مجله ترویجی علوم و فناوری اطلاعات کشاورزی
دوره دوم / شماره اول/ بهار و تابستان ۱۳۹۸
aistj.areeo.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/AISTJ.2019.125170.1024

فناوری اطلاعات بسترساز توسعهٔ کشاورزی هوشمند

نیکروز باقری
عضو هیئت‌علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
پست الکترونیک : n.bagheri@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۲۳

چکیده

هدف: *: در این مقاله، کشاورزی هوشمند و دو زیرساخت اصلی آن، یعنی فناوری اطلاعات و کشاورزی دقیق، معرفی می‌شود. همچنین، با توجه به شرایط کنونی، کاربردهایی از کشاورزی هوشمند و الزامات توسعهٔ مناسب این فناوری در بخش کشاورزی ارائه می‌شود.*

روش‌شناسی پژوهش: *این مقاله مروری است و تلاش شده است تا کشاورزی هوشمند را به‌عنوان یکی از روش‌های افزایش بهره‌وری در تولید کشاورزی تشریح کند. همچنین، به روش مطالعه اسنادی و تحلیلی، الزامات توسعه مناسب کشاورزی هوشمند در کشور بررسی شده است.*

یافته‌ها: *نظام‌های هوشمند راه حل مناسبی برای افزایش بهره‌وری در تولید محصولات کشاورزی هستند. توسعه کشاورزی هوشمند در کشور وابسته به توسعه زیرساخت فناوری اطلاعات و کشاورزی دقیق است. بخش‌های اصلی یک نظام هوشمند شامل: واحد جمع‌آوری داده‌ها، واحد انتقال داده‌ها، واحد ذخیره‌سازی داده‌ها، واحد تحلیل اطلاعات و تصمیم‌سازی و واحد عملگر است. ازجمله فناوری‌های هوشمند موجود در حوزه کشاورزی عبارت‌اند از: تراکتور هوشمند، سامانه‌های هوشمند پایش شرایط رشد محصول، سامانه‌های هوشمند کنترل بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز، دامداری هوشمند، برداشت هوشمند محصولات زراعی، آبیاری هوشمند و سیلوها و انبارهای هوشمند.*

نتیجه‌گیری: *کشاورزی هوشمند یک ضرورت برای آینده کشاورزی است. از نتایج کاربرد این فناوری در کشاورزی، مصرف بهینه نهاده‌ها، کاهش هزینهٔ تولید، کاهش سختی کار و افزایش انگیزهٔ کاری، افزایش سلامتی محصول، کاهش خسارات زیست‌محیطی و درنهایت افزایش بهره‌وری و حفظ کشاورزی پایدار است. توسعهٔ کشاورزی هوشمند به بسترسازی و رعایت ملاحظات خاص نیاز دارد. ازجمله الزامات توسعه کشاورزی هوشمند در کشور عبارت‌اند از: تدوین برنامهٔ ملّی توسعهٔ فناوری اطلاعات در کشاورزی و کشاورزی هوشمند، پرهیز از شتاب‌زدگی در توسعهٔ کشاورزی هوشمند در کشور، توسعهٔ ماشینی کردن کشاورزی، بهبود زیرساخت اینترنت و شبکه به‌ویژه شبکه‌های بی‌سیم برای مناطق کشاورزی و روستایی، بهبود پایگاه داده‌های کشاورزی، ارائه آموزش‌های لازم به مدیران، کارشناسان و بهره‌برداران کشاورزی، و تربیت نیروی انسانی ماهر برای ارائه خدمات فناوری اطلاعات و هوشمند.*

کلیدواژه‌ها: اینترنت اشیاء، کشاورزی دقیق، کشاورزی هوشمند، فناوری‌های نوین.

مقدمه

امنیت غذایی از مهم‌ترین چالش‌های قرن حاضر است. براساس برآورد سازمان فائو تا سال ۲۰۵۰ میلادی، رشد جمعیت جهان و افزایش سطح استاندارد زندگی، تقاضای جهانی برای محصولات کشاورزی را به میزان ۷۰ درصد افزایش خواهد داد (گرامی طیبی، ۱۳۹۶). به دلیل محدودیت منابع طبیعی و نهاده‌ها، و مشکلاتی مانند تغییر اقلیم، آلودگی‌های زیست‌محیطی و افزایش مهاجرت روستاییان به شهرها، افزایش کمّی و کیفی محصولات کشاورزی دشوار است (کفاشان و باقری، ۱۳۹۷). در چنین شرایطی، تأمین امنیت غذایی به تغییر روش‌ها و رویکردهای تولید وابسته است. بنابراین، برای تولید باید راه‌کارها و شیوه‌های نوینی را جستجو کرد (کفاشان و باقری، ۱۳۹۷). افزایش بهره‌وری در تولید یعنی افزایش کاربرد دانش و فناوری در نظام‌های تولید کشاورزی. بنابراین، باید از فناوری‌های نوین و حداکثر ظرفیت‌های فناوری در حوزه‌های مختلف (الکترونیک، رایانه، شبکه، هوش مصنوعی و غیره) برای افزایش بهره‌وری استفاده کرد. به‌عبارت‌دیگر، آینده تولید پایدار کشاورزی درگرو کاربرد فناوری‌های نوین است. فناوری‌های نوین می‌توانند مقیاس، کارایی و اثربخشی تولید و تحویل را در همه جنبه‌های زنجیرهٔ تولید کالا افزایش دهند (نامو و چیکوی[1] ۲۰۱۷). کشاورزی هوشمند[2]، ازجمله این فناوری‌ها است. کشاورزی هوشمند می‌تواند اثرات نامطلوب تولید را کاهش دهد (چیدامباراناتان[3] و دیگران، ۲۰۱۸).

مدیریت و نظارت بر حوزه کشاورزی پیچیده است؛ چراکه کشاورزی از پدیده‌های متعدد اقلیمی و محصولی تاثیر پذیرفته و با نظام‌های زنده سروکار دارد. بنابراین، نظارت بر چنین شرایطی دشوار است. برای غلبه بر پیچیدگی، عدم قطعیت در کشاورزی و حل مسائل کشاورزی، نظام‌های هوشمند راه‌حل مناسبی است (فانتون و کزی[4]، ۱۹۹۹). کشاورزی هوشمند به کشاورزان امکان می‌دهد تا بهره‌وری را افزایش داده و منابع تولید را بهتر مدیریت کنند (چیدامباراناتان، و دیگران، ۲۰۱۸). استفاده از فناوری‌های نوین و هوشمند در تولید باعث شده است تا کشورهای نسبتاً کوچک بتوانند در صادرات محصولات کشاورزی با کشورهای پهناور رقابت کنند. به‌عنوان‌مثال، سطح زیرکشت کشور برزیل ۲۰۰ برابر سطح زیرکشت کشور هلند است. بااین‌حال، صادرات محصولات کشاورزی هلند ۹۲/۸ میلیون دلار و برزیل ۷۸/۸ میلیون دلار است (علوی، ۱۳۹۷).

برای گردآوری اطلاعات لحضه‌ای از وضعیت محصولات در آینده، صنعت کشاورزی به ماهواره‌ها، پهپادها، حسگرها و نظام‌های هوشمند کاملاً وابسته خواهد بود. این اطلاعات به همراه پایگاه داده‌های هواشناسی و اقلیمی و کشت محصول، برای تصمیم‌گیری‌های روزانه به کشاورز کمک خواهند کرد. این تصمیمات گسترده مسائل فنی، اقتصادی و بازار محصول را نیز دربر خواهد گرفت (گرامی طیبی، ۱۳۹۶). شایان‌ذکر است که کشورهای پیشتاز در گسترش کشاورزی هوشمند، همان کشورهایی هستند که در دهه‌های اخیر، توسعهٔ ماشینی‌کردن کشاورزی، توسعهٔ فناوری اطلاعات و ارتباطات و کشاورزی دقیق را در دستور کار خود قرار داده و در این حوزه اقدامات گسترده‌ای را انجام داده‌اند. ازآنجاکه این فناوری‌ها بسترساز کشاورزی هوشمند هستند، بنابراین، در این مقاله ضمن معرفی کشاورزی هوشمند، فناوری اطلاعات و ارتباطات و کشاورزی دقیق نیز به اختصار معرفی خواهد شد.

