کشاورزی هوشمند و پهپادها

پنج دلیل استفاده از پهپادها در کشاورزی

فاطمه سلکی[۱]، علی جعفری[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم- گرایش طراحی و ساخت، دانشگاه تهران
Solki.fatemeh.che@ut.ac.ir

۲. استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
jafarya@ut.ac.ir

امروزه با گذشت زمان، فنّاوری‌ها نیز در حال پیشرفت هستند. جمعیت جهان رو به افزایش است و متناسب با آن، نیاز به تأمین غذا نیز افزایش می‌یابد. همین امر بشر را به سمت استفاده از فنّاوری‌های روز، برای پاسخگویی به نیاز خود وامی‌دارد. کشاورزی هوشمند یکی از روش‌هایی است که با استفاده از به کار بردن اطلاعات و فنّاوری‌های ارتباطات، سامانه‌های پیچیده کشاورزی را بهینه می‌سازد. از این روش می‌توان در مراحل مختلف کشاورزی ازجمله: مراحل آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت استفاده نمود. پهپادها، این پرنده‌های بدون سرنشین، یک ابزار در کشاورزی هوشمند هستند که در امور مختلف مورداستفاده قرار می‌گیرند. در مطلب حاضر به بررسی کشاورزی هوشمند به همراه معرفی برخی پهپادهای کشاورزی پرداخته شده است.

۱- مقدمه

نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی با توجه به افزایش جمعیت جهان، بشر را به استفاده از فنّاوری‌های نوین برای دستیابی به این هدف وامی‌دارد. در مطلب حاضر به بررسی کشاورزی هوشمند و کاربردهای آن پرداخته خواهد شد. بدین منظور ابتدا به‌اختصار تفاوت بین کشاورزی هوشمند[۱]، کشاورزی دقیق[۲] و کشاورزی دیجیتال[۳] بیان می‌شود.

کشاورزی هوشمند: کاربرد اطلاعات و فنّاوری ارتباطات به‌منظور بهینه‌سازی سیستم پیچیده کشاورزی را کشاورزی هوشمند می‌نامند. برخلاف کشاورزی دقیق، در کشاورزی هوشمند هدف اندازه‌گیری و انجام محاسبات دقیق برای افزایش عملکرد محصول یا تعیین تفاوت در ویژگی‌های منحصربه‌فرد حیوانات نیست؛ بلکه هدف دستیابی به اطلاعات موردنیاز و نحوه به‌کار بردن این اطلاعات است. به صورتی که برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات از روش‌های هوشمند استفاده گردد تا کشاورز بتواند با استفاده از داده‌های مشخص (داده‌های به‌دست‌آمده) بهترین تصمیم را اتخاذ کند. همچنین لازم به ذکر است که کشاورزی هوشمند شامل کلیات مزرعه می‌شود و تنها به یک ماشین خاص محدود نمی‌شود [۱۳].

کشاورزی دقیق یا زراعت دقیق: کشاورزی دقیق یک روش مدرن مدیریتی است که با استفاده از روش‌ها و فنّاوری‌های مختلف به دنبال افزایش عملکرد محصول بوده و با یک رویکرد فنّاورانه در مدیریت کشاورزی، نیازهای مزرعه را تحلیل و بررسی می‌کند [۱۳].

کشاورزی دیجیتال: کشاورزی دیجیتال به ماهیت ارزش داده‌های به‌دست‌آمده توجه دارد. هدف کشاورزی دیجیتال ادغام دو روش کشاورزی هوشمند و کشاورزی دقیق است. به‌عبارت‌دیگر کشاورزی دیجیتال شامل به کار بردن روش‌های کشاورزی هوشمند و کشاورزی دقیق بر مبنای سامانه‌های مبتنی بر وب به همراه تجزیه‌وتحلیل داده‌های بزرگ در شبکه داخلی و خارجی مزرعه می‌شود.

