

## کشاورزی دقیق: رویکردی نوین در مدیریت زراعی

سارا صفری

دکترای اصلاح نباتات و محقق، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، ایلام، ایران. [رایانامه: s\\_safari@areeo.ac.ir](mailto:s_safari@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۱

تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۰۷/۰۸

صص: ۲۳-۳۵

### چکیده

کشاورزی دقیق یک راهبرد مدیریت کشاورزی است که با گردآوری، پردازش و ارزیابی داده‌ها درصدد افزایش بهره‌وری تولید است. از آنجا که دستیابی به بیشترین سود هدف اصلی کشاورزان است، استفاده از داده‌ها و تحلیل‌های دقیق با ایجاد مدیریت بهتر می‌تواند سود بیشتری فراهم کند. هدف اصلی کشاورزی دقیق دستیابی به کشاورزی پایدار با کاهش مصرف کودهای شیمیایی و در نتیجه کاهش آلودگی‌های زیست محیطی است. از ابزارهای مورد استفاده برای گردآوری داده در کشاورزی دقیق می‌توان به سنسورهای ماهواره‌ای و هوایی، حسگرها و آدمواره‌ها اشاره کرد. با وجود مزیت‌های زیاد، کاربرد این نوع از ابزارهای کشاورزی هنوز در ایران مورد توجه قرار نگرفته است. به نظر می‌رسد زیرساخت‌های به کارگیری این روش در ایران تا حدودی فراهم است. پایین بودن سطح دانش کشاورزان و کوچک بودن مزارع دو مشکل اصلی در راه کشاورزی دقیق است و به نظر می‌رسد برای رفع آن‌ها سرمایه‌گذاری زیادی نشده است. افزایش سطح دانش کشاورزان، ادغام زمین‌های کشاورزی و نیز تشویق به سرمایه‌گذاری در حوزه کشاورزی، سه راه‌حل مهم در گذر از کشاورزی سنتی به کشاورزی مدرن هستند. در مقاله حاضر تلاش شده است تا هر چه بیشتر جامعه کشاورزان و بهره‌برداران با کشاورزی دقیق آشنا شوند.

**کلیدواژه‌ها:** کشاورزی دقیق، تولید پایدار، مدیریت زراعی، سنسور از دور، کشاورزان.

## مقدمه

کشاورزی در سال‌های اخیر نقشی کلیدی در اقتصاد جهانی داشته است (سیلان<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). برآوردها نشان می‌دهد که تولیدات فعلی کشاورزی باید ۶۰ تا ۱۰۰ درصد افزایش یابد. در نتیجه، فشار بر نظام کشاورزی بیش از هر زمان دیگری است (رابرتز<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). کشاورزی دقیق علم و فناوری بهبود عملکرد محصول و کمک به تصمیم‌گیری‌های مدیریتی با استفاده از حسگرها و ابزارهای تجزیه و تحلیل با فناوری‌های سطح بالا و یک مفهوم جدید است که در سراسر جهان برای افزایش تولید، کاهش زمان کار و اطمینان از مدیریت مؤثر مصرف مواد شیمیایی و فرآیندهای آبیاری، از آن استفاده می‌شود (مونتیرو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). با اجرای کشاورزی دقیق و از طریق تغییر شیوه توزیع، امکان عملکرد بیشتر با همان سطح از نهاده‌ها فراهم می‌شود (کرباسی و همکاران، ۱۳۹۲). کشاورزی دقیق فناوری است که در چارچوب اصول توسعه پایدار و به منظور افزایش بهره‌وری، با گردآوری و ذخیره‌سازی ویژگی‌های مکانی و پردازش داده‌ها، کاربرد بهینه عوامل و نهاده‌های تولید را موجب می‌شود (باقری و مؤذن، ۱۳۸۸). این فناوری بر مبنای فناوری اطلاعات بنیان نهاده شده و بر آن است تا اهداف چهارگانه مورد انتظار، شامل چهار بخش نظام اطلاعات جغرافیایی، نظام موقعیت‌یابی جهانی، فناوری ارزش متغیر و سنسجش‌زدور را محقق کند (سیرسی<sup>۴</sup>، ۱۹۹۷). در واقع، کشاورزی دقیق یک راهبرد مدیریت کشاورزی است که با گردآوری، پردازش و ارزیابی داده‌ها می‌کوشد تا بهره‌وری و کیفیت تولید را افزایش دهد. از آنجا که دستیابی به سود حداکثری هدف اصلی تولید برای کشاورز است، استفاده از داده‌ها و تحلیل‌های دقیق باعث کاهش مصرف نهاده‌ها، افزایش بازده، عملکرد بیشتر و سود بیشتری خواهد شد. این نوآوری، برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی از کلان داده‌ها استفاده می‌کند. کلان داده‌ها<sup>۵</sup> امکان تحلیل هم‌زمان عوامل مختلف و متعدد در حجمی بالا را فراهم می‌کنند، داده‌هایی که تحلیل آن‌ها برای انسان تقریباً ناممکن است (بوکسی<sup>۶</sup> و همکاران،

۲۰۱۸). بنابراین، این تحلیل همه‌جانبه کمک می‌کند تا مزرعه را از ابعاد مختلف بررسی و از بین‌گزینه‌های موجود، بهینه‌ترین تصمیم‌ها را اتخاذ کرد. در همه مراحل مهم چرخه رشد محصول (آماده‌سازی خاک، بذر، مدیریت محصول و برداشت) از فناوری‌های کشاورزی دقیق استفاده می‌شود. با این حال، این استفاده فقط مختص محصولات زراعی نیست و در دامپروری نیز از آن استفاده می‌شود (مکبراتی<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۵).

در کشاورزی دقیق و با استفاده از ابزارهای مختلف گردآوری، پردازش و ارزیابی، داده‌هایی مانند مقدار رطوبت زمین و هوا، شرایط خاک و اقلیم، آب و هوا، نوع کشت، مرحله رشد و نمو، مواد مغذی مورد نیاز، آفات و بیماری‌ها و غیره گردآوری می‌شوند. سنسجش‌زدور با ماهواره، استفاده از هواپیماهای بدون سرنشین و پهپادها، حسگرها، آدمواره و خودکار سازی، از جمله ابزارهای مورد استفاده برای گردآوری داده در کشاورزی دقیق است (پراکس<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). در کشاورزی دقیق معمولاً از روش‌های سنسجش‌زدور و پهپادها برای اندازه‌گیری‌های چندطیفی و برآورد دقیق داده‌های مربوط به ویژگی‌های خاک، سلامت گیاه (آفات و بیماری‌ها) و عملکرد محصول استفاده می‌شود. همچنین با تهیه طیفی اطلاعات خاک می‌توان به انواع خواص خاک از جمله رطوبت و محتوای مواد آلی خاک دست یافت. برای گردآوری داده‌های سطح مزرعه با استفاده از فناوری پردازش تصویر مکمل و سنسجش‌زدور، از آدمواره‌ها استفاده می‌شود. همچنین حسگرهای مختلفی مانند حسگرهای خاک و حسگرهای رطوبت نیز با تهیه داده‌های دقیق، به پایش بهتر داده‌ها کمک خواهند کرد. این حسگرها اطلاعات مربوط به خاک،

1. Seelan
2. Roberts
3. Monteiro
4. Searcy
5. Big Data
6. Bucci
7. McBratney
8. Perakis

و مواد شیمیایی مانند کود و سم، عملکرد را افزایش و مصرف انرژی را کاهش داد (باقری، ۱۳۹۹).

کشاورزی دقیق به دلیل دارا بودن سطح مدیریتی بالاتر، از کشاورزی سنتی متمایز است. یعنی در این نظام میزان نظارت بر مدیریت منابع بسیار دقیق‌تر از کشاورزی سنتی است. چرا که در کشاورزی دقیق به جای این که کل مزرعه به عنوان یک واحد مدیریتی در نظر گرفته شود، بر اعمال مدیریت برای مناطق کوچکی از مزرعه تأکید می‌شود. در این روش با تأکید بر نیازهای درست کشاورزان، سطح مدیریت را افزایش می‌دهد. کشاورزی دقیق، در واقع، نظام مدیریت تلفیقی است و کوشش دارد تا براساس نیازهای واقعی محصولات در سطح کوچک‌تر، نوع و مقدار نهاده‌ها را تطبیق دهد. هدف کشاورزی دقیق، گردآوری و پردازش داده‌های مرتبط با ویژگی‌های متنوع خاک و شرایط متغیر تولید محصول، برای افزایش بهره‌وری از نهاده‌های مصرفی در واحدهای کوچکی از زمین زراعی است. برای بیشترین بازدهی، باید به اختلاف بخش‌های مختلف مزرعه توجه کرد. این نوع رویکرد، براساس بهره‌وری مطلوب، حفظ منابع، اطمینان از پایداری و حفاظت از محیط‌زیست، محصولات و نیازهای خاک را تعریف می‌کند. همچنین، مهم‌ترین مشکلات کشاورزی مثل هدررفت منابع، هزینه‌های زیاد و اثرات مخرب محیط‌زیستی را نیز حل می‌کند (ملاشاهی، ۱۴۰۰).

### تاریخچه کشاورزی دقیق

اگرچه استفاده از فناوری پیشرفته در کشاورزی به دهه ۱۹۸۰ باز می‌گردد، اما کاربرد فناوری کشاورزی دقیق در ایالات متحده یک دهه بعد آغاز شد. از سال ۱۹۸۹، بسیاری از کشاورزان ایالات متحده برای کاهش استفاده از مواد شیمیایی، از فناوری‌های کشاورزی پایدار کم‌نهاده استفاده کردند. سپس، از نظام پایش عملکرد، اینترنت و نظام‌های موقعیت‌یاب

رطوبت، نیاز آبی گیاهان و سایر شاخص‌های مهم را اندازه‌گیری و ثبت می‌کنند.

گرچه کاربرد کشاورزی دقیق، در نگاه اول، مدیریت پیچیده‌ای را می‌طلبد و توجه اقتصادی چنین نظامی با تردیدهایی روبه‌رو است، اما به نظر می‌رسد با توجه به چالش‌های عمده‌ای که جهان امروز در زمینه آب، غذا، آلودگی محیط‌زیست و منابع انرژی با آن‌ها روبه‌رو است، نسل‌های آینده ناگزیر از استفاده از چنین شیوه‌هایی خواهند بود. در حال حاضر در کشورهای پیشرفته به ویژه آمریکا، این نوع نظام مدیریت مزرعه در حال تبدیل به نظام رایج کشاورزی است. سهولت دسترسی به ابزارها و فناوری‌های پیشرفته در این کشورها و نیز سطح وسیع اغلب مزارع از دیگر عوامل روی آوردن این کشورها به این نوع نظام کشاورزی است. از سوی دیگر، حساسیت‌ها نسبت به خطرات زیست‌محیطی و زیست‌شناسی حاصل از دست‌کاری‌های زادشناسی<sup>۱</sup> محصولات کشاورزی، کشاورزان این کشورها را به استفاده از نظام‌هایی زراعی برای افزایش عملکرد در واحد سطح ترغیب کرده است (تریپاتی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۲).

### وضعیت مطلوب و موردانتظار با کشاورزی دقیق

باتوجه به فراهم آمدن امکان استفاده بهینه از منابع و نهاده‌ها با استفاده از کشاورزی دقیق، موضوع پایداری تولید نیز مطرح می‌شود. پایداری در کشاورزی به معنای بهره‌گیری از منابع به گونه‌ای است که امکان استفاده از همان منابع برای نسل‌های آینده نیز فراهم باشد و توسعه بیش از حد باعث از بین رفتن منابع نشود. به بیان دیگر، توسعه پایدار نگاهی جامع به سه ضلع رشد، مسائل اجتماعی و مسائل محیط‌زیستی دارد (کرباسی و همکاران، ۱۳۹۲). باتوجه به اینکه منابعی مانند زمین و آب از اصلی‌ترین منابع مورد استفاده کشاورزی در فضای باز هستند، با استفاده از راهبرد مدیریتی کشاورزی دقیق تا حد قابل قبولی می‌توان به سوی پایداری حرکت کرد. با بهره‌گیری از کشاورزی دقیق می‌توان در کنار کاهش مصرف نهاده‌هایی از قبیل بذر، آب

1. Genetics

2. Tripathi

بررسی اطلاعات بستر انجام می‌شد، به هدررفت نهاده‌ها، تولید آلودگی زیست‌محیطی، فقر غذایی زمین و کاهش راندمان تولید می‌انجامید. امروزه پیشرفت فناوری و استفاده از شیوه‌های نوین و ابزارهای مختلفی مانند نظام موقعیت‌یاب جهانی<sup>۴</sup>، حسگرها، سنسور از دور یا عکس‌های هوایی، مفهومی جدیدی به نام کشاورزی دقیق یا مدیریت مناسب نهاده‌ها را ابداع کرده است (سینگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). کشاورزی دقیق، برخلاف کشاورزی سنتی، با شناسایی نایکنواختی‌ها در سطح کوچکی از مزرعه، مدیریت مناسب نهاده‌ها را فراهم می‌آورد. به عبارت دیگر، در این روش، با استفاده از فناوری‌های جدید، گردآوری اطلاعات صحیح، شناسایی تفاوت‌های خاک و در نظر گرفتن شرایط آب‌وهوایی مختلف، تولید محصول را افزایش می‌دهند (خیرعلی‌پور، ۱۴۰۲). گرچه در عصر حاضر مسائلی مانند افزایش جمعیت، کمبود زمین‌های کشاورزی قابل کشت، کمبود آب، افزایش آلودگی‌ها و نگرانی‌های زیست‌محیطی و غیره تأمین نیازهای غذایی و امنیت غذایی مردم جهان را به چالش کشیده است، اما به نظر می‌رسد کشاورزی دقیق راهکاری نو برای مدیریت این چالش‌ها است (نیتین کومار<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۲۳). تولید پایدار، مدیریت مصرف سم و کود، افزایش کیفیت محصول، کاهش هزینه‌ها، کاهش زیست‌بوم‌های زراعی ناپایدار، کمک به سلامت محصولات کشاورزی و حفظ سلامت محیط‌زیست، از جمله مزایای استفاده از کشاورزی دقیق است.

### فناوری‌های مورد استفاده در کشاورزی دقیق

در کشاورزی دقیق، با استفاده از ماشین‌ها، تجهیزات و

جهانی استفاده شد. اولین دستگاه نظارت بر عملکرد محصول در سال ۱۹۹۲ تولید شد و امکان پذیرش فناوری در کشاورزی را فراهم کرد. استفاده اولیه از کشاورزی دقیق به نمونه‌برداری شبکه‌ای، نقشه‌برداری برای مصرف کودها، اصلاح pH خاک و اندازه‌گیری عملکرد محدود بود. تا سال ۱۹۹۴، استفاده از نظام موقعیت‌یاب جهانی و فناوری ارزش متغیر<sup>۱</sup> افزایش یافت. در قرن بیست و یکم شاهد پیشرفت‌های بیشتر در کشاورزی دقیق و پذیرش فناوری‌های جدید هستیم. با افزایش استفاده از نظام‌های هدایت خودکار، جذب فناوری برجسته‌تر و دقیق‌تر شد و بر دقت حفاظت و پیش‌بینی از وضعیت محصول و بذر افزود. در نتیجه، بازدهی به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (فرانزن و مولانا<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵).

در دهه ۱۹۸۰ میلادی واژه کشاورزی دقیق برای اولین بار در ایالات متحده آمریکا استفاده شد. برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی حاصل از استفاده نادرست از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها و افزایش عملکرد تولید استفاده از این فناوری تداوم عام یافت. با توسعه علم فناوری اطلاعات و برگزاری همایش‌های بین‌المللی در سطح جهان، کاربرد این فناوری افزایش زیادی یافت. همچنین، عواملی مانند دسترسی سریع به ابزارها و فناوری‌های پیشرفته، افزایش عملکرد تولید و حساسیت‌ها نسبت به آلودگی‌ها و خطرات زیست‌محیطی باعث شد تا کشاورزی دقیق در کشورهای توسعه‌یافته نیز بیش از پیش توسعه یابد تا جایی که امروزه کشاورزی دقیق به‌عنوان یک رشته دانشگاهی در بسیاری از دانشگاه‌ها تدریس می‌شود (مولانا<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۷).

### مزایای کشاورزی دقیق

در طول سال‌های متمادی، کشاورزان بدون در نظر گرفتن تفاوت‌های ذاتی خاک و گیاه، نهاده‌های کشاورزی مانند کودها، آفت‌کش‌ها، بذر و سموم را به مقدار معین و یکنواخت برای کل مزرعه توزیع استفاده می‌کردند. این روند که بدون

1. Variable Rate Technology (VRT)  
2. Franzen & Mulla  
3. Mulla  
4. Global Positioning System (GPS)  
5. Singh  
6. Nithinkumar

(انوشی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۳).

### سامانه‌های ارزش متغیر در کشاورزی دقیق

فناوری ارزش متغیر، هر فناوری یا روشی است که به کشاورزان اجازه می‌دهد تا میزان ورودی نهاده‌های مورد استفاده در مناطق کشاورزی را نظارت کنند. این فناوری به استفاده مناسب از کود، مواد شیمیایی و بذر در هر منطقه خاص کمک می‌کند. با استفاده از فناوری ارزش متغیر، کشاورزان می‌توانند به گیاهان و منابع مورد نیاز بیشتر اهمیت دهند، در هزینه‌ها صرفه‌جویی کنند و بر محیط‌زیست تأثیر مثبتی داشته باشند. این بزرگ‌ترین مزیت به کارگیری کشاورزی دقیق است. در واقع، کاربرد ارزش متغیر در برابر کاربرد یکنواخت قرار دارد و هدف آن صرفه‌جویی در هزینه‌ها از طریق کاهش مصرف نهاده‌ها و کاهش اثرات زیست‌محیطی است. این فناوری از نرم‌افزارهای تخصصی، نظارت‌کننده‌ها و نظام موقعیت‌یاب جهانی استفاده می‌کند (انوشی و همکاران، ۲۰۲۳). اساساً دو روش مبتنی بر نقشه و مبتنی بر حسگر برای گردآوری داده وجود دارد. در روش اول، داده‌های مورد نیاز برای تصمیم‌گیری، مثل مواد مغذی، سطح pH و سایر داده‌ها، از طریق نمونه‌برداری از خاک به دست می‌آید. از داده‌های کلان جمع‌آوری شده به روش نمونه‌گیری، برای محاسبه ارزش متغیر بذر و کود بهینه استفاده می‌شود. در روش مبتنی بر حسگر، خاک با استفاده از حسگرها در لحظه بررسی می‌شود. از جمله مزایای این روش امکان ایجاد یک برنامه کشاورزی سازگار با محیط‌زیست است که به نوبه خود به کاهش هزینه و افزایش عملکرد کمک می‌کند (مونتیرو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۱).

### سامانه موقعیت‌یاب جهانی

سامانه موقعیت‌یاب جهانی نوعی فناوری است که داده‌ها را

ابزارهای پیشرفته و فناوری سنجش‌ازدور، تغییرات درون مزرعه شناسایی می‌شود. گردآوری اطلاعات درست است که مدیریت دقیق را ممکن می‌کند. سامانه مکان‌یابی، حسگرها و سامانه اطلاعات جغرافیایی از ابزارهای مورد استفاده در کشاورزی دقیق هستند. از سامانه مکان‌یابی برای شناسایی دقیق نقاط ضعف و قوت مزارع استفاده می‌شود. از سوی دیگر، حسگرها یا وقایع‌نگارهای داده، عملیات گردآوری اطلاعات خاک، اقلیم و محصولات را انجام می‌دهند. سامانه اطلاعات جغرافیایی مجموعه‌ای از نقشه‌های زمین‌شناسی است که برای تجزیه و تحلیل اطلاعات گردآوری شده استفاده می‌شود.

از ابزارهای رایج در کشاورزی دقیق می‌توان به تراکتور، کمباین، سم‌پاش، کارنده و خاک‌بردار اشاره کرد که از طریق نظام‌های هدایت خودکار نظارت می‌شوند. دستگاه‌های کوچکی که بر روی این تجهیزات نصب می‌شوند از سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌کنند. برای استفاده از این تجهیزات، باید مجموعه‌ای از فناوری‌ها و نظام‌های داده‌ای مناسب را فراهم آورد. فناوری ارزش متغیر، نظام موقعیت‌یاب جهانی، نظام اطلاعات جغرافیایی و حسگرهای نظارت از راه دور از دیگر ابزارهای مورد استفاده در کشاورزی دقیق هستند. بدیهی است این نظام مدیریتی، با فناوری و ابزار پیشرفته مورد نیاز، بیشتر در مزارع وسیع قابل اجرا و از نظر اقتصادی قابل توجه است. به نظر می‌رسد برخلاف کشورهای پیشرفته که توجه ویژه‌ای به این نوع نظام کشاورزی نشان داده‌اند، کشورهای در حال توسعه و توسعه‌نیافته همچنان استفاده از ارقام اصلاح شده و در برخی موارد محصولات زیست‌فناوری را بر استفاده از چنین شیوه‌هایی ترجیح می‌دهند. فناوری‌های جدید اطلاعات و ارتباطات، مدیریت محصول در سطح مزرعه را عملیاتی‌تر و دستیابی به آن را برای کشاورزان آسان‌تر می‌کند. اعمال تصمیمات مدیریت زراعی، مثل تغییر تراکم بذر همراه با کاربرد ارزش متغیر نیتروژن و آفت‌کش‌ها، به تجهیزاتی مثل هواپیماهای هدایت‌شونده (پهپادها) نیاز دارد که از فناوری با ارزش متغیر پشتیبانی می‌کنند

1. Anushi  
2. Monteiro

مکانی برای تولید نقشه‌های دیجیتال استفاده می‌کند. با استفاده از این سامانه می‌توان کل مجموعه داده را ذخیره کرد و از شرایط آب‌وهوایی، مراحل رشد گیاه، استفاده از بذر یا کود و موارد دیگر تجزیه و تحلیل دقیق و جامعی به دست آورد. این نرم‌افزار، برای جلوگیری از خسارت، پیش‌بینی‌های آب‌وهوایی، شرایط محصول و ناهنجاری‌های موجود در رشد آنها را اطلاع‌رسانی می‌کند. بنابراین، کشاورز با داشتن اطلاعات و توصیه‌های مناسب خواهد توانست از مزرعه خود بهتر استفاده کند، میزان ورودی بذر و کود را کاهش دهد و از طبیعت نیز حفاظت کند. این نظام‌ها عملیات کشاورزی و بهره‌وری کلی کشاورزی را بهبود می‌بخشند (فونتز و چانگ<sup>۳</sup>، ۲۰۲۲).

#### سنجش ازدور

سنجش ازدور راهکاری برای افزایش تولید محصولات و افزایش بازدهی در مزارع با استفاده از دستگاه‌ها و ابزارهای نظارت از راه دور است. کاربردهای سنجش ازدور در کشاورزی دقیق اساساً بر اساس بازتاب نورخورشید است. به عبارت دیگر، سنجش ازدور به معنی تشخیص انرژی ساطع شده یا منعکس شده از اجسام مختلف، به صورت انرژی صوتی یا الکترومغناطیسی شامل نور فرابنفش، نور مرئی یا نور مادون قرمز است. این روش، روشی غیرتماسی است که می‌تواند برای تشخیص تنش‌های گیاه، قبل از آن که تغییرات قابل مشاهده با چشم باشند، استفاده شود (رسولی شریبانی و همکاران، ۱۴۰۲). در سنجش ازدور به تماس بین حسگر با خاک یا محصولات کشاورزی نیازی نیست و معمولاً اطلاعات با استفاده از دوربین‌های نصب شده بر روی ماهواره‌ها، هواپیماهای هدایت‌شونده و یا بدون سرنشین به دست می‌آید (مولا و خوسلا<sup>۴</sup>، ۲۰۱۷).

این فناوری به کشاورزان اجازه می‌دهد تا با استفاده از

به همراه مکان دقیق جغرافیایی آن‌ها و در لحظه فراهم می‌کند. این سامانه با استفاده از اطلاعات دریافت شده از ۲۵ ماهواره و بدون نیاز به گیرنده‌های تلفن یا اینترنت، موقعیت جغرافیایی (طول، عرض و ارتفاع) هر نقطه از زمین را ارائه می‌دهد. سامانه ماهواره‌ای ناوبری جهانی، از طریق انتقال امواج رادیویی بین گیرنده و ماهواره، موقعیت گیرنده‌های کوچک را مشخص می‌کند. در کشاورزی دقیق می‌توان با استفاده از اطلاعات سامانه موقعیت‌یاب جهانی و سامانه ماهواره‌ای ناوبری جهانی، موقعیت دقیق نقاط مختلف مزرعه را تعیین کرد و از تغییرپذیری مکانی متغیرهایی مثل ویژگی‌های جغرافیایی زمین، رطوبت، نیتروژن و سایر عناصر موجود در خاک و نیز عملکرد محصول، نقشه‌هایی تولید کرد (خیرعلی‌پور، ۱۴۰۲).

#### سامانه اطلاعات جغرافیایی

از آنجاکه کشاورزی به شدت به شرایط آب‌وهوایی متکی است، دسترسی به الگوهای آب‌وهوایی بسیار مهم است (تریپاتی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). نظام اطلاعات جغرافیایی نظامی برای ذخیره، تجزیه و تحلیل و ارائه داده‌های مکانی است. این نظام، یک سامانه اطلاعاتی است که اطلاعات جغرافیایی را گردآوری، ذخیره، پردازش و تحلیل کرده و نمایش می‌دهد. در کشاورزی دقیق، از این سامانه برای تهیه نقشه تناسب اراضی، حاصلخیزی مزرعه و همچنین خودکارسازی عملیات کشاورزی و هدایت بدون راننده ماشین‌های کشاورزی استفاده می‌شود (احمدی الکویی و همکاران، ۱۳۹۲). سامانه اطلاعات جغرافیایی به کشاورزان کمک می‌کند تا نقشه‌های بررسی خاک و ویژگی‌های گیاهانی که به طور معمول در منطقه رشد می‌کند را مشاهده کنند. درعین حال، اطلاعات تکمیلی درباره تصاویر ماهواره‌ای و هوایی را نیز ارائه می‌کنند. از این رو، تجزیه و تحلیل مزارع متعدد با مقایسه و دستکاری لایه‌های داده، یکی از ویژگی‌های مفید سامانه اطلاعات جغرافیایی است (برگت<sup>۲</sup>، ۲۰۰۷).

سامانه اطلاعات جغرافیایی، از جزئیات شیء و داده‌های

1. Tripathi  
2. Bregt  
3. Fuentes & Chang  
4. Mulla & Khosla

را در کود مایع به صورت طیف‌سنجی اندازه‌گیری کنند. سپس می‌توانند با استفاده از حسگرهای متصل به اینترنت اشیا، زمین را اسکن کنند و فقط در نقاط لازم کود توزیع کنند. این امر مصرف کود را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. حسگرهای رطوبت در خاک نیز بهترین زمان را برای آبیاری گیاهان تعیین می‌کنند. حتی نظام‌های آبیاری را می‌توان طوری برنامه‌ریزی کرد که بر اساس نیاز گیاه و میزان بارندگی، فقط سمی از تنه درخت را آبیاری کند که به آب نیاز دارد (ملودی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۸)

### هوش مصنوعی

هوش مصنوعی و کشاورزی دقیق در حال توسعه هستند و همواره ابزارهای نوآورانه‌ای را برای مدیریت تولید در مزرعه ارائه می‌کنند. به عنوان مثال، سم‌پاش‌های مجهز به هوش مصنوعی می‌توانند بدون تأثیر بر محصولات در حال رشد، علف‌های هرز خاص را شناسایی و به آن‌ها سم بپاشند. هوش مصنوعی معمولاً در هواپیماهای بدون سرنشین، آدماورها و دستگاه‌های اینترنت اشیا استفاده می‌شوند و برای آن‌ها داده‌های ورودی فراهم می‌کنند. سپس، این اطلاعات با استفاده از رایانه پردازش شده و اقدامات مناسب را به این دستگاه‌ها ارسال می‌کند. این فرایند به آدماورها اجازه می‌دهد تا مقدار مناسبی از کود را توزیع کنند یا دستگاه‌های اینترنت اشیا مقدار مناسبی از آب را مستقیماً به خاک بدهند. همچنین ممکن است پیش‌بینی‌هایی از نقطه موردنظر را برای کشاورزان فراهم آورند، مانند: مقدار نیتروژن موجود در خاک و هدایت برنامه‌ریزی کوددهی (مسیاس رویز<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۳).

در میان عملکردهای خودکار، هدایت ماشین وظیفه‌ای است که به کشاورزان اجازه می‌دهد وسیله نقلیه را با دقت و بدون زحمت هدایت کرده و خود بر دیگر فعالیت‌های مدیریتی تمرکز

تصاویر ماهواره‌ای و ابزارهایی مثل حسگرهای مرتبط با وضعیت خاک و گیاه و از طریق اینترنت اشیا، سلامت محصول را بررسی کرد. علاوه بر این، آنها درباره رطوبت، بیماری، ناهنجاری‌های ساختاری و تغذیه‌ای، داده‌های روزآمدی را ارائه می‌دهند. تصاویر ماهواره‌ای وضوح بالایی دارند و به کشاورزان امکان می‌دهند تا دقیق‌ترین داده‌ها را دریافت کنند. به کمک این فناوری و به منظور استخراج نقشه‌های شاخص‌های بیوفیزیکی محصول، از جمله شاخص‌های بیماری، تصاویر چندطیفی تولید شده و پردازش می‌شود. ابزارهای موجود در هوا می‌توانند میزان پوشش گیاهی را تعیین کنند و بین محصولات زراعی و علف‌های هرز تمایز قابل شونند (ماه‌لین<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵). در چند دهه اخیر، فناوری‌های سنسور از دور در کشاورزی دقیق کاربردهای مختلفی یافته‌اند مثل: پیش‌بینی عملکرد و ارزیابی آواشناسی محصول. از این فناوری‌ها برای پایش عوامل تنش‌زای نازیستی مثل خشکسالی و کمبودهای تغذیه‌ای و نیز عوامل تنش‌زای زیستی مثل آفات و علف‌های هرز استفاده شده است (رسولی شریانی و همکاران، ۱۴۰۲).

### اینترنت اشیا در کشاورزی دقیق

فناوری اینترنت اشیا یک فناوری نوظهور است. ارتباط بین اشیا و گسترش و توسعه اینترنت، با استفاده از اصول پایه شبکه حسگرها است. این فناوری بر ارتباط بین اشیا تمرکز دارد. در اینجا، شیء هر چیزی بی جانی است که به تجهیزاتی مانند حسگرها، محرک‌ها، فناوری ارتباط بی‌سیم و غیره مجهز شده و قابلیت جمع‌آوری داده، نظارت و یا ارتباط از راه دور را دارد. این نظام با ایجاد یک شبکه ارتباطی گسترده و یکپارچه بین اشیا، امکان هوشمندسازی محیط را در بسیاری از زمینه‌ها به‌ویژه کشاورزی فراهم می‌کند (جمشیدی و دهقانی سانچ، ۱۳۹۹). در این نظام سامانه‌های مختلف به اینترنت وصل هستند تا اطلاعات حسگرها از راه دور به مقصد منتقل شود (خیرعلی پور و همکاران، ۱۴۰۲). برای مثال، کشاورزان می‌توانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم

1. Mahlein

2. Miloudi

3. Mesías-Ruiz

خاک، ترکیب شیمیایی، تغذیه و موارد دیگر را ارزیابی کنند. مکان‌یابی یک مزرعه، به کشاورز اجازه می‌دهد تا اطلاعات جمع‌آوری شده از تجزیه و تحلیل خاک و نیتروژن باقیمانده و اطلاعات مربوط به محصولات قبلی و مقاومت خاک آن مزرعه را ارزیابی کند. در این حالت کشاورز با یک تراکتور در اطراف مزرعه رانندگی می‌کند و با استفاده از یک گیرنده سامانه موقعیت‌یاب جهانی که در داخل داخل وسیله نقلیه نصب است، حدود مزرعه مشخص می‌شود. این محدوده بر روی یک نقشه پایه، که از تصاویر هوایی یا ماهواره‌ای گرفته شده است، نمایش داده می‌شود. تصاویر پایه باید وضوح و کیفیت هندسی مناسبی داشته باشند تا از دقت بودن کافی موقعیت جغرافیایی اطمینان حاصل شود.

### تصاویر هوایی و ماهواره‌ای

بیش از نیم‌قرن پیش تصویربرداری ماهواره‌ای به‌عنوان یکی از ابزارهای سنجش‌از‌دور آغاز شد و کاربردهای متعدد کشاورزی آن نیز معرفی شد (ما<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). از مزایای عمده تصویربرداری ماهواره‌ای می‌توان به تصویربرداری غیرتماسی در سطح زمین و در مناطق جغرافیایی وسیع (صدها کیلومتر مربع در یک تصویر واحد)، زمان بازبینی قابل انتخاب (۱ روز تا ۲ هفته) و حسگرهایی با وضوح مکانی و طیفی بالا اشاره کرد (ژانگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). در میان همه مأموریت‌های ماهواره‌ای منتخب، برنامه لندست<sup>۶</sup> مجموعه‌ای از ماهواره است که به دلیل در دسترس بودن داده‌های ۴۰ ساله از سطح زمین با موفقیت در نظارت کشاورزی استفاده شده است. جدیدترین لندست یعنی لندست ۸، در سال ۲۰۱۳ با دو تصویرگر (تصویرساز عملیاتی زمین و حسگر حرارتی مادون قرمز) به فضا پرتاب شد که مشاهدات طیفی را در وضوح مکانی ۳۰ متر فراهم می‌آورد (وانگ<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۱).

کنند. این وضعیت، حالت ترکیبی نیز می‌تواند داشته باشد. یعنی درحالی‌که کاربر انسانی هدایت ماشین را بر عهده دارد، اما ماشین بدون راننده حرکت می‌کند. این روش برای تجهیزات مزرعه‌ای سنگین و پر قدرت که حضور کاربر برای تضمین ایمنی آن‌ها ضروری است، مناسب نیست. استفاده از ارتباطات بی‌سیم برای نظارت از راه دور بر ماشین‌های بزرگ هنوز به سطح مطلوبی از قابلیت اطمینان نرسیده است. هدایت ماشین‌های سنگین از محل نگهداری تا مزرعه، اتصال ادوات و انتقال ماشین به ردیف‌های بعدی معمولاً دستی انجام می‌شود (ایران‌مهر و حیدری سلطان‌آبادی، ۱۴۰۲).

### مثال‌هایی از کاربرد کشاورزی دقیق

#### خرده‌آبیاری

نظام خرده‌آبیاری به کشاورزان اجازه می‌دهد تا با شناسایی مناطقی که رطوبت خاک زیاد یا کمی دارند، آبیاری مؤثری را برنامه‌ریزی کنند. علاوه بر این، آبیاری کشاورزی دقیق به آبیاری با ارزش متغیر<sup>۱</sup> اجازه می‌دهد تا حجم تأمین آب را برای بخش‌های مختلف مزرعه بهینه کند. این سطح از نظارت می‌تواند بازدهی آبیاری را تا حد زیادی بهبود بخشد و در مصرف آب صرفه‌جویی شود (مونتیرو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۱).

#### مدیریت موضعی محصول

این نوع مدیریت مزرعه بر نظارت، شمارش و واکنش به تنوع محصولات در بین مزارع یا در یک مکان خاص اشاره دارد. در روش مدیریت مکان خاص محصول<sup>۳</sup> از موقعیت‌یاب دقیق جهانی و اندازه‌گیری‌های متناسب با مکان برای تعیین کمیت شرایط در حال تغییر مکان موردنظر استفاده می‌شود. با این روش می‌توان مناطق مشکل‌ساز یک مزرعه مثل آفات، علف‌های هرز، کمبود رطوبت و غیره را شناسایی کرد (کرباسی و همکاران، ۱۳۹۲).

#### نقشه‌برداری خاک

کشاورزی دقیق بدون نقشه‌برداری زمینی با کیفیت ناممکن است. کشاورزان می‌توانند با نقشه‌برداری مناسب، ویژگی‌های

1. Variable Rate Irrigation

2. Monteiro

3. Site-Specific Crop Management (SSCM)

4. Ma

5. Zhang

6. landsat

7. wang



## آدموارها

در سالهای اخیر و با پیشرفت فناوری و ابزارهای پرنده، تحقیقات جدیدی با هدف جایگزینی نیروی انسانی در حوزه کشاورزی انجام شده است. تراکتورها و سمپاش‌های خودکار یا بدون راننده، آدموارهای برداشت میوه، آدموارهای نظارت بر علف‌های هرز، آدموارهای کاشت دانه و بوته، و آدموارهای نظارت بر محیط طراحی و ساخته شده‌اند. از جمله آدموارهای مورد استفاده در بخش کشاورزی می‌توان به این موارد اشاره کرد: آدموارهای دی متر (نوعی آدمواره برداشت خودکار که دارای سامانه هدایت خودکار بدون هیچ نظارت انسانی است)، آدموارهای نظارت بر علف هرز، آدمواره جنگلبان، آدمواره باغبان و آدمواره برداشت میوه. آدموارهای مورد استفاده در باغبانی بیشتر برای عملیاتی مانند هرس، وجین، سم‌پاشی، دیده‌بانی و برداشت استفاده می‌شوند. در بخش دامپروری نیز از آدمواره‌ها برای فعالیت‌هایی مانند شیردوشی خودکار، شستشو و مراقبت استفاده می‌شود. از مزیت‌های استفاده از آدمواره‌ها در حوزه کشاورزی می‌توان به مواردی مثل افزایش کیفیت مواد تولیدی، کاهش هزینه‌های تولید و بی‌نیازی از نیروی کار ماهر اشاره کرد. همچنین برای خودکار کردن عملیات پرخطری مانند سم‌پاشی علف‌های هرز از آدمواره‌ها استفاده می‌شود (ختار و همکاران، ۱۳۹۷). در حال حاضر، نوعی آدمواره کشاورزی مشهور به AgBots وجود دارند، اما آدمواره‌هایی برای برداشت پیشرفته و شناسایی میوه‌های رسیده، تنظیم شکل و اندازه آن‌ها و کندن آن‌ها با دقت از شاخه‌ها در حال توسعه هستند. مهندسين، از فناوری ضبط حرکت و الگوریتم‌های رانندگی مستقل استفاده می‌کنند تا این آدمواره‌ها تا حد امکان دقیق عمل کنند. یکی دیگر از وظایفی که آدمواره‌ها می‌توانند برعهده گیرند استفاده از نشانگر مخصوص رنگ است تا بتوانند شاخه‌های مورد نیاز برای هرس را برچسب گذاری کنند. با اینکه هنوز افراد هستند که باید شاخه‌ها را به صورت دستی هرس کنند اما آدمواره‌ها پیدا کردن آن شاخه‌ها را آسان‌تر می‌کنند (رسولی شریانی و همکاران، ۱۴۰۲).

کاربرد فناوری آدمواره مفهومی جدید در کشاورزی است که به کشاورزان اجازه می‌دهد ضمن کاهش اثرات محیطی، صحت و کارایی را افزایش دهند. استفاده و تولید این برنامه‌های کاربردی در حوزه‌های مختلف بیش از پیش در حال گسترش‌اند (ختار و همکاران، ۱۳۹۷). استفاده از این فناوری‌ها در حوزه وظایفی که برای امنیت یا سلامت کارگران مضر است، اهمیت بیشتری دارد.

## چالش‌ها در به‌کارگیری کشاورزی دقیق

کشاورزی دقیق در کنار مزایای فراوان، چالش‌ها و خلأهای زیادی دارد، از جمله: هزینه بالای دستگاه‌ها، نیاز به منابع انسانی و نیروهای متخصص و کارگران آموزش دیده برای کار با دستگاه‌های مرسوم و محدودیت عملیات در نزدیکی مراکز راهبردی مانند پایگاه‌های نظامی یا فرودگاه‌ها و نقاط بسیار حساس به بادهای شدید. از آنجایی که کشاورزی دقیق با استفاده از فناوری رایانه‌ای امکان‌پذیر شده است، حملات سایبری بسیار رایج است. اگر روش‌های حفاظت از داده‌های پیشرفته فعال نباشند، مهاجمان می‌توانند اطلاعات را سرقت کرده و به آنها نفوذ کنند. یکی از مهم‌ترین چالش‌های فناوری کشاورزی در آینده، تهیه طیف وسیعی از حسگرها با قابلیت اندازه‌گیری غیرتماسی و در حال حرکت است. در حال حاضر نمی‌توان همه شاخص‌های مورد نیاز را در مزرعه و به شکل غیرتماسی و بافاصله از هدف اندازه‌گیری کرد (رحیمی جهانگیرلو و باقری، ۱۴۰۰). از طرفی تجربه کشورهای مختلف نشان می‌دهد رسیدن به این فناوری، فرایند زمان‌بر و گام به گام است که با مطالعات و آزمایش‌ها و انجام طرح‌های کاربردی و مفصل قابل دستیابی است (کرباسی و همکاران، ۱۳۹۲). با این حال، مزایای عجیب و غریب این مفهوم نوظهور کشاورزی نسبت به چالش‌های آن بیشتر است. اگر این چالش‌ها به‌نحوی برطرف شوند، کشاورزان در پذیرش این فناوری مشکلی نخواهند داشت. اولین قدم در بحث کشاورزی دقیق برای کشور ما، شناسایی توانایی‌ها و قابلیت‌های بالقوه آن است. در نتیجه، بسیاری از محدودیت‌ها از سر راه برداشته شده

ظهور روش‌های جدید کشاورزی، اکثر کشاورزان از روش‌های سنتی و قدیمی برای فعالیت‌هایی مثل کاشت بذر، وجین، آبیاری و برداشت استفاده می‌کنند (رحیمی جهانگیرلو، ۱۳۹۹). کشاورزی ایران نیازمند تحقیقات بیشتر در زمینه فناوری‌های نوین و کاربرد روش‌های تازه در این حوزه است. یکی از نشانه‌های کشاورزی پایدار و اقتصادی، استفاده بهینه از نهاده‌هایی است که در حوزه کشاورزی دقیق مطرح است و باید به این بخش توجه بیشتری شود. علی‌رغم مزیت‌های فراوان این نوع از کشاورزی، کاربرد آن، به دلیل مسائل خاص، هنوز در ایران مورد توجه قرار نگرفته است. اگرچه زیرساخت‌های به کارگیری این روش در ایران تا حدودی فراهم است اما پایین بودن سطح دانش کشاورزان و همچنین کوچک بودن مزارع در ایران دو مشکل اصلی در راه کشاورزی دقیق هستند. در نتیجه، در این حوزه سرمایه‌گذاری به کندی انجام می‌شود.

برای توسعه بیشتر این روش در کشور موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- آموزش و ایجاد انگیزه در کشاورزان می‌تواند مهم‌ترین رکن اجرای این طرح به صورت وسیع در کل کشور باشد؛
- کاهش هزینه اینترنت برای استفاده از فناوری اطلاعات می‌تواند به رواج این نوع کشاورزی کمک کند؛
- تشکیل کارگروه‌های تخصصی متشکل از متخصصان، مهندسان و اقتصاددانان برای مطالعه دورنمای کلی کشاورزی دقیق و اختصاص مزارع تحقیقی برای تحقیق در این زمینه؛
- ایجاد سازوکارهایی برای ادغام اراضی کوچک و ترویج و آگاهی هر چه بیشتر به جامعه کشاورزان و بهره‌برداران نسبت به مزایای استفاده از این نظام.

