



سامانه هوشمند پایش و مدیریت باغ سیب بر پایه اینترنت اشیاء

موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی^۱، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور^{۲،۳،۴،۵}، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران^۶، موسسه تحقیقات علوم باغبانی کشور^۷

۶ بیان مسئله

باغداری به عنوان یکی از زیربخش‌های مهم کشاورزی، نقش کلیدی در تأمین امنیت غذایی، اشتغال‌زایی و صادرات غیرنفتی کشور ایفا می‌کند. در این میان، درختان سیب به عنوان محصولی با بیشترین سطح زیر کشت و بالاترین میزان تولید سالانه در کشور، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. با این حال، مدیریت سنتی باغ‌های سیب با چالش‌های متعددی از جمله مصرف بی‌رویه نهاده‌ها (آب، کود، سم)، خسارات ناشی از آفات و بیماری‌ها، و کاهش بهره‌وری مواجه است که بر هزینه‌های تولید، کیفیت محصول و پایداری زیست محیطی اثر منفی می‌گذارد. یکی از راهکارهای نوین برای رفع این چالش‌ها، بهره‌گیری از فناوری اینترنت اشیاء (IoT) در کشاورزی است. اینترنت اشیاء با فراهم کردن امکان پایش مستمر و دقیق داده‌های محیطی و فیزیولوژیکی گیاه، امکان تصمیم‌گیری به موقع و مبتنی بر داده را برای بهره‌برداران فراهم می‌کند. با توجه به شرایط اقلیمی متغیر کشور و همچنین شیوع بیماری‌ها و آفات کلیدی همچون سفیدک پودری و کرم سیب، نیاز به سامانه‌ای هوشمند برای مدیریت بهینه این عوامل، بیش از پیش احساس می‌شود. فقدان چنین سامانه‌هایی موجب مصرف بی‌رویه سموم و آب، کاهش عملکرد اقتصادی و تهدید سلامت محیط‌زیست و انسان می‌شود.



شکل ۱- سطح کشت بارور و تولید سیب در کشور طی ده سال اخیر

در این راستا، طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه هوشمند مدیریت باغ سیب مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا با هدف پایش شرایط محیطی، پیش‌آگاهی دقیق آفات و بیماری‌ها، و مدیریت بهینه آبیاری، تغذیه و رشد گیاه، گامی ضروری و راهبردی برای افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت محصول به شمار می‌آید. این سامانه می‌تواند با تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده در زمان واقعی، به تصمیم‌گیری علمی و هدفمند بهره‌برداران کمک کند و زمینه‌ساز تحول در شیوه‌های مدیریتی باغبانی کشور شود.

6 معرفی دستاورد

سامانه هوشمند طراحی شده برای مدیریت باغ سیب، بر پایه معماری چهارلایه اینترنت اشیا شامل لایه‌های ادراک، انتقال، پردازش و کاربرد توسعه یافته است. داده‌های محیطی باغ به صورت برخط از طریق نودهای حسگر بی‌سیم جمع‌آوری شده و با بهره‌گیری از یک پروتکل ارتباطی ویژه، ابتدا به گیت‌وی و سپس به سرور مرکزی منتقل می‌شوند. این داده‌ها در نهایت در اختیار نرم‌افزار کاربرمحور سامانه قرار می‌گیرند.

قلب نرم‌افزار، روش‌ها و مدل‌های پیش‌آگاهی در زمینه بیماری سفیدک پودری، آفت کرم سیب و همچنین آستانه‌های شروع و قطع آبیاری است که به منظور پشتیبانی از تصمیم‌گیری کاربران طراحی و پیاده‌سازی شده‌اند. پردازش داده‌ها با استفاده از اطلاعات هواشناسی، فنولوژی مراحل رشد درخت سیب و دستورالعمل‌های علمی کوددهی انجام می‌شود. در این سامانه، توصیه‌های کوددهی شامل نوع، مقدار و روش مصرف کود، بر پایه نتایج آزمون خاک و برگ و مطابق با مراحل فنولوژیک رشد درخت ارائه می‌شود. نتایج تحلیل‌ها به صورت بصری در داشبورد تعاملی سامانه نمایش داده می‌شود.

این سامانه هوشمند قادر است با تکیه بر مدل‌های پیش‌آگاهی، زمان‌های بهینه برای سم‌پاشی و توصیه‌های کاربردی را به باغدار اعلام کند. این قابلیت موجب کاهش خسارات ناشی از بیماری و آفات، افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول، و همچنین کاهش تعداد دفعات سم‌پاشی و مصرف سموم شیمیایی می‌شود. همچنین با تعیین دقیق آستانه‌های آبیاری، امکان مدیریت هوشمند مصرف آب و بهره‌برداری بهینه از منابع آبی فراهم شده است. بکارگیری توصیه‌های دقیق در زمینه کوددهی نیز به مصرف هدفمند و بهینه نهاده‌ها کمک می‌کند. در مجموع، این سامانه با ارائه هشدارهای به موقع و توصیه‌های فنی در زمینه‌های سم‌پاشی، آبیاری، کوددهی و مدیریت رشد، باعث کاهش نیاز به نظارت میدانی و نیروی انسانی و در نهایت کاهش هزینه‌های تولید و افزایش کمی و کیفی محصول می‌شود. از دیگر مزایای آن، کاهش وابستگی ارزی و ایجاد فرصت‌های اشتغال در کشور است.

6 فرایند تجاری‌سازی دستاورد

دانش فنی طراحی این سامانه هوشمند حاصل پروژه پایلوت پژوهشی است که در شهرستان دماوند استان تهران (باغ سیب با پوشش ارقام گلدن دلشیز و رد دلشیز) و در قالب قرارداد مشارکت در تولید اجرا شد. سپس این دانش به شرکت «موج آینده فرافن» به عنوان بخش خصوصی واگذار شده و سامانه در حال تکمیل مراحل تجاری‌سازی است. نتایج موفقیت‌آمیز پیاده‌سازی و ارزیابی سامانه در باغ‌های سیب، به ویژه تأثیر چشمگیر آن در کاهش نوبت‌های سم‌پاشی و مصرف نهاده‌ها، بیانگر اثربخشی بالا و پتانسیل اقتصادی و اجتماعی آن است. تجاری‌سازی این سامانه گامی مؤثر در جهت ارتقای بهره‌وری کشاورزی، کاهش هزینه‌های تولید و نهایتاً تضمین امنیت غذایی کشور به شمار می‌رود.

6 پتانسیل اقتصادی و اثر بخشی

- انتقال داده‌ها و اعلام هشدارهای به موقع با قابلیت اطمینان کافی و صحت عالی (بیش از ۹۸ درصد)
- پیش‌آگاهی هوشمند آفت و بیماری بدون نیاز به نظارت‌های میدانی با هدف کاهش خسارات ناشی از آنها و بهبود عملکرد و کیفیت محصول
- کاهش دفعات سم‌پاشی برای کنترل بیماری سفیدک پودری سیب از دست‌کم ۳ نوبت به ۲ نوبت و کاهش بیش از ۳۳ درصدی مصرف سم و آب برای سم‌پاشی، هزینه‌های کارگران سم‌پاش و تجهیزات سم‌پاشی همچنین ریسک آلودگی کارگران و محیط زیست
- کاهش دفعات سم‌پاشی برای کنترل آفت کرم سیب از دست‌کم ۴ نوبت به ۲ نوبت و کاهش ۵۰ درصدی مصرف سم و آب
- اعلام هشدارهای به هنگام برای آبیاری با هدف ارتقای مدیریت آبیاری و مصرف بهینه آب کشاورزی متناسب با نیاز درخت