۲- کشاورزی هوشمند

کشاورزی هوشمند را می‌توان به‌صورت ارتباط و پیوستگی میان اطلاعات و فنّاوری ارتباطات با ماشین‌آلات، تجهیزات و حسگرهای مورداستفاده در کشاورزی به‌منظور تولید محصولات کشاورزی تعریف نمود [۲]. به‌عبارت‌دیگر، کشاورزی هوشمند شامل یکپارچه‌سازی اطلاعات و فنّاوری‌های ارتباط با تجهیزات و حسگرهای مورداستفاده برای کشاورزی و تولید غذا به‌منظور استفاده سودمندتر از منابع موجود برای مواردی ازجمله آبیاری، کود دادن، مقابله با آفات و علف‌های هرز و برداشت محصول می‌شود. همچنین استفاده از این روش در کشاورزی می‌تواند سبب شود که کشاورز بهترین تصمیم را به‌منظور استفاده بهینه از منابع قابل‌دسترس، ظرفیت مزرعه و زمین خود با استفاده از داده‌ها و اطلاعات ورودی بگیرد [۳].

به‌طورکلی فنّاوری‌های مورداستفاده در کشاورزی هوشمند به سه دسته تقسیم می‌شوند که خود شامل بخش‌های مختلفی هستند، سه دسته‌بندی کلی فنّاوری‌های کشاورزی هوشمند عبارت‌اند از:

۱) فنّاوری کسب اطلاعات[۴]: این دسته‌بندی شامل مواردی ازجمله نقشه‌برداری، تهیه نقشه، سیستم ناوبری و فنّاوری حسگرها می‌شود؛

۲) تحلیل و بررسی داده: این فنّاوری شامل دامنه وسیعی از مدل‌های تصمیم‌گیری ساده کامپیوتری تا مدل‌های پیچیده با متغیرهای مختلف می‌شود؛

۳) کاربرد فنّاوری‌های دقیق: این دسته‌بندی شامل کاربرد تمام فنّاوری‌هایی می‌شود که بر روی کاربرد نرخ تغییرات و هدایت توجه دارد [۱۰].

کشاورزی هوشمند در موارد مختلفی به کار می‌رود که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: کشاورزی رباتیک؛ ماشین‌ها و تراکتورهای خودران و بدون سرنشین؛ آبیاری خودکار؛ استفاده از اینترنت اشیا در موارد مختلف ازجمله اندازه‌گیری رطوبت، بررسی سلامت محصول، آماده‌سازی بستر بذر، خاک‌ورزی و کاشت محصول؛ سم‌پاشی و محلول‌پاشی؛ کاشت گیاه در هوا؛ برداشت مستقیم از مزرعه؛ استفاده از پهپادها و آنالیز و تهیه نقشه از زمین [۳]. در ادامه به بررسی مختصر برخی از موارد اشاره‌شده پرداخته خواهد شد و همچنین در میان تمام موارد ذکرشده، بررسی نقش پهپادها در صنعت کشاورزی به‌تفصیل موردبررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- کشاورزی رباتیک، ماشین‌ها و تراکتورهای خودران

در طول سال‌های اخیر، استفاده از تجهیزات و ماشین‌آلات خودران برای رسیدگی به امور مختلف کشاورزی و بررسی سلامت محصولات کشاورزی به‌صورت چشمگیری افزایش‌یافته است. در این میان استفاده از ربات‌ها به‌منظور افزایش مؤثر نتیجه نهایی در بخش‌های مختلف کشاورزی مانند برداشت محصولات و شخم زدن زمین جهش بزرگی یافت [۴]. مطالعات مختلف در این زمینه، حسگرها و الگوریتم‌های مورد استفاده در سامانه‌های ناوبری ماشین‌های خودران را ارتقاء بخشیده است. در میان سامانه‌های ناوبری مختلفی که برای هدایت ماشین‌های خودران استفاده می‌شود؛ می‌توان به سیستم ناوبری کور[۵]، ماشین‌بینایی[۶] و سیستم موقعیت‌یابی جهانی[۷] [۵]، سیستم ناوبری مبتنی بر لیزر[۸]، سیستم ناوبری حسگر اینرسی[۹] و سیستم ناوبری حسگر جهت ژئومغناطیسی[۱۰] اشاره کرد [۶]. نخستین گام در پیشرفت هدایت ماشین‌های خودکار، سال‌ها پیش صورت پذیرفت و مدل ارائه‌شده برای اولین تراکتور تمام خودران بسیار متفاوت از نمونه‌های حاضر بوده است [۶].

