مجله ترویجی علوم و فناوری اطلاعات کشاورزی
سال چهارم / شماره هفتم/ بهار و تابستان ۱۴۰۰
aistj.areeo.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/AISTJ.2022.359077.1067

کشاورزی هوشمند

فربد ثابت*[1]، مسلم محمدپور[2]
۱- عضو هیئت‌علمی مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲- عضو هیئت‌علمی مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۳۱

چکیده

کشاورزی هوشمند مفهومی نوظهور است و اغلب به مدیریت فرایندها، ابزارها و خدمات گوناگون کشاورزی اشاره دارد که در ترکیب با فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی به‌صورت خودکار یا هوشمند عمل می‌کنند. هدف هوشمندسازی ارتقای کم و کیف محصولات و خدمات، و کاهش منابع مالی، انسانی و دیگر هزینه‌هاست. مدیریت بهینه آب، خاک، هوا، انرژی، کود، سم و سایر موارد نیز در هوشمندسازی اهمیت دارد. نظارت از راه دور، تولید و دسترسی بیشتر داده‌ها برای بهبود تصمیم‌گیری و افزایش کارکردها و کارایی نیز ازجمله اهداف هوشمندسازی است. کاربرد ابزارهای هوشمند در صنعت کشاورزی چنان در حال افزایش است که می‌توان آن را نوعی دگردیسی یا تحول رقمی تلقی کرد. در این مقاله تلاش می‌شود کارکردها و کاربردهای مفاهیم، ابزارها و روش‌های مطرح در حوزه کشاورزی هوشمند به شکلی ساده و آسان‌فهم توصیف شود، به‌نحوی که مخاطبان با مرز بین کشاورزی نوین و هوشمند نیز آشنا شوند.

کلیدواژه‌ها: کشاورزی هوشمند، هوشمندسازی، فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، تحول رقمی

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک : f sabet2008@gmail.com

مقدمه

بر اساس گزارش سازمان کشاورزی و غذای ملل متحد (فائو) رشد جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰، در مقایسه با ۲۰۰۶، حدود ۶۰ درصد بیشتر از مواد غذایی است (کایا و کاران، ۲۰۰۶).کشاورزی تنها یک صنعت نیست؛ درحقیقت کشاورزی اساس جامعه بشری را شکل می‌دهد. بخش کشاورزی پرتحرک و پررونق می‌تواند زمینه ایجاد یک جامعه شاد و سالم را فراهم آورد. کشاورزی یکی از سخت‌ترین مشاغل دنیاست. بهره‌وری در این بخش نیز نیازمند صبر و دقت کافی در طول زمان است. همین موضوع به‌مرور باعث شد نسل جوان این حرفه را انتخاب نکند و میانگین سن کشاورزان افزایش یابد (عبادی، ۱۳۸۳).

در حوزه کشاورزی محدودیت‌های زیادی وجود دارد. امروزه، متخصصان حوزه کشاورزی در سراسر جهان در حال مدیریت آن محدودیت‌ها و افزایش کارکرد و کارایی این بخش هستند. محدودیت‌هایی که می‌تواند تأثیرات مخربی بر زندگی آن‌ها و اقتصاد جامعه بگذارند. بنابراین، آن‌ها باید توانایی خود برای تولید مواد غذایی را افزایش دهند، از بروز فاجعه زیست‌محیطی پیشگیری کرده و رشد پایدار را تسهیل کنند. اکنون، روش‌های سنتی کشاورزی برای تأمین منابع غذایی جامعه کارایی ندارد و باید هر چه بیشتر از فناوری‌هایی استفاده کرد که بهره‌گیری حداکثری از منابع محدود را تضمین می‌کنند. ابداعات و نوآوری‌های علمی و فنی در حوزه کشاورزی نیز بر همین اساس انجام می‌شوند. کشاورزی نوین، وامدار ابداعات و اختراعاتی است که به‌تدریج توسعه یافته و فعالیت‌ها و اقدامات کشاورزان را تسهیل می‌کنند. تجهیزاتی مانند شیردوش، تراکتورهای بدون‌سرنشین و غیره نمونه‌های آشنایی هستند که کشاورزی را بهبود بخشیده‌اند.

اما در حوزه کشاورزی، هزینه‌های پیدا و پنهان زیادی وجود دارد که باید مدیریت و نظارت شوند. تجربه‌ها و شواهد در همه حوزه‌ها، از بخش صنعت گرفته تا خدمات، نشان می‌دهند که هوشمندسازی پاسخی شایسته برای کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی همه حوزه‌ها به‌ویژه در بخش کشاورزی است. براساس پژوهش‌ها، کاربرد اینترنت اشیاء، کلان داده‌ها و دیگر فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی هوشمند، در حوزه کشاورزی و کسب‌وکارهای مرتبط با آن رو به افزایش است. درواقع، می‌توان پیش‌بینی کرد که بدون هوشمندسازی، پاسخگویی به نیازهای غذایی و پایداری در تولید کشاورزی دشوار است.