فناوری اطلاعات و ارتباطات

فناوری اطلاعات و ارتباطات[5]، فناوری هزارهٔ سوم است. این فناوری جهان را چنان دگرگون کرده که هیچ فناوری دیگری در طول تاریخ بشر قادر به ایجاد این تحول نبوده است. فناوری اطلاعات و ارتباطات، مجموعه‌ای از امکانات سخت‌افزاری، نرم‌افزاری، شبکه‌ای و ارتباطی است که از آن

1 . Nhamo and Chikoye
2 .Smart Agriculture (Intelligent Agriculture)
3 . Chidambaranathan
4 . Fantun and Kezhi
5 .Information and Communication Technology

برای دستیابی مطلوب به اطلاعات استفاده می‌شود. همچنین به مجموعه فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که امکان ذخیره‌سازی، پردازش، ارائه و تبادل اطلاعات را در محیط‌های انتقال فراهم می‌آورند (باقری، ۱۳۸۵). اطلاعات در عرصهٔ کشاورزی نه‌تنها به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین نهاده‌ها و سرمایه‌ها تلقی می‌شود، بلکه کاراترین عامل ارتقاء بهره‌وری منابع تولید است (همان، ۱۳۸۵). اطلاعات زمانی می‌تواند مفید باشد که از سه ویژگی دقت، به‌روز بودن و اعتبار برخوردار باشد.

بخش‌های اصلی فناوری اطلاعات و ارتباطات

فناوری اطلاعات و ارتباطات از سه بخش اصلی زیر تشکیل شده است:

- زیرساخت اطلاعات[1]
- فناوری اطلاعات[2]
- کاربردهای اطلاعات[3]

زیرساخت اطلاعات

همه دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی مانند تجهیزات مخابراتی و رادیو و تلویزیون، در زمره زیرساخت اطلاعاتی قرار خواهند داشت. زیرساخت اطلاعاتی، اساس فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات است و امکان ارائه خدمات اطلاعاتی باکیفیت مطلوب را فراهم می‌سازد. ایجاد و گسترش شبکه‌ها و خدمات مخابراتی، فناوری‌های انتقال، تغییر خط[4] و مسیریابی[5]، دستیابی و عرضه و ارتباطات چندرسانه‌ای (صوت و تصویر) ازجمله اهداف زیرساخت اطلاعات است.

فناوری اطلاعات

فناوری اطلاعات اصطلاحی است که مفهوم کاربرد فناوری‌ها در چرخه اطلاعات (تولید، ذخیره، پردازش، بازیابی، اشاعه و غیره) را دربر می‌گیرد. ذخیره‌سازی اطلاعات، پردازش و ارائه اطلاعات، سیستم‌های عامل، زبان‌های برنامه‌نویسی، مهندسی پروتکل‌ها و نرم‌افزارهای کاربردی، ازجمله موارد موردتوجه در فناوری اطلاعات است.

کاربردهای اطلاعات

در کاربردهای اطلاعات، به ارائه خدمات، اشتراک دانش، مدیریت عمومی، خدامت اجتماعی، راه‌حل‌های تجاری و تولید و نشر محتوا توجه می‌شود (باقری، ۱۳۸۵).

نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در توسعهٔ کشاورزی

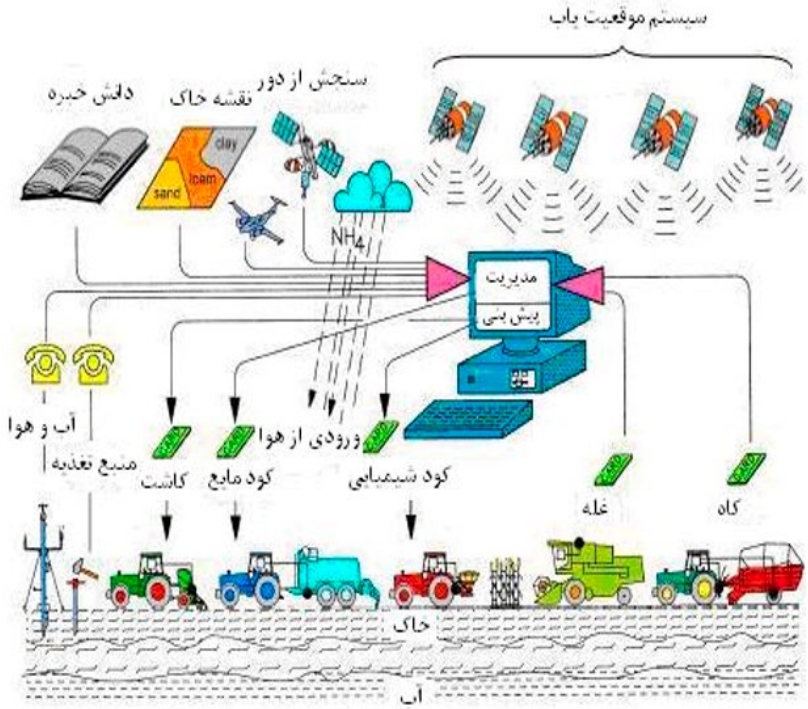
فناوری اطلاعات به‌عنوان ابزار بسترساز اطلاع‌رسانی، بزرگ‌ترین فرصت برای توسعهٔ بخش کشاورزی است. در شرایط کنونی کشور، استفاده از این فرصت، که به ابزار، دانش و مهارت نیاز دارد، یکی از اساسی‌ترین ضرورت‌هاست. براساس آمار موجود، ۹۴ درصد کشاورزان آمریکا به اینترنت پرسرعت دسترسی دارند (کسل[6] و دیگران، ۲۰۱۵). باتوجه به اینکه کشاورزان و روستاییان بازیگران اصلی عرصهٔ کشاورزی کشور هستند، برای توسعهٔ کشاورزی هوشمند باید بستر توسعهٔ فناوری اطلاعات و ارتباطات در مناطق روستایی و دور از شهرها را مهیا کرد؛ یعنی، شکاف دیجیتالی بین شهر و روستا را کاهش داد. تقویت زیرساخت‌های اطلاعات (ایجاد و گسترش شبکه‌ها، خدمات مخابراتی، فناوری‌های انتقال، دستیابی و عرضه)، توسعه ارائه خدمات به‌موقع و مناسب، اشتراک‌گذاری دانش و اطلاعات، ارائه آموزش‌های لازم و تدوین قوانین موردنیاز، ازجمله پیش‌نیازهای توسعهٔ کشاورزی هوشمند است (باقری و کفاشان، ۱۳۹۶).

