rangeland enviornments," *Remote Sensing*.

[7] Fletcher, A., P. Erskine, 2012. "Mapping of a rare plant species (Boronia deanei) using hyper resolutionremote sensing and concurrent ground observation," *Ecological Management and Restoration,* vol. 13, no. 2.

[8] Kelcey, J., A. Lucieer, 2012. "Sensor correction of 6-band multispectral imaging sensor for UAV remote sensing," *Remote Sensing,* vol. 4, pp. 1462-1493.

[9] Suarez, L., P. Zarco-Tejada, V. Gonzalez-Dugo, J. Berni, R. Sagardoy, F. Morales and E. Fereres, 2010. "Detecting water stress effects on fruit quality in orchards with time-series PRI airborne imagery," *Remote Sensing in Enviornment,* vol. 114, pp. 286-298.

[10] Sullivan, D., J. Fulton, J. Shaw and G. Bland, 2007. "Evaluating the sensitivity of unmanned thermal infrared aerial system to detect water stress in cotton canopy," *American Society of Agriculture and Biological Engineers,* vol. 50, no. 6, pp. 1955-1962.

[11] Feldhof, L., D. Gillieson, P. Zadro and A. Van Boven, 2008. "Linking uav (unmanned aerial vehicle) technology with precision agriculture," SkyView Solutions, Atherton.

[12] Rango, A., A. Laliberte, J. Herrick, C. Steele, B. Destelmeyer and M. Chopping, 2006. "Use of UAVs for remote measurement of vegetation canopy variables," in *AGU Fall Meeting Abstratcs*.

[13] Austalian Research Centre for Aerospace Automation, 2013. "Enhanced flight assist system efas for automated aerial survey of powerline networks," [Online]. Available: http://www.arcaa.net/research. [Accessed 22 April 2013].

[14] Australian Research Centre for Aerospace Automation (ARCAA), "Enhanced Flight Assist System (eFAS) for automated aerial survey of powerline networks," [Online]. Available: http://www.arcaa.net/research/enhanced-flight-assist-system-efas-for-automated-aerial surveyof-powerline-networks/.

[15] Queensland Times, 2013. "Drones fly on cutting edge of 10m farm grants," 27 May 2013. [Online]. 2013. Available: http://www.qt.com.au/news. [Accessed 29 May 2013].

[16] Perry, E., J. Brand, S. Kant and G. Fitzgerald, 2012. "Field based rapid phenotyping with unmanned aerial vehicles," *Australian Society of Agronomy*.

[17] SenseFly, [Online]. Available: http://www.sensefly.com/operations/overview.html.

[18] Laliberte, A., J. Herrick, A. Rango and C. Winters, 2010. "Aquisition, or theorectification, and objectbased classification of unmanned aerial vehicle imagery for ranglenad monitoring," *GIScience andRemote Sensing,* vol. 76, no. 6, pp. 661-672.

[19] Mahlein, A., E. Oerke, U. Steiner and H. Dehne, "Recent advances in sensing plat diseases for precision crop protection," *European Journal of Plant Pathology.*

[20] Sankaran, S., A. Mishra, R. Ehsani and C. Davis, 2010. "A review of advanced techniques for detecting plant diseasees," *Computers and Electronics in Agriculture.*

[21] West, J., C. Bravo, R. Oberti, D. Moshou, H. Ramon and A. McCartney, 2012. "Detection of fungal diseases optically and pathogen inoculum by air sampling," in *Precision Crop Protection – The Challenge of Heterogeneity*, Springer.

[22] Lua, J., W. Dacheng, D. Yingying, H. Wenjiang and W. Jindi, 2011. "Developing an aphid damage hyperspectral index for detecting aphid (Hemiptera: Aphididae) damage levels in winter wheat," in *Geoscience and Remote Sensing Symposium*.

www.SID.ir

Archive of SID

[23] Mulla, D. 2013. "Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: key advances and remaining knowledge gaps," *Biosystems Engineering*.

[24] MaxMax, [Online]. 2013.Available: http://maxmax.com/vegetation_stress_mkii.htm. [Accessed 24 June 2013].

[25] Yang, C. (2012). "A high-resultion airborne four-camera imaging system for agricultural remote sensing,". *Computers and Electronics in Agriculture,* vol. 88, pp. 13-24.

[26] Pearson, C. H., H. M. Golus and R. W. Hammon, (2013)."Fifty years of agronomic research in western Colorado," 9 October 2012. [Online]. Available: http://www.colostate.edu/programs/wcrc/pubs/information/fiftyyears.htm. [Accessed 16 April 2013].

[27] Ehsani, R., S. Sankaran , J. M. Maja, J. Camarago Neto. (2014). "Affordable multi-rotor remote sensing platform for application in precision horticulture,"

www.SID.ir