1. *Smart farming*
2. *Precision farming*
3. *Digital farming*
4. *Date acquisition technologies*
5. *Dead reckoning*
6. *Machine vision*
7. *Global Positioning System (GPS)*
8. *Laser-Based*
9. *Inertial sensors*
10. *Geomagnetic direction sensors*

۲-۲- اینترنت اشیا[1]

اینترنت اشیا شامل یک ارتباط اینترنتی گسترده بین دستگاه‌های مختلف پیرامون شبکه اینترنت می‌شود به‌طوری‌که کاربر متصل به آن را از اتفاقات در زمان حقیقی مطلع و آگاه می‌نماید. دستگاه‌های مورد استفاده در اینترنت اشیا که دارای توانایی محاسباتی هستند را اشیاء هوشمند می‌نامند که با توجه به یک هویت ویژه تعیین‌کننده تعریف می‌شوند [۷]. از اینترنت اشیا در امور مختلف مانند حمل‌ونقل و خانه‌های هوشمند استفاده می‌گردد. همچنین از دیگر کاربردهای اینترنت اشیا می‌توان به کشاورزی، دامداری، محیط‌زیست، گلخانه‌ها، انرژی، شبکه بازیافت زباله اشاره نمود [۱]. لازم به ذکر است که کاربرد اینترنت اشیا دارای دامنه وسیعی بوده و موارد ذکر شده فقط بخش کوچکی از کاربرد آن است. به‌طور مثال در بخش کشاورزی، به‌منظور مدیریت نهاده‌های مصرفی ازجمله بذر، سم و کود؛ مدیریت عوامل خسارت‌زا ازجمله آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز؛ کنترل رشد محصولات کشاورزی و کنترل ماشین‌آلات و تجهیزات کشاورزی از اینترنت اشیا استفاده می‌گردد [۱].

۲-۳- پهپادها[2]

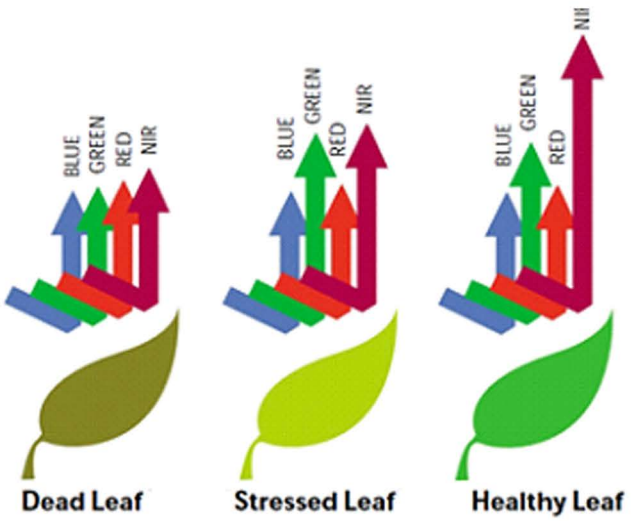
ابزاری که با یک نقشه آماده و برنامه‌ریزی‌شده یا یک ریموت کنترل به پرواز دربیاید را پهپاد(پرنده هدایت‌پذیر از دور) می‌نامند [۳]. پهپادها کاربرد عملی استفاده از وسایل نقلیه بدون سرنشین[3] هستند [۸]. وسایل نقلیه بدون سرنشین به وسایل نقلیه‌ای که بدون خلبان و به‌صورت خودران یا توسط ریموت کنترل هدایت می‌شوند و به پرواز درمی‌آیند، اطلاق می‌شود [۷]. همچنین برای بلند شدن، پرواز و نشستن پهپاد از حسگرهای مختلفی استفاده می‌شود [۳].

معمولاً در کشاورزی از پهپادهای خودکاری که یک یا چند دوربین به آن‌ها متصل است به‌منظور شناسایی امور مختلف ازجمله کاشت بذر، ناحیه کشت، کود و سم دادن، از بین بردن علف‌های هرز و پیش‌بینی وضعیت لحظه‌به‌لحظه آب‌وهوا با استفاده از تصاویر گرفته‌شده، استفاده می‌گردد. همچنین لازم به ذکر است که از سیستم موقعیت‌یابی جهانی به‌منظور کنترل پهپادهای کشاورزی استفاده می‌شود. برای تعریف کردن طول و عرض جغرافیایی، حداقل سه ماهواره و برای تعیین عرض جغرافیایی پهپاد، یک ماهواره موردنیاز است. اطلاعات حاصل از ماهواره‌ها با سایر اطلاعات به‌دست‌آمده به‌منظور افزایش دقت و صحت ترکیب می‌شوند [۳].