کشاورزی دقیق

در قرن حاضر، موضوعات مهمی ازجمله حفظ سلامتی انسان و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی از یک‌سو و لزوم کاهش مصرف نهاده‌ها و توسعه پایدار کشاورزی ازسوی‌دیگر، کاربرد

1 . Information Infrastructure (II)
2 .Information Technology (IT)
3 .Information Application (IA)
4 . Switching
5 .Routing
6. Castle

فناوری‌های نوین در کشاورزی را بیش‌ازپیش ضرورت بخشیده است. کشاورزی دقیق[1] یا مدیریت خاص مکانی[2] ازجمله این فناوری‌های نوین است (باقری و مؤذن، ۱۳۸۸). کشاورزی دقیق آن نوع از فناوری است که بر پایهٔ فناوری اطلاعات و در چارچوب اصول توسعه پایدار ـ که هدف آن افزایش بهره‌وری و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی است ـ اطلاعات مکانی را جمع‌آوری، ذخیره و پردازش می‌کند و ازاین‌طریق کاربرد بهینه عوامل و نهاده‌های تولید را میسر می‌سازد (باقری و بردبار، ۲۰۱۴). در یک تعریف ساده‌تر می‌توان گفت که کشاورزی دقیق عبارت است از: مدیریت درست مصرف نهاده‌ها در زمان و مکان مناسب و به مقدار مناسب[3]. در فناوری کشاورزی دقیق و با مدیریت مصرف نهاده‌ها براساس تغییرات خاک و گیاه، مصرف بهینه نهاده‌های کشاورزی، افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی حاصل می‌شود. در شکل ۱ نمونه‌ای از فناوری‌های مرتبط با کشاورزی نشان داده شده است:



شکل ۱. سامانه‌های کشاورزی دقیق مورداستفاده در تولید محصولات کشاورزی (باقری و کفاشان، ۱۳۹۶)

بر اساس شکل ۱، کشاورزی دقیق با استفاده از چهار فناوری سامانهٔ موقعیت‌یابی جهانی[4]، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی[5]، سنجش‌ازدور[6] و سامانهٔ اعمال نرخ متغیر نهاده‌ها[7]، مصرف نهاده‌های کشاورزی را مدیریت کرده و از نهاده‌ها به میزان کافی، در محل مناسب و در زمان مناسب استفاده می‌کند (لغوی، ۱۳۸۲). اساس کار کشاورزی دقیق آن است که با استفاده از فناوری‌های سنجش‌ازدور، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، ثبت لحظه‌ای موقعیت مکانی هر بخش از مزرعه با استفاده از سامانهٔ موقعیت‌یاب جهانی و درنهایت اعمال نرخ متغیر نهاده‌ها براساس فناوری‌های نرخ متغیر، نقشه تغییرات خاک، آب و محصول را تهیه می‌کند.

نرخ رشد کشاورزی دقیق در اروپا نیز در حال افزایش است. در طول ده سال گذشته، کشاورزی دقیق در این قاره از جنبهٔ پژوهشی گذر کرده و جنبه عملیاتی به خود گرفته است. در حال

1. Precision Agriculture
2 .Site Specific Management
3 . Right amount, right place, right time
4 .Global Positioning System (GPS)
5. Geographic Information System (GIS)
6. Remote Sensing (RS)
7. Variable Rate Technology (VRT)

حاضر ۷۰ای ۸۰ درصد از تجهیزات کشاورزی فروخته‌شده در اروپا به فناوری‌های مرتبط با کشاورزی دقیق مجهز هستند. گردش مالی سالانه ۴۵۰۰ کارخانهٔ تولیدکننده تجهیزات مرتبط با کشاورزی دقیق، ۲۶ بیلیون دلار است و ۱۳۵۰۰۰ نفر به‌طور مستقیم و ۱۲۵۰۰۰ نفر به‌طور غیرمستقیم در این حوزه مشغول به کار هستند (زارکو تجادا[1] و دیگران، ۲۰۱۴). پیش‌بینی می‌شود که بیش از ۳۰ درصد رشد بازار کشاورزی آمریکا در آینده با به‌کارگیری کشاورزی دقیق خواهد بود (مولا[2] و دیگران، ۲۰۱۳).

در نظرسنجی انجام‌شده در کشور انگلستان، ۶۳ درصد از کشاورزان، کاهش هزینه‌ها را علت اصلی استفاده از فناوری‌های مرتبط با کشاورزی دقیق برشمرده‌اند (زارکو تجادا و دیگران، ۲۰۱۴). این فناوری به سامانه‌هایی از قبیل سامانه اطلاعات جغرافیایی، سامانه موقعیت‌یابی جهانی، فناوری سنجش‌ازدور و فناوری نرخ متغیر نیازمند است. کشاورزی دقیق طیف گسترده‌ای از تجهیزات الکترونیکی (شامل انواع حسگرها)، ابزارهای نوری (انواع طیف‌سنج‌ها، دوربین‌های دیجیتال و تصویربرداری چندطیفی، ابرطیفی، حرارتی و سایر ابزارهای مرتبط)، رایانه‌ها و نرم‌افزارهای رایانه‌ای را دربر می‌گیرد. این فناوری در همه مراحل تولید محصول، از مرحله تهیه زمین تا برداشت محصول، کاربرد داشته و قابل‌اجرا است (باقری و کفاشان، ۱۳۹۶).

کشاورزی هوشمند

کشاورزی هوشمند بر جمع‌آوری داده‌ها، انتقال داده‌ها و ذخیره‌سازی آن‌ها در نظام‌های ذخیره از راه دور استوار است و با تجزیه و ترکیب اطلاعات، امکان تصمیم‌سازی در حداقل زمان ممکن را میسر می‌سازد (چیدامباراناتان و دیگران، ۲۰۱۸. کشاورزی هوشمند مفهومی است که با مهندسی نرم‌افزار و علوم رایانه آغاز می‌شود و با علوم محاسباتی دیگر همراه می‌شود. کشاورزی هوشمند از سامانه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده می‌کند که مثل انسان قابلیت یادگیری و استدلال دارند (ایزو، ۱۹۹۵) و با گنجاندن عناصر محاسباتی در اشیاء، اشیاء را باهم و به اینترنت متصل می‌کند. کشاورزی دقیق و کشاورزی هوشمند، همگی از ایده نظام اطلاعات مدیریت مزرعه گرفته شده است. این نظام برای جمع‌آوری، پردازش، ذخیره‌سازی و انتشار داده‌ها در چارچوب موردنیاز طراحی شده است (پیووتوو دیگران، ۲۰۱۸).

کشاورزی هوشمند از ادغام فناوری اطلاعات و ارتباطات در ماشین‌ها و تجهیزات کشاورزی و حسگرها برای استفاده در نظام‌های تولید کشاورزی حاصل می‌آید (او گرادی و او هیر[3]، ۲۰۱۷؛ پیووتو و دیگران، ۲۰۱۸). در یک نظام هوشمند، از فناوری‌های مختلف هوش مصنوعی (ازجمله شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، ماشین بینایی، داده‌کاوی)، و همچنین فناوری‌هایی مانند سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (فانتون و کزی، ۱۹۹۹)، رباتیک، سنجش‌ازدور، فناوری‌های موقعیت‌یاب و غیره استفاده می‌شود (پیووتو و دیگران، ۲۰۱۸). از فناوری‌های جدیدی مانند اینترنت اشیاء و فضای ذخیره‌سازی ابری نیز برای پیشبرد این عرصه استفاده می‌شود که موجب ورود ربات‌ها و هوش مصنوعی به عرصه کشاورزی شده است (همان، ۲۰۱۸). پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۰، فناوری اینترنت اشیاء در اغلب زمینه‌ها به کار رود (چیدامباراناتان، و دیگران، ۲۰۱۸). اینترنت اشیاء، به اشیاء اجازه می‌دهد تا با استفاده از زیرساخت شبکه، از راه دور کنترل شوند (پیووتو و دیگران، ۲۰۱۸). کوین اشتون[4]، کارآفرین انگلیسی، در سال ۱۹۹۹ میلادی اینترنت اشیاء را ابداع کرد. او یک نظام مدیریت اطلاعات یکپارچه هوشمند را مدل‌سازی کرد. کاربرد اینترنت اشیاء به زیرساخت اینترنت وابسته است (پیووتو و دیگران، ۲۰۱۸). اینترنت اشیاء چارچوبی را ترسیم می‌کند که اطلاعات یک مزرعه ازطریق حسگرها و شبکه، دریافت شده و مدیریت شود (او گرادی و او

1. Zarco tejada
2 .Mulla
3. O'Grady and O'Hare
4. Kevin Ashton

هیر، ۲۰۱۷). پیش‌بینی می‌شود استفاده از فناوری اینترنت اشیاء در کشاورزی، منجر به رشد سالیانهٔ ۲۰ درصدی فرآورده‌های کشاورزی شود. بر اساس یک گزارش پژوهشی، انتظار می‌رود که تعداد دستگاه‌های هوشمند کشاورزی از ۱۳ میلیون دستگاه در سال ۲۰۱۴ به ۲۲۵ میلیون دستگاه تا سال ۲۰۲۴ افزایش یابد (بررسی دقیق IoT در کشاورزی، ۱۳۹۷).

