مروری بر سیستم های هوایی بدون سرنشین (UAS) و کاربرد آن در کشاورزی دقیق

آذر خدابخشی[۱]، محمودرضا گلزاریان[۲]

۱.دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

* ایمیل نویسنده مسئول: m.golzarian@um.ac.ir

چکیده

در سال های اخیر، کشاورزی دقیق، جایگاه ویژه ای را در کشاورزی یافته است. کشاورزی دقیق، شکلی از مدیریت مزرعه است که با تکنولوژی های نوین، ماشین ها و ابزار مجهز به تکنولوژیGPS سروکار دارد و توانایی شناسایی، تحلیل و عکس العمل سریع نسبت به خصوصیات ثانویه ناحیه زمین کاشته شده را دارد و مناسب ترین سیستم کشاورزی را انتخاب می کند. در حال حاضر تصاویر ماهواره ای با رزولوشن بالا، معمولا برای مطالعه تغییرات شرایط محصول و خاک استفاده می شوند.تصاویرگرفته شده توسط سکوهای سنجش از راه دور کم ارتفاع و یا سیستم های هوایی بدون سرنشین کوچک، می توانند یک جایگزین کم هزینه در عملیات نظارت بر محیط زیست، دارای رزولوشن فضایی و زمانی بالا، و انعطاف پذیری بالا در جمع آوری داده ها باشد.. اخیرا مطالعات بسیاری درباره کاربردهای تصاویر هوایی در کشاورزی انجام گرفته است. مقاله حاضر نخست کاربردهای سیستم های هوایی بدون سرنشین در کشاورزی دقیق را ذکر کرده، نحوه عملکرد آن را توصیف نموده و در نهایت محدودیت های استفاده از آن را شرح می دهد.

واژگان کلیدی: پلت فرم ، دوربین ،سنجش از راه دور ،سیستم های هوایی بدون سرنشین،کشاورزی دقیق

مقدمه

افزایش سطح جمعیت جهان، موجب افزایش تقاضا برای غذا، آب، و محصولات کشاورزی شده است .استراتژی های مختلف مزرعه داری و کشاورزی، در حال ارزیابی مجدد برای تعیین چگونگی تولید غذا، به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی و کاهش هزینه ها هستند. از بین آن ها، کشاورزی دقیق به عنوان یک سیستم مناسب و بادوام به منظور بهبود سودآوری و تولید، تکامل یافته است(Lambert *et al*, 2000) کشاورزی دقیق، کاربردی از تکنولوژی های جغرافیایی برای افزایش بازده محصولات با استفاده از کود، آبیاری یا آفت کش ها در زمان و مکان لازم برای مقدار ورودی است. امروزه، بیشتر پژوهش های انجام شده در زمینه کشاورزی دقیق (PA)، در راستای پیاده سازی حسگرها و ابزار جدید جهت گیری شده است که قادر به شناسایی و کنترل از راه دور خواص محصولات و خاک در زمان شبه واقعی هستند(Primicerio *et al*, 2012) در دهه های اخیر، این حسگرها برای

کاربردهای زیست محیطی و برای نقشه برداری دقیق از تغییرات رشد و عملکرد گیاهان در بخش کشاورزی به کار برده شدند. مطالعات فراوانی بر روی توسعه، کالیبراسیون و استفاده از سنجش از راه دور وجود دارد: تکنیک هایی برای به دست آوردن تاج پوشش جنگل(Chen *et al*, 2004) و برای مدیریت محصول، چه با استفاده از سنجش از راه دور ماهواره ای و چه با استفاده از تصاویری با رزولوشن بسیار بالا از وسایل نقلیه هوایی(Carela *et al*, 2010).یک سیستم سنجش از راه دور می تواند تصاویر ماهواره ای، هوایی یا زمینی را، بسته به نوع سکوی حمل کننده، جمع آوری کند. تفاوت عمده بین سه سکو از نظر ارتفاع آن هاست ، که قدرت تفکیک فضایی و میدان دید تصویر را تعیین می کند(Kise *et al*, 2008).با این حال، استفاده از تصاویر ماهواره ای مشکلاتی نیز به همراه دارد که شامل اندازه بزرگ پیکسل ها، دفعات اندک بازدید مجدد و پیدایش ابرها می باشد بنابراین، فن آوری های فعلی برای مدیریت دقیق در فصل تا حد زیادی بر اساس حسگرهای فعال (در حال حرکت) نصب شده بر روی وسایل نقلیه زمینی می باشد(Shanahan, 2008). برای حل این مشکل، سیستم های هواپیماهای بدون سرنشین تکامل یافتند.این سیستم های گوناگون هوایی،در طراحی و عملکرد مزیت هایی نسبت به هواپیما های تشخیص عکس معمولی دارند که شامل اندازه کوچک، وزن کم، پرواز کندتر، دامنه گسترده، ارتفاع بسیار زیاد و استقامت فراوان است. در مقایسه با تصاویر ماهواره ای، تصاویر به دست آمده از سیستم های هوایی بدون سرنشین معمولا موقتی تر بوده و رزولوشن فضایی بیشتری دارند که این امر استفاده از آن ها را به عنوان ابزاری مهم در کشاورزی دقیق و سایر کاربردهای نیاز به تصاویر رزولوشن فضایی بالا، در زمان نزدیک به واقعی باشند،ممکن می سازد..(Herwitz *et al*. 2004)