### نتیجه‌گیری

از آنجا که این نظام با فناوری پیشرفته خود می‌تواند به ظهور

و به محلی شدن این فناوری کمک خواهد کرد. برای حصول پذیرش فناوری کشاورزی دقیق، کشاورز باید این فناوری را برای استفاده مفید و آسان درک کند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که کشاورزان پیشرو بیشترین اطلاعات را در زمینه فناوری‌های کشاورزی دقیق از کارشناسان و مروجین دریافت می‌کنند (باقری و همکاران، ۱۴۰۲). بنابراین، با بهره‌گیری هر چه بیشتر از نظام ترویج کشاورزی و آموزش و تربیت هر چه بیشتر مروجین، می‌توان دانش و نگرش کشاورزان را افزایش داد.

### کاربرد کشاورزی دقیق در جهان

در سرتاسر جهان، کشاورزی دقیق با سرعت متفاوتی توسعه یافت. کشورهای پیشرو در این زمینه ایالات متحده، کانادا و استرالیا بودند. در اروپا، انگلستان اولین کشوری است که این مسیر را طی کرد. در سال ۱۹۹۷-۱۹۹۸ برای اولین بار از کشاورزی دقیق در فرانسه استفاده شد. در آمریکای لاتین، کشور پیشرو آرژانتین است که در اواسط دهه ۱۹۹۰ و با حمایت موسسه ملی فناوری کشاورزی، این فناوری نوین معرفی شد. امروزه کمتر از ۱۰ درصد از کشاورزان فرانسه به نظام‌های با ارزش متغیر مجهز هستند. مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی کشاورزی دقیق در چین نیز تأیید شده است، اما چین نسبت به کشورهایمانند اروپا و ایالات متحده عقب است زیرا نظام کشاورزی چین، مزارعی در مقیاس کوچک است. همین امر موجب می‌شود تا نرخ پذیرش کشاورزی دقیق کمتر از سایر کشورها باشد. در حال حاضر، این فناوری در روسیه به عنوان ابزار مهمی در توسعه عناصر اقتصاد زیستی مورد توجه ویژه قرار گرفته است (کندال<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷).

### کشاورزی دقیق در ایران

در ایران اکثر مزارع کوچک هستند (کمتر از ۵ هکتار) و از نظر اقتصادی مناسب برای رشد و توسعه نیستند. علاوه بر کمبود آب و خاک، روش‌های کشاورزی نیز پیشرفته نیستند. با وجود

رحیمی جهانگیرلو، م. (۱۳۹۹). راهبردهای زراعی، اصلاحی و فناوری‌های هوشمند برای کاهش اثرات تنش خشکی در گیاهان. *مجله ترویجی علوم و فناوری کشاورزی*. دوره سوم. شماره ششم. پاییز و زمستان ۱۳۹۹.

رحیمی جهانگیرلو، م. و باقری، ن. (۱۴۰۰). نقش چرخه مدیریت زراعی مبتنی بر فناوری اطلاعات در توسعه کشاورزی پیشرفته. *مجله ترویجی علوم و فناوری کشاورزی*. دوره چهارم. شماره هفتم. بهار و تابستان ۱۴۰۰.

رسولی شریانی، و، صفری، م، ب، نورزاده، س و علی‌پور، ن. (۱۴۰۲). فناوری نوآورانه پهپادها در مدیریت دقیق آفات کشاورزی. *سومین کنفرانس بین‌المللی و هفتمین کنفرانس ملی کشاورزی ارگانیک و مرسوم*. ۳۰ مرداد ۱۴۰۲، اردیبل، ایران.

کرباسی، ع، ر، علی‌پوریان، ف، سخی، ف و صیادی، چ. (۱۳۹۲). مروری بر کاربرد کشاورزی دقیق، راهبردی جهت رسیدن به کشاورزی پایدار. *اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار*. ۹ بهمن ۱۳۹۲، تهران، ایران.

ملاشاهی، غ. (۱۴۰۰). کشاورزی الکترونیک: اصطلاحات و کاربردها. *مجله ترویجی علوم و فناوری کشاورزی*. دوره چهارم. شماره هشتم. پاییز و زمستان ۱۴۰۰.

ایران‌مهر، ع و حیدری سلطان‌آبادی، م. (۱۴۰۲). سامانه‌های هوشمند در ماشینی کردن کشاورزی. *مجله ترویجی علوم و فناوری کشاورزی*. دوره ششم. شماره یک. بهار و تابستان ۱۴۰۲.

احمدی الکوئی، ز، اسکندری، ط و دهقانی اشکزی، س. (۱۳۹۲). مروری بر کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (سامانه اطلاعات جغرافیایی) در کشاورزی. *سومین همایش برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست*. ۲۶ آبان، تهران، ایران

Anne-katrine, M. (2015). *Plant disease detection by imaging sensors – parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping*. *Plant disease*. 100(2), 241-251.

Anushi, Jain, Sh., Krishna, Moorthi, A., & Singh, sh. K. (2023). Cultivating tomorrow: precision agriculture and sustainable crop production. *Agriculture & food: e-newsletter*. 05(12), 558-562.

Bregt, A. K. (2007). GIS support for precision agriculture: problems and possibilities. *ciba foundation symposium - chemistry and biology of mucopolysaccharides*

Bucci, G.; Bentivoglio, D.; & Finco, A. (2018). Precision agriculture as a driver for sustainable farming systems: State of art in literature and research. *Calitatea*, 19, 114-121.

Chamara, N., Islam, M. D., Bai, G. F., Shi, Y., & Ge, Y. (2022). Ag-IoT for crop and environment monitoring: Past, present, and future. *Agricultural Systems*, 203, 1-18. Global milking robots market size by type, by herd size, by geographic scope and forecast. *Verified Market Research*. 2020. Retrieved 24 July 2022.

Franzen, D., & Mulla, D. J. (2015). *A history of precision agriculture*. *Precision Agriculture Technology for Crop Farming*

انقلاب سبز بعدی کمک کند و ثروت و پایداری عظیم روستایی به وجود آورد و با توجه به افزایش تقاضای مواد غذایی، باید برای استفاده از این فناوری جدید تلاش همه‌جانبه‌ای شود. آموزش بخش‌های روستایی برای ایجاد زیرساخت‌ها و استفاده از تجهیزات خودکار سازی کشاورزی می‌تواند به توسعه کشاورزی دقیق کمک کند.

اجرای کشاورزی دقیق به هزینه و سرمایه‌گذاری ابتدایی زیادی نیاز دارد اما بهینه‌سازی تولید محصول بر اساس تغییرات درون کشتزار، موضوعی بسیار اساسی و بنیادین است و باعث فراگیر شدن و پایدار شدن این فناوری در بخش کشاورزی می‌شود. در واقع، این روش کشاورزی دقیق پیش‌بینی وضعیت کشاورزی در آینده است و می‌توان با مدیریت عوامل اساسی و مهم کشاورزی مانند کود شیمیایی، سموم، علف‌کش‌ها، بذر و غیره و بر اساس ویژگی‌های مزرعه، ضایعات را کاهش و سطح درآمد را افزایش داد و از محیط‌زیست حفاظت کرد.