همان‌طور که در بالا اشاره شد، کشاورزی هوشمند با جمع‌آوری داده‌ها، انتقال داده‌ها و ذخیره‌سازی آن‌ها در نظام‌های ذخیره از راه دور امکان تجزیه و ترکیب اطلاعات و تصمیم‌سازی را در کمترین زمان ممکن می‌کند. هنگام استفاده از این فناوری، کشاورز فقط باید شیوه استفاده از آن را بداند (کشاورزی هوشمند چیست، ۱۳۹۶). یک نظام هوشمند از بخش‌های زیر تشکیل می‌شود: واحد جمع‌آوری داده‌ها، واحد انتقال داده‌ها، واحد ذخیره‌سازی داده‌ها، واحد تحلیل اطلاعات و تصمیم‌سازی (هوش مصنوعی) و واحد عملگر. در ادامه هریک از واحدهای یک نظام هوشمند توضیح داده می‌شود.

واحد جمع‌آوری داده‌ها

در کشاورزی هوشمند، معمولاً با استفاده از حسگرهای مختلف ازجمله حسگرهای خاک، دما، رطوبت، فشار و غیره، داده جمع‌آوری می‌شود. حسگر، ابزاری الکترونیکی است که مقادیر فیزیکی را از محیط اندازه‌گیری و آن‌ها را به سیگنال‌هایی تبدیل می‌کند که یک ابزار می‌تواند آن را بخواند (پیووتو و دیگران، ۲۰۱۸). حسگرهای کشاورزی، یا درون خاک نصب می‌شوند و یا بر روی وسایلی مانند پایه‌های ثابت در مزرعه، ماشین‌های کشاورزی، پهپادها و غیره قرار می‌گیرند (علوی، ۱۳۹۷). انتخاب حسگر مناسب اهمیت زیادی دارد. بسته به نوع پروژه، حسگرها باید در جمع‌آوری داده‌ها دقت و سرعت کافی داشته باشند (گرامی طیبی، ۱۳۹۶).

در کشاورزی هوشمند معمولاً به شبکه‌ای از حسگرهای بی‌سیم[1] نیاز است. شبکه حسگرهای بی‌سیم از تعداد زیادی حسگر تشکیل‌شده است که در قسمت‌های مختلف و دور از هم نصب می‌شوند. آن‌ها داده‌ها را جمع‌آوری کرده و به یک ایستگاه پایه ارسال می‌کنند. به هر حسگر در این شبکه گره حسگر[2] گفته می‌شود. حسگرها بر اساس پروتکل‌های مختلف با هم هماهنگ می‌شوند. ایستگاه پایه همه شبکه‌های حسگر بی‌سیم را به هم متصل می‌کند تا کشاورزان اطلاعات برخط[3] را به‌طور مرتب دریافت کنند (چیدامباراناتان، و دیگران، ۲۰۱۸). همه داده‌های جمع‌آوری‌شده با حسگرها، در یک پایگاه داده ثبت

شکل ۲. کاربرد پهپادها در جمع‌آوری داده‌ها در یک مزرعهٔ هوشمند

1 . wireless sensor network
2 . Sensor Node
3 .Online

و ضبط می‌شود (فانتون و کزی، ۱۹۹۹).

همچنین، از انواع دوربین‌های دیجیتالی مرئی، مادون قرمز و حرارتی، حسگرهای چندطیفی و فراطیفی، به‌عنوان حسگرهای جمع‌آوری‌کننده داده استفاده می‌شود. این حسگرها بر روی ماهواره‌ها یا سامانه‌های هوایی مانند هواپیما، بالگرد و پهپادهای مالتی روتر نصب می‌شوند. سامانه‌های هوایی مانند پهپادها به علت در دسترس‌تر بودن و امکان برداشت تصاویر در زمان‌های موردنیاز، نسبت به ماهواره‌ها برتری دارند. همچنین، سامانهٔ موقعیت‌یابی جهانی به‌عنوان ابزار اصلی ثبت مختصات، که پایه مطالعات هوشمند و دقیق است، از اصلی‌ترین بخش‌های واحد جمع‌آوری داده است. امروزه استفاده از پهپادها برای دریافت داده‌های زمینی در عرصهٔ کشاورزی، در حال افزایش است (شکل ۲). پهپادها از کاربردی‌ترین ابزارها برای دریافت داده‌های برخط در کشاورزی هوشمند هستند. به همین دلیل، برنامه‌های زیادی برای توسعه پهپادها در کشاورزی هوشمند در حال تهیه است. ازجمله شرکت پرسیژن هاوک[1] پهپادی ساخته است که می‌تواند با استفاده از هوش مصنوعی، شرایط آب و هوایی را شناسایی کرده و بر اساس عواملی مانند سرعت باد یا فشار هوا، بهترین مسیر پرواز را انتخاب کند (بررسی دقیق IoT در کشاورزی، ۱۳۹۷).

واحد انتقال داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری‌شده با انواع حسگرها، به یک منبع ذخیره‌سازی داده منتقل می‌شوند. یکی از برتری‌های نظام‌های هوشمند در مقایسه با نظام‌های دیگر، امکان انتقال برخط داده‌ها است. هرچه فاصلهٔ زمانی جمع‌آوری داده‌ها و انتقال آن‌ها کمتر باشد، نظام هوشمند کاربردی‌تر است. در حوزه کشاورزی که عدم قطعیت‌های زیادی وجود دارد، این نظام‌ها مزیت خود را بهتر نشان می‌دهند. با توجه به اینکه داده‌ها به‌صورت برخط انتقال می‌یابند، شبکهٔ اینترنتی یا مخابراتی ضروری است. در یک نظام هوشمند، استفاده از مقاوله‌نامه[2] های مناسب امری ضروری است. محدودیت شبکه‌های بی‌سیم در جمع‌آوری و انتقال اطلاعات به ایستگاه پایه، تلفات داده و تأخیر در ارسال داده، از محدودیت‌های یک نظام هوشمند است (چیدامباراناتان، و دیگران، ۲۰۱۸).

واحد ذخیره‌سازی داده‌ها

به‌طورمعمول، داده‌ها در انواع حافظه‌های اصلی و جانبی ذخیره می‌شوند. این حافظه‌ها معمولاً ظرفیت محدودی دارند و ذخیره داده‌های فراوان بر روی آن‌ها دشوار است. ازسوی دیگر، سرعت انتقال داده‌ها نیز محدودیت دارد. در چند سال اخیر فناوری رایانش ابری[3]، به‌عنوان رویکردی جدید در انجام خدمات پردازش وبی، به خدمت هوشمندسازی آمده و توسعهٔ این فناوری را با سرعت بیشتری روبرو کرده است.