سیستم های هوایی بدون سرنشین،به عنوان پلتفرم های بالقوه برای سنجش از راه دور بر فراز زمین های کشاورزی در نظر گرفته میشوند، زیرا ممکن است اندازه کوچکتر پیکسلها، با پرواز در ارتفاعات پایین تر، به دست آید(Inoue *et al*, 2000). علاوه بر این، پروازهای سیستم های هوایی بدون سرنشین می توانند برای دوره های کلیدی رشد گیاهی که شرایط ابری مانع از انجام کار می شوند،برنامه ریزی شوند(Herwitz *et al*, 2004)

در این مقاله نخست به کاربردهای سنجش از راه دور در کشاورزی اشاره شده، ساز و کار سیستم هوایی بدون سرنشین شرح داده شده و سپس کاربردها و محدودیت های آن در نظارت های زیست محیطی و کشاورزی دقیق پرداخته خواهد شد.

کاربرد های سنجش از راه دور در کشاورزی دقیق

سنجش از راه دور زیست محیطی اساسا منجر به استفاده از انرژی تابشی برای استخراج اطلاعات بر روی ویژگی های زمین در نواحی باریک زیادی در یک دوره کوتاه از زمان می گردد. سنجش از دور، همراه با دیگر تکنیک های جغرافیایی از سال ۱۹۵۰، در کشاورزی به کار رفته است. فرض اساسی در کاربردهای سنجش از دور در کشاورزی دقیق (PA)این است که تفاوت در رشد محصول و شرایط خاک می تواند از طریق تغییرات در پاسخ طیفی شناسایی

شوند .بـه طـور خـاص، تغییـرات در بازتـاب از راه دور مـی توانـد قبـل از علائـم قابـل مشـاهده توسـط چشـم انسـان، از قبیـل عفونت های قارچی و کپک برگ، شناسایی شوند(Warren *et al*, 2005)

پلت فرم های سنجش از دور معمولی شامل ماهواره، هواپیما، بالن و هلیکوپتر هستند و انواع گوناگونی از حسگرها از قبیل حسگرهای نوری و مادون قرمز نزدیک و رادار ها بر روی این پلت فرم ها ، برای کاربردهای سنجش از راه دور نصب شده اند. اطلاعات تشخیصی به دست آمده از تصاویر این حسگرها ی نصب شده جمع آوری شده است که شامل: زیست توده، شاخص سطح برگ (LAI)، بیماری ها، و تنش آب می باشد که این اطلاعات می توانند در مدیریت محصول، پیش بینی عملکرد و حفاظت از محیط زیست، سودمند باشند. از دیگر کاربردهای سنجش از راه دور در کشاورزی عمومی می توان بر نظارت بر خواص خاک و نقشه برداری(Gomez *et al*, 2008)، طبقه بندی گونه های گیاهی(Rao *et al*, 2008)،مدیریت آفات محصول (Lan *et al*, 2009)، تجزیه و تحلیل محتوای شیمیایی برگ(Wu *et al*, 2008) ، اندازه گیری تنش آب (Zarco-Tejada *et al*, 2012)،پوشش گیاهی(Laliberte *et al*, 2005)، محتوای نیتروژن(Bausch *et al*, 2010)، ارتفاع محصول (Donoghue et *al*, 2006)عملکرد محصول(Enclona *et al*, 2004)،میزان علف هرز(Gomez-Casero *et al*, 2010) اشاره کرد.همچنین این داده ها برای نظارت بر سایر پارامترهای بیولوژیکی مانند غلظت کلروفیل برگ و غلظت نیتروژن برگ در طول زمان به کار می روند(Berni *et al*, 2009).