علاوه بر مزایای فناوری برای تولیدکنندگان و کشاورزان، دولت‌ها نیز برای تامین غذایی جامعه از منافع آن بهره‌مند می‌شوند. درنتیجه، دولت‌ها استفاده از انواع فناوری برای ایجاد تحول در همه حوزه‌ها و به‌طور خاص در بخش کشاورزی را ترغیب و مدیریت می‌کنند. باتوجه به اهمیت تامین نیازهای غذایی جامعه، مدیریت بهینه کشاورزی برای حفاظت از محیط‌زیست و ارتقای کم و کیف زندگی در همه سطوح انسانی و غیرانسانی اهمیت فراوانی دارد. بخش کشاورزی پیش‌ران بسیاری از صنایع و خدمات و نیز درونداد بسیاری از آن‌ها است. بروندادهای بخش کشاورزی به صنایع گوناگون به‌ویژه در صنایع تبدیلی، به نوبه خود، به بروندادهایی تبدیل می‌شوند که در حیات بشر و سایر گونه‌های زیستی نقشی اساسی دارند. هوشمندسازی، همه فرایندهای حوزه کشاورزی ـ از تولید تا مصرف محصولات کشاورزی و نیز تبدیل آن‌ها به سایر کالاها و خدمات ـ را دربر می‌گیرد. کاهش انواع هزینه‌ها، مدیریت مصرف منابع محدود و حفاظت از محیط‌زیست، حاصل استفاده گسترده از فناوری‌های مرتبط با هوشمندسازی در بخش کشاورزی است.

کشاورزی هوشمند

کشاورزی هوشمند که به *انقلاب سبز* سوم شهرت یافت، مفهومی نوپا است و به مجموعه روش‌های مدیریت کشاورزی اشاره دارد که برای افزایش کم‌وکیف محصولات و خدمات کشاورزی، افزایش کارایی و کاهش مصرف منابع، از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی نوین استفاده می‌کند. در هوشمندسازی کشاورزی، برای مدیریت آسان‌تر و کارآمدتر نهاده‌ها، از داده

و توانمندی‌ها و امکانات فناورانه استفاده می‌شود. مثلا، اینترنت اشیاء می‌تواند بر ارتقای کیفیت و کاهش ضایعات محصولات کشاورزی تأثیر زیادی داشته باشد. برای ردیابی دقیق رطوبت خاک در بخش‌های مختلف مزرعه، می‌توان از حسگرهای رطوبت استفاده کرد. کشاورزان با استفاده از این ابزارها می‌توانند برای اختصاص آب به بخش‌های مختلف مزرعه، هوشمندانه تصمیم‌گیری کنند. درنتیجه، میزان مصرف آب در بلندمدت کاهش می‌یابد.

افزایش کارایی و کاهش ضایعات، موضوع مهمی است که کشاورزی نوین به آن توجه ویژه دارد. درحال‌حاضر، متخصصان با استفاده از پردازش داده‌ها و اینترنت می‌توانند به حل بسیاری از مشکلات کشاورزی کمک کنند. علاوه‌براین، نفوذ بسیار گسترده دستگاه‌های محاسباتی قابل‌حملی مثل تلفن‌های هوشمند و استفاده از اینترنت همراه، برای استفاده از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی نوین در کشاورزی فرصت‌های زیادی را فراهم آورده است. اینترنت اشیاء برای برخی از محدودیت‌ها راه‌حل‌های امیدوارکننده‌ای ارائه داده است. تحولات اخیر امکان اتصال مزارع به اینترنت را برای کشاورزان فراهم کرده است.

تولید حس‌گرهای ارزان و کم‌مصرف در چند سال گذشته، انقلاب جدیدی در کشاورزی ایجاد کرده است. رقمی‌سازی عملیات کشاورزی به حسگرهای زیادی نیاز داشت. حس‌گرهای قبلی با باتری کار نمی‌کردند و یا باتری‌های آن‌ها باید تعمیر، نگهداری یا تعویض می‌شدند. این مشکل، کشاورزی مبتنی بر داده برای صرفه‌جویی در کار و زمان را با مشکل روبرو می‌کرد. برای رفع این مشکل، متخصصان حس‌گرهایی خودنیرو تولیدکرده‌اند که بدون باتری کار می‌کنند. حسگرهای بدون باتری می‌توانند از انرژی محیط (امواج فرکانس رادیویی، انرژی پیزوالکتریک و غیره) برای تأمین انرژی موردنیاز خود استفاده کنند. در گذشته، نصب تعداد زیادی حسگر در یک طرح کشاورزی هزینه‌های سنگینی داشت و انجام کشاورزی مبتنی بر اینترنت اشیاء برای همه قابل‌اجرا نبود. درحال‌حاضر، رطوبت‌سنج بدون باتری و نیروگاه نانو مانند ONiO.zero و داده‌های سلولی، کشاورزی هوشمند را رواج بیشتری داده است. کشاورزی مبتنی بر داده، صنعتی است با رشد سریع که رشد صعودی خود را ادامه می‌دهد. انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۵ رشد بازار جهانی کشاورزی هوشمند به رقم عظیم ۱۷.۹ میلیارد دلار برسد (کایا و کرانا، ۲۰۰۶).