واحد تحلیل اطلاعات و تصمیم‌سازی (هوش مصنوعی)

در یک نظام هوشمند، پس از جمع‌آوری و ذخیره‌سازی داده‌ها، فرآیند تحلیل اطلاعات و تصمیم‌سازی آغاز می‌شود. این بخش درواقع بخش اصلی و نرم‌افزاری نظام‌های هوشمند است که معمولاً با استفاده از روش‌های مختلف هوش مصنوعی انجام می‌شود. سامانه اطلاعات جغرافیایی با دریافت لایه‌های مختلف اطلاعاتی، شامل داده‌های مکانی و توصیفی و تحلیل آن‌ها، می‌تواند در کشاورزی هوشمند استفاده شود. همچنین از روش‌های هوش مصنوعی[4] مانند نظام خبره[5]، شبکه عصبی مصنوعی[6]، الگوریتم ژنتیک[7]، منطق فازی[8]، داده‌کاوی[9]، یادگیری عمیق[10] و غیره در این بخش استفاده می‌شود. به دلیل حجم زیاد داده‌هایی که حسگرها، ربات‌ها، پهپادها و ماهواره‌ها تولید و مبادله می‌کنند، تجزیه‌وتحلیل کلان داده‌ها[11] در فرآیند هوشمندسازی کشاورزی امری ضروری است (گرامی طیبی،

1 . PrecisionHawk
2. Protocol
3. Cloud Computing
4. Artificial Intelligence
5. Expert System
6. Artificial Neural Network
7. Genetic Algorithm
8. Fuzzy Logic
9. Data Mining
10. Deep Learning
11. Big Data

۱۳۹۶؛ فانتون و کزی، ۱۹۹۹).

رابط کاربر/ عملگر

در گام نهایی و پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، باید تصمیم‌های اخذشده از یک نظام هوشمند به کشاورز/ بهره‌بردار منتقل شده و بر روی هدف موردنظر اعمال شوند. این فرآیند می‌تواند با ارسال پیامک به تلفن همراه مخاطب، یا ارتباط ازطریق یک نرم‌افزار کاربردی یا ازطریق یک صفحهٔ وبی انجام شود. برنامه‌های کاربردی بر روی تلفن همراه مخاطب نصب شده و اطلاعات لازم را در هرلحظه به بهره‌بردار مخابره می‌کنند. همچنین، می‌توان یک صفحه وبی طراحی کرد. نکته مهم در این بخش، امنیت اطلاعات است که باید برای هر بهره‌بردار یک نام کاربری و رمز عبور مجزا تعریف شود. روش دیگر این است که تصمیم اتخاذشده در اختیار یک ربات یا ماشین هوشمند قرار می‌گیرد تا براساس اطلاعات، تصمیم را پیاده‌سازی کند. این تصمیم می‌تواند راه‌اندازی، قطع یا تغییر عملکرد یک سامانه آبیاری، کودپاش، سم‌پاش، یا یک سامانه برای مبارزه با تگرگ، سرمازدگی و غیره باشد.

برخی از کاربردهای کشاورزی هوشمند

کشاورزی هوشمند گستره وسیعی از خدمات را به بخش کشاورزی ارائه می‌دهد. برخی از کاربردهای کشاورزی هوشمند که در حال حاضر در کشورهای دیگر مورداستفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

تراکتورهای هوشمند

تراکتورهای هوشمند بدون سرنشین و با قابلیت کنترل از راه دور، می‌توانند همه عملیات کشاورزی را انجام دهند. برای صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش فشردگی خاک، این تراکتورها ی هوشمند می‌توانند مسیر مناسب را انتخاب کنند (بررسی دقیق IoT در کشاورزی، ۱۳۹۷). در شکل ۳، نمونه‌ای از نرم‌افزار کنترل تراکتور هوشمند با نام ان اچ درایو[1] نشان داده شده است. این نرم‌افزار می‌تواند از راه دور تراکتور را ردگیری و فرمان‌های موردنیاز را به تراکتور اعمال کند.

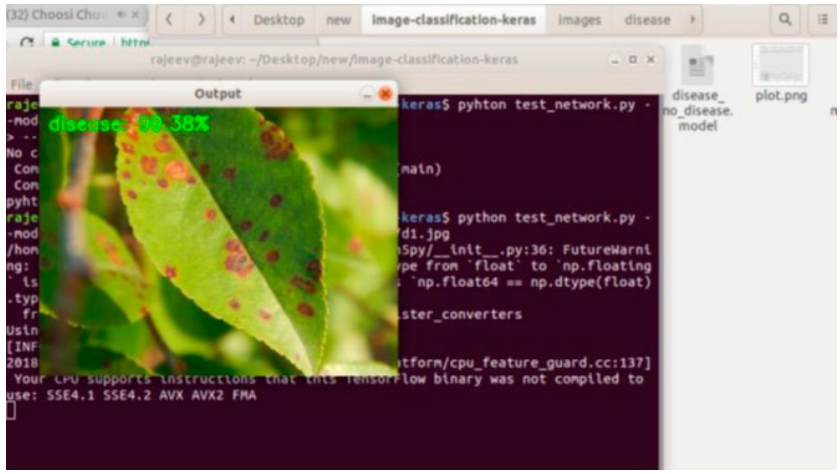
شکل ۳. نرم‌افزار کنترل تراکتور هوشمند ان اچ درایو (علوی، ۱۳۹۷)

مدیریت هوشمند بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز

یک نظام هوشمند مدیریت بیماری‌های گیاهی با تصویربرداری مداوم از سطح محصول و برگ‌های آن، بروز علائم بیماری بر روی برگ را ثبت می‌کند. تصاویر به‌طور مرتب به پایگاه داده منتقل و در آنجا تجزیه‌وتحلیل می‌شوند.

1.NHDrive

نتایـج تحلیل پایگاه داده بـا نتایج پایگاه دانش موجود مقایسـه می‌شود. در صورت تشخیص علایم بیماری، اطلاعات به‌صورت برخط به کشـاورز منتقل و هشـدارهای لازم ارسال خواهد شد. پـس‌ازآن، روش‌هـای مبارزه با بیمـاری فعال می‌شـود. پس از تشـخیص بیماری و با اسـتفاده از نظام خبره آمـوزش، می‌توان اقدامات مناسب را به‌صورت خودکار بر روی منطقه آلوده اعمال کرد (بالرام و کومار[1]، ۲۰۱۸). چنین سـامانه‌ای برای تشـخیص علف‌های هرز مزرعه نیز وجود دارد. در شـکل ۴ نرم‌افزار رابط سـامانهٔ مدیریت هوشـمند بیماری‌های گیاهی نشـان داده شده است:



شکل ٤. سامانهٔ مدیریت هوشمند بیماری‌های گیاهی

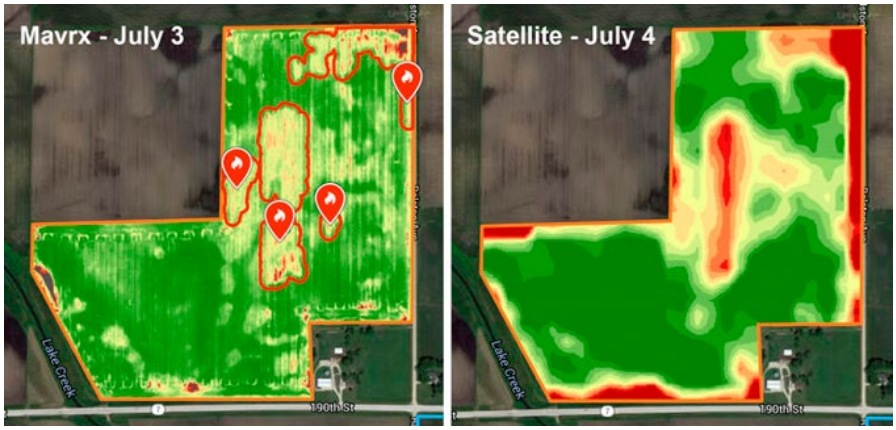
مدیریت هوشمند دام (دامداری هوشمند)

کاهـش هزینه‌هـای کارگری، انگیزهٔ اصلی هوشمندسـازی در دام‌پروری اسـت. دامداری هوشمند شامل شیردهی هوشمند، تغذیهٔ هوشـمند دام و ربات‌های پایش و تشـخیص سلامتی دام اسـت. در این فناوری و با استفاده از یک سامانهٔ بازشناسی امواج رادیویی[2]، دام‌ها شناسـایی می‌شوند. موقعیت دام‌ها نیز با دوربین مشخص می‌شوند. حسگرهای پایش وضعیت سلامت دام، پیوسته دام‌ها را بررسی می‌کنند. درصورت بروز علائم بیماری و با توجه به مشخصات هر دام، هشـدارهای لازم به دامدار ارسال می‌شود (بررسی دقیق IoT در کشاورزی، ۱۳۹۷).

