

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

هوشمندسازی کشاورزی با استفاده از فناوری اینترنت اشیاء؛ فرصت ها و چالش های پیش رو

محبوبه گاپله^{*}^۱، غلامرضا فرخی^۲

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفرش

۲- عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

خلاصه

سیاره ما از منابع بسیاری برخوردار است، اما محدودیت منابع ما را و می دارد به دنبال استفاده هوشمندانه و دقیق از این منابع باشیم. استفاده معقول از فناوری می تواند ما را به جایی رهنمون کند که بتوانیم از این منابع برای اطمینان از امنیت غذایی نسل های فعلی و آینده به طور موثر استفاده کنیم. کشاورزی تنها یک صنعت نیست، در حقیقت کشاورزی اساس جامعه بشری را شکل می دهد. یک بخش کشاورزی پر تحرک و پر رونق می تواند زمینه را برای یک جامعه شاد و سالم فراهم کند. بکارگیری فناوری های پیشرفته، به ویژه مشارکت اینترنت اشیاء، در رسیدن به این هدف بسیار مهم است. مسائل زیست محیطی چالشی است که کشاورزی سالم و پاک می تواند راه حلی برای آن باشد. استفاده از فناوری های پیشرفته اطلاعاتی و ارتباطی باعث می شود صنعت کشاورزی با کاهش مصرف نیروی کار و سایر منابع تولیدی بسیار پر بازده باشد و در عین حال حداقل تأثیر را بر محیط زیست داشته باشد. امروزه صنعت کشاورزی داده محور، دقیق و باهوش تر از همیشه است. واقعیت این است که فناوری های جدیدی مانند اینترنت اشیاء روشهای فعلی کشاورزی را تغییر و فرصت‌های جدیدی را به وجود می آورد. در این مقاله کاربرد فناوری در کشاورزی مانند آماده سازی خاک، وضعیت محصول، آبیاری، شناسایی و دفع آفات و حشرات ذکر شده است. همچنین روند فعلی و آینده اینترنت اشیاء در کشاورزی، تجهیزات و فناوری های نوین در صنعت کشاورزی، چالش های پیش رو در بکارگیری فناوری در این حوزه مورد مطالعه و بحث قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: اینترنت اشیاء، کشاورزی هوشمند، کشاورزی شهری، کیفیت و کمیت غذا، ربات های کشاورزی.

۱. مقدمه

تولید محصولات کشاورزی نه تنها به عنوان یک ماده غذایی، بلکه برای صنعت نیز به همان اندازه اهمیت دارد. در واقع محصولات کشاورزی مانند پنبه، ابریشم و صمغ در اقتصاد بسیاری از کشورها نقش مهمی دارند. علاوه بر این، اخیراً بازار بیوانرژی مبتنی بر محصولات غذایی افزایش یافته است. با افزایش استفاده از محصولات غذایی برای تولید سوخت های

*Corresponding author: مرتبی دانشکده فنی مهندسی گروه مهندسی کامپیوتر
Email: m_gapeleh@yahoo.com

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

زیستی، انرژی زیستی و سایر کاربردهای صنعتی، امنیت غذایی در معرض خطر قرار گرفت. این خواسته‌ها منجر به افزایش فشار بیشتر بر منابع محدود کشاورزی شده است.

متأسفانه به دلیل شرایط و محدودیت‌های مختلف مانند دما، آب و هوا، توبوگرافی و کیفیت خاک، تنها بخش محدودی از سطح زمین برای مصارف کشاورزی مناسب است، در عین حال بیشتر مناطق مناسب برای کشاورزی، یکپارچه نیستند. در سال ۱۹۹۱، کل مساحت قابل کشت برای تولید مواد غذایی ۱۹,۵ میلیون مایل مربع (۳۹,۴۷٪) مساحت زمین جهان) بود در حالیکه در سال ۲۰۱۳ به حدود ۱۸,۶ میلیون مایل مربع (۳۷,۷۳٪) از مساحت زمین جهان) کاهش یافته است [۱]. به همین ترتیب، با گذشت زمان شکاف بین عرضه و تقاضای غذا افزایش قابل توجه و نگران کننده‌ای دارد.

۷۰ درصد از زمان کشاورزی به جای اینکه صرف اقدامات واقعی زراعی شود صرف سنجش و نظارت بر شرایط گیاهان می‌شود [۲]. فناوری‌های سنجش و ارتباطات این امکان را به کشاورز می‌دهد که بتواند به صورت کاملاً واقعی و از راه دور اتفاقاتی را که در مزرعه رخ می‌دهد مشاهده کنند بدون اینکه واقعاً در مزرعه حضور داشته باشند. حسگرهای بی سیم، نظارت بر محصولات کشاورزی را با دقت بسیار بالا تسهیل می‌کنند و از همه مهمتر قادر به شناسایی عوامل ناخواسته در همان مراحل اولیه هستند. در حال حاضر انواع تراکتورهای خودکار، ماشین‌های برداشت، از بین بردن هوشمند علفهای هرز، هوایپیماهای بدون سرنشین و ماهواره‌ها تجهیزات مکمل کشاورزی هستند. نصب حسگرهای را می‌توان به سادگی انجام داد، داده‌های جمع آوری شده توسط حسگرهای را می‌توان در مدت زمان کوتاهی به صورت آنلاین تجزیه و تحلیل و در اختیار کشاورز قرار داد. شکل ۱ موانع مهم اجرای فناوری در کشاورزی هوشمند را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موانع مهم بکارگیری فناوری در کشاورزی هوشمند

این مقاله روند تحقیقات کشاورزی مبتنی بر اینترنت اشیاء را مورد بررسی قرار داده و موضوعات کلیدی بسیاری را نشان می‌دهد که باید با بکارگیری اینترنت اشیاء صنعت کشاورزی را متتحول کند. ادامه مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است. بخش دوم یک مرور کلی درباره کاربردهای مهم اینترنت اشیاء در کشاورزی و آنچه با استفاده از این فناوری‌ها می‌توانیم به دست آوریم، ارائه می‌دهد. بخش سوم دیدگاه‌هایی در مورد نقش اینترنت اشیاء در روش‌های کشاورزی پیشرفته، مانند کشاورزی عمودی، هیدرопونیک و فتوتیپی، برای مدیریت مسائل افزایش جمعیت شهری ارائه می‌دهد. بخش چهارم فناوری‌ها و تجهیزات مختلف مانند حسگرهای روباتیک و محاسبات ابری را بررسی می‌کند. بخش پنجم با بررسی کردن چالش‌های بالقوه تحقیقاتی، روند فعلی و آینده فناوری اینترنت اشیاء در صنعت کشاورزی را مشخص می‌کند. سرانجام، در بخش ششم نتیجه گیری مقاله ارائه شده است.

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

۲. کاربردهای اصلی فناوری در کشاورزی

اساساً با بکارگیری جدیدترین فناوری های سنجش و اینترنت اشیاء در شیوه های کشاورزی می توان همه جنبه های کشاورزی سنتی را تغییر داد. با دنبال کردن شیوه های کشاورزی هوشمند، اینترنت اشیاء می تواند بسیاری از چالش هایی که کشاورزی سنتی با آنها مواجه بود مانند خشکسالی، بهینه سازی عملکرد محصول، آبیاری و کنترل آفات را برطرف کرده و برای آنها راه حل ارائه دهد. در ادامه بحث نمونه های مهمی که بکارگیری فناوری های پیشرفته در مراحل مختلف توانسته است به افزایش کارایی در آنها کمک کند، آمده است.

۱-۲. نمونه برداری و نقشه برداری از خاک

هدف اصلی تجزیه و تحلیل خاک تعیین وضعیت مواد مغذی یک مزرعه است و انجام اقدامات لازم در صورت نیاز است. عواملی که برای تجزیه و تحلیل سطح مواد مغذی خاک بسیار مهم هستند عبارتند از: نوع خاک، تاریخ برداشت محصول، کاربرد کود دهنی، میزان آبیاری، توپوگرافی و غیره. این عوامل اطلاعات نسبتاً دقیقی در مورد وضعیت شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک ارائه می دهد که می توان از آنها برای رسیدگی به موقع و مناسب محصولات استفاده کرد. نقشه برداری خاک امکان کاشت ارقام مختلف یک گیاه را در مناطق مختلف یک مزرعه که با ویژگی های خاک آن محدوده مطابقت بیشتری دارد فراهم می کنند چرا که زمان کاشت و حتی عمق کاشت هر رقم متفاوت است. علاوه بر این، پرورش چندین محصول در کنار هم می تواند به استفاده هوشمندانه از زمین کشاورزی و سایر منابع منجر شود.

در حال حاضر، تولید کنندگان طیف گسترده ای از ابزارها و حسگرها را ارائه می دهند که می توانند به کشاورزان برای رديابی کیفیت خاک کمک کنند و بر اساس اين داده ها، روش های درمانی را برای جلوگیری از تخریب محصولات توصیه می کنند. این سیستم ها امکان نظارت بر خواص خاک از قبیل بافت، ظرفیت نگهداری آب و میزان جذب را فراهم می کنند که در نهایت منجر به کاهش فرسایش، تراکم، نمک زدایی، اسیدی شدن و آلودگی خاک می شود. Lab-in-a-Box، کیت آزمایش خاک که توسