مجله ترویجی علوم و فناوری اطلاعات کشاورزی
دوره ششم، شماره ۲، شماره پیاپی ۱۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۲
jaist.areeo.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/JAIST.2023.363862.1102

سکوهای تحصیل داده در کشاورزی دقیق و هوشمند

نیکروز باقری

دانشیار پژوهشی. مؤسسه تحقیقات فنّی و مهندسی کشاورزی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. کرج. ایران. رایانامه: n.bagheri@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۹ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹ صص : ۳۱-۲۱

چکیده

امروزه با پیشـرفت فناوری‌های الکترونیکی و اطلاعاتی، کشـاورزی هوشمند بیش از پیش در حال توسعه است. کلید تحقق کشاورزی هوشمند، تولید داده و تحلیل آن است. بنابراین، جمع‌آوری داده از اقدامات زیربنایی برای پیاده‌سازی این فناوری است. هدف از تدوین این مقاله، آشنایی مخاطبان با انواع سـکوهای تحصیل داده شـامل سکوهای ماهواره‌ای، هوایی (سرنشین‌دار و بی‌سرنشین)، و زمینی و نیز بررسی ویژگی‌ها و محدودیت‌های هریک از روش‌ها براساس شاخص‌های فنّی و اقتصادی است. از شاخص‌های فنیّ تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری می‌توان به قدرت تفکیک مکانی، قدرت تفکیک طیفی و زمانی، مانورپذیری، تنوع حسگرهای قابل نصب، وسعت منطقه تحت پوشش، و دقت اشاره کرد. براساس نتایج، همه انواع فناوری‌های تحصیل داده در کشاورزی قابل‌استفاده هستند و انتخاب سامانه مناسب باید براساس ملاحظات فنّی و بودجه، در دسترس بودن فناوری، وسعت منطقه، و پدیده موردمطالعه باشد. مخاطب می‌تواند با مطالعه این مقاله و آگاهی از انواع سکوهای موجود و شاخص‌های تصمیم‌گیری، سامانه تحصیل داده مناسب را برای فعالیت‌های اجرایی یا پژوهشی خود در حوزه کشاورزی انتخاب کند.

کلیدواژه‌ها: سکوهای هوایی، سکوهای زمینی، فناوری، کشاورزی دقیق، ماهواره، سامانه هوشمند، ماشینی کردن.

مقدمه

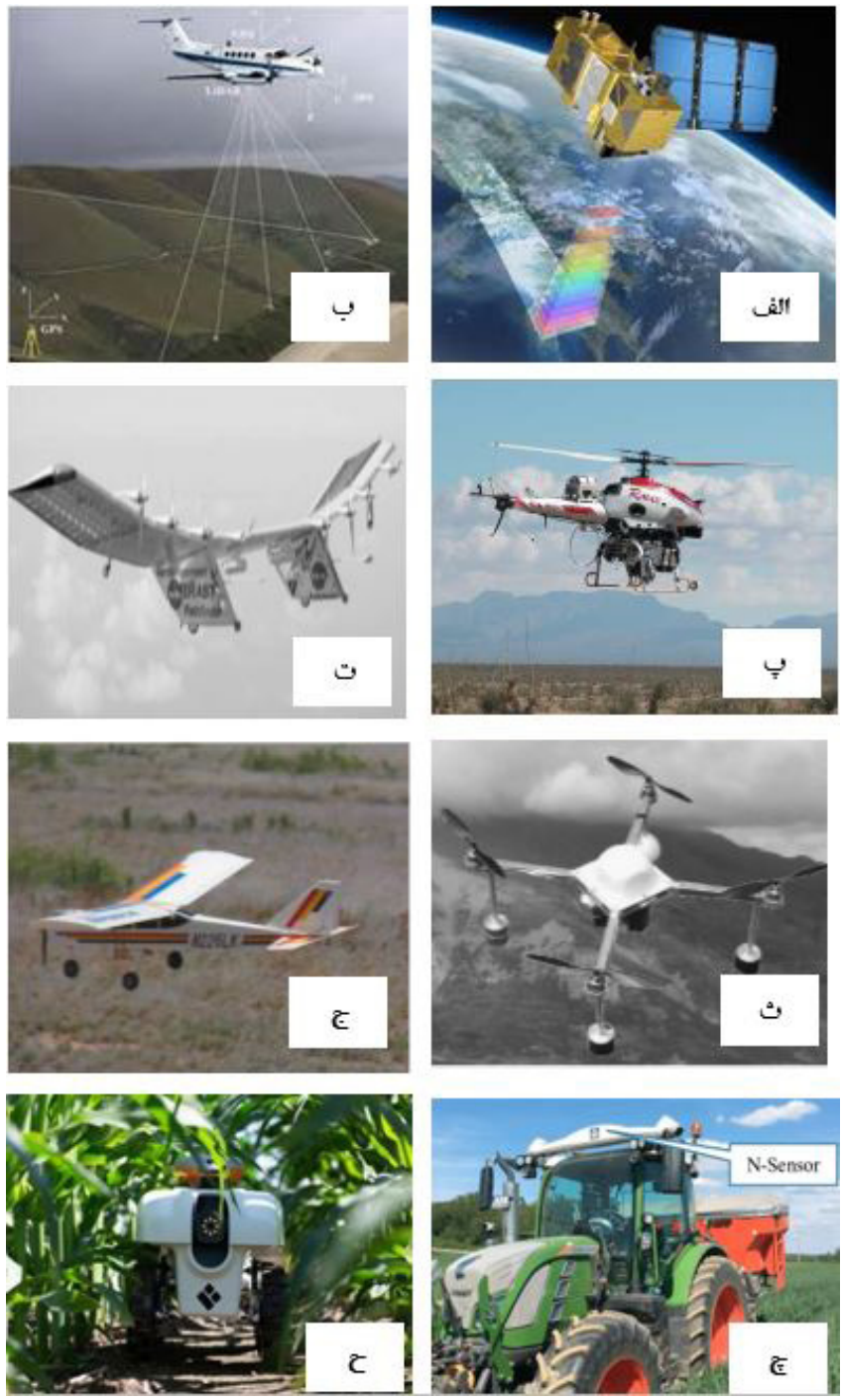
کشاورزی دقیق پس از توسعه ماشینی کردن کشاورزی و انقلاب سبز، سومین انقلاب در کشاورزی جهان است (سیز رابیو و روویراماس[1]، ۲۰۲۰). کشاورزی دقیق، مدیریت نوین کشاورزی است که با پایش تغییرپذیری‌های زمانی و مکانی می‌تواند فرایند تولید محصولات کشاورزی را با استفاده از فناوری‌های دیجیتالی پیشرفته مدیریت و بهینه‌سازی کند (هدلی[2]، ۲۰۱۵). براساس تعریف انجمن بین‌المللی کشاورزی دقیق، کشاورزی دقیق[3] یک راهبرد مدیریتی است که داده‌های زمانی و مکانی را جمع‌آوری، پردازش، و تحلیل کرده و برای تصمیم‌سازی‌های مدیریتی، داده‌ها را با اطلاعات مدیریتی دیگر تلفیق می‌کند. برای تحقق این نوع مدیریت، انواع فناوری‌ها مانند اینترنت اشیاء، رایانش ابری[4] و هوش‌مصنوعی توسعه یافته است (ژانگ[5]، ۲۰۲۳). هدف کشاورزی دقیق، کاهش هزینه‌ها، کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی، افزایش کیفیت محصولات کشاورزی (اونیبونوژه[6] و همکاران، ۲۰۲۱)، بهبود بهره‌وری و توسعه پایدار کشاورزی است (ژانگ،۲۰۲۳). بهبود عملکرد محصولات در عین حفظ سلامتی محصول و افزایش بهره‌وری، تقاضای کشاورزان برای توسعه این فناوری را افزایش داده است (سینگ[7] و همکاران، ۲۰۲۲). براساس اعلام وزارت کشاورزی آمریکا، کاربرد کشاورزی دقیق در مزارع، افزایش بازده و درآمد خالص را به همراه داشته است (سیز رابیو و روویراماس، ۲۰۲۰).

جمع‌آوری داده‌ها، پهنه‌بندی و تهیه نقشه تغییرات، تصمیم‌سازی و اعمال مدیریت، فرآیندهای کشاورزی دقیق هستند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۲). براساس تعریف ایزو (۱۹۹۵)، کشاورزی هوشمند به‌معنی کاربرد سامانه‌های مبتنی بر هوش‌مصنوعی است که مانند انسان قابلیت یادگیری و استدلال دارند. سامانه هوشمند از بخش‌هایی مانند جمع‌آوری داده‌ها، انتقال و ذخیره‌سازی داده‌ها، تحلیل اطلاعات و تصمیم‌سازی تشکیل شده است (چیدامباراناتان[8] و همکاران، ۲۰۱۸). در کشاورزی دقیق و هوشمند، جمع‌آوری داده‌ها اولین مرحله از فرآیند است. فناوری سنجش از دور حجم زیادی از اطلاعات طیفی و مکانی لازم را برای کشاورزی دقیق و هوشمند به‌عنوان یکی از روش‌های اصلی تحصیل داده فراهم می‌کند (سیشودیا[9] و همکاران، ۲۰۲۰). به هر روش غیرتماسی جمع‌آوری داده از شیء هدف، سنجش از دور گفته می‌شود (توث و جوزکو[10]، ۲۰۱۶) و شامل دانش فنی سنجش، ثبت، تجزیه و تحلیل و استفاده از انرژی بازتابش شده یا ساطع شده از یک شیء با به‌کارگیری انواع سکو و سنجنده است (اوشا و سینگ[11]، ۲۰۱۳). در تعریف سنتی، سنجش از دور به سکوهای ماهواره‌ای و هوایی گفته می‌شد که از حسگرهای نوری و راداری برای ثبت تصاویر استفاده می‌کردند. اما اخیراً به هر روش جمع‌آوری تصویر و داده‌های مکانی حتی نقشه‌برداری و فتوگرامتری هوایی نیز سنجش از دور می‌گویند (توث و جوزکو، ۲۰۱۶). امروزه انواع وسایل تصویربرداری طیفی و راداری (اوشا و سینگ، ۲۰۱۳)، وسایل اندازه‌گیری با ابزار دستی، وسایل نقلیه زمینی، و آدمواره‌ها جزء سکوهای سنجش از دور به‌شمار می‌روند (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۱).

انواع سکوهای تحصیل داده

انواع ماهواره، وسایل نقلیه هوایی بی‌سرنشین و سرنشین‌دار، وسایل نقلیه زمینی (ماشین و آدمواره)، و تجهیزات دستی، سکوهای تحصیل داده هستند (شکل ۱). در ادامه هر یک از این سکوها معرفی می‌شوند.