برداشت هوشمند محصول

ماشـین‌های برداشت هوشمند می‌توانند بدون نیاز به کارور[3]، عملیـات برداشـت را انجـام دهند. این ماشـین‌ها، با تشـخیص رسـیدگی محصـولات، تنهـا محصولات رسـیده را برداشـت می‌کنند. به‌عنوان‌مثال، شـرکت اسـپانیایی اگروبات[4]، ماشـین برداشت هوشمندی به نام اس دبلیو ۶۰۱۰ [5] تولید کرده است که با دوربین، توت‌فرنگی‌ها را بررسی می‌کند و تنها توت‌فرنگی‌های آماده برداشـت را می‌چینـد. چنین ربات‌هایی، سـرعت و دقت برداشـت محصول را افزایـش می‌دهند. همچنین، پژوهشـگران هلندی ماشین هوشمند برداشت سیب‌زمینی ساخته‌اند. این ماشین سیب‌زمینی‌ها را به‌صورت تک‌تک بررسی کرده و در هر مرحله تنها سـیب‌زمینی‌های آمادهٔ برداشـت را از زمیـن خارج می‌کند (علوی، ۱۳۹۷). همچنین ماشـین‌های برداشـت محصول، نقشـه عملکرد مزرعه / باغ را به‌صورت برخط رصد کرده و تصمیمات مدیریتـی درباره نیـاز مواد غذایـی، کمبودها و غیـره را اعمال می‌کنند (علوی، ۱۳۹۷). شکل ۵ نمونه‌ای از نقشه‌های تهیه‌شده با ماشین برداشت هوشمند را نشان می‌دهد:

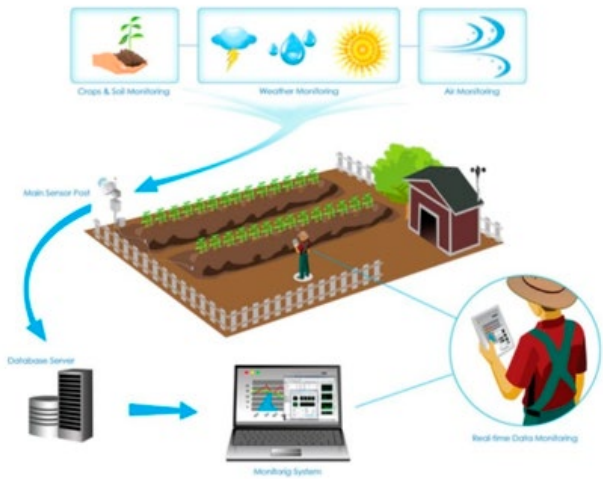
1 .Balram and Kumar
2. Radio-frequency Identification (RFID)
3. Operator
4. AGROBOT
5. SW6010



شکل ۵. نقشهٔ تهیه‌شده با یک ماشین برداشت هوشمند محصولات زراعی

آبیاری هوشمند

درحال‌حاضر، آبیاری با روش‌های مختلفی نظیر قطره‌ای، بارانی و غیره و بر اساس برنامهٔ زمان‌بندی مشخص انجام می‌شود. اما با کمک حسگرها می‌توان آبیاری را به‌صورت هوشمند برنامه‌ریزی کرد. شرکت کراپ ایکس[1] با استفاده از حسگرهای خاک، میزان دما و رطوبت خاک را می‌سنجد تا مشخص کند که چه بخش‌هایی از خاک به آبیاری بیشتر یا کمتری نیاز دارند (شکل ۶). همچنین، با رصد مداوم داده‌های دریافتی از حسگرها، تنها در زمان نیاز و به میزان لازم آبیاری انجام می‌شود. استفاده از نظام‌های آبیاری هوشمند، میزان مصرف آب را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهند. شرکت یاد شده، نقشه‌های تهیه‌شده با حسگرهای خاک را با نظام‌های آبیاری قطره‌ای نصب شده در زیرخاک ترکیب کرده تا ضمن جلوگیری از بخار شدن بی‌رویه‌ی آب، بهره‌وری آبیاری را افزایش دهد. لازم به ذکر است که حسگرهای مورد استفاده این شرکت می‌توانند سطح رطوبت و دما را در عمق‌های مختلف بررسی کنند (علوی، ۱۳۹۷). میزان رطوبت خاک به‌طور منظم به رایانه‌های مرکزی اطلاع داده می‌شود. رایانهٔ مرکزی نیز بر اساس میزان رطوبت گزارش‌شده، در زمان مناسب و به میزان لازم آب‌رسانی می‌کند. کنترل از راه دور این نظام نیز امکان‌پذیر است. دقت چنین روش‌هایی به اندازه‌ای زیاد است که می‌توان تعیین کرد رطوبت به همه بخش‌های ریشه‌ی یک گیاه رسیده است یا خیر (همان، ۱۳۹۷). همچنین، بر اساس اطلاعات دریافتی از حسگرهای مختلف، رایانه‌های مرکزی مقدار مناسب کودهای شیمیایی و مواد مغذی را نیز در زمان لازم به‌طور خودکار به محلول آبیاری اضافه می‌کنند (همان، ۱۳۹۷).



شکل ٦. آبیاری هوشمند مزرعه

1 .CropX

توزیع هوشمند محصولات کشاورزی

راه‌کارهای اینترنت اشیاء برای توزیع محصولات کشاورزی نیز می‌توانند نقشی محوری بازی کنند. امروزه، مواد غذایی و کشاورزی بخش اعظمی از حجم مبادلات و صادرات بین کشورها را تشکیل می‌دهند و میلیاردها دلار هزینه صرف انتقال این محصولات می‌شود. بااین‌وجود، اغلب میان چیدن و مصرف یک میوه یا محصول کشاورزی فاصله زمانی قابل‌توجهی وجود دارد و مصرف‌کننده نهایی، میوه‌ها و سبزی‌ها را به‌صورت تازه مصرف نمی‌کند. در این میان، برخی از این محصولات خواص خود را از دست می‌دهند، فرایند نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها در یخچال‌ها و انبارها بسیار پرهزینه و غالباً با تلفات و دورریز زیاد همراه است و به محیط‌زیست نیز صدماتی را وارد می‌کند. راه‌کارهای اینترنت اشیاء با ره‌گیری موقعیت و پایش لحظه‌ای شرایط محیطی بسته‌های صادراتی محصولات کشاورزی، امکان مدیریت بهتر فرآیند انتقال و درنهایت کاهش مشکلات ذکرشده را فراهم می‌آورند (کشاورزی هوشمند: بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی، ۱۳۹۶).

