

فناوری‌های مقرون به صرفه کشاورزی هوشمند برای کشاورزان کوچک مقیاس

بهاره جمشیدی^۱، حسین دهقانی سانج^۲، وحید کاظم علیلو^۳

۱- دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. (نویسنده مسئول). رایانامه: b.jamshidi@areeo.ac.ir

۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: h.dehghanisanij@areeo.ac.ir

۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: dr.alilou@hotmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۶

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۰

تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹

صص: ۴۵-۵۴

چکیده

کشاورزی هوشمند یک نظام مدیریت کشاورزی با استفاده از فناوری‌های نوین اطلاعاتی و ارتباطاتی است که به کشاورزان امکان می‌دهد تا تصمیم‌گیری مناسبی داشته باشند که حاصل آن ارتقای پایدار بهره‌وری است. با این حال، پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند از سوی کشاورزان کوچک - مقیاس، که نقش مهمی در پایداری کشاورزی و امنیت غذایی دارند، یکی از چالش‌های توسعه کشاورزی هوشمند است. در این مقاله، مزایا و چالش‌های کشاورزی هوشمند برای کشاورزان کوچک - مقیاس تشریح می‌شود. سپس، فناوری‌های مقرون به صرفه کشاورزی هوشمند برای کشاورزان کوچک - مقیاس معرفی و توصیه‌های کاربردی ارائه می‌شود. کشاورزان کوچک - مقیاس، با استفاده از فناوری‌های مقرون به صرفه کشاورزی هوشمند، می‌توانند بخشی از تحولات الگوی کشاورزی مرسوم به هوشمند شوند و به تغذیه جمعیت رو به رشد کمک کنند؛ ضمن این که زندگی و معیشت آن‌ها نیز بهبود خواهد یافت.

کلیدواژه‌ها: اینترنت اشیا، تلفن همراه هوشمند، مالکین کوچک - مقیاس، هوشمندسازی کشاورزی.

مقدمه

مقیاس^۱ یا کشاورزان کوچک - مقیاس^{۱۱} را تشکیل می‌دهد که اغلب زیر ۲ هکتار یا ۵ هکتار کشت می‌کنند. نظام کشاورزی هوشمند و استفاده از فناوری‌های آن می‌تواند برای کشاورزان کوچک - مقیاس مزایای زیادی داشته باشد ولی هم‌زمان چالش‌هایی نیز به همراه دارد. بیش‌تر کشاورزان کوچک - مقیاس توان سرمایه‌گذاری برای بهره‌گیری از فناوری‌های کشاورزی هوشمند یا دانش کافی برای به کارگیری فناوری‌های رقمی با سطح پیچیدگی زیاد را ندارند یا هنوز نسبت به اثربخشی این فناوری‌ها متقاعد نشده‌اند. بنابراین، پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند از سوی کشاورزان کوچک - مقیاس یکی از چالش‌های توسعه این نظام مدیریتی در کشاورزی است. به عبارت دیگر، فناوری‌های کشاورزی هوشمند علاوه بر این که باید به بهره‌وری بیانجامد، سطح پیچیدگی آن‌ها نیز باید پایین و مقرون‌به‌صرفه باشد تا به پذیرش و افزایش درآمد کشاورزان کوچک - مقیاس کمک کند.

در این مقاله، ابتدا به مزایا و چالش‌های کشاورزی هوشمند برای کشاورزان کوچک - مقیاس اشاره می‌شود. سپس، برخی فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه کشاورزی هوشمند که برای کشاورزان کوچک - مقیاس قابل‌پذیرش هستند، معرفی و در پایان توصیه‌هایی ارائه می‌شود.

یافته‌ها

مزایای کشاورزی هوشمند برای کشاورزان کوچک - مقیاس

در جدول ۱، سامانه‌های کشاورزی مرسوم و کشاورزی

روند افزایشی جمعیت و نیاز بیش‌تر به تأمین غذا از یک سو و کاهش زمین‌های کشاورزی به دلیل محدودیت‌های مختلفی مثل منابع آب و کیفیت خاک از سوی دیگر؛ جهان را با چالش تولید غذای بیش‌تر با زمین‌های کم‌تر روبرو کرده است. این مسئله در حالی است که جمعیت نیروی کار بخش کشاورزی نیز رو به کاهش است. این محدودیت به همراه مسائل دیگری مانند تغییر اقلیم و انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه در سال‌های اخیر، این بحران را جدی‌تر کرده است. خوشبختانه، پیشرفت‌های اخیر علم و فناوری و رشد و توسعه فناوری‌های نوظهور و جدیدی که می‌توانند در صنعت کشاورزی استفاده شوند، نویدبخش دستیابی به راه‌کارهایی برای مواجهه با این بحران است (ژانگ^۱، دابیپی^۲، و براون جونیور^۳، ۱۳۹۷).