1. Saiz-Rubio and Rovira-Mas
2. Hedley
3. International Society of Precision Agriculture (ISPA)
4. Cloud Computing
5. Zhang
6. Onibonoje
7. Singh
8. Chidambaranathan
9. Sishodia
10. Toth and Jozcow
11. Usha and Singh

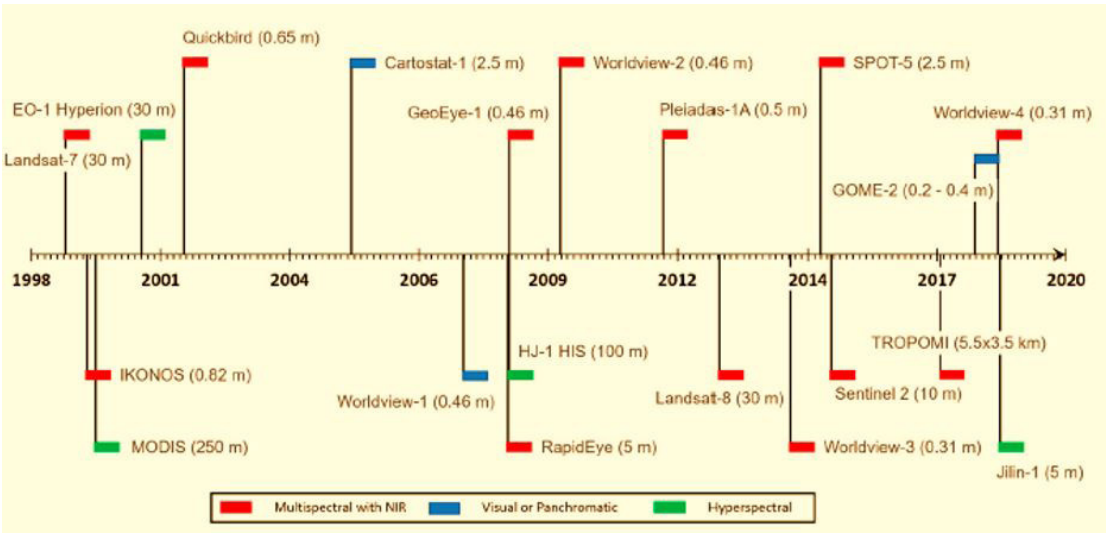


شکل ۱. انواع سکوهای تحصیل داده در کشاورزی دقیق الف: ماهواره، ب تا ج به ترتیب: هواپیما، بالگرد، بادپرک[1]، کوادکوپتر[2] و هواپیمای بی‌سرنشین فوق سبک، چ: تراکتور، ح: آدمواره پایش وضعیت) (باقری، ۱۴۰۰).

1. Kite
2. Quadcopter

ماهواره

سکوهای ماهواره‌ای از اولین سکوها برای داده‌برداری و مطالعات کشاورزی بوده‌اند. با پرتاب اولین ماهواره لندست در سال ۱۹۷۲ میلادی استفاده از آن‌ها آغاز شد. برای اولین بار از داده‌های این ماهواره برای برآورد عملکرد محصول استفاده شد (خانال[1] و همکاران، ۲۰۲۰). این ماهواره‌ها داده‌های طیفی را در باندهای طیفی سبز، قرمز و مادون‌قرمزنزدیک با قدرت تفکیک مکانی[2] ۸۰ متر و فاصلهٔ زمانی ۱۸ روز بین برداشت دو تصویر ثبت می‌کرد. از سال ۱۹۷۲ به بعد، تحولات زیادی در حوزهٔ سکوهای ماهواره‌ای رخ داده است. به عنوان مثال، قدرت تفکیک مکانی از ۸۰ متر به ۳۱ سانتی‌متر، فاصله زمانی بین برداشت دو تصویر از ۱۸ روز به یک روز، و تعداد باندهای طیفی در دسترس از چهار باند با عرض باند بزرگتر از ۶۰ نانومتر به بیش از ۸ باند با عرض حدود ۴۰ نانومتر بهبود یافته است. وجود ماهواره‌ها با قدرت تفکیک مکانی زیاد موقعیت‌های جدیدی را برای پهنه‌بندی تغییرات و برآورد عملکرد ایجاد کرده است (لی[3] و همکاران، ۲۰۱۰). به‌عنوان مثال، ماهواره وردویو۳[4] تصاویر چندطیفی را در ۱۱ باند طیفی و قدرت تفکیک مکانی ۱/۲۴ متر برداشت می‌کند (سیز رابیو و روویراماس، ۲۰۲۰). در شکل ۲، انواع سکوهای ماهواره‌ای و قدرت تفکیک مکانی آن‌ها و همچنین، سال راه‌اندازی آن‌ها نشان داده شده است. براساس شکل ۲، از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۲۰، تعداد ۲۰ ماهواره به فضا پرتاب شده است که از این میان ۱۳ ماهواره تصاویر چندطیفی، ۴ ماهواره تصاویر مرئی و پانکروماتیک، و ۳ ماهواره تصاویر ابرطیفی جمع‌آوری می‌کنند.



شکل ۲. انواع سکوهای ماهواره‌ای همراه با قدرت تفکیک مکانی تصاویر و سال تولید آن‌ها (خانال و همکاران، ۲۰۲۰)

آخرین پیشرفت‌های ماهواره‌ها شامل راه‌اندازی دسته‌ای ریزماهواره‌ها و نانوماهواره‌هاست که مدار یکسانی دارند و امکان کاهش فاصله زمانی بازدیدها را فراهم می‌آورند. اولین نسل این فناوری داو[5] است که از سال ۲۰۱۴ تولیدشده و تعداد این ماهواره‌ها در حال افزایش است (توث و جوزکو، ۲۰۱۶).

از قابلیت‌های ماهواره‌ها می‌توان به برداشت تصاویر از مناطق وسیع اشاره کرد (باقری، ۱۴۰۰). اما ماهواره‌ها محدودیت‌هایی دارند که کاربرد آن‌ها را برای مطالعات کشاورزی مشکل کرده است. ازجمله زمان‌بر بودن تهیه تصاویر ماهواره‌ای و گرانی قیمت تصاویر با قدرت تفکیک مکانی زیاد، محدود بودن تعداد

1. Khanal

۲- اندازه‌گیری کوچک‌ترین جسم قابل تشخیص در تصویر و مشخص‌کننده اندازه پیکسل‌های تشکیل‌دهنده تصویر است (Usha and Singh, ۲۰۱۳).

3. Lee
4. WorldView-3
5. Dove

برداشت تصویر در طول فصل رشد گیاه، نیاز به تصحیحات جوی (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۲)، ضعف قدرت تفکیک طیفی و مکانی (باقری، ۱۴۰۰)، وجود نویز به‌دلیل فاصله زیاد ماهواره‌ها از زمین و تحت تأثیر شرایط آب و هوایی بودن (ریز[1]، ۲۰۲۲؛ جعفربیگلو و پوررضا[2]، ۲۰۲۲).

سکوهای هوایی

سکوهای هوایی برای مطالعات تحصیل داده به دو دسته سکوهای سرنشین‌دار و بی‌سرنشین تقسیم می‌شوند.

سامانه‌های هوایی سرنشین‌دار

سکوهای هوایی سرنشین‌دار شامل هواپیماها و بالگردها هستند (باقری، ۱۴۰۰). کاربرد هواپیماهای سرنشین‌دار در کشاورزی به دهه ۱۹۲۰ باز می‌گردد که برای پخش مواد شیمیایی از آن‌ها استفاده می‌شد (ناوا[3]، ۲۰۰۱). استفاده از هواپیما برای برداشت تصاویر کشاورزی از دهه ۱۹۵۰ شروع شد (ریز، ۲۰۱۳) و تا یک دهه پیش، سکوهای هوایی منبع اصلی تهیه داده‌های جغرافیایی بودند (توث و جوزکو، ۲۰۱۶). استفاده از سکوهای هوایی سرنشین‌دار به‌دلیل پرهزینه بودن، پیچیدگی سامانه‌ها، نیاز به خلبان، نیاز به باند پرواز و مجوزهای مخصوص و زمان طولانی برای ارائه خدمات محدود شده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۲؛ جعفربیگلو و پوررضا، ۲۰۲۲). آمارها نشان می‌دهد تلفات خلبان‌ها و سامانه‌های هوایی سرنشین‌دار زیاد بوده و این تلفات در بخش کشاورزی بیشتر از سایر حوزه‌ها است. بنابراین، سکوهای هوایی بی‌سرنشین به تدریج جایگزین سکوهای هوایی سرنشین‌دار شدند (دلاورپور[4] و همکاران، ۲۰۲۳).

سامانه‌های هوایی بی‌سرنشین

سکوهای هوایی بی‌سرنشین معروف به پهپاد[5]، شامل انواع هواپیماهای سبک و فوق سبک، بالگردها و پرنده‌های چرخانه‌ای[6] هستند. در گذشته از انواع بالن (ژانگ و کواکس[7]، ۲۰۱۲)، چتربال[8]، پاراشوت (للونگ[9] و همکاران، ۲۰۰۸) و بادپرک (وندرام و لوفلر[10]، ۲۰۰۷) نیز استفاده می‌شد؛ اما به دلیل ضعف کنترل سکو، مانورپذیری کم و کیفیت کم تصاویر برداشت‌شده، در حال حاضر کمتر استفاده می‌شوند (باقری، ۱۴۰۰). در شکل ۳، انواع سکوهای هوایی بی‌سرنشین نشان داده شده است.

شکل ۳. انواع سکوهایی هوایی بی‌سرنشین (A: چتربال، B: پاراشوت، C: بالگرد، D: هواپیمای بال ثابت، E و F: دو مدل کوادکوپتر) (ژانگ و کواکس[11]، ۲۰۱۲)

1. Rees
2. Jafarbiglu and Pourreza
3. NAVA
4. Delavarpour
5. Unmanned aerial Vehicle (UAV)
6. Rotor
7. Zhang and Kovacs
8. Glider
9. Lelong
10. Wundram and Loffler
11. Zhang and Kovacs

پهپاد یک وسیله نقلیه هوایی است که می‌تواند بی‌سرنشین پرواز کند و از راه دور کنترل شود (باقری و صفری، ۱۴۰۰). کاربرد پهپادهای با وزن کمتر از ۲۵ کیلوگرم در کشاورزی از سال ۲۰۰۰ شروع شد (سیمپسون[1] و همکاران، ۲۰۰۳) و در سال ۲۰۱۴ به یکی از ده فناوری پیشرفته تأثیرگذار در جهان تبدیل شد (بی‌نام[2]، ۲۰۱۴) و همچنان نیز در حال توسعه است. پیش‌بینی شده است که در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ پهپادها ۱۰۰ هزار شغل ایجاد کنند و تأثیر اقتصادی ۸۲ میلیارد دلاری بر اقتصاد جهانی داشته باشند (پادوآ[3] و همکاران، ۲۰۱۷). براساس یک مطالعه، از سال ۲۰۱۵ به بعد بیشترین پژوهش‌های حوزه پهپاد در قاره اروپا (با فراوانی ۳۴ درصد) انجام شده است. کشور چین به تنهایی ۱۱ درصد از پژوهش‌های جهانی پهپاد را انجام داده است (خانال و همکاران، ۲۰۲۰).

پهپادها معمولاً به انواع اصلی پهپادهای بال‌ثابت[4] (مانند هواپیماهای سبک و فوق سبک)، بال چرخان[5] (بالگرد) و چرخانه‌ای تقسیم می‌شوند. پهپاد دارای ۴ چرخانه (کوادکوپتر)[6]، مرسوم‌ترین نوع پهپاد در بین پهپادهای چرخانه‌ای است. از انواع دیگر این پهپادها می‌توان به پهپادهای شش چرخانه‌ای (هگزاکوپتر[7]) و هشت چرخانه‌ای (اکتاکوپتر[8]) اشاره کرد (باقری و صفری، ۱۴۰۰). از میان انواع پهپاد، پهپادهای چرخانه‌ای بیشترین کاربرد را دارند. قابلیت‌ها و انعطاف‌پذیری آن‌ها باعث شده است تا مناسب کار در شرایط سخت کشاورزی باشند (تورس سانچز[9] و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین پهپادهای چرخانه‌ای، در مقایسه با دو نوع دیگر پهپاد، پایداری بیشتر و سرعت کمتری دارند. در عین حال، برنامه‌ریزی پرواز آن‌ها زمان‌بر و موزاییک‌کردن تصاویر وقت‌گیرتر است (سیز رابیو و روویراماس[10]، ۲۰۲۰). پهپاد بال ثابت نسبت به پهپاد چرخانه‌ای سرعت بیشتری دارد و منطقه بیشتری را زیر پوشش قرار می‌دهد (سیز رابیو و روویراماس ، ۲۰۲۰). پهپادهای بال‌ثابت می‌توانند در هر پرواز تا ۱۵۰ هکتار را پایش کنند ولی پهپادهای چرخانه‌ای می‌توانند حداکثر ۲۰ هکتار را پایش کنند (جعفربیگلو و همکاران، ۲۰۲۲). عملکرد پهپادهای بال‌ثابت نسبت به چرخانه‌ای به دلیل پیچیدگی کمتر است (تورس سانچز و همکاران، ۲۰۱۸). برخی از مزایای پهپادها عبارت‌اند از (جعفربیگلو و پوررضا، ۲۰۲۲؛ دکاسترو[11] و همکاران، ۲۰۲۲):

- قدرت تفکیک مکانی در حد سانتی‌متر؛
- امکان تهیه تصاویر سه‌بعدی؛
- امکان نشست و برخاست عمودی و بی‌نیاز از باند پرواز؛
- قابلیت تنظیم زمان برداشت تصاویر در وقت لازم؛
- نیاز به تصحیح‌های کمتر تصاویر و تحت تأثیر پوشش ابری نبودن.

از محدودیت‌های پهپادها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (مانفردا[12] و همکاران، ۲۰۱۸):

- مداومت پروازی کم. با پیاده‌سازی فناوری‌های جدید باتری و استفاده از صفحه‌های خورشیدی مداومت پروازی را می‌توان تا پنج ساعت افزایش داد؛
- قوانین محدودکننده عملیات و نیاز به مجوز برای هر پرواز.

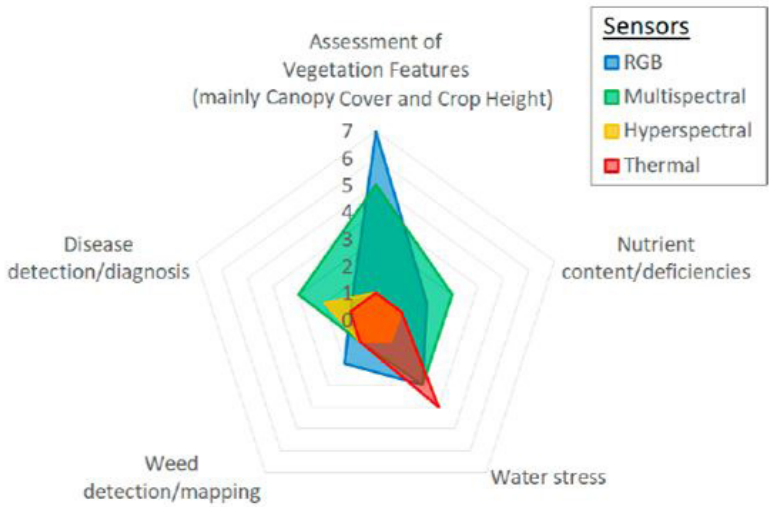
سکوهای زمینی

سکوهای زمینی به دو نوع سکوهای ثابت[13] و سیار[14] تقسیم می‌شوند (توث و جازکو، ۲۰۱۶). انواع تجهیزات داده‌برداری و تصویربرداری و حسگرهای تشخیصی، سکوهای ثابت هستند. سکوهای سیار معمولاً ماشین‌های کشاورزی و آدمواره‌ها هستند که حسگرها و دوربین‌های موردنظر روی آن‌ها نصب می‌شود و