تفاوت خودکارسازی و هوشمندسازی کشاورزی

ماشینی‌کردن، خودکارسازی و هوشمندسازی واژه‌هایی است که اغلب در همه حوزه‌های خدمات و صنعت ازجمله کشاورزی استفاده می‌شود. پرسش مهم این است که بین این واژه‌ها، و بالطبع کشاورزی ماشینی، خودکار و هوشمند چه تفاوت‌هایی وجود دارد؟

ماشین اغلب به ابزارهای مصنوع بشر اطلاق می‌شود که فعالیت‌های او را تسهیل می‌کنند. شاید بیل ساده‌ترین ماشین در کشاورزی باشد. بذرپاش‌های دستی از انواع ابزارهای ساده‌ای هستند که اغلب خود انسان نیروی محرکه آن است. ماشین‌های پیچیده‌تری مثل تراکتور نیز همین کار ساده را انجام می‌دهند اما خود بخش زیادی از نیروی محرکه را تامین می‌کنند. از این ابزارها برای انجام فعالیت‌های ساده‌ای مثل شخم‌زنی، بذرپاشی، تسطیح، آب‌پاشی، برداشت و غیره استفاده می‌شود که قبلاً بیشتر به انسان و توان فیزیکی او متکی بود. درهرحال، به همه این ابزارها ماشین می‌گویند. به‌عبارت‌دیگر، ماشین‌های خودکار نتیجه توسعه همان ماشین‌های ساده و اغلب ترکیبی از چند ماشین ساده با کارکردهای مختلف و خودکار است. ماشین‌های هوشمند را باید همان ماشین‌های ساده یا خودکاری تلقی کرد که برخی از توانایی‌های مغز انسان را نیز شبیه‌سازی می‌کنند. مثلاً، هم‌زمان با برداشت می‌توانند تعداد، وزن، رنگ، اندازه و برخی دیگر از ویژگی‌های محصول را محاسبه و اعلام کنند. ساده‌ترین ابزارهای هوشمند کشاورزی، حسگرهای رطوبت و خاک هستند. ماشین‌های هوشمند پیشرفته‌تر می‌توانند از راه دور سطح زیر کشت، میزان برداشت و حتی آفات و بیماری‌ها

را شناسایی و اعلام کنند. علاوه بر اقدامات اشاره شده، پهپادها می‌توانند در سم‌پاشی، حمل‌ونقل و بسیاری از فعالیت‌های دیگر کشاورزی نیز به کشاورزان کمک کنند و نیز داده‌های جزئی و کلی مرتبط با فعالیت‌ها را ثبت و انتقال داده، پردازش کنند و حتی تصمیم بگیرند. این ویژگی، یعنی تولید و پردازش خودکار داده‌هاست که آن‌ها را هوشمند می‌سازد. به‌عبارت‌دیگر، در همه این موارد، سطوح خودکارسازی و یکپارچه‌سازی یا ترکیب اقدامات و کارکردها در فرایندهای مختلف کشاورزی است که این ابزارها را از یکدیگر متمایز می‌کنند. ماشین‌های هوشمند درحال ارتقای خودکارسازی تا سطوحی از هوش یا کارکرد مغز انسان‌ها هستند. به‌این‌ترتیب، میزان مداخله فیزیکی و حتی ذهنی انسان در کارکرد ماشین‌ها و فرایندهای گوناگون تولید کشاورزی را کاهش می‌دهند.

این تحولات نشان می‌دهد که تعیین مرز بین خودکارسازی و هوشمندسازی در ماشین‌های نوین تا حدی دشوار است. اغلب ماشین‌های هوشمند، خودکار و بیشتر ماشین‌های خودکار نوین، هوشمند نیز هستند. تفاوت بیشتر در سطوح ماشینی‌سازی، خودکارسازی، هوشمندسازی و کم و کیف آن‌هاست. در ارزیابی خودکارسازی یا هوشمندسازی باید به این نکته‌ها توجه کرد. براساس تعریف‌ها و توصیف‌ها از ماشین، خودکارسازی و هوشمندسازی در سطرهای قبل، می‌توان بهتر به تفاوت بین کشاورزی هوشمند و خودکار پی برد.

کشاورزی هوشمند بر شیوه‌های نوین کشت، نگهداری و برداشت محصولات کشاورزی با استفاده از فناوری‌ها و فرایندهای خودکار هوشمند اشاره دارد. درواقع، خودکارسازی در تصمیم‌گیری مبنای کشاورزی هوشمند است. کشاورزی هوشمند با هدف استفاده بیشتر و بهتر از منابع در فرایندهای گوناگون کشاورزی، از لایه‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تشکیل شده است. بنابراین، انواع فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی نوین را باید سنگ‌بنای کشاورزی هوشمند تلقی کرد. *با انواع حسگرهای هوشمند خاک* می‌توان متغییرهایی مانند رطوبت، درجه حرارت خاک، کیفیت خاک، میزان کود و سایر املاح موردنیاز را اندازه گرفت. با انواع حسگرهای هوا نیز می‌توان دما را اندازه گرفت و شرایط آب‌وهوایی را پیش‌بینی کرد. حسگرهای *آب* میزان رطوبت، اسیدی بودن، شوری، املاح و دیگر ویژگی‌های آب را اندازه‌گیری می‌کنند. در همه موارد فوق می‌توان داده‌ها را در هم ترکیب یا مرتبط کرد و با پردازش آن‌ها و به‌طور خودکار، دستگاه‌های دیگری را برای آب‌پاشی، کودپاشی، سم‌پاشی و غیره فعال کرد.