کشاورزی هوشمند^۴، نظام مدیریت کشاورزی با استفاده از فناوری‌های نوین اطلاعاتی و ارتباطاتی است به گونه‌ای که علاوه بر بهینه‌سازی نیروی کار موردنیاز و استفاده بهتر از منابع پایه و نهاده‌ها، کمیت و کیفیت تولیدات را نیز افزایش می‌دهد. استفاده از راه‌حل‌های هوشمندانه در کشاورزی هوشمند، امکان تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر و مناسب‌تر را برای کشاورزان و سایر ذی‌نفعان فراهم می‌کند که ارتقای پایدار بهره‌وری حاصل آن است. اجزای مهم نظام کشاورزی هوشمند، فناوری‌های جدید و در حال توسعه‌ای مانند اینترنت اشیا^۵، کلان‌داده^۶، رایانش ابری^۷ و هوش مصنوعی^۸ هستند (جمشیدی و دهقانی‌سانج، ۱۳۹۹).

استفاده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند به زیربنای خاصی نیاز دارد و پذیرش آن نیز به مراحل توسعه اقتصادی، از جمله سرانه تولید ناخالص داخلی، سهم اشتغال در بخش کشاورزی و زیرساخت‌های بنیادین روستایی موردنیاز وابسته است. افزون بر این، کوچک بودن و پراکندگی زمین‌های کشاورزی، چالشی برای بهره‌گیری از این فناوری‌ها است. زمین‌های کوچک - مقیاس^۹ نقش اساسی در تولید مواد غذایی دارند و درآمد حاصل از کشاورزی، بخش عمده درآمد مالکین زمین‌های کوچک -

1. Zhang
2. Dabipi
3. Brown Jr
4. Smart Agriculture
5. Internet of Things (IoT)
6. Big Data
7. Cloud Computing
8. Artificial Intelligence (AI)
9. Small-Scale
10. Smallholders
11. Small-Scale Farmers (SSFs)

هستند. نیاز به نیروی انسانی و زمان اجرای عملیات در کشاورزی هوشمند کم، درحالی‌که در کشاورزی مرسوم بیش‌تر است. درنهایت، بازده در کشاورزی هوشمند بالا و در کشاورزی مرسوم پایین است. به‌طور کلی، نظام کشاورزی هوشمند با تکیه بر داده - در مقایسه با کشاورزی مرسوم - می‌تواند به استفاده بهینه از منابع آب، کاهش نظارت‌های میدانی و نیاز کمتر به نیروی انسانی و نیز کاهش زمان انجام عملیات بیانجامد و بازدهی بالایی داشته باشد.

هوشمند از نظر الزامات کشاورزی شامل جمع‌آوری داده، بهره‌برداری آب، نظارت‌های میدانی، نیاز به نیروی انسانی، زمان، و بازده مقایسه شده‌اند. کشاورزی هوشمند یک نظام مدیریتی مبتنی بر داده است. بنابراین، لزوم جمع‌آوری داده در این نظام زیاد است درحالی‌که در نظام کشاورزی رایج اهمیت زیادی ندارد. در کشاورزی هوشمند، بهره‌برداری آب و نظارت میدانی پایین است درحالی‌که این دو الزام در کشاورزی مرسوم بالا

جدول ۱. مقایسه نظام‌های کشاورزی مرسوم و کشاورزی هوشمند از نظر الزامات کشاورزی

کشاورزی مرسوم	الزامات کشاورزی	کشاورزی هوشمند
پایین	جمع‌آوری داده	بالا
بالا	بهره‌برداری آب	پایین
بالا	نظارت میدانی	پایین
بیش‌تر	نیاز به نیروی انسانی	کم
بیش‌تر	زمان	کم

بحران پیش‌تعریف شده است. این در حالی است که بسیاری از فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه کشاورزی هوشمند با سطح پیچیدگی کم، می‌توانند به راحتی از سوی کشاورزان کوچک - مقیاس استفاده شوند و به افزایش بهره‌وری و درآمد آن‌ها کمک کند. بنابراین، بهره‌مندی از مزایای کشاورزی هوشمند فقط مختص مالکین زمین‌های بزرگ نیست و کشاورزان کوچک - مقیاس هم می‌توانند با اتخاذ راه‌حل‌های هوشمند مقرون‌به‌صرفه از این مزایا بهره‌مند شوند. با این حال، کشاورزی هوشمند برای کشاورزان کوچک - مقیاس با چالش‌هایی نیز همراه است.

چالش‌های کشاورزی هوشمند برای کشاورزان کوچک - مقیاس

چالش‌های اجرای پروژه‌های کشاورزی هوشمند برای کشاورزان کوچک - مقیاس را می‌توان به ۵ دسته تقسیم کرد: چالش‌های مرتبط با تجهیزات اندازه‌گیری، انتقال داده، ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها، بازخورد و اجرا، و ساختار و پشتیبانی دسته‌بندی کرد که در جدول ۲ خلاصه شده‌اند.