مطالعات انجام شده از کاربردهای سیستم های هوایی بدون سرنشین در کشاورزی دقیق

با توجه به مزیت های سیستم های هوایی بدون سرنشین که پیشتر اشاره شد، این سیستم در دهه اخیر بسیار مورد توجه محققین در زمینه کشاورزی دقیق بوده است. *الارب* و همکاران(۲۰۱۵) از یک نوع سیستم هوایی بدون سرنشین کوچک به نام *آجی ایر* به عنوان پلت فرم سنجش از راه دور همزمان با الگوریتم های یادگیری ماشین(RVM) استفاده کردند تا غلظت کلروفیل را به عنوان عامل مهم بیوفیزیکی در کشاورزی دقیق، شناسایی کنند.(Elarb *et al*, 2015)

عمار و همکاران(۲۰۱۵) از یک سیستم یکپارچه برای نقشه برداری پوشش زمینی شبدر قرمز با استفاده از هواپیماهای بدون سرنشین استفاده کردند.استفاده از این روش در مقایسه با سایر روش ها، نیاز به نمونه برداری کمتر، مدت کوتاه تر و هزینه کمتر بود(Ammar *et al*, 2015)

بلستروس و همکاران(۲۰۱۴) به بررسی روابط بین تاج پوشش سبز(GCC) و شاخص سطح برگ(LAI) با استفاده از تصاویر به دست آمده از UAS پرداختند تا رشد محصول(پیاز و ذرت) را مشخص کنند(Ballestros *et al*, 2014)

در مطالعه ای که توسط *گومز* و همکاران(۲۰۱۳) در دو زمین کاشته شده از گندم ، یکی به طور طبیعی آلوده به علف های هرز پهن برگ و دیگری دارای علف در مرحله رشد، صورت گرفت. تغییرات دقت هندسی و هم ترازی خط محصول در بین ارتوموزاییک

ها، با استفاده از تصاویر به وجود آمده از یک سیستم هوایی بدون سرنشین، در سه ارتفاع پرواز(۱۰۰،۶۰،۳۰ سانتیمتر) در ۴۵ نقطه کنترل، بررسی گردید(Gomez *et al*, 2013)

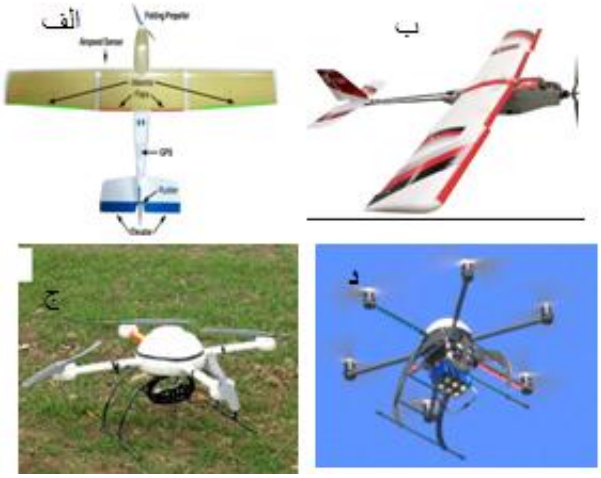
رازموسن و همکاران(۲۰۱۳) از یک UAS بال چرخان کوچک به عنوان یک هواپیمای مطمئن و ارزان برای تحقیقات درباره علف هرز استفاده کردند.در دو آزمایشی که علف های هرز در زمین بایر بعد از هرس زدن به وجود آمدند، تصویربرداری از ارتفاعات مختلف از ۱ تا ۵۰ متر،تاثیری بر پارامتر مقاومت محصول(که نشان دهنده پاسخ محصول به هرس زدن است) نداشت(Rasmussen *et al*, 2013)

گونزالس و همکاران(۲۰۱۳) با استخراج شاخص ها از تصویربرداری حراراتی با استفاده از سیستم های هوایی بدون سرنشین در یک باغ، دقت تغییرات میزان آب محصول را بررسی کردند.در حالی که شاخص های فیزیولوژیکی، تنها قادر به ارزیابی تعداد معدودی از درخت ها هستند، با استفاده از سیستم های هوایی بدون سرنشین می توان در زمان مشابه، اطلاعات کل درختان باغ را اندازه گیری کرد و لذا این روشی ارزشمند مدیریت آب در کشاورزی دقیق است(Gonzalez *et al*, 2013)