پایش هوشمند شرایط رشد گیاهی

پژوهشگران آمریکایی در نظر دارند بسترهایی موسوم به رایانه‌های غذایی تولید کنند (شکل ۷). رایانه‌های غذایی[1] مجموعه‌ای از بسترهای هواکِشتی و آب‌کشتی (بسترهای کشت بدون خاک) هستند که به حسگرهای مختلفی مجهز شده‌اند. در این بسترها، امکان پایش و تغییر دائمی همه متغیرهای اثرگذار بر رشد گیاه وجود دارد (علوی، ۱۳۹۷). یکی از اهداف دانشمندان، فراهم‌آوردن امکان پرورش گیاهان بیشتر در بسترهای کنترل شده است. کافی است کشاورزان شرایط آب و هوایی موردنظر خود را انتخاب کنند و فارغ از محدودیت‌های جغرافیایی و اقلیمی، گیاهان موردنظر خود را پرورش دهند. در حال حاضر، کشت همهٔ گیاهان با این شیوه توجیه اقتصادی نداشته و انواع خاصی از گیاهان به روش کاملاً کنترل‌شده پرورش می‌یابند. در شرایط فعلی، دانشمندان در این زمینه دو هدف را دنبال می‌کنند: اول، تهیهٔ فهرستی از شرایط اقلیمی قابل شبیه‌سازی است. این فهرست به کشاورزان کمک می‌کند تا به‌سادگی شرایط اقلیمی موردنظر را انتخاب کرده و با کمترین دردسر محصول خود را کشت کنند. دوم، فراهم آوردن امکان پرورش گیاهان بیشتر در بسترهای کنترل شده است (همان، ۱۳۹۷). ازجمله مزایای پرورش کنترل‌شدهٔ محصولات کشاورزی این است که می‌توان آن‌ها را در نزدیکی محل مصرف آن‌ها پرورش داد تا هزینه‌های حمل‌ونقل به حداقل برسد. اما عده‌ای نگران هستند که با فراگیر شدن این فناوری نوین در کشاورزی، کشورهای ثروتمند همه محصولات موردنیاز خود را در داخل تولید کنند. درنتیجه، صنعت کشاورزی در کشورهای ضعیف‌تر، که به صادرات گونه‌های معدودی از مواد غذایی وابسته هستند، رو به افول خواهد گذاشت. درحال‌حاضر، از بیش از ۳۰ رایانهٔ غذایی در جهان به‌طور فعال استفاده می‌شود و حدود ۱۰۰ رایانهٔ دیگر نیز در دست‌ساخت است (همان، ۱۳۹۷).

شکل ۷. رایانهٔ غذایی

1 .Food Compure

پایش هوشمند سیلوها و انبارها

یکی از مشکلات اصلی در عرضهٔ محصولات کشاورزی، مناسب نبودن سیلوها و انبارهای مواد غذایی است. با توجه به حجم زیاد محصولات انبارشده، امکان بررسی آن‌ها وجود ندارد و به علت شرایط نامناسب نگهداری، گاهی مقدار زیادی از محصولات از بین می‌رود. به همین دلیل، پایش هوشمند سیلوها، ارائه اطلاعات لحظه‌به‌لحظهٔ محصول و تصمیم‌سازی، از ویژگی‌های کنترل هوشمند سیلوها است. مثلاً، برنامه رایانه‌ای تمپو تک[1] برای محافظت و نگهداری از محصولات به کشاورزان کمک می‌کند. این برنامه با نصب حسگرهای مختلف در سیلوی غلات، شرایطی مثل آتش و وجود گردوغبار را هشدار می‌دهد (بررسی دقیق IoT در کشاورزی، ۱۳۹۷).

چشم‌انداز کشاورزی هوشمند

آنچه گفته شد تنها نقطهٔ شروعی برای کشاورزی هوشمند است. در آینده و در یک مزرعه تمام‌دیجیتال، احتمالاً هر بوته آدرس دیجیتال و آی‌پی اختصاصی خودش را خواهد داشت. هر گیاه با سایر گیاهان در ارتباط بوده و اطلاعات خود را با آن‌ها به اشتراک می‌گذارد و یک شبکهٔ اجتماعی گیاهان راه‌اندازی می‌شود. بنابراین، با اتصال به شبکه داخلی این مزرعه، که حاصل تجمیع حسگرهای مربوط به بوته‌هاست، می‌توان وضعیت هر بوته گیاه را به‌صورت لحظه‌به‌لحظه دریافت کرد (کشاورزی هوشمند: بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی، ۱۳۹۶).

الزامات توسعهٔ کشاورزی هوشمند در ایران

کشورهایی که امروزه در مرحله هوشمندسازی کشاورزی هستند، فاز توسعهٔ فناوری اطلاعات و ارتباطات کشاورزی، توسعهٔ ماشینی و توسعهٔ کشاورزی دقیق را پشت سر گذاشته‌اند. چراکه این فناوری‌ها بستر توسعهٔ کشاورزی هوشمند هستند. ازآنجاکه این بستر در بخش کشاورزی ایران هنوز به‌خوبی مهیا نشده است، توسعهٔ کشاورزی هوشمند به یک مدیریت سنجیده نیاز دارد. ازجمله چالش‌هایی که مانع پیشرفت درخور فناوری‌های نوین در کشور شده است عبارت‌اند از:

- ضعف زیرساخت اینترنت و شبکه به‌ویژه در مناطق روستایی و عرصهٔ فعالیت‌های کشاورزی (پیووتو و دیگران، ۲۰۱۸) و ضعف بنیهٔ مالی اغلب بهره‌برداران کشاورزی (باقری و مؤذن، ۱۳۸۸)؛
- خرد بودن واحدهای بهره‌برداری (باقری و بردبار، ۱۳۹۲)؛
- ضعف توسعهٔ ماشینی‌کردن کشاورزی (باقری و مؤذن، ۲۰۰۹).

از همین رو و با توجه به چالش‌های ذکرشده، لازم است برای توسعهٔ پایدار و اثربخش کشاورزی هوشمند، به الزامات زیر توجه شود:

- تدوین برنامهٔ کلان ملّی توسعهٔ فناوری اطلاعات در کشاورزی و کشاورزی هوشمند و التزام نهادهای مرتبط به اجرای برنامه‌ها؛
- پرهیز از شتاب‌زدگی در توسعهٔ کشاورزی هوشمند در کشور و تدوین یک برنامه جامع زمان‌بندی منطقی برای توسعهٔ این فناوری با توجه به تأمین زیرساخت‌های موردنیاز (با در نظر گرفتن ویژگی‌های فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشاورزی ایران)؛
- توسعهٔ ماشینی‌کردن کشاورزی متناسب با الگوی تولید و شرایط کشاورزی کشور (واحدهای بهره‌برداری خرد)؛
- تقویت زیرساخت اینترنت و شبکه به‌ویژه شبکه‌های بی‌سیم برای مناطق کشاورزی و روستایی؛
- تقویت پایگاه داده‌های کشاورزی و تصمیم‌سازی بر اساس آن‌ها؛
- ایجاد فرهنگ لازم در میان اقشار جامعه ازجمله بهره‌برداران برای استفاده از خدمات مبتنی بر فناوری اطلاعات و هوشمندسازی؛
- ارائه آموزش‌های لازم در سطوح مختلف (مدیران و

1 .TempuTech

بهره‌برداران کشاورزی) برای آشنایی با کشاورزی هوشمند و مزایای آن؛

- تربیت نیروی انسانی ماهر برای ارائه خدمات فناوری اطلاعات و هوشمند و تنظیم، آموزش و تعمیر سامانه‌های هوشمند؛
- استفاده از ظرفیت مخترعان، مهندسان و پژوهشگران داخل کشور برای دستیابی به دانش فنی ساخت و تولید نرم‌افزارها و سخت‌افزارها در حوزهٔ کشاورزی هوشمند؛
- توسعهٔ فناوری‌های نوین و هوشمند ارزان‌قیمت و مناسب برای واحدهای تولیدی کوچک کشاورزی؛
- جلوگیری از واردات بی‌رویه و بدون بررسی کارشناسانهٔ سامانه‌های هوشمند و در نظر گرفتن مسائل فنی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در واردات تجهیزات موردنیاز که امکان ساخت آن‌ها در داخل کشور وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