به‌طور کلی، برای تبدیل کشاورزی مرسوم به کشاورزی هوشمند باید فناوری‌های دیجیتال، مانند اینترنت اشیاء، جایگزین فناوری‌های آنالوگ یا مکانیکی شوند، از فناوری‌های سنجشی مانند حسگرها و کلان‌داده‌ها استفاده شود، ربات‌ها یا تجهیزات خودکار جایگزین کار دستی شوند و در تصمیم‌گیری‌ها، اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای و موقعیت‌یابی مکانی جایگزین تجربه کشاورز شوند. بنابراین، حرکت به سوی کشاورزی هوشمند با تمرکز بر سه جنبه سودآوری، کارایی و پایداری، می‌تواند به ارتقای پایدار بهره‌وری بیانجامد:

- سودآوری: انتخاب راهبردی محصولات و بازارها؛
 - کارایی: استفاده از ایده‌های جدید برای کشاورزی هوشمندانه، سنجش عملکرد با جمع‌آوری داده‌های مزرعه و سرمایه‌گذاری برای فناوری‌های جدید و کشاورزی دقیق؛
 - پایداری: مدیریت جنبه‌های اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی مزرعه برای دستیابی به کشاورزی پایدار.
- با توجه به مزایای کشاورزی هوشمند، سرمایه‌گذاری برای تحول کشاورزی یکی از اساسی‌ترین راه‌کارهای برون‌رفت از

جدول ۲. چالش‌های طرح‌های کشاورزی هوشمند برای کشاورزان کوچک-مقیاس

تجهیزات اندازه‌گیری	انتقال داده	ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها	بازخورد و اجرا	ساختار و پشتیبانی
دسترسی به قطعات	اتصال ضعیف	پردازش اندازه‌گیری به بازخورد	نفوذ تلفن‌های همراه هوشمند	اکوسیستم پیچیده
طراحی تجهیزات	هزینه انتقال	برابری در دسترسی به داده‌ها	موقعیت‌های مکانی دوردست	مدل کسب‌وکار اینترنت اشیا
واسنجی حسگرها			درآمدزایی از اینترنت اشیا	تأمین مالی کوتاه‌مدت
دسترسی به تخصص				

دستاوردها

فناوری‌های مقرون به صرفه کشاورزی هوشمند برای کشاورزان

کوچک - مقیاس

در حال حاضر، باید پذیرفت که پذیرش بیشتر فناوری‌های کشاورزی هوشمند از سوی کشاورزان کوچک - مقیاس، علی‌رغم قابلیت‌ها و داشتن مزایای زیاد، به دلیل چالش‌های زیرساختی، هزینه‌های زیاد سرمایه‌گذاری، نبود الگوهای تجاری قابل اجرا و نیاز به دانش فنی ناممکن است (برنامه توسعه سازمان ملل متحد^۳، ۱۴۰۰). با این حال، پژوهشگران و کارشناسان معتقدند که کشاورزان کوچک - مقیاس برای افزایش بهره‌وری و درآمد خود، می‌توانند از برخی از فناوری‌های کشاورزی هوشمند استفاده کنند. برای این منظور، آن‌ها ابتدا باید برای استفاده از این فناوری‌ها متقاعد شوند. به عنوان نمونه‌ای از فناوری‌های جدیدی که کشاورزان کوچک - مقیاس می‌توانند به راحتی از آن استفاده کنند می‌توان به حسگر ساده‌ای اشاره کرد که با تلفن همراه ارتباط برقرار می‌کند و توصیه‌های علمی و مشاوره‌ای بلادرنگ ارائه می‌دهد. کشاورزان می‌توانند از این فناوری برای نظارت بر سلامت محصولات خود و دریافت توصیه‌های علمی در مورد چگونگی بهبود عملکرد استفاده کنند. می‌توان استفاده از این فناوری را برای مدیریت محصول برنج در مناطقی توصیه کرد که شرایط آن‌ها شبیه کشور فیلیپین است (دارماراج^۱، ۱۴۰۱).

بر اساس جدول ۲، چالش‌های پیش‌روی کشاورزان کوچک - مقیاس در زمینه تجهیزات اندازه‌گیری را می‌توان دسترسی به قطعات مورد نیاز، طراحی تجهیزات، واسنجی^۱ حسگرها، و داشتن تخصص یا دسترسی به متخصصین دانست. در زمینه انتقال داده در کشاورزی هوشمند، اینترنت و اتصال ضعیف و هزینه لازم برای انتقال داده از مهم‌ترین چالش‌ها قلمداد می‌شوند. در زمینه ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز مهم‌ترین چالش‌ها عبارت‌اند از: پردازش اندازه‌گیری به بازخورد، و برابری در دسترسی به داده‌ها (دسترسی کامل و برابر به داده‌ها بدون توجه به موقعیت، وضعیت یا توانایی). از جمله چالش‌هایی که کشاورزان کوچک - مقیاس در زمینه بازخورد و اجرای کشاورزی هوشمند با آن‌ها روبرو هستند می‌توان به نفوذ تلفن‌های همراه هوشمند، موقعیت‌های مکانی دوردست، و درآمدزایی از اینترنت اشیا اشاره کرد. این در حالی است که در کوتاه‌مدت، پیچیدگی بوم‌سازگان^۲، الگوی کسب‌وکار اینترنت اشیا و تأمین مالی، چالش‌هایی هستند که از نظر ساختار و پشتیبانی اجرای کشاورزی هوشمند، پیش‌روی کشاورزان کوچک - مقیاس قرار دارند.