از پهپادها در امور مختلف کشاورزی ازجمله تولید محصول، سیستم هشدار سریع، کاهش خطر بحران، جنگلداری، شیلات، حفاظت از حیات‌وحش [۹]، آنالیز خاک و مزرعه، نظارت بر محصول، پایش سلامت محصول، آبیاری و محلول‌پاشی محصول و کاشت هوایی [۸] استفاده می‌گردد.

۲-۳-۱- تولید و پایش سلامت محصول

داده‌های جمع‌آوری‌شده به‌وسیله پهپادها، داده‌های خام موردنیاز مدل‌های تحلیلی کشاورزی را فراهم می‌نماید. اطلاعات به‌دست آمده توسط پهپادها با سایر منابع اطلاعاتی ترکیب می‌شوند تا اطلاعات عملی و کاربردی موردنیاز از آن‌ها استخراج گردد. از پهپادها برای اموری ازجمله اسکن کردن سلامت خاک، نظارت بر سلامت گیاه و محصول، کمک به زمان‌بندی آبیاری گیاهان، به کار بردن کود، تخمین داده‌های مزرعه و تهیه کردن اطلاعات لازم برای تحلیل آب‌وهوا استفاده می‌شود. تصاویر هوایی و ماهواره‌ای چند طیفی و چند دامنه‌ای با تهیه نقشه شاخص نرمال‌سازی تفاوت پوشش گیاهی[4] به تشخیص خاک، پوشش گیاهی یا جنگل، مشخص کردن گیاهان تحت تنش و تفاوت بین مراحل مختلف رشد گیاه کمک می‌کنند. میان گیاهان مزرعه و داده‌های اندازه‌گیری شده توسط شاخص نرمال‌سازی تفاوت پوشش گیاهی در مراحل مختلف محصول، یک همبستگی قوی وجود دارد. از حسگرهای مادون‌قرمز، چند طیفی و چند دامنه‌ای می‌توان برای تحلیل و بررسی دقیق و صحیح سلامت محصول و شرایط خاک استفاده نمود. از ترکیب داده‌های مختلف ازجمله شاخص نرمال‌سازی تفاوت پوشش گیاهی، شاخص تنش آبی گیاه[5] و شاخص محتوای کلروفیل[6] در ابزار نقشه‌برداری کشاورزی می‌توان داده‌های ارزشمندی برای تشخیص سلامت محصول استخراج نمود. بر اساس شاخص نرمال‌سازی تفاوت پوشش گیاهی، برگ گیاهان در محدوده مادون‌قرمز نزدیک[7] از خود نور منعکس می‌کنند که می‌توان از آن برای تحلیل و بررسی‌های مختلف استفاده نمود. در شکل ۱، وضعیت سلامت یک برگ در سه حالت مختلف با شاخص نرمال‌سازی تفاوت پوشش گیاهی نشان داده‌شده است [۹].



شکل ۱. وضعیت سلامت گیاه با شاخص نرمال‌سازی تفاوت پوشش گیاهی [۹]

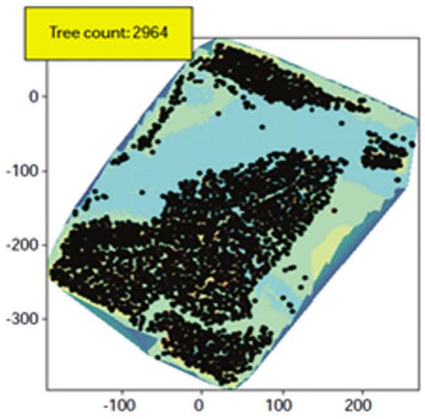
1. *Internet Of Things*
2. *Drones*
3. *Unmanned Aerial Vehicles*
4. *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*
5. *Crop Water Stress Index (CWSI)*
6. *Canopy Chlorophyll Content Index (CCCI)*
7. *Near Infrared (NIR)*