کشاورزی هوشمند، کاربرد فناوری‌های هوشمند در عرصه تولیدات محصولات کشاورزی و یک ضرورت برای آینده کشاورزی است. امروزه با توجه به پیشرفت عصر مجازی، زیرساخت‌های اطلاعاتی لازم برای توسعه این فناوری تا حدی فراهم بوده و این فناوری بیش از هر زمان دیگری می‌تواند در خدمت بخش کشاورزی قرار گیرد. ازجمله ره‌آوردهای کاربرد این فناوری در عرصه تولید کشاورزی، مصرف بهینه نهاده‌های کشاورزی، کاهش هزینهٔ تولید، کاهش سختی کار و افزایش انگیزهٔ کاری، افزایش سلامتی محصول، کاهش خسارات زیست‌محیطی و به‌طورکلی افزایش بهره‌وری و پایداری در نظام‌های تولید محصولات کشاورزی است. باوجود اثبات مزایای فراوان توسعهٔ کشاورزی هوشمند در کشورهای پیشرفته، توسعهٔ این فناوری در کشور ما به بسترسازی و رعایت ملاحظات خاص نیاز دارد. چنانچه ملاحظات لازم در مسیر توسعه این فناوری درنظر گرفته نشود، نتایج مورد انتظار محقق نخواهد شد. از همین رو، لازم است تا با نگاهی آینده‌نگر، کشاورزی هوشمند و الزامات آن در کشور توسعه یابد. ازآنجاکه شناخت فناوری اولین گام در توسعهٔ آن است، بنابراین، در این مقاله سعی شده است تا ضمن معرفی کشاورزی هوشمند و بسترهای لازم برای توسعهٔ آن، اجزاء آن تشریح شده و به برخی از کاربردهای آن اشاره شود. همچنین در این مقاله الزامات توسعهٔ سنجیده کشاورزی هوشمند در کشور ارائه شده است.

فهرست منابع

۱- باقری، ن. (۱۳۸۵). *نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در توسعه روستایی، بخش کشاورزی و حوزهٔ ماشینی‌کردن کشاورزی*. مجله علمی، تخصصی، کشاورزی زیتون. شماره ۱۷۰. ص. ۳۱-۲۶.

۲- باقری، ن.، مؤذن، س.ا.ع. (۱۳۸۸). *راه‌کارهای ایجاد و توسعهٔ کشاورزی دقیق در ایران*. گزارش نهایی طرح (ملی). اتاق فکر جهاد کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی.

۳- باقری، ن. بردبار، م. (۱۳۹۲). *شناسایی چالش‌های پیش روی توسعه کشاورزی دقیق در ایران*. مجله کشاورزی و توسعه پایدار، شماره ۵۱: ۱۰۷-۹۷.

۴- باقری. ن. کفاشان، ج. (۱۳۹۶). *کشاورزی دقیق: مزایا، چالش‌ها و فرصت‌ها*. گزارش علمی- فنی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

۵- *کشاورزی هوشمند چیست؟* (۱۳۹۶). شرکت بهین مبتکران ایده. آدرس اینترنتی: https://behido.ir. تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۱۰.

۶- کشاورزی هوشمند: بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی با اینترنت اشیاء (۱۳۹۶). آدرس اینترنتی: https://linkap.net/blog .تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳

۷- *بررسی دقیق IoT در کشاورزی و راه‌کارهای هوشمند کشاورزی* (۱۳۹۷) آدرس اینترنتی: http://nobka.ir/blog. تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۲۸.

۸- کفاشان، ج. باقری، ن. (۱۳۹۷). *کاربرد مهندسی مکاترونیک در توسعه فناوری ماشین‌آلات کشاورزی صنعتی* (چالش‌ها و راه‌کارها). فصلنامهٔ توسعه تکنولوژی صنعتی. شماره ۳۱. بهار ۱۳۹۷. ص. ۶۸-۵۵

۹- گرامی‌طیبی، م. (۱۳۹۶). *مزارع و کشاورزی آینده: کوچک و هوشمند*. آدرس اینترنتی: http://ayandehpajoohi. com/ articles /futuresstudies/. . تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۹.

۱۰- علوی، س.ا. (۱۳۹۷). *کشاورزی هوشمند و تغذیه پایدار*. آدرس اینترنتی:

https://www.zoomit.ir/284663/31/7/2018/smart-farm-sustainable-food-supply/. تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۹

۱۱- لغوی، م. (۱۳۸۲). راهنمای کشاورزی دقیق برای متخصصین کشاورزی. ترجمه. نشر سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

12- Bagheri, N. Moazzen, S.A.A. 2009. *Optimum strategy for agricultural mechanization development in Iran*. International Journal of Agricultural Technology , 5(2),225-237.

13- Bagheri, N., Bordbar. M. 2014. *Solutions for fast development of precision agriculture in Iran*. Agricultaul Engineering International: CIGR Journal 16 (3),119-123.

14- Balram, G. Kumar, K.K., 2018. Smart farming: disease detection in crops. International Journal of Engineering and Technology.7:33-36.

15- Castle, M., Lubben, B. D., Luck, J. 2015. *Precision Agriculture Technology Adoption*. Institute of Agriculture and Natural Resources, Agricultural Economics. Univesity of Neberaska-Lincoln. Available at:http://agecon.unl.edu/cornhusker-economics/2015/precision-agriculture-usage-and-big-agriculture-data.

16- 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.

17- Fantun, X., Kezhi, Q., 1999. I*ntelligent systems and its application in agriculture*. 14th Triennial World Congress. Beijing, China.

18- ISO/IEC 2382-28: 1995. Information technology-Vocabulary -Part 28: Artificiaintelligence - Basic concepts and expert Systems.

19- Mulla, D. J. 2013. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. Biosystems Engineering 114: 358-371.

Agricultural Information sciences and Technology
Number 1,Volume 2, Spring and Summer 2019
aistj.areeo.ac.ir

Information Technology as an infrastructure for development of intelligent agriculture

Nikrooz Bagheri
Assistant professor. Agricultrual enginnering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Abstract

Purpose: : The purpose of this paper is to introduce intelligent agriculture and its infrastructures. This article also introduces the requirements for development of this technology in the agricultural sector.

Methodology: This article is a review and has attempted to describe intelligent agriculture as one of the ways to increase productivity in agricultural production. This paper also studies the requirements of proper development of smart agriculture in Iran through documentary and analytical study method.

Results: Smart systems are a good way to increase productivity in agricultural production. The development of intelligent agriculture in the country depends on the development of information technology and precision agriculture. The main components of an intelligent system include: data collection unit, data transfer unit, data storage unit, information analysis and decision making unit, and operating unit. Smart technologies available include intelligent tractors, intelligent crop monitoring systems, intelligent crop and weed control systems, intelligent livestock, intelligent crop harvesting, smart irrigation and smart silos and stores.

Conclusion: Intelligent agriculture is a necessity for the future of agriculture. The results of using this technology in agriculture are, optimizing inputs consumption, reducing production costs, reducing labor hardness, increasing product health, reducing environmental damage, and enhancing productivity. Some of requirements of intelligent agriculture development in the country are preparing national plans for development of information technology in agriculture and intelligent agriculture, developing agricultural mechanization, improving internet and network infrastructure in agricultural and rural areas, improving agricultural databases, training agricultural managers, experts and practitioners, training technicians to provide information technology and intelligent agriculture services.

Keywords: Internet of things, Information and comunication technology, Intelligent (Smart) agriculture, new technologies, Precision agriculture