بنابراین، مادامی که دولت‌ها و پژوهشگران به سرمایه‌گذاری در تحول کشاورزی هوشمند ادامه می‌دهند، باید به نقش مهم کشاورزان کوچک - مقیاس در پایداری کشاورزی و امنیت غذایی توجه کرد. باید با حمایت‌های ویژه، تأمین زیرساخت‌های مورد نیاز و ترویج و آموزش‌های لازم، چالش‌های آن‌ها در این خصوص را رفع کرد.

1. Calibration

2. Ecosystem

3. United Nations Development Programme (UNDP)

4. Dharmaraj

هستند که با استفاده از فناوری‌های دیگری مانند ماهواره‌ها، وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین و حسگرها در محل تولید می‌شوند. حتی یک تلفن با کارایی ابتدایی و فاقد توانایی‌های «هوشمند» نیز امکانات متعددی را در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد تا به اطلاعات سفارشی شده دسترسی داشته باشند. تلفن‌های همراه به کشاورزانی که توانایی خرید تلفن همراه هوشمند را ندارند یا کسانی که در مناطقی با اتصال اینترنت محدود یا بدون اتصال به اینترنت زندگی می‌کنند، امکان می‌دهد تا از خدمات کشاورزی هوشمند استفاده کنند. خدمات مشاوره کشاورزی مبتنی بر تلفن همراه رایج‌ترین آن‌ها است (برنامه توسعه سازمان ملل متحد، ۱۴۰۰). تلفن‌های همراه هوشمند به ابزار مفیدی در کشاورزی تبدیل شده‌اند، زیرا پویایی آن‌ها با ماهیت کشاورزی مطابقت دارد، از نظر هزینه در دسترس هستند و قدرت محاسباتی آن‌ها امکان توسعه انواع برنامه‌های کاربردی تلفن همراه را فراهم می‌کنند. افزون بر این، امروزه تلفن‌های همراه هوشمند به انواع مختلفی از حسگرهای فیزیکی مجهز شده‌اند که آن‌ها را به ابزاری امیدوارکننده برای کمک به فعالیت‌های مختلف در کشاورزی تبدیل کرده است. یک تلفن همراه هوشمند به تنهایی ابزارهای مختلفی دارد که می‌تواند با کاربردهای کشاورزی سازگار شود. به‌عنوان مثال، با تلفن‌های هوشمند می‌توان تصاویری از محصول و خاک، موقعیت‌های دقیق مکانی، رنگ خاک و آب و برگ گیاه، و ویژگی‌های نور را ثبت کرد که برای کاربری‌های کشاورزی داده‌های مناسبی هستند. در جدول ۳، برخی از ابزارهای تلفن‌های همراه هوشمند و کاربری آن‌ها در کشاورزی هوشمند برای جمع‌آوری داده‌ها ارائه شده است. بررسی‌ها نشان داده است که دوربین و جی‌پی‌اس محبوب‌ترین ابزار تلفن‌های همراه هوشمند برای کاربردهای کشاورزی هستند (پونگنومکول، چائوالیت^۱، و سوراسوادی^۲، ۱۳۹۴؛ شریبر^۴، ۱۳۹۸؛ برنامه توسعه سازمان ملل متحد، ۱۴۰۰).

بنابراین، گرچه دولت‌ها باید سرمایه‌گذاری در حوزه تحول کشاورزی هوشمند را سرعت بخشیده و چالش‌های آن را برای کشاورزان کوچک -مقیاس رفع کنند، اما این قشر از کشاورزان نیز باید همکاری کرده و در مدیریت کشاورزی خود از راه‌حل‌های هوشمند مبتنی بر فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه استفاده کنند. در ادامه، برخی از فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه کشاورزی هوشمند معرفی می‌شوند که زیاد پیچیده نیستند و کشاورزان کوچک -مقیاس می‌توانند به راحتی از آن‌ها برای مدیریت کشاورزی استفاده کنند.

۱) ابزارهای تلفن همراه هوشمند

شاید تلفن همراه تأثیرگذارترین فناوری برای کشاورزان کوچک -مقیاس برای دسترسی به کشاورزی هوشمند باشد. در دهه گذشته، نفوذ تلفن همراه به سرعت افزایش یافته است. نزدیک به ۷ خانوار از هر ۱۰ خانوار در سراسر جهان امروز تلفن همراه دارند. در کشورهای با درآمد کم و متوسط، بیش از ۸۰ درصد جمعیت روستایی دارای پوشش تلفن همراه (حداقل ۲G) هستند. ضریب نفوذ تلفن همراه، به سرعت دسترسی به اینترنت را در کشورهای در حال توسعه افزایش داده است. تا سال ۲۰۱۹ میلادی، تقریباً ۶۵ درصد از خانوارهای شهری و ۲۸ درصد از خانوارهای روستایی در کشورهای در حال توسعه به اینترنت دسترسی داشتند. تلفن‌های همراه بیش از ۸۷ درصد از همه اتصالات پهن باند اینترنت در کشورهای با درآمد کم و متوسط را تشکیل می‌دادند. با توسعه تلفن همراه و افزایش نفوذ اینترنت، خدمات گوناگونی برای کشاورزان ایجاد شده است. دسترسی کشاورزان به نهاده‌ها، اعتبار، بیمه و بازار برای فروش محصولات خود، نمونه‌ای از این خدمات است. تلفن همراه، ارتباط دوطرفه بین کشاورزان و کارشناسان، قابلیت‌های نظارت بلادرنگ و جمع‌آوری آسان داده‌های میدانی را ممکن می‌سازد. تلفن‌های هوشمند به نظام موقعیت‌یاب جهانی (جی‌پی‌اس) مجهز هستند و می‌توانند داده‌های مکانی دقیقی را برای کشاورزان جمع‌آوری کرده و اطلاعات سفارشی آن‌ها را تهیه کنند. تلفن‌های همراه، رسانه‌ای بسیار در دسترس برای انتشار اطلاعات و دانش‌هایی

1. Pongnumkul
2. Chaovalit
3. Surasvadi
4. Schriber

جدول ۳. کاربردهای برخی ابزارهای گوشی‌های هوشمند در حوزه کشاورزی

ابزار

کاربردهای کشاورزی هوشمند

حسگر تصویر (دوربین)	در تولید داده‌های بصری از شرایط مزرعه مفید است. از سلامت برگ، میزان روشنایی، مقدار سبزینه و سطح رسیدگی، تصویرهایی فراهم می‌کند. هم‌چنین، برای سنجش شاخص سطح برگ و اندازه‌گیری ترکیب ارگانیک و کربن خاک کاربرد دارد.
حسگرهای موقعیت (مغناطیس سنج، جی پی اس، و جهت‌یاب)	مکان را برای نقشه‌برداری محصول، هشدارهای مکان بیماری / آفت، پیش‌بینی تشعشعات خورشیدی، و کوددهی فراهم می‌کنند.
حسگر صوت (میکروفون)	به کشاورز کمک می‌کند تا پرسش‌های خود را ضبط و برای متخصصان کشاورزی ارسال کند. با داده‌های صوتی می‌توان ماشین‌های کشاورزی مختلف (به‌عنوان مثال، تراکتور و چاپر) را هدایت کرد.
حسگرهای حرکت (شتاب‌سنج، ژيروسکوپ، حسگرهای گرانش و بردار چرخشی)	با ردیابی حرکات کاربر، به کشاورز کمک می‌کنند تا از انجام بهینه فعالیت‌های مزرعه‌ای مطلع شود. به تعیین شاخص زاویه برگ کمک می‌کنند. هم‌چنین می‌توانند به‌عنوان هشدار واژگونی تجهیزات استفاده شوند.

محاسبه‌گر کود: نوعی برنامه کاربردی می‌تواند با استفاده از داده‌های حسگرهای خاک و رنگ برگ و در تلفیق با اینترنت اشیاء، مقدار مواد مغذی موردنیاز گیاه را تعیین و اعلام کند. **مطالعه خاک:** به کمک یک برنامه کاربردی تلفن همراه هوشمند و با گرفتن تصاویری از خاک، و هم‌چنین دریافت مقادیر pH و داده‌های شیمیایی خاک از طریق حسگرها و در تلفیق با اینترنت اشیاء، کشاورزان می‌توانند بر شرایط تغییر خاک نظارت کنند و با آن سازگار شوند.

مطالعه آب: نوعی برنامه کاربردی تلفن همراه هوشمند می‌تواند با تعیین شاخص سطح برگ از تصویرها و ثبت روشنایی، به کشاورزان در تعیین نیاز آبی گیاه کمک کند. هم‌چنین، برنامه‌های کاربردی تصمیم‌یار بر پایه الگوهای پیش‌بینی یا مبتنی بر حسگرهای رطوبت خاک و اینترنت اشیاء می‌توانند به کشاورز برای برنامه‌ریزی هوشمند آبیاری کمک کنند.

آمادگی برداشت محصول: به کمک یک برنامه کاربردی تلفن همراه هوشمند، تصویرهای دوربین با نورهای فرابنفش و سفید دریافت و تحلیل می‌شود. این برنامه می‌تواند مرحله رسیدگی و زمان برداشت محصول را به‌دقت پیش‌بینی کند.