۲-۳-۲- کاهش خطر بحران

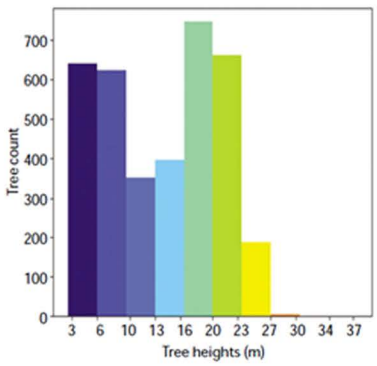
سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد[1] با همتایان خود از پهپادها برای جمع‌آوری داده و اطلاعات مختلف به‌منظور کاهش خطر بحران (بلایا) استفاده می‌کنند. داده‌های ارزشمند به‌دست آمده توسط پهپاد به‌منظور تحلیل به مدل موردنظر داده‌شده و از نتایج قابل‌اعتماد به‌دست‌آمده از تحلیل آن می‌توان برای بررسی جبران خسارت یا پاسخ به آن‌ها ازجمله تنش‌های آبی و عدم وجود مواد مغذی خاص در گیاه استفاده کرد [۹].

۲-۳-۳- جنگل زایی

از پهپادها و تصاویر حاصل از نقشه‌برداری هوایی از جنگل‌های روباز برای ارزیابی، نظارت و تحقیقات در این زمینه استفاده می‌شود. صدها تصویر توسط پهپادها گرفته می‌شود و سپس تصاویر به‌دست‌آمده از ارتفاعات زیاد با یکدیگر ادغام می‌شوند؛ سپس تصاویر ادغام‌شده مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند. از پهپادها در مواردی ازجمله مدیریت و برنامه‌ریزی در جنگل، جنگل‌زایی، تجزیه کربن، تحلیل سایبان درختان، حفاظت از جنگل و نظارت بر گونه‌های بومی استفاده می‌گردد. در یک پروژه صورت گرفته از پهپادها برای تخمین تعداد درختان جهت کاشت در جنگل استفاده شد. بدین منظور با استفاده از نقشه‌های به‌دست‌آمده با وضوح‌بالا، تعداد درختان و ارقام موردنیاز جهت کاشت درخت در یک مساحت مشخص تخمین زده شد. تعداد درختان و هیستوگرام ارتفاع درختان به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است [۹].



شکل ۲. تعداد درخت برآورد شده



شکل ۳. هیستوگرام ارتفاع درخت

۲-۳-۴- کاشت هوایی

کشت بذر از هوا روشی از کاشت است که در مناطقی با سطح کشت زیاد، شیب تند و همچنین در مناطقی که امکان کاشت بذر با روش‌های دیگر دشوار است مورداستفاده قرار می‌گیرد. از این روش برای توسعه و گسترش جنگل‌ها یا به عبارتی جنگل‌زایی استفاده می‌کنند [۳]. سیستم کاشت گیاه با پهپادها درحال‌توسعه است به‌طوری‌که دانه‌های موردنظر توسط هوای فشرده در محل موردنظر به‌صورت گلوله از ارتفاع زیاد بر روی زمین پرتاب می‌شود [۸]. همان‌طور که اشاره شد کشت هوایی روشی است که در ابتدا با بالگردها صورت می‌گرفته و اکنون با توسعه این روش از پهپادها برای انجام این امر استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که کشت هوایی با استفاده از پهپادها در توسعه جنگل‌ها نقش مهمی دارد و حدوداً ده پهپاد با دو تیم هدایت‌شونده از راه دور آن‌ها قادر به کاشت ۴۰۰۰۰۰ درخت در طول روز هستند [۱۲].

برخی از کاربردهای پهپادها در کشاورزی به‌صورت مختصر شرح داده شد. اکنون تعدادی از بهترین پهپادهای بال ثابت کشاورزی در سال ۲۰۲۰ با توجه به نوع و شرایط کاری معرفی می‌گردند.

۳- بهترین پهپادهای بال ثابت در کشاورزی

پهپادهای بال ثابت کشاورزی در مقایسه با کوادکوپترهای معمولی می‌توانند در یک پرواز، ده برابر آن‌ها سطح بیشتری را پوشش دهند؛ با توجه به این نکته، این پهپادها بهترین انتخاب برای هنگامی هستند که نیاز به پوشش دادن سطح زیادی از زمین است. یکی از محدودیت‌های این نوع از پهپادها، عدم توانایی در ثبت تصاویر سه‌بعدی/ توپوگرافی با جزئیات بالا است. برخی از این پهپادها عبارت‌اند از:

۱) PrecisionHaw Lancaster 5: این پهپاد مجهز به حسگرهای مختلفی است و برای کاربردهایی از جمله اندازه‌گیری رطوبت، دما، فشار هوا به‌صورت زمان واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پهپاد مذکور با توجه به دارا بودن هوش مصنوعی، نسبت به تغییراتی ازجمله تغییرات آب‌وهوا، بارهای باد، ظرفیت ترابری و قابلیت دیدن، حساس بوده و به هر یک از موارد ذکر شده واکنش نشان می‌دهد [۱۱].

برخی از مشخصات این پهپاد عبارت است:
وزن: ۲۴۰۴ گرم (۵/۳ پوند)، ظرفیت ترابری[2]: ۹۹۸ گرم (۲/۲ پوند)، طول بال: ۱/۵ متر (۴/۹ فوت)، زمان پرواز: ۴۵ دقیقه، دامنه پرواز: ۱/۹ کیلومتر (۱/۲ مایل)، سرعت کروز: ۱۶-۱۲ متر بر ثانیه (۵۷/۶-۴۳/۲ کیلومتر در ساعت)، حداکثر سرعت: ۲۲ متر بر ثانیه (۷۹ کیلومتر بر ساعت)، دارای ۵ دوربین چند طیفی، وضوح داده تا ۱ سانتی‌متر در پیکسل، ارتفاع پرواز: ۹۱/۴ متر (۳۰۰ فوت)، ارتفاع پیمایش: ۵۰-۳۰۰ متر (۱۶۴-۹۸۴ فوت)،

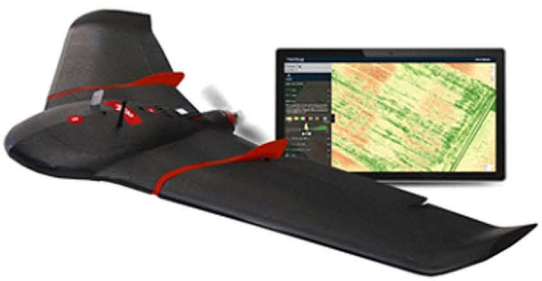
1. Food and Agriculture Organization of the united nation (FAO)
2. Payload

مقدار پیمایش در هر پرواز: ۳۰۰ هکتار و حداکثر دمای کارکرد: ۴۰ درجه سانتی‌گراد (۱۰۴ درجه فارنهایت) [۱۱]. پهپاد مذکور در شکل ۴ نشان داده شده است.

شکل۴. پهپاد PrecisionHaw Lancaster 5

۲) SenseFly eBee SQ: از این پهپاد می‌توان برای نقشه‌برداری سه‌بعدی/توپوگرافی، دمای خاک، میزان آب موجود در خاک، شمارش تعداد گیاهان و اندازه‌گیری شاخص‌های گیاهی ازجمله CWSI، MCARI، NDRE، CCCI و NDVI استفاده نمود. این پهپاد دارای مزایایی ازجمله مقرون‌به‌صرفه بودن، گردش کار سازگار، پوشش وسیع و دقت بالا است. پرواز آسان، مجهز بودن به نرم‌افزارهای پیشرفته، برنامه‌ریزی پرواز و پردازش تصویر ویژه ازجمله مزایای دیگر این پهپاد است [۱۱].

برخی از مشخصات این پهپاد عبارت است از:
وزن: ۱۱۰۰ گرم (۲/۴ پوند)، زمان پرواز: ۵۵ دقیقه، طول بال: ۱۱۰ سانتی‌متر (۴۳/۳ اینچ)، مقدار مساحت طی شده در هر پرواز: ۵۰۰ هکتار، مقاومت در برابر باد با سرعت: ۴۵ کیلومتر در ساعت (۱۲ متر در ثانیه یا ۲۸ مایل در ساعت)، سرعت کروز: ۱۱۰-۴۰ کیلومتر در ساعت (۳۰-۱۱ متر در ثانیه یا ۶۸-۲۵ مایل در ساعت)، وضوح: ۱۲ سانتی‌متر در پیکسل، مقدار ارتفاع پرواز: ۴۰۰ فوت، مجهز به حسگرهای چندطیفی بینایی به‌منظور دستیابی به‌دقت بالا و برد لینک رادیویی: ۳۰۰ متر اسمی (در شرایط ایده‌آل تا ۸۰۰۰ متر) [۱۱]. پهپاد معرفی شده در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل۵. پهپاد SenseFly eBee SQ