1. Simpson
2. Anonymous
3. Padua
4. Fixed-wing
5. Rotary wing
6. Quadcopter
7. Hexacopter
8. Octocopter
9. Torres-Sanchez
10. Saiz-Rubio and Rovira-Mas
11. De Castro
12. Manfreda
13. Static platforms
14. Mobile platforms

با حرکت در محـل، داده‌های موردنیاز را ثبت و ذخیره می‌کنند (باقری، ۱۴۰۰). از زمانی که جی پی اس در دسترس قرار گرفت سکوهای سیار توسعه یافتند (توث و جازکو، ۲۰۱۶).

از انواع مختلفی از حسـگرها برای پایش استفاده می‌شود، از جمله: دوربین‌های مرئی، چندطیفی، ابرطیفی و حرارتی. براساس هدف، حسـگر مناسب انتخاب می‌شـود. مثلاً، برای تعیین مقدار پوشش گیاهی، ارتفاع گیاه، کمبود و تنش نیتروژن از دوربین‌های مرئـی و چندطیفی اسـتفاده می‌شـود. این حسـگرها ارزان‌تر از حسـگرهای ابرطیفی و حرارتی هسـتند و به تنظیمات پیچیده‌ای نیـاز ندارنـد (آشـاپور[1] و همـکاران، ۲۰۱۹). برای تشـخیص تنش‌های آبی نیز می‌توان از حسـگرهای حرارتی اسـتفاده کرد (گاگو[2] و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین، از حسـگرهای چندطیفی و ابرطیفی برای تشخیص بیماری‌ها نیز استفاده می‌شود (دکاسترو و همکاران، ۲۰۲۱). در شکل ۴، فراوانی حسگرهای مورداستفاده در کشاورزی نشـان داده شده است. فراوانی کاربرد حسگرهای چندطیفی در مطالعات کشاورزی بیش از سایر حوزه‌ها است.



شکل ٤. حسگرهای مورداستفاده در مطالعات کشاورزی (دکاسترو و همکاران، ۲۰۲۱)

یافته‌ها

در جدول ۱ انواع سکوهای ماهواره‌ای، هوایی و زمینی با هم مقایسه شـده است. براساس جدول ۱، پهپادها و سکوهای زمینی سیار، در مقایسه با سـکوهای دیگر، مانورپذیری بیشتری دارند. سکوهای هوایی سرنشـین‌دار از نظر تنوع نصب انواع حسگرها، قابلیـت بیشـتری دارند. پهپادها و سـکوهای زمینـی ثابت برای داده‌برداری در محیط‌های بیرونی و درونی کاربرد دارند. پوشش ماهواره‌ها و زاویه دید سـکوهای زمینی و پهپاد از بقیه سـکوها بیشـتر اسـت. قدرت تفکیک مکانی و زمانی ماهواره‌ها کمترین و برای پهپادها و سـکوهای زمینی بیشترین اسـت. پهپادها دامنه وسیع‌تری از نظر زاویه برداشـت تصویر دارند. سکوهای هوایی سرنشـین‌دار بیشـترین خطر عملیاتی و ماهواره‌ها بیشترین هزینه داده‌برداری را دارند.

1. Ashapure
2. Gago

جدول ۱. مقایسه ویژگی‌های سکوهای تحصیل داده (توث و جازکو، ۲۰۱۶؛ جعفربیگلو و پوررضا، ۲۰۲۱))

ردیف	شاخص‌ها	نوع سکو				
		ماهواره	هوایی- سرنشین‌دار	هوایی-پهپاد	زمینی-ثابت	زمینی- سیار
۱	مانورپذیری	ندارد	کم	زیاد	محدود	زیاد
۲	فضای مشاهده	جهانی	منطقه‌ای	محلی	محلی	محلی
۳	تنوع حسگرها	MS[1], HIS[2], SAR[3]	MS, HIS, SAR, LiDAR[4]	MS	MS, LiDAR	MS, HIS, SAR, LiDAR
۴	فضای کاربری مناسب	بیرونی	بیرونی	بیرونی، درونی	بیرونی، درونی	بیرونی
۵	پوشش زمین	وسیع (۱۰ کیلومتر)	متوسط (۱ کیلومتر)	کوچک (۱۰۰ متر)	خیلی کوچک (۵۰ متر)	کوچک (۱۰۰ متر)
۶	زاویه دید تصویربردار	محدود	وسیع	وسیع/خیلی وسیع	وسیع/خیلی وسیع	وسیع/خیلی وسیع
۷	تناوب برداشت تصویر (قدرت تفکیک زمانی)	روزانه	ساعتی	هر دقیقه	هر دقیقه	ساعتی
۸	قدرت تفکیک مکانی	۳-۰/۳۰۰ متر	۲۵-۵ سانتی‌متر	۵-۱ سانتی‌متر	۵-۱ سانتی‌متر	۵-۱ سانتی‌متر
۹	دقت مکانی	۳-۱ متر	۱۰-۵ سانتی‌متر	۲۵-۱ سانتی‌متر	۵۰-۳ سانتی‌تر	۲۵-۱ سانتی‌متر
۱۰	قابلیت استقرار	سخت	پیچیده	آسان	متوسط	متوسط
۱۱	زاویه برداشت تصویر	عمودی/مایل	عمودی/مایل	عمودی/مایل/افقی	مایل/افقی	مایل/افقی
۱۲	خطر عملیات	متوسط	زیاد	کم	متوسط	متوسط
۱۳	ارتفاع داده‌برداری	زیاد	متوسط	کم	کم	کم
۱۴	مداومت زمانی برای داده‌برداری	زیاد	متوسط	کم	زیاد	زیاد
۱۵	هزینه	$$$$$	$$$	$	$$	$$

توصیه‌ها

براساس جمع‌بندی پژوهش‌های اجرا شده در زمینه کاربرد سکوها برای جمع‌آوری اطلاعات در حوزه کشاورزی می‌توان نتیجه گرفت که همه انواع سکوهای تحصیل داده برای مطالعات کشاورزی قابل‌استفاده هستند. بااین‌حال، هر یک از سامانه‌های تحصیل داده مزایا و محدودیت‌هایی دارند که با توجه به این موضوع، کاربرد آن‌ها در شرایط خاص می‌تواند توجیه‌پذیر باشد. به عنوان مثال، پهپادها نسبت به هواپیماهای سرنشین‌دار هزینه‌های عملیاتی کمتری دارند و تصاویر به روزتری ارائه می‌دهند. هزینه استفاده از پهپاد برای مزرعه با وسعت کمتر از ۵ هکتار از هزینه کاربری هواپیمای سرنشین‌دار و ماهواره کمتر است. بنابراین، در مزارع کوچک پهپادها به‌ویژه پهپادهای چرخانه‌ای بهترین گزینه هستند. اما در مزارع بزرگ (بیش از ۵۰ هکتار)، تحصیل داده با استفاده از هواپیمای سرنشین‌دار و ماهواره به‌صرفه‌تر است. بنابراین، با توجه به کوچک بودن اغلب زمین‌های کشاورزی کشور، استفاده از پهپادها و سکوهای زمینی توجیه‌پذیر است.

یکی از معیارهای فنّی مهم در انتخاب سکو قدرت تفکیک زمینی است. در شرایطی که به قدرت تفکیک زمینی زیادی نیاز باشد، انتخاب سامانه‌های تحصیل داده زمینی و هوایی نسبت به سامانه‌های ماهواره‌ای اولویت دارد. به عنوان مثال، برای تشخیص زنگ زرد گندم قدرت تفکیک مکانی یک سانتی‌متری و برای تشخیص بیماری فوزاریوم گندم قدرت تفکیک حداقل ۵۰ سانتی‌متری لازم است. بنابراین، برای تشخیص زنگ زرد

1. Light Detection and Ranging
2. Multispectral
3. Hyperspectral
4. Syntetic Aperture Radar

تنها می‌تـوان از پهپادهای چرخانه‌ای اسـتفاده کرد؛ در حالی‌که برای تشـخیص فوزاریوم می‌توان از پهپادهای بـال ثابت یا حتی ماهواره‌هـای با قدرت تفکیک زیاد اسـتفاده کرد. بنابراین، برای جمع‌آوری داده باید براساس ملاحظات فنّی و بودجه، در دسترس بودن فناوری، وسعت منطقه و موضوع موردمطالعه، سامانه مناسب را انتخاب کرد.

منابع

باقری، ن. ۱۴۰۰. نقش فناوری سنجش از دور در پیشرفت کشاورزی هوشمند. علوم و فناوری اطلاعات کشاورزی. سال سوم. شماره ۶.

باقری، ن. صفری. م. ۱۴۰۰. شناخت پهپادسمپاش. *نشریه فنی*. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

Anonymous, 2014. MIT Technology Review, 10 Most Important Technology Milestones for 2014. *Technology Review*. https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2014/ (accessed Jan. 03, 2020).

Ashapure, A., Jung, J., Chang, A., Oh, S., Maeda, M., Landivar, J. 2019. A Comparative Study of RGB and Multispectral Sensor-Based Cotton Canopy Cover Modelling Using Multi-Temporal UAS Data. *Remote Sens.* 11, 2757.

Chidambaranathan, C. M., Hand, S.S., Ramanamurthy, M. V. 2018. Development of smart farming -a detailed study. *International Journal of Engineering & Technology* 7(2.4):56-58.

De Castro, A.I., Shi, Y.;Maja, J.M., Pena, J.M. 2021. UAVs for Vegetation Monitoring: Overview and Recent Scientific Contributions. *Remote Sensing,* 13, 2139. https://doi.org/10.3390/rs13112139.

Delavarpour, N., Koparan, C., Zhang, Y., Steele, D., D., Betitame, K., Bajwa, S. J., Sun, X., 2023. A review of the current unmanned aerial vehicle sprayer applications in precision agriculture. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 66(3): 703-721. https://doi.org/10.13031/ja.15128.

Gago, J., Douthe, C., Coopman, R.E., Gallego, P.P., Ribas-Carbo, M., Flexas, J., Escalona, J., Medrano, H. 2015. UAVs Challenge to Assess Water Stress for Sustainable Agriculture. *Agric. Water Managment.* 153, 9–19.