پرایمسیرو و همکاران(۲۰۱۲) یک سیستم های هوایی بدون سرنشین قابل انعطاف را برای نظارت یک تاکستان به کار بردند. این سیستم از یک پلت فرم هوایی شش روتوره تشکیل شده شده بود که قادر بود به طور همزمان در نقاط مکانی از پیش تعیین شده پرواز کند و با یک دوربین جندطیفی، بازتاب تاج پوششی گیاهان را ثبت کند(Primicerio *et al*, 2012)

تست و کالیبراسیون یک سیستم تصویربرداری ابرطیفی کوچک شده که برای استفاده در سیستم های هوایی بدون سرنشین طراحی شده بود،توسط *دوآن* و همکاران(۲۰۱۳) انجام شد(Duan *et al*, 2013) یوتو و همکاران(۲۰۱۳) توانستند با استفاده از داده های جمع آوری شده توسط حسگر ابرطیفی سبک وزن،غلظت کلروفیل در شالیزارهای برنج را بررسی کنند(Uto *et al*, 2013)

ساری و همکاران(۲۰۱۱) سیستم های ابرطیفی سبک وزن مناسب برای استفاده در سیستم های هوایی بدون سرنشین را توصیف و توسعه دادند و آنها را برای کاربردهای کشاورزی و جنگلداری بهینه سازی کردند(Saari *et al*, 2011)*کایوسوجا* و همکاران(۲۰۱۳) تصویربرداری ابرطیفی به دست آمده از سیستم های هوایی بدون سرنشین ، همراه با رکوردهای پیشین مزرعه، را برای کشاورزی دقیق به کار بردند(Kaivosoja *et al*, 2013)



شکل۱:مثال هایی از UAS به کار رفته در تحقیقات

الف) Elarb et al,(2015) ب) Ammar et al,(2015) ج) Gomez et al,(2013) د) Primicerio et al,(2012)

اصول اولیه سیستم های هوایی بدون سرنشین و ویژگی های طراحی آن

ویژگی های طراحی هر نوع سیستم هوایی به نوع کاربرد آن بستگی دارد. برای ساخت یک سیستم هوایی بدون سرنشین نترل از راه دور، باید الزامات خاصی از جمله فن آوری های تولید انعطاف پذیر، استفاده مطمئن و قابل اعتماد و ایمنی و محیط زیست را در نظر گرفت. بسته به هدف و نقش های اجرایی از سیستم هوایی بدون سرنشین ، تصمیم گیری درست در مورد طراحی، وزن،مواد مورد استفاده و غیره برای ساخت آن بسیار مهم است. این سیستم از اجزای متعدی تشکیل شده است که شامل: هواپیما، سیستم کنترل زمینی، یک خلبان یا هدایت کننده که از سیستم کنترل زمینی، سیستم هوایی را به کار می اندازد، یک یا چند نفر که بر هواپیما و دیگر وسایل نقلیه هوایی و مخاطرات موجود، نظارت می کنند.برای بیشتر کاربردهای نقشه برداری و سنجش از راه دور، UAS ها خودگردان بوده و توسط خلبان اتوماتیک سوار، کنترل می شوند.اطلاعات مکانی با استفاده از جهت یابی جهانی و سیستم ماهواره ای(GNSS) که موجب تنظیم اندازه گیری های موقعیت سه بعدی نمونه می شود، فراهم می گردد.اکثر پلت فرم های UAS یک واحد اندازه گیری داخلی(TMU) نیز دارند که اطلاعات ارتفاع هواپیما را در زمان داده شده، فراهم می کند. موقعیت و ارتفاع هواپیما ، یا از طریق تغییر دریچه گاز، و یا تنظیم بال به خلبان خودکار تغذیه می شود .خلبان اتوماتیک همچنین ممکن است برای تولید یک سیگنال که یک دوربین را در موقعیت های از پیش تعیین شده راه می اندازد، به کار رود .اپراتور در هر زمان می تواند خلبان اتوماتیک از طریق سیستم کنترل زمینی، از کار بیندازد.(Urbahs, 2013)

این سیستم ها ها ممکن است از نوع بال ثابت، و یا بال گردان باشند. بال ثابت ها معمولا سرعت بالاتر و دامنه کاری وسیع تری دارند. بال گردان ها شامل هلیکوپترهای کوچک و پلت فرم های چندروتوره هستند.آنها معمولا مدت زمان پرواز کوتاه تر، اما قدرت مانور بیشتری دارند. بال ثابت ها معمولا توسط دست یا با منجنیق، و زمین با یا بدون نوعی از مکانیزم متوقف کننده، مانند یک چتر نجات راه اندازی می شود. بال چرخان ها معمولا به کتابچه راهنمای کاربر برای عملیات صعود نیاز دارند.