مزایای کشاورزی هوشمند

جایگزین کردن ابزارها و روش‌های قدیمی اغلب با مشکلاتی همراه است. یکی از بزرگ‌ترین موانع و مشکلات به مقاومت روانی و ذهنی بهره‌برداران نسبت به خود تغییر مربوط است. طبیعتاً هر تغییری مشکلات خاص خود را دارد. ازجمله هزینه‌بر است. اما یکی از بزرگ‌ترین موانع، آگاهی و شناخت ناکافی بهره‌برداران از ابزارهای هوشمندسازی و چندوچون استفاده از آن‌ها در فرایندهای گوناگون است. به‌عبارت‌دیگر، آن‌ها باید ابزارهای درست و کارآمد را بشناسند، هزینه‌ها را مدیریت کنند، درباره کاربردها و نحوه استفاده از ابزارها آگاهی داشته باشند و تحلیل هزینه ـ سودمندی و سایر اطلاعاتی که هم در تصمیم‌گیری آن‌ها در استفاده از ابزارهای هوشمندساز مؤثر است و هم شیوه استفاده از ابزارها در فرایندهای مختلف کار کشاورزی را بلد باشند. بااین‌حال، فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی مرتبط با ابزارهای هوشمند در کشاورزی، به سمتی در حرکت هستند که نه‌تنها هزینه‌های اولیه را کاهش دهند بلکه به نسبت گذشته به آگاهی‌های فنی کمتری نیازداشته باشند. هوشمندسازی راه‌حلی است برای استفاده همگانی افراد غیرمتخصص از ابزارهای پیچیده. به‌عبارت‌دیگر، ابزارهای هوشمند در مرحله استفاده به تخصص کمتری نیاز دارند. کاهش محدودیت‌های فنی و مالی در فناوری‌های هوشمند، استفاده از آن‌ها در فرایندهای گوناگون کشاورزی را افزایش داده است. همین روند باعث شده است تا ابزارهای هوشمند در کاهش مصرف منابع و ارتقای کارایی ـ

به نسبت سایر فناوری‌ها ـ نقشی بی‌بدیل داشته باشد. بر همین اساس، کشاورزی هوشمند می‌تواند در جلوگیری از اتلاف انواع منابع و امنیت غذایی نقش مهمی داشته باشد.

دقت یکی دیگر از مزایای هوشمندسازی است. درواقع، سامانه هوشمند با کاهش خطاهای انسانی راندمان تولید و استفاده از سایر منابع را افزایش می‌دهند. فناوری‌های هوشمند با انجام خودکار فعالیت‌ها می‌توانند در زمان و کار موردنیاز صرفه‌جویی کنند. مدیریت درست و دقیق زمان از مهم‌ترین دلایل هوشمندسازی است. مدیریت درست زمان، بسیاری از خسارت‌ها را کاهش و کارایی را افزایش می‌دهد. بسیاری از ابزارهای هوشمند، اغلب ازراه‌دور هم قابل‌نظارت هستند. قابلیت نظارت از راه دور سبب می‌شود تا زمان و مکان برای انجام بسیاری از فعالیت‌ها منتفی شود. مثلاً برای افزایش یا کاهش هوشمند دمای گلخانه، می‌توان بدون نیاز به حضور فیزیکی پنجره‌ها را باز کرد یا بست یا به‌طور خودکار دستگاه تهویه را روشن کرد.

درمجموع هوشمندسازی، انجام فعالیت‌ها با استفاده از ماشین‌های خودکار، با دقت و سرعت مناسب و با حداقل هزینه است. به‌عبارت‌دیگر، ابزارهای هوشمند با جمع‌آوری داده‌های دقیق و روزآمد برای نظارت وضعیت گیاه و محیط، می‌توانند با کمترین هزینه ممکن تصمیم‌گیری کنند و یا برای تصمیم‌گیری و مداخله عوامل انسانی داده‌های لازم را فراهم آورند. برای ارتقای کم و کیف تولید محصول و بهینه‌سازی ابزارها نیز می‌توان از همین داده‌ها استفاده کرد. برخی دیگر از مزایای ابزارهای هوشمند در کشاورزی به شرح زیر است:

- افزایش تولید. کاشت و برداشت دقیق و به‌موقع، آبیاری به میزان نیاز و استفاده صحیح از آفت‌کش‌ها نرخ تولید را افزایش می‌دهد؛
- صرفه‌جویی در مصرف آب. پیش‌بینی وضعیت آب‌وهوا و استفاده ازحسگرهای رطوبت خاک اجازه نمی‌دهند آب بیش از نیاز مصرف شود؛
- جمع‌آوری داده‌های واقعی و اطلاعات مفید. کشاورزان می‌توانند حتی از راه دور به اطلاعاتی مانند سطح تولید، شدت نور، میزان رطوبت خاک و غیره دسترسی داشته باشند؛
- کاهش هزینه‌های عملیات. خودکارسازی، فرایندهای کاشت، داشت و برداشت محصول، منابع مصرفی، خطای انسانی و درنتیجه هزینه‌های کلی را کاهش می‌دهد؛
- بهبود کیفیت محصول. تحلیل دقیق وضعیت محصول و بررسی ارتباط آن با مراحل کاشت و داشت، به کشاورزان کمک می‌کند تا با تنظیم درست فرایندها، کیفیت محصولات را افزایش دهند؛
- ارزیابی دقیق زمین‌های کشاورزی. کشاورزی هوشمند با ارزیابی دقیق نرخ تولید در طول زمان، امکان پیش‌بینی دقیق‌تر برای کشت‌های بعد را فراهم می‌کند؛
- نظارت ازراه‌دور. کشاورزان با استفاده از اینترنت می‌توانند بر زمین‌های مختلف خود در هرکجای دنیا نظارت کرده و آن‌ها را مدیریت کنند. این موضوع در وقت و انرژی کشاورز صرفه‌جویی می‌کند؛
- حفاظت از محیط‌زیست. بهره‌وری بالای زمین‌های کشاورزی، از تخریب جنگل‌ها برای ایجاد زمین‌های زراعی بیشتر جلوگیری می‌کند.