وقتی برنامه‌های تخصصی و کاربردی تلفن همراه هوشمند با تجزیه و تحلیل متغیرهای خاک، محصول، علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها، بهره‌وری مزرعه را بهبود می‌بخشند و نیز بازخورد

(۲) **برنامه‌های تلفن همراه هوشمند در ترکیب با اینترنت اشیاء** بسیاری از برنامه‌های کاربردی تلفن‌های همراه هوشمند در ترکیب با اینترنت اشیاء که از پروتکل‌های ارتباطی مقرون‌به‌صرفه و حسگرهای کم‌هزینه استفاده می‌کنند، اطلاعات کاربردی و روزآمدی از کاشت، وجین، تغذیه و کوددهی، و آبیاری را به کشاورزان کوچک - مقیاس ارائه می‌کنند. این برنامه‌ها، از حسگرهای دستی، حسگرهای با قابلیت کنترل از راه دور و ایستگاه‌های هواشناسی و نیز داده‌های ماهواره‌ای، هواشناسی و غیره، داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند و بر پایه روش‌های هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل‌های عمیق، توصیه‌های ارزشمندی را ارائه می‌کنند. تاکنون، چندین برنامه کاربردی برای گوشی همراه هوشمند تولید شده است که با اینترنت اشیاء مرتبط هستند و برای استفاده کشاورزان کوچک - مقیاس توسعه یافته‌اند. در ادامه برخی از این برنامه‌ها بررسی و معرفی شده است (شریر، ۱۳۹۸):

تشخیص بیماری/آفت: به کمک برنامه کاربردی می‌توان تصویرهای گرفته‌شده از گیاهان مشکوک را برای تجزیه و تحلیل و ارائه توصیه‌های لازم به متخصصان کشاورزی ارسال کرد. در نوع دیگری از این برنامه‌های کاربردی، آفات و بیماری‌های گیاه قابل تشخیص است و برای کنترل آن‌ها به کشاورز توصیه‌های کاربردی ارائه می‌شود.

برنامه‌ریزی هوشمند آبیاری در کشور توسعه یافته است، بدون نیاز به حسگر و بر پایه الگوهای گیاهی و زراعی است که با اطلاعات اقلیمی منطقه و اطلاعات زراعی و مدیریتی مزرعه بهینه‌سازی می‌شود و به‌صورت تصمیم‌یار اطلاعات را در اختیار کشاورز قرار می‌دهد. با توجه به اثربخشی برنامه براساس ارزیابی‌های انجام شده در مزارع و باغات مختلف، بسیار مقرون‌به‌صرفه و برای کشاورزان کوچک - مقیاس قابل توصیه است.

شکل ۱ نمونه‌ای از برنامه‌های کاربردی تلفن همراه هوشمند را نشان می‌دهد که برای تشخیص بیماری و آفات برنج توسعه یافته و نتایج کاربرد آن از سوی کشاورزان کوچک - مقیاس رضایت‌بخش بوده است.



شکل ۱. برنامه کاربردی تلفن همراه هوشمند برای تشخیص بیماری و آفات برنج

کم‌هزینه و برنامه‌های کاربردی تلفن‌های همراه هوشمند، هم‌چنین ماشین‌ها و تجهیزات در مقیاس کوچک، کم‌هزینه و با کاربرد راحت، امکان استفاده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند و دقیق را در مزارع کوچک - مقیاس فراهم کرده است. به‌عنوان مثال، یک ماشین کاشت در مقیاس کوچک ساخته شده است که می‌تواند کوددهی کند، علف‌های هرز را مالچ‌پاشی کند و بذر محصولات پوشش‌دهی شده را بکارد (شکل ۲). این ماشین، بسیار کوچک‌تر و هوشمندتر از تجهیزات کشت مرسوم است و می‌تواند بین ردیف‌های محصول قرار گیرد، خاک را فشرده نکند و مقادیر کم کود را توزیع کند (شریبر، ۱۳۹۸).

ارزشمندی را برای تصمیمات کشاورزی ارائه می‌کنند یا به عبارتی تصمیم‌یار کشاورزان هستند، کیفیت زندگی کشاورزان کوچک - مقیاس می‌تواند بهبود قابل توجهی یابد و این یکی از مهم‌ترین ارکان پذیرش فناوری‌های کشاورزی هوشمند از سوی کشاورزان کوچک - مقیاس است. به‌عنوان مثال، بهینه‌سازی استفاده از کود، بذر و آب می‌تواند با استفاده از فناوری‌های تلفن همراه در تلفیق با اینترنت اشیاء و حسگرهای مقرون‌به‌صرفه انجام شود که به کشاورزان کوچک - مقیاس کمک می‌کند در هزینه‌های خود صرفه‌جویی کنند و درعین حال مصرف آب و نهاده‌ها را کاهش دهند.