سیستم های هوایی بدون سرنشین با توجه به طرح کلاسیک، با یک موتور الکتریکی و پروانه کشنده ساخته شده است. آن ها به کپسول های ویژه ای برای حمل بار خود مجهز شده است.(شکل۲) در ساخت آن، انواع مختلفی از مواد نوآورانه استفاده می شود، اما ساختار بدنه اصلی آن از لوله های کربن فوق العاده قوی خاص ساخته شده است. این سیستم می تواند با تعیین دقیق مکان اشیا و اهداف مختلف، بر محیط زیست نظارت داشته باشد. یکی از ویژگی های اصلی آن ها ، استفاده از دو سیلندر مستقل در یک سیستم تعلیق است. دوربین جهت یابی در قوس جلویی دید برای خلبانی وسیله طراحی شده است .این دوربین پایدار است و تصویر آنلاین را به ایستگاه کنترل زمینی می فرستد(شکل۲) ممکن است بتوان با کمک دوربین جهت یابی، هواپیما را کنترل کرد و نظارت و شناسایی هدف را انجام داد.(Urbahs, 2013)

شکل۲:طرحی ازUAS,(Urbahs *et al*, 2008)

دوربین دوم دارای رزولوشن بالا است و می تواند چرخش داشته باشد، که برای گرفتن عکس وضبط فیلم از اشیاء در حالت زوم مناسب است,(Urbahs *et al*, 2008)

به منظور اطمینان یافتن از انجام فعالیت های کلیدی، سیستم های هوایی بدون سرنشینه تنها به یک سیستم فیلم برداری خوب مجهز شده، بلکه شامل یک GPS و خلبان خودکار نیز می باشند. براساس جهات داده شده، UAS باید عکس برداری زمین–مرجع (بر اساس طول و عرض و ارتفاع) با کیفیت را فراهم سازد. این نیز مهم است که وسیله هوایی بدون سرنشین ساده بوده و به آسانی قابل بهره برداری باشد. بر اساس وظایف گفته شده، سیستم های هوایی بدون سرنشین می تواند به اشکال متفاوتی از وسایل زیر مجهز شود:

حسگرهای حرارتی، حسگرهای الکتروشیمیایی،حسگرهای تابشی،دوربین های فروسرخ نزدیک

نظارت مزرعه

استفاده از سیستم های هوایی بدون سرنشین به علت ظرفیت هایش ،در نظارت کشاورزی بسیار موثر است. طراحی ساده و سریع ماموریت، قابلیت استفاده مجدد پلت فرم، مقرون به صرفه بودن و وجود بسته های هوایی چارچوب باز ، طراحی شده ویژه سیستم های هوایی که به آن ها اجازه می دهد با پارامترسازی های ساده، برای انجام ماموریت های مختلف، از نو طراحی شوند.استفاده از سیستم های هوایی بدون سرنشین برای اهداف نظارتی، تضمین کننده برای نظارتی سریع و موثر از نواحی بزرگ است. یک سیستم هوایی بدون سرنشین مجهز شده به یک خلبان خودکار، بر روی یک مسیر از پیش تعیین شده با یک فاصله زمانی ثابت قرار دارد که می تواند از هوا تصویربرداری خود را انجام دهد. نظارت زمین های کشاورزی با یک وسیله هوایی بدون سرنشین، یک سیستم مرکب از مراحل مختلف است.این مراحل را می توان به دو گروه طبقه بندی کرد: جمع آوری تصاویر سیستم های هوایی و پردازش تصویر.(Urbahs, 2013)

برنامه ریزی پرواز

برای این مرحله، یک نرم افزار برنامه ریزی ویژه پرواز، طراحی شده است که طرح پرواز سریع و آسانی را برای ناحیه تحت پوشش به وجود می آورد. بر اساس موقعیت مکان انتخاب شده، نخست مختصات جغرافیایی اصلی را باید در کل ناحیه موردمطالعه، وارد کرد، سپس بر اساس هدف اولیه ماموریت و قابلیت مانور وسیله، یک شبکه پرواز مسیر هوایی به وجود می آید. پرواز مطلوب همچنین می تواند با ایستگاه های بین راه تنها، برنامه ریزی شود. در این مرحله، ارتفاع و سرعت پرواز و رزولوشون موردنیاز، با تعداد تصاویر گرفته شده، مشخص می گردد.(Urbahs, 2013)