ابزارهای کشاورزی هوشمند

ابزارهای کشاورزی هوشمند را می‌توان به دودسته سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تقسیم کرد. بخش زیادی از سخت‌افزارهای مورداستفاده در کشاورزی هوشمند همان ماشین‌های سنتی یا خودکار سابق هستند. باید بر ترکیب انواع سخت‌افزارهای سنتی با یکدیگر و یا با ابزارهای جدید و نیز فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی تأکید کرد. برای مثال، پهپادها الگویی از پرنده‌ها در صنعت هوانوردی با دیگر ابزارها در محدوده‌های موردنظر است. برای جمع‌آوری و ارسال داده، این پهپادها به انواع دوربین‌های عکاسی، فیلم‌برداری و صدها ابزار حسگر دیگر مجهز هستند که هر یک در حوزه‌های دیگر کاربردهای مستقل دیگری دارند. آنچه موجب شد آن‌ها هوشمند

عمل کنند همین توسعه سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای اطلاعاتی و ارتباطی بـرای ذخیره، نگهداری، پـردازش و انتقال اطلاعات و نظارت بر عملکرد ابزارهاسـت. بسـیاری از این سخت‌افزارها با استفاده از انواع فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی دیگری ازجمله سـامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، ماهواره‌ها و غیره به هم متصل شـده‌اند. درواقع، یکپارچه‌سازی سـخت‌افزاری و نرم‌افزاری از روندهای رو به رشـدی اسـت که ابزارهای هوشمندساز آن‌ها را تسریع کـرده اسـت. به‌طورکلـی، در حوزه کشـاورزی و هر صنعتـی دیگر، ابزارهای هوشمندسـاز را باید در گروه فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی قـرار داد. در ادامه، به برخی از ابزارهای اسـتفاده شـده در کشـاورزی هوشمند و کاربردهای عمومی آن‌ها اشاره می‌شود.

حسگرها

حسـگرها نقـش بسـیار مهمـی در جمـع‌آوری داده‌هـا از زمیـن کشـاورزی دارند. از ایـن داده‌ها بـرای تجزیه‌وتحلیل و تصمیم‌گیری اسـتفاده می‌شـود. حسگرهای محاسـبه برداشت محصول یا موجودی انبار، حسگرهای محاسبه میزان آب و مواد مغذی موجود در خاک و دماسـنج ریشـه گیاه یا خاک از انواع حسگرها هستند.

پهپادها

پهپادهـا عمدتاً همان پرنده‌های بدون سرنشـینی هسـتند که می‌تواننـد در ارتفاع کم، بر روی مزارع کشـاورزی یا جنگل‌ها پرواز کنند. از پهپادها برای اهداف مختلف کشـاورزی استفاده می‌شـود. درواقـع، بخـش کشـاورزی یکـی از بزرگ‌تریـن بخش‌هایی است که از هواپیماهای بدون سرنشین یا پهپاد استفاده می‌کنـد. تهیه تصویر واضح و قابل‌تفکیک از زمین کشـاورزی، تصویربرداری از وضعیت محصولات در مزرعه و جنگل، پایش مزرعه و جنگل، ارزیابی وضعیت محصولات ازنظر میزان داشت و برداشت، نظارت بر رشد و نمو محصولات، کاشت بذر، نظارت بر آبیاری، بررسی سـلامت محصولات، نظارت بر آلودگی‌ها و دیگر مسـائل فنی، بررسی شاخص‌های سـلامت گیاه، پیش‌بینی عملکـرد محصـول، اندازه‌گیـری ارتفاع گیاه، نقشـه‌برداری از آب، اندازه‌گیری ذخایر، نقشـه‌برداری از زهکشـی، سم‌پاشـی، کودپاشی، حمل‌ونقل محصول و نظارت بر مناطق پرخطر ازجمله مهم‌ترین حوزه‌های کاربرد پهپادها هستند.

آدموارها

در حوزه‌های مختلف کشـاورزی، از کاشت و داشت گرفته تا برداشت، از آدموارها استفاده می‌شود. از آدموارها در فرایند تولیـد صنعتی انواع محصولات کشـاورزی در کارخانه، به‌ویژه در موارد پرخطر نیز اسـتفاده می‌شـود. آدموارهـای گفتگو یا چت‌بات‌ها، دستیاران مجازی محاوره‌ای هستند که به‌طور مستقیم و خودکار بـا کاربر نهایی در ارتباط هسـتند. هوش مصنوعی با کمـک فنـاوری یادگیری ماشـینی و پـردازش زبـان طبیعی، آدموارهای گفتگو را تقویت کرده اسـت. این آدموارها برای ارتباط با کاربر کاملاً شخصی‌سازی شده‌اند. گرچه آدموارهای گفتگو در ابتدای راه توسعه خود قرار دارند، اما صنعت کشاورزی می‌تواند از این فناوری برای پاسـخ به پرسـش‌ها، ارائه مشاوره و راهکار به افراد درگیر در این حوزه استفاده کند.