Hedley, C. 2015. The role of precision agriculture for improved nutrient management on farms. *Journal of the Science of Food Agriculture*. 95, 12–19.

Lee, W. S., Alchanatis, V., Yang, C., Hirafuji, M., Moshou, D., Li, C. 2010. Sensing technologies for precision specialty crop production. *Computers and Electronics in Agriculture* 74: 2–33.

Lelong, C. C. D., Burger, P., Jubelin, G., Roux, B., Labbe, S., & Barett, F. 2008. Assessment of unmanned aerial vehicles imagery for quantitative monitoring of wheat crop in small plots. *Sensors,* 8, 3557–3585.

Jafarbiglu, H., Pourreza, A. 2022. A comprehensive review of remote sensing platforms, sensors, and applications in nut crops. *Computers and Electronics in Agriculture* 197: 106844.

Khanal, S., KC. K., Fulton, J.P., Shearer. S., Ozkan, E. 2020. Remote Sensing in Agriculture—Accomplishments, Limitations, and Opportunities. *Remote Sensing*, 12, 3783. https://doi.org/10.3390/rs12223783.

Manfreda, S., McCabe, M.F., Miller, P.E., Lucas, R., Pajuelo Madrigal, V., Mallinis, G., Ben Dor, E., Helman, D., Estes, L., Ciraolo, G., Mullerova, J., 2018. On the use of unmanned aerial systems for environmental monitoring. *Remote Sensing,* 10 (4), 641.

Onibonoje, M.O., Nwulu, N. 2021. Synergistic Technologies for Precision Agriculture. In Artificial Intelligence and IoT-Based Technologies for Sustainable *Farming and Smart Agriculture;* IGI Global: Hershey, PA, USA.123–139.

Padua, L., Vanko, J., Hruska, J., Adao, T., Sousa, J. J., Peres, E., Morais, R. 2017. UAS, sensors, and data processing in agroforestry: a review towards practical applications. *International Journal of Remote Sensing.* http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2017.1297548.

Rees, W.G. 2013. Physical principles of remote sensing. Cambridge University Press.

Usha, K., Singh, B. 2013. Potential applications of remote sensing in horticulture—A review. *Scientia Horticulturae* 153: 71–83.

Saiz-Rubio, V., Rovira-Mas, F. 2020. From Smart Farming towards Agriculture 5.0:A Review on Crop Data Management. *Agronomy,* 10, 207. https://doi.org/10.3390/agronomy10020207.

Simpson, A., Stombaugh, T., Wells, L., Jacob, J. 2003. Imaging Techniques and Applications for UAV's in Agriculture. Presented at the 2003, Las Vegas, NV July 27- 30. https://doi.

org/10.13031/2013.14929.

Singh, A.P., Yerudkar, A., Mariani, V., Iannelli, L., Glielmo, L. A. 2022. Bibliometric Review of the Use of Unmanned Aerial Vehicles in Precision Agriculture and Precision Viticulture for Sensing Applications. *Remote Sensing.* 14, 1604. https://doi.org/10.3390/rs14071604.

Sishodia, R. P., Ray, R. L., Singh, S. K. 2020. Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. *Remote Sensing.* 12, 3136. https://doi.org/10.3390/rs12193136.

Torres-Sanchez, J., de Castro, A. I., Pena, J. M., Jimenez-Brenes, F. M., Arquero, O., Lovera, M., Lopez-Granados, F. 2018. Mapping the 3D structure of almond trees using UAV acquired photogrammetric point clouds and objectbased image analysis. *Biosystems Engineering*, 176, 172–184. https://doi.org/ 10.1016/j.

Toth, C., Jozkow, G. 2016. Remote sensing platforms and sensors: A survey. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.* 115: 22-36.

Zhang, C., Kovacs, J. M. 2012. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*. 13:693–712. https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5.

Zhang, C., Valente, J., Kooistra, L., Guo, L. Wang, W. 2021. Orchard management with small unmanned aerial vehicles: a survey of sensing and analysis approaches. Precision Agriculture. https://doi.org/10.1007/s11119-021-09813-y.

Zhang, Q. 2023. Opinion paper: Precision agriculture, smart agriculture, or digital agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 211: 107982.

Journal of Agricultural Information sciences and Technology
Volume 6, Issue 2, Serial Number 12, Fall and Winter 2023
jaist.areeo.ac.ir

Data gathering platforms in precision and intelligent agriculture

Nikrooz Bagheri
Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Karaj. Iran. **Email:** n.bagheri@areeo.ac.ir

Abstract

Today, intelligent agriculture is developing with the advancement of electronic and information technologies. The key to access intelligent agriculture is data gathering and analysis. Therefore, data gathering is one of the fundamental actions to implement precision and intelligent agriculture. This paper aims to introduce the audience to the various data acquisition platforms such as satellite, aerial (manned and unmanned), and ground vehicle platforms and to present the features and limitations of each method based on technical and economic parameters. Technical parameters that influence decision-making include spatial resolution, spectral and temporal resolution, maneuverability, sensor variety, the extent of the covered area, and accuracy. Based on the results, all types of data acquisition technologies can be used in agriculture, and selecting the appropriate system should be based on technical and budget considerations, the availability of technology, the size of the region, and the object. By reading this paper, the audience can choose the right data acquisition system for their executive or research activities in the field of agriculture.

Keywords: Aerial platforms, Ground platforms, Precision Agriculture, Satellite, Technology, Unmanned Aerial Vehicle.