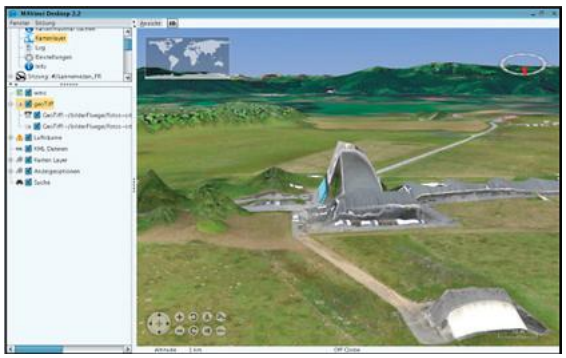
اجرای ماموریت و همگام سازی داده ها

بعد از این که طرح پرواز مشخص گشت، پرواز سازماندهی می شود. وسیله به نقطه شروع ماموریت فرستاده می شود. به طور میانگین، سیستم های هوایی، به طور دستی راه اندازی می شودو اجرای خودکار طرح پرواز از لحظه ای که هواپیما به اولین نقطه مسیر مشخص شده در طرح برسد، آغاز می شود. اجرای خودکار طرح پرواز، می تواند از یک لپ تاپ نیز کنترل شود. بر اساس موقعیت، می توان اصلاحاتی را به طرح پرواز ، اعمال کرد. همگام سازی داده ها بعد از پرواز انجام می گیرد و همه تصاویر در نرم افزار ،بارگذاری شده که بعدا مورد پردازش قرار گیرند.(Urbahs, 2013)

پردازش داده ها

معمولا در حین پرواز، تصاویر زیادی گرفته می شود که بدون پردازش صحیح، تحلیل آن ها بسیار دشوار خواهد بود. هر تصویر با مختصات جغرافیایی متناظرش (طول، عرض و ارتفاع) به دست می آید. نرم افزار طراحی شده ویژه، قادر به جمع آوری تصاویر به یک تصویر متعامد بزرگ است که می تواند برای پردازش های بعدی استفاده شود.وظایف اصلی این نرم افزار شامل:جهت تصویر، مثلث هوایی خودکار، ایجاد مدل سطحی، خلق موزاییک تصویر، تعادل سازی تصویر و نگاهداری داده ها در فرمت موردنظر از

تصاویر گرفته شده می باشد.نرم افزار قادر است، یک مدل سه بعدی از منطقه تحت پوشش را به شکل خودکار به وجود آورد.(شکل۳)(Urbahs, 2013)



شکل۳:یک مدل سه بعدی پس از پردازش(Urbahs, 2013)

محدودیت های استفاده از *UAS*

هرجند گفته می شود استفاده از سیستم های هوایی بدون سرنشین زمان لازم برای فعالیت های کشاورزی را کوتاه کرده و نسبت به روش های رایج، ارجحیت دارد، اما هنوز هم مشکلاتی در قابلیت اطمینان پلت فرم، ظرفیت حسگر، پردازش تصویر و انتشار تصویر نهایی وجود دارد، از سوی دیگر این سیستم دارای مشکلات فنی نیز می باشد که شامل توان موتور، مدت زمان کوتاه پرواز، مشکل بودن نگاهداری ارتفاع پرواز، تعادل هواپیما، و قدرت مانور در باد و طوفان می باشند(Hardin *et al*, 2010) یکی دیگر از نگرانی هایی که در کاربرد این سیستم وجود دارد، قابلیت اطمینان است، نگرانی های اولیه در قابلیت اطمینان این سیستم مربوط به خرابی های پلت فرم هاست که ناشی از مواد ساختمانی ناکافی و از کار افتادن موتور است(Hardin *et al*, 2010)

مسئله کلیدی که انتخاب حسگرها را مشکل می سازد، وزن بار هواپیما است.محدودیت های وزنی بار برای هواپیماها معمولا ۲۰-۳۰ درصد وزن کل سیستم است(Nebikar *et al*, 2008)که به میزان زیادی سیستم حسگر متصله را تحت تاثیر قرار می دهد.