اینترنت اشیاء

حسـگرهای خـاک و هـوا که در مـزارع نصب شـده و به دستگاه‌های موبایل متصل هستند، هوشمندانه و براساس اطلاعات موجود می‌توانند در زمینه‌هایی مانند آبیاری برای رسیدن به سطح مشخصی از رطوبت و اسـتفاده مؤثر از کودها و سموم شیمیایی تصمیمـات لازم را اتخاذ نمایند. این اقدام، خسـارات ناشـی از خطاهای انسانی را کاهش خواهد داد (حسنوند، ۱۳۹۹).

داده‌های بزرگ

باوجود پهپادها و ماهواره‌ها و سـایر دسـتگاه‌های متصل در مزرعه، حجم اطلاعاتی که تولید و مبادله می‌شود بسیار بالاست. این حجم بالای اطلاعات نیاز به فناوری داده‌های بزرگ را قطعی کرده است. در تولید اطلاعات برای تصمیم‌گیری‌های مربوط از این داده‌ها استفاده می‌شود.

سکوهای تجزیه‌وتحلیل

با توجه به داده‌های فراوان در کشاورزی هوشمند، سامانه‌های

تجزیه‌وتحلیل می‌توانند در مراحل رشد و برداشت محصول، پیش‌بینی‌های مفیدی ارائه دهند. به‌علاوه، با جمع‌آوری اطلاعات محیطی و اطلاعات جامع درزمینه عوامل بیماری‌زای محصولات کشاورزی، به بهبود کیفیت و بهره‌وری بیشتر محصولات کشاورزی کمک کنند. همچنین، این سکوها با تجزیه‌وتحلیل نیاز بازار، در برآورد بهترین زمان عرضه محصولات برای کسب سود بیشتر به کشاورزان کمک می‌کنند.

سازوکار انتقال اطلاعات

با در نظر داشتن این نکته که بخش زیادی از کشاورزان، چه در کشورهای توسعه‌یافته و چه در کشورهای درحال‌توسعه، از دانش و علوم کشاورزی بی‌بهره‌اند و اغلب بر اساس تجربیات خود عمل می‌کنند، دسترسی به اطلاعات به زبان‌های مختلف و با شیوه‌های بصری مانند ویدیو و تصویر بسیار اهمیت می‌یابد. فناوری رقمی به کشاورزان کمک می‌کند تا از راه دور بر محصول و سلامتی آن نظارت داشته و در آموزش‌های برخط شرکت کنند

سامانه‌های تصمیم‌سازی در مزرعه

این اصطلاح که گاه کشت و کار دقیق نیز نامیده می‌شود، به معنی انتخاب خاک مناسب برای کشت، انتخاب نوع گیاه و مدیریت محصولات کشاورزی است به‌طوری‌که در شرایط متفاوت و موجود تطبیق‌پذیر بوده و امکان انجام یا انتخاب آن در محدوده هر مزرعه اختصاصی نیز وجود داشته باشد (بریسکو و دیگران، ۱۹۹۸). امروزه، چهار نوع فن‌آوری پیشرفته وجود دارد که کشاورزی دقیق را هدایت می‌کنند. این فن‌آوری‌ها عبارت‌اند از: سنجنده‌های الکترونیکی ماشین‌های زمینی (که اغلب پایشگرهای عملکرد یا ماشین‌های برداشت نامیده می‌شوند)، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، سامانه‌های موقعیت‌یاب جغرافیایی و نرم‌افزارهای نظام تصمیم‌گیری / تصمیم‌سازی که از آن‌ها برای تجزیه، تحلیل و برنامه‌ریزی استفاده می‌شود. چنین ترکیبی با اجزای فنی مختلف، رایانه و ماهواره می‌تواند برای ارزیابی مؤثر بودن عملکردهایی چون غبار یا محلول‌پاشی برای نظارت بر آفات و بیماری‌های گیاهی، مدیریت آبیاری، میزان مطلوب یا موردنظر کودهای شیمیایی، نحوه اثربخش بودن کاربرد علف‌کش‌ها، کشت و کار دقیق و جایگزین مناسب بذرها رهنمودهای لازم را ارائه دهند.

کشاورزی در محیط نظارت‌شده (گلخانه‌ای)

این نوع از سامانه‌های نظارت‌شده کشاورزی، رشد و نمو گیاه در بخش‌های زیرین (ریشه‌ها) و هوایی (آسمانه) را به‌طور کامل نظارت و تنظیم می‌کنند. در این شرایط، تولید محصولات در گلخانه‌ها و یا در سازه‌های کاملاً محصور که در آن امکان مهار دمای هوا و خاک، رطوبت، ترکیب گاز اتمسفر، نور، آب و مواد غذایی وجود دارد، ممکن می‌شود. آب‌کشت (هیدروپونیک)، نوع کاملی از این روش است. در فناوری آب‌کشت، برای رشد و نمو گیاه در محلول غذایی با و یا بدون کاربرد بستر رویش مصنوعی (محیط متخلخل استقرار گیاه)، از شن، ماسه، ورمیکولیت، ذرات ریزدانه سنگ شکسته، پرلیت، خاک پیت، اندام‌های خردشده گیاهی و خاک‌اره استفاده می‌شود. از این مواد فقط برای تأمین تکیه‌گاه مکانیکی گیاه استفاده می‌شود. ازجمله مزیت‌های اصولی روش آب‌کشت امکان پرورش متراکم گیاهان پرمحصول، تولید گیاه در شرایط نبود خاک مناسب، بهره‌مندی کاملاً مؤثر از آب، کود و استفاده حداقل از مجموعه پیچیده (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک) خاک است.