## منابع

باقری، ا و طریقی، ج. (۱۴۰۲). نگرش کشاورزان پیشرو استان اردبیل نسبت به فناوری‌های کشاورزی دقیق. *پانزدهمین کنگره ملی و اولین کنگره بین‌المللی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون کشاورزی*، ۲۹-۳۱ شهریور ۱۴۰۲، تهران، ایران.

باقری، ن. (۱۳۹۹). نقش فناوری سنجش‌ازدور در پیشرفت کشاورزی هوشمند. *مجله ترویجی علوم و فناوری اطلاعات کشاورزی*. دوره سوم. شماره ششم. پاییز و زمستان ۱۳۹۹.

باقری، ن.، مؤذن، س. ا. ع. (۱۳۸۸). راه کارهای ایجاد و توسعه کشاورزی دقیق در ایران. *گزارش نهایی طرح (ملی)*. اتاق فکر جهاد کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی.

جمشیدی، ب و دهقانی سانج، ه. (۱۳۹۹). کلان‌داده‌های مبتنی بر اینترنت اشیا از چشم‌انداز کشاورزی هوشمند. *فصلنامه رشد فناوری*. سال شانزدهم. شماره ۶۳. تابستان ۱۳۹۹.

ختار، ب و باقرپور، ح. (۱۳۹۷). مروری بر آدمواره‌های کشاورزی. *یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران*. ۱۱ شهریور ۱۳۹۷، همدان، ایران.

خیرعلی‌پور، ک. (۱۴۰۲). ارتباط بین فناوری‌های مختلف در کشاورزی دقیق. *پانزدهمین کنگره ملی و اولین کنگره بین‌المللی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون کشاورزی*، ۲۹-۳۱ شهریور ۱۴۰۲، تهران، ایران.

- (pp.1-19)
- Fuentes, S., & Chang, J. (2022). Methodologies used in remote sensing data analysis and remote sensors for precision agriculture. *Sensors*, 22, 1-3.
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. (2015). *Precision agriculture and food security*.
- Kendall, H.; Naughton, P.; Clark, B.; et al. (2017). "Precision Agriculture in China: Exploring Awareness, Understanding, Attitudes and Perceptions of Agricultural Experts and End-Users in China". *Advances in Animal Biosciences*. 8 (2): 703–707.
- Ma, Y., Zhang, Z., Kang, Y., and Özdoğan, M. (2021). Corn yield prediction and uncertainty analysis based on remotely sensed variables using a Bayesian neural network approach. *Remote Sens. Environ.* 259:112-408.
- Mahlein, A. K. (2015). Plant Disease Detection by Imaging Sensors – Parallels and Specific Demands for Precision Agriculture and Plant Phenotyping. *Plant Disease*. 100 (2): 241–251.
- McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T., and Bouma, J. (2005). Future directions of precision agriculture. *Precision agric.* 6 (1), 7–23.–422.
- Mesi'as-Ruiz, G. A., Pe' rez-Ortiz, M., Dorado, J., de Castro, A. I., & Peña, J. M. (2023). Boosting precision crop protection towards agriculture 5.0 via machine learning and emerging technologies: A contextual review. *Frantiers in plant science*. 1-22.
- Miloudi, L., & Khaled, R. (2018). Leverging the power of integrated solutions of LOT and GIS. *Third international conference on pattern analysis and intelligent systems* (Pais), 24-25 October 2018.
- Monteiro, A., Santos, S., & concalves, P. (2021). Precision agriculture for crop and livestock farming. *Animals*. 11, 2-18.
- Mulla, D., & Khosla, R. (2017). Historical evolution and recent advances in precision farming. *Soil-specific farming*, 2-36.
- Nithinkumar, K., Reddy, M. B., & Yernaïdu, Y. (2023). Precision agriculture: a modern technology for crop management. *Research gate*, 2(9), 280-284.
- Perakis, K.; Lampathaki, F.; Nikas, K.; Georgiou, Y.; Marko, O.; & Maselyne, J. (2020). CYBELE—Fostering precision agriculture & livestock farming through secure access to large-scale HPC enabled virtual industrial experimentation environments fostering scalable big data analytics. *Comput. Netw.* 168, 107035.
- Roberts, D.P.; Short, N.M.; Sill, J.; Lakshman, D.K.; Hu, X.; Buser, M. Precision agriculture and geospatial techniques for sustainable disease control. *Indian Phytopathol.* 2021, 74, 287–305.
- Searcy, S.W. (1997). Precision Farming: A new approach to crop management. *The Texas A & M university system*. L5177.
- Seelan, S.K.; Laguette, S.; Casady, G.M.; Seielstad, G.A. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sens. Environ.* 2003, 88, 157–169.
- Singh, P., Pandey, P. Ch., Petropoulos, G. P., Pavlides, A., Srivastava, P. K., Koutsias, N., Kwal Deng, Kh. A., & Bao, Y. (2020). 8-hyperspectral remote sensing in precision agriculture: present status, challenges, and future trends. *Hyperspectral remote sensing, theory and applications*, 121-146.
- Sophocleous, M., & J. K. Atkinson, (2015). "A novel thick-film electrical conductivity sensor suitable for liquid and soil conductivity measurements," *Sensors Actuators, B Chem.*, vol. 213, pp. 417.
- Sun, Ch., Zhou, J., Ma, Y., Xu, Y., Pan, B., & Zhang, Zh. (2022). A review of remote sensing for potato trait characterization in precision agriculture. *Frantiers in plant science*. 1-20.
- Tripathi, R., Shahid, M., Nayak, A. K., Raja, R., Panda, B. B., Mohanty, S., Thilgham, K., & Kumar, A. (2012). Precision agriculture in India: opportunities and challenges. *Rice knowledge management portal*.
- Wang, X., Miao, Y., Dong, R., Zha, H., Xia, T., Chen, Z., et al. (2021). Machine learning-based in-season nitrogen status diagnosis and side-dress nitrogen recommendation for corn. *Eur. J. Agron.* 123:126-193.
- Zhang, C., Marzougui, A., and Sankaran, S. (2020). High-resolution satellite imagery applications in crop phenotyping: an overview. *Comput. Electron. Agric.* 175:105-584.

## Precision agriculture: a new approach in crop management

**Sara Safari**

*Phd of plant breeding and researcher of Ilam agricultural and natural research and education center, Ilam, Iran.*

**Email:** [s\\_safari@areeo.ac.ir](mailto:s_safari@areeo.ac.ir)

### Abstract

Precision agriculture is an agricultural management strategy that aims to increase productivity and optimize production by collecting, processing and evaluating data. Achieving the highest profit is the main goal of production for the farmer, using accurate data and analysis can provide more yield and subsequently more profit. The main goal of precision agriculture is to achieve sustainable agriculture through reducing the use of chemical fertilizers and as a result reducing environmental pollution. The tools used to collect data in this technique include remote sensing with satellites, the use of drones, sensors, and robotics. Despite many advantages, the application of this type of agriculture has not yet received attention in Iran. Although the infrastructure of using this method in Iran is somewhat available; But the low level of farmers' knowledge and the small farms are two main problems in precision agriculture, so investment in it is slow. Increasing the farmers' knowledge, merging agricultural lands and encouraging investment in agriculture are three important solutions in the transition from traditional agriculture to modern agriculture. In this article, an attempt has been made to pay more attention to the precision agriculture and introducing it as possible to the farmers and users.

**Keywords:** Precision agriculture, sustainable production, crop management, remote sensing.