سیستم هوایی بدون سرنشین ،مشکلات کیفیت تصویر منحصر به فردی نیز دارد، برای مثال وزن سبک این سیستم ها به معنای تعادل کمتر دوربین، رزولوشن فضایی مختلف و زوایای دید متفاوت از یک تصویر به تصویر دیگر از طرح پرواز مشابه است(Lelong *et al*, 2008).ارتفاع کم این هواپیماها، همچنین موجب تغییر شکل های هندسی زیادی می شود (Xiang *et al*, 2011) علاوه بر آن ارتفاع کم، منجر به افزایش عمل تصویربرداری برای هر زمین می گردد .

محدودیت های دوربین ها نیز شامل کیفیت اپتیکی محدود، لنزها، قابلیت تمرکز کاملا خودکار(Nebiker *et al*, 2008) و از همه مهمتر برای مطالعات گیاهی، کمبود باند فروسرخ نزدیک(NIR) است. از دیگر مشکلات این دوربین ها، می توان به ماتی تصویر ناشی از حرکت رو به جلو دوربین اشاره کرد که برای جبران آن، معمولا از روش بیش نمونه گیری استفاده می شود که البته حجم

داده ها را افزایش می دهد.(Aber *et al*, 2010) از دیگر محدودیت های این سیستم می توان هزینه بالای تعمیرات و دستمزد خلبان (برای سیستم های بزرگ) نام برد(Hardin *et al*, 2010)

نتیجه گیری

استفاده از سیستم هوایی بدون سرنشین در دهه اخیر، در کشاورزی دقیق افزایش یافته است.کاربردهای این سیستم شامل ایجاد نقشه های محصولات، نظارت بر پوشش گیاهی، جمع آوری تصاویر ابرطیفی و چندطیفی و غیره می باشد. مزایای این سیستم شامل رزولوشن های بالای تصاویر، عدم مزاحمت ابرها(به علت پرواز در ناحیه پایین پوشش ابرهاست)، نصب آسان، ضبط ویدیویی در حین پرواز در مناطق با دسترسی مشکل می باشد.از سویی دیگر این سیستم برخی محدودیت هایی نیز دارد که از بین آن ها می توان به محدودیت های پلت فرم ها، دوربین ها، پردازش تصویر اشاره کرد. پیش بینی می شود که در سالهای نزدیک پلت فرم هایی قدرتمندتر به همراه دوربین هایی پیشرفته تر که با NIR کار کنند، ساخته شود و روش زمین–مرجع سازی خودکار استاندارد در اغلب UAS ها گسترش یابد.

منابع

Lambert, D., et al. 2000. Precision agriculture profitability review,PurdueUniversity,http://agriculture.purdue.edu/SSMC/Frames/newsoilsX.pdf

Primicerio, J., et al. 2012. A flexible unmanned aerial vehicle for precision agriculture, Precision Agric 13:517–523

Chen, X., et al. 2004. Using lidar and effective LAI data to evaluate IKONOS and Landsat 7 ETM , vegetation cover estimates in a ponderosa pine forest. Remote Sensing of Environment, 91: 14–26.

Calera, A., et al. 2010. Satellite constellation for crop monitoring: Formosat-2, Deimos-DMC, Landsat 5TM and 7ETM, In J. A. Sobrino (Ed.), Proceedings of the 3rd International Symposium Recent Advances in Quantitative Remote Sensing, 237–242

Kise, M., and Zhang, Q. 2008. Creating a panoramic field image using multi-spectral stereovision system. Computers and Electronics in Agriculture, 60: 67–75

Shanahan, J.F., et al. 2008. Responsive in-season nitrogen management for cereals.Comput. Electron. Agric 61: 51–62.

Inoue, Y., 2000. A blimp-based remote sensing system for low-altitude monitoring of plant variables: A preliminary experiment for agricultural and ecological applications. Int. J. Remote Sens., 21: 379–385.

Herwitz, S.R,. 2004. Imaging from an unmanned aerial vehicle: Agricultural surveillance and decision support. Comput. Electron. Agric 44: 49–61.

Warren, G., and Metternicht, G. 2005. Agricultural applications of high-resolution digital multispectral imagery: Evaluating within-field spatial variability of canola (Brassica napus) in Western Australia. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 71:595–602

Gomez, C., et al. 2008. Soil organic carbon prediction by hyperspectra remote sensing and field vis-NIR spectroscopy: An Australian case study. Geoderma, 146: 403–411

Rao, N. R., et al. 2008. Estimation of leaf total chlorophyll and nitrogen concentrations using hyperspectral satellite imagery. Journal of Agricultural Science, 146:65–75

Lan, Y., et al.2009. Development of an airborne remote sensing system for crop pest management: System integration and verification. Transactions of the ASABE, 25: 607–615

Wu, C., et al.2008. Estimating chlorophyll content from hyperspectral vegetation indices: Modeling and validation. Agricultural and Forest Meteorology, 148: 1230–1241.