۳) Trimble UX5: این پهپاد متعلق به یک شرکت هوا-فضا فرانسوی است. پهپاد ذکرشده قادر است داده‌ها را با وضوح دو سانتی‌متر در هر پیکسل با استفاده از دوربین‌های بصری MicaSense RedEdge یا 24M پردازش کند [۱۱]. پهپاد حاضر در شکل ۶ نشان داده شده است.

شکل۶. پهپاد Trimble UX5

۴) AgEagle RX60: این پهپاد از فیبر کربن و فایبرگلاس ساخته شده است. قابلیت تصویربرداری به‌صورت NDVI، NIR و تصاویر مرئی است. پهپاد مذکور قابلیت پرواز تا ۶۰ دقیقه را دارد [۱۱]. پهپاد مذکور در شکل ۷ ارائه شده است.

شکل۷. پهپاد AgEagle RX60

۵) sentera Phoenix2: این پهپاد قابلیت پوشش ۱۰۰ هکتار را در هر پرواز داراست. همچنین قابلیت تصویربرداری به‌صورت RGB، NIR، NDVI و Live NDVI را دارد [۱۱]. این پهپاد در شکل ۸ ارائه شده است.

شکل۸. پهپاد sentera Phoenix2

۶) AgDrone by HoneyComb: این مجموعه شامل برنامه‌های کنترل پرواز و سخت‌افزارهای موردنیاز است. زمان پرواز آن در حدود ۵۵ دقیقه است [۱۱]. پهپاد معرفی شده در شکل ۹ نمایش داده شده است.

شکل۹. پهپاد AgDrone by HoneyComb

۴- جمع‌بندی

با توجه به افزایش جمعیت جهان و نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی، استفاده از فناوری‌های نوین می‌تواند افزایش تولید محصول را به دنبال داشته باشد. کشاورزی هوشمند یک روش نوین است که با استفاده از تجهیزات و حسگرهای مختلف، میان اطلاعات و فنّاوری ارتباطات پیوستگی برقرار می‌کند. پهپادها ازجمله ابزارهای کشاورزی هوشمند می‌باشند که در متن، به کاربردهای مختلف آن اشاره گردید و همچنین تعدادی پهپاد نیز معرفی شد.

۵- منابع

۱.رمضانی ن. و سرفرازی ع. (۱۹۳۷). اینترنت اشیا در کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی

2. Pivoto D., Waquil P.D., Talamini E., Finocchio C.P.S., Dalla corte V.F. and Varges mores G.D. (2018). Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. Information processing in agriculture; 21-32.

3. Patnaik S., Sen S. and Magdi S.M. (2020). Smart village technology, chapter 10 (smart farming: an overview). Springer.

4. Tripicchio P., Satler M., Dabisias G., Ruffaldi E. and Avizzano C.A. Toward smart farming and sustainable agriculture with drones.

5. Thanpattranon P., Ahamed T. and Takigawa T. (2015). Navigation of an autonomous tractor for a row-type tree plantation using a laser range finder-development of a poin-to-go algorithm. Robotics, 4, 341-364.

6. Li M., Imou K., Wakabayashi K. and Yokoyama S. (2009). Review of research on agricultural vehicle autonomous guidance. International journal Agric & Biol Eng, 2 (3).

7. Triantafyllou A., Tsouros D.C., Sarigiannidis P. and Bibi S. An architecture model for smart farming.

8. Anonymous (2018). Digital transformation monitor drones in agriculture.

9. FAO. E-Agriculture in action: Drones for agriculture.

10. Balafoutis A.T., Beck B., Fountas S., Tsiropoulos Z., Vangeyte J., Van der Wal T., Soto-Embodas I., Gomez-Barbero M. and Pedersen M. (2017). Chapter 2 (smart farming technologies-description taxonomy and economic impact)

11. https://dronepedia.xyz/best-agricultural-drones/

12. https://www.croptracker.com/blog/drone-technology-in-agriculture.html

13. https://www.agrocares.com/en/news/precision-digital-smart-farming/