یک نمونه از برنامه‌های کاربردی تلفن همراه هوشمند که برای

۳) ماشین‌های کشاورزی در مقیاس کوچک

سازندگان و تولیدکنندگان ماشین‌های کشاورزی به دنبال توسعه راه‌حلی مخصوص برای مزارع کوچک - مقیاس هستند. استفاده از ماشین‌های کشاورزی در مقیاس کوچک و مقرون‌به‌صرفه یکی از راه‌کارهای مؤثر در پذیرش کشاورزی هوشمند از سوی کشاورزان کوچک - مقیاس است.

در ایالات متحده که مزارع کوچک - مقیاس شامل ارگانیک و سنتی، ۹۱ درصد از نزدیک به ۲ میلیون مزرعه را تشکیل می‌دهند؛ استفاده از فناوری‌های کشاورزی هوشمند و دقیق در مقیاس کوچک‌تر مورد توجه قرار گرفته است. حسگرهای



شکل ۲. ماشین کارنده کوچک-مقیاس

جمع‌بندی و توصیه‌ها

کشاورزی هوشمند به‌عنوان یک نظام مدیریت کشاورزی، برای پاسخ‌گویی به تقاضای فزاینده جهانی برای غذا، با استفاده از فناوری‌های نوین در حال توسعه است طوری که جمع‌آوری و کاربرد داده‌ها را ساده‌تر و ارزان‌تر کرده، با شرایط متغیر محیطی سازگار و از منابع پایه به بهترین شکل ممکن استفاده می‌کند. کشاورزی هوشمند فقط سرمایه‌گذاری صرف در فناوری‌های پیچیده نیست، بلکه توانمندسازی کشاورزان کوچک -مقیاس برای استفاده از فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه و در دسترس را نیز شامل می‌شود که می‌تواند بهره‌وری و درآمد را افزایش دهد.

در کشور ما، حضور تعداد فراوان واحدهای بهره‌برداري کشاورزی، نشانگر کوچک -مقیاس بودن و پراکندگی آنها است. به گونه‌ای که، یک سوم زمین‌های کشاورزی کم‌تر از ۱ هکتار و پنجاه درصد آنها، کم‌تر از ۵ هکتار و بیش از ۸۰ درصد کم‌تر از ۱۰ هکتار است (مجاور باغچه، رسولی آذر، و رشیدپور، ۱۳۹۸). متوسط اندازه زمین‌های کشاورزی هر بهره‌بردار در کشور، ۴/۹ هکتار است که در مقایسه با کشورهایی مانند کانادا، برزیل، انگلیس و آمریکا بسیار کوچک است. نکته مهم آنکه در طول چند دهه گذشته، تعداد و پراکندگی زمین‌های کوچک -مقیاس با مساحتی زیر ۱۰ هکتار در کل کشور فزایش یافته

و درعین حال از تعداد زمین‌های بیش از ۱۰ هکتار کاسته شده است (شوکتی‌آقمانی، کلانتری، اسدی، و شعبانعلی‌فمی، ۱۳۹۷). کشاورزان کوچک -مقیاس که اغلب زیر ۲ هکتار یا ۵ هکتار کشت می‌کنند، توان سرمایه‌گذاری برای بهره‌گیری از فناوری‌های کشاورزی هوشمند یا دانش کافی برای به کارگیری فناوری‌های رقومی با سطح پیچیدگی زیاد را ندارند. این در حالی است که مدیریت هوشمند کشاورزی با فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه، فرصت‌های جدیدی را برای بهبود زندگی و معیشت کشاورزان کوچک -مقیاس کشور ایجاد خواهد کرد. بنابراین، مادامی که دولت و پژوهشگران به سرمایه‌گذاری در تحول کشاورزی هوشمند ادامه می‌دهند، توجه به نقش مهم کشاورزان کوچک -مقیاس در دستیابی به کشاورزی پایدار و امنیت غذایی، بسیار بااهمیت و تأمین زیرساخت‌های موردنیاز برای بهره‌مندی آنها از مزایای کشاورزی هوشمند و فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه آن بسیار ضروری است. بنابراین، کشاورزان کوچک -مقیاس با همکاری و به کارگیری فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه کشاورزی هوشمند می‌توانند کشاورزی هوشمند در کشور را متحول کنند. در این راستا، استفاده از ابزارهای تعبیه‌شده در تلفن‌های همراه هوشمند، برنامه‌های کاربردی مرتبط در تلفیق با اینترنت اشیا و ماشین‌های کشاورزی با اندازه کوچک‌تر، برای بهره‌مندی مزارع کوچک -

مقیاس توصیه می‌شود.

از سوی دیگر، پیشنهاد می‌شود که کشاورزان کوچک - مقیاس برای بهره‌مندی از سامانه‌های مدیریتی هوشمند یا فناوری‌های دیگری مانند هواپیماها و پرنده‌های بدون سرنشین و سایر سامانه‌های خودکار، با ارائه‌دهندگان خدمات همکاری کنند. بنابراین، به جای استفاده صرف یک کشاورز از این خدمات، گروهی از کشاورزان یک منطقه می‌توانند از این خدمات بهره‌مند شوند. آن‌ها با اشتراک‌گذاری و مشترک‌شدن این خدمت موافقت می‌کنند و ارائه‌دهنده خدمات با تشکیل یک تعاونی به گروه کمک می‌کند. به این ترتیب و با استفاده از الگوی تجاری اشتراک‌داری، این قبیل فناوری‌ها نیز می‌توانند برای کشاورزان کوچک - مقیاس به فناوری‌های قابل‌دسترس تبدیل شوند. ضمن این‌که، ارائه‌دهندگان خدمات از این طریق می‌توانند دانش فنی و آموزش استفاده از این فناوری‌ها را برای کشاورزان کوچک - مقیاس کشور فراهم کنند.

از طرفی، دولت نه تنها باید در زمینه فناوری‌های جدید و پیچیده، بلکه در حوزه ابزارهای اساسی کشاورزی شامل زیرساخت‌های متعارف روستایی و تحقیق و توسعه سرمایه‌گذاری بیش‌تری کند. هرچه تدارکات بهتر باشد، استفاده از تجارت الکترونیک برای کشاورزان کوچک - مقیاس منطقی‌تر است. در یک نظام ترویجی، برای ارائه محصولات و خدمات جدید به کشاورزان، تحقیق و توسعه نیز اهمیت زیادی دارد. در این راستا، بر سرمایه‌گذاری نیروی کار روستایی، سواد رقمی و آشنایی با فناوری‌های جدید تأکید می‌شود. در نهایت، توانمندسازی کشاورزان کوچک - مقیاس کشور برای استفاده از این فناوری‌ها و شیوه‌ها، کلید دستیابی به پایداری کشاورزی و امنیت غذایی خواهد بود.

منابع

جمشیدی، ب، و دهقانی سانج، ح. (۱۳۹۹). کلان داده‌های مبتنی بر اینترنت اشیا از چشم‌انداز کشاورزی هوشمند. *رشد فناوری*، دوره ۱۶، شماره ۶۳، صفحات ۲۲-۱۲.

شوکتی آقمقانی، م.، کلاتری، خ.، اسدی، ع. و شعبانعلی فمی، ح. (۱۳۹۷). مروری بر وضعیت خردی و پراکندگی اراضی کشاورزی در جهان و ایران. *مدیریت اراضی*، جلد ۶، شماره ۱، صفحات ۸۳-۶۳. مجاور باغچه، م.، رسولی آذر، س. و رشیدپور، ل. (۱۳۹۸). واکوی و بررسی چالش‌های نظام‌های بهره‌برداری خرد و دهقانی در استان آذربایجان غربی. *پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی*، سال دوازدهم، شماره ۴، صفحات ۵۰-۴۱.

Dharmaraj, S. (2022). *Smart agri tech available for small-scale Filipino farmers*. Available on the: <https://opengovasia.com>

Pongnumkul, S., Chaovalit, P. & Surasvadi, N. (2015). Applications of smartphone-based sensors in agriculture: A systematic review of research. *Journal of Sensors*. 2015, 195308. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/195308>

Schriber, S. (2019). *Smart agriculture sensors: helping small farmers and positively impacting global issues, too*. Tech Briefs, Available on the: <https://www.techbriefs.com>

United Nations Development Programme (UNDP). (2021). *Precision Agriculture for Smallholder Farmers*. UNDP Global Centre for Technology, Innovation and Sustainable Development. Singapore.

Zhang, L., Dabipi, I.K. & Brown Jr., W.L. (2018). Internet of Things Applications for Agriculture. In Q.F Hassan (Ed.). *Internet of Things A to Z: Technologies and Applications*. (pp. 507-528). First Edition. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. John Wiley & Sons, Inc.

Cost-effective smart agriculture technologies for small-scale farmers

Bahareh Jamshidi¹, Hossein Dehghanisani², Vahid Kazem Alilou³

1-Associate Professor; Agricultural Engineering Research Institute; Agricultural Research, Education and Extension Organization; Karaj; Iran. (Corresponding Author). Email: b.jamshidi@areeo.ac.ir

2- Associate Professor; Agricultural Engineering Research Institute; Agricultural Research, Education and Extension Organization; Karaj; Iran. Email: h.dehghanisani@areeo.ac.ir

3- Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran. Email: dr.alilou@hotmail.com

Abstract

Smart agriculture is an agricultural management system using modern information and communication technologies that allows farmers to make appropriate decisions and leads to sustainable improvement of productivity. However, the adoption of smart agriculture technologies by small-scale farmers who play an important role in sustainability of agriculture and food security is one of the challenges for developing smart agriculture. In this article, the benefits and challenges of smart agriculture for small-scale farmers are described. The cost-effective smart agriculture technologies for small-scale farmers are then introduced and practical recommendations are presented. The small-scale farmers can become part of the transformation of the agricultural model from conventional to smart using the cost-effective smart agriculture technologies and help feed the growing population while their life and livelihood will improve.

Keywords: Internet of Things, Small-holders, Smart Farming, Smart Mobile Phone.