Zarco-Tejada, P. J., et al. 2012. Fluorescence, temperature and narrowband indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a micro-hyperspectral imager and a thermal camera. Remote Sensing of Environment, 117:322–337.

Laliberte, A. S., et al. 2005. Multi-scale, object-oriented analysis of QuickBird imagery for determining percent cover in arid land vegetation. In: 20th Biennial Workshop on Aerial Photography, Videography, and High Resolution Digital Imagery for Resource Assessment.

Bausch, W. C., and Khosla, R. 2010. QuickBird satellite versus ground-based multi-spectral data for estimating nitrogen status of irrigated maize. Precision Agriculture, 11:274–290.

Donoghue, D., et al. 2006. Remote sensing of species mixtures in conifer plantations using LiDAR height and intensity data". International Workshop 3D remote sensing in Forestry.

Enclona, E. A., et al. 2004. Within-field wheat yield prediction from IKONOS data: A new matrix approach". International Journal of Remote Sensing, 25:377–388.

Gomez-Casero, M. T., et al. 2010. Spectral discrimination of wild oat and canary gras in wheat fields for less herbicide application. Agronomy for Sustainable Development, 30: 689–699

Berni, J. A. J., et al. 2009. Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 47: 722–738

Elarb, M., et al. 2015. estimating chlorophyll with thermal and broadband multispectral high resolution imagery from un unmanned aerial system using relavence vector machines for precision agricultur. international journal of applied earth observation and geoinformation, 1-11

Ammar.M.Abuleil., et al. 2015. an integrated system for mapping red clover ground using UAV, a case study in PA, 12th conference on computer and robot vision, 1-8

Ballesteros.J., et al. 2014. application of georefrenced high resolution images obtained with UAVs,part1:description of image acquisition and processing. Precision Agric,1-14

Gomez-condon.D., et al. 2013. assessing the accuracy of mosaics from UAV imagery for PA proposes in wheat. Presicion Agric, 1-13

Rasmussen.J., et al. 2013). potential uses of UAS in weed research. An International Journal of weed biology, ecology and vegetation management, 1-7

Gonzalez-Dugo.V., et al. 2013. using high resolution UAV thermal imagery to assess the variability in the water status of five fruits tree species within a commercial orchard. Precision Agric 14:660-678

Duan, S.B., et al. 2013. Land surface reflectance retrieval from hyperspectral data collected by an unmanned aerial vehicle over the Baotou test site. PLoS One. 8(6): e66972.

Uto, K., et al. 2013. Characterization of rice paddies by a UAV-mounted miniature hyperspectral sensor system. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 6(2): 851–860.

Zarco-Tejada, P.J., et al. 2013. Estimating leaf carotenoid content in vineyards using high resolution hyperspectral imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV). Agric. For. Meteorol 171: 281–294.

Saari, H., et al. 2011. Unmanned aerial vehicle (UAV) operated spectral camera system for forest and agriculture applications. Proc. SPIE 8174, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology.

Kaivosoja, J., et al. 2013. A case study of a precision fertilizer application task generation for wheat based on classified hyperspectral data from UAV combined with farm history data. Proc. SPIE 8887

Urbahs, A., et al. 2008. Unmanned aerial vehicle design. Transport and Engineering (26): 7–11.

Information on the image acquisition and processing, in MosaicMill web page [online], [cited 26 September 2011]. Available from Internet: http://www.mosaicmill.com/ index.html

Hardin, P. J., and Hardin, T. J. 2010. Small-scale remotely piloted vehicles in environmental research. Geography Compass, 4:1297–1311

Nebiker, S., et al. 2008. A light-weight multispectral sensor for micro UAV: Opportunities for very high resolution airborne remote sensing. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1:1193–1200

Lelong, C. C. D., et al. 2008. Assessment of unmanned aerial vehicles imagery for quantitative monitoring of wheat crop in small plots. Sensors 8,:3557–3585

Xiang, H., and Tian, L. 2011. Method for automatic georeferencing aerial remote sensing (RS) images from an unmanned aerial vehicle (UAV) platform. Biosystems Engineering 108: 104–113.

Aber, J. S., et al. 2010. Small-format aerial photography . Boston: Elsevier. 266.