سامانه آبیاری هوشمند

سامانه آبیاری هوشمند به دو دسته سامانه آبیاری هوشمند مبتنی بر آب‌وهوا و سامانه آبیاری هوشمند مبتنی بر رطوبت خاک تقسیم می‌شود که در ادامه به اختصار بررسی می‌شوند.

سامانه آبیاری هوشمند مبتنی بر آب‌وهوا

نظارت‌گرهای مبتنی بر آب‌وهوا که به‌عنوان نظارت‌گرهای تبخیر و تعریق نیز شناخته می‌شوند، از داده‌های محلی هواشناسی برای تنظیم برنامه آبیاری استفاده می‌کنند. تبخیر و تعریق ترکیبی است از تبخیر از سطح خاک و تعریق گیاهان. این نظارت‌گرها،

اطلاعـات وضعیت آب‌وهوا را جمـع‌آوری کرده و زمان آبیاری گیاهان را تنظیم می‌کنند تا سطح خاک به مقدار مناسب و به‌اندازه کافی آب دریافت کند. داده‌های هواشناسی نظارت‌گرهای تبخیر و تعریق از چهار متغییر آب‌وهوایی استفاده می‌کنند: دما، باد، تابش خورشـید و رطوبت. این روش، یکی از دقیق‌ترین روش‌ها برای محاسـبه مقدار آب موردنیاز زمین کشـاورزی است. به‌طورکلی سـه نوع نظارت‌گر تبخیر و تعریق مبتنی بر آب‌وهوا وجود دارد: *الـف. نظارت‌گرهای مبتنی بر سـیگنال*. در این روش از داده‌های هواشناسـی یک منبع عمومی برای محاسبه تبخیر و تعریق سطوح استفاده می‌شود. سپس داده‌های دریافتی به شکل اتصال بی‌سیم به نظارت‌گرها ارسال می‌شود. *ب. نظارت‌گرهای مبتنی بر اطلاعات تاریخـی*. از یـک منحنـی از پیش برنامه‌ریزی‌شـده و براسـاس اطلاعـات تاریخی (داده‌های هواشناسـی با دوره بازگشـت‌های مناسـب طـرح) آب را در مناطق مختلف زمین اسـتفاده می‌کند. این منحنی می‌تواند بر اسـاس دما و شـدت تابش خورشید تنظیم شود. *ج. نظارت‌گر اندازه‌گیری آب‌وهوا در ایستگاه*. از داده‌های آب‌وهوایی جمع‌آوری‌شده در ایستگاه استفاده می‌کند تا تبخیر و تعریق را پیوسته اندازه‌گیری کرده و زمان آبیاری را تنظیم کند.

سامانه آبیاری هوشمند مبتنی بر حسگر رطوبت خاک

نظارت‌گرهای آبیاری هوشـمند مبتنی بر حسگر رطوبت خاک، بـرای اندازه‌گیـری میزان رطوبت خـاک از فن‌آوری‌های مناسـبی اسـتفاده می‌کنند. حسـگرها به هنگام دفن در ناحیه ریشـه چمن‌ها، درختـان یا درختچه‌هـا، رطوبت خاک را به‌طور دقیـق اندازه‌گیری کـرده و سـپس این اطلاعـات را بـه نظارت‌گرها منتقـل می‌کنند. سـامانه حسـگر رطوبت خاک خود به دو روش طبقه‌بندی می‌شود. *الف. سـامانه آبیاری چرخه معلق*. در این روش، همانند روش سنتی، نظارت‌گرها تنظیم شده‌اند و زمان آغاز و پایان آبیاری مشخص است. در این سـامانه، در صورت وجود رطوبت کافـی در خاک، آبیاری برنامه‌ریزی‌شـده بعدی متوقف می‌شود. *ب. سامانه آبیاری متناسب با نیاز*. در این روش، آسـتانه پایین و بالایـی برای نظارت‌گرها تعریف شده اسـت و در صورت عدم‌وجود رطوبت کافی در خاک و پایین آمدن از سطح حداقلی موردنیاز، آبیاری آغاز می‌شود.

ویژگی‌های سامانه آبیاری هوشمند

قابلیت نظارت از راه دور

یکـی از بزرگ‌تریـن تصمیم‌گیری‌هـا در هنـگام انتخـاب نظارت‌گرها، روش نظارت آن‌هاسـت. کشـاورز می‌تواند از راه دور و با اسـتفاده از برنامه هوشـمند موبایلی یا مستقیماً با دستگاه نظارت هوشـمند، بـر آبیاری مزرعه خود نظارت داشـته باشـد. اسـتفاده مستقیم از دسـتگاه نظارت هوشـمند ممکن است برای افرادی که نمی‌توانند از برنامه‌های موبایل استفاده کنند مفید باشد. به‌طورکلی اسـتفاده از این ویژگی در سامانه‌های آبیاری هوشمند برای شـما امکان نظارت و بررسی زمین زراعی را در هر شرایطی فراهم خواهد کرد.

ایجاد برنامه آبیاری جداگانه برای گیاهان با نیاز آبی متفاوت

در مزارع و باغ‌ها ممکن اسـت گیاهان مختلفی کشـت شده باشـند که نیازهای آبـی متفاوتی دارند. با کمک سـامانه آبیاری هوشـمند می‌توان هر یک از این مناطق آبیـاری را برنامه‌ریزی و متناسب با نیاز گیاهان آبیاری کرد. فقط باید اطمینان حاصل کنید که نظارت‌گر آبیاری شـما هر تعداد منطقه موردنیاز را پشـتیبانی می‌کند.

برنامه‌ریزی آبیاری

برنامه‌ریـزی آبیاری یکی از نیازهای اصلی در زراعت هر نوع محصولی است. سـامانه‌های آبیاری هوشمند این نیاز اساسی را با دقت هرچه‌تمام‌تر اجرایی خواهند کرد. این ویژگی سبب می‌شود حتـی در زمان تعطیـلات و در روزهایی که از مـزارع خود دور هستید، نگران شرایط آبیاری محصول نباشید. این سامانه به روشی خودکار، بر همه شـرایط نظارت می‌کند تا از تشنه نماندن یا غرق در آب نشدن گیاه اطمینان حاصل شود.

اطلاع‌رسانی مداوم

شما می‌توانید با کمک سـامانه‌های آبیاری هوشمند، از زمان شـروع آبیاری، اتمـام آبیاری، بـروز هرگونه خطـا در عملکرد نظارت‌گرها یا نشـتی سامانه مطلع شده و قبل از بروز هر خسارت

اقدامات لازم را انجام دهید. به طور کلی فواید استفاده از آبیاری هوشمند عبارت‌اند از:

۱. آبیاری براساس نیاز گیاه، صرفه‌جویی در هزینه‌ها و کاهش هدررفت آب؛

۲. کاهش رواناب و ایجاد فرسایش در خاک منطقه؛

۳. اشغال فضای کمتر با استفاده از نصب تجهیزات در زیر زمین؛

۴. امکان نظارت بر زمان آبیاری، مدت زمان آبیاری و میزان آبیاری باتوجه به شرایط محیطی؛

۵. عدم نیاز به حضور فیزیکی در محل با کمک نظارت از راه دور در سامانه آبیاری هوشمند.

پیشنهادها

- لازم است در مناطق مختلف کشور، روش‌های کشاورزی منطقی و مبتنی بر فرهنگ‌های بومی شناسایی شود و باتوجه به همه ابعاد مسائل فنی، مدیریتی، زراعی، سازمانی، مالی، آموزشی، فرهنگی، اقتصادی و غیره دستورالعمل‌های مدونی تهیه و با دقت و انگیزه کافی به‌کار گرفته شوند؛
- به‌طورکلی افزایش بهره‌وری کشاورزی مستلزم رعایت و به‌کارگیری مجموعه‌ای از هماهنگی‌ها، نهاده‌ها و ابزارها همراه با اصلاحاتی در ساختار و قوانین است که باید با پژوهش، اراده و خواست دولتمردان، مدیران، کارشناسان و کشاورزان پشتیبانی شود.

منابع

حسنوند، آرزو (۱۳۹۹). هوشمندسازی کشاورزی با تأکید بر کاربرد اینترنت اشیاء، *هفتمین همایش علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران*، تهران.

عبادی، غلامرضا (۱۳۸۳). هوشمندسازی کشاورزی با استفاده از فناوری؛ فرصت‌ها و چالش‌های پیش رو، *سومین کنفرانس بین‌المللی هوشمندسازی الکترونیک، کامپیوتر و مکانیک*، تهران.

Brisco B., R. J. Brown, T. Hirose, H. McNarin, and K. Staenz (1998). Precision agriculture and the role of remote sensing: a review. *Canadian J. of Remotesensing* 24,315-327.

Kaya S. and Curran P. J. (2006). Monitoring urban growth on the Uroupian side of the Istanbul metroplitian area. International *Journal of Applied Earth Observation*. P. 74-85.

Agricultural Information sciences and Technology
Number 7,Volume 4, Spring and Summer 2021
aistj.areeo.ac.ir

Smart farming

Farbod Sabet[1], Muslim Mohammadpour[2]
1. Faculty member of Imam Khomeini Higher Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
2. Faculty member of Imam Khomeini Higher Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

Abstract
Smart farming is an emerging concept and is often referred to as the management of various agricultural processes, tools and services that operate automatically or intelligently in combination with information and communication technologies. The goal is to intelligently improve the quality of products and services, and reduce financial, human and other costs. Optimal management of water, soil, air, energy, fertilizer, toxins and other things is also important in smart farming. Remote control, production and greater access to data to improve decision making and increase functionality and efficiency are also among the goals of smart farming. The use of smart tools in the agricultural industry is increasing so much that it can be considered as a kind of digital transformation.
This article tries to describe the functions and applications of concepts, tools and methods in the field of smart agriculture in a simple and easy way, so that the audience is familiar with the border between modern and smart agriculture.

Keywords: Smart agriculture, smartening, information and communication technologies, digital transformation.

* Corresponding author: f sabet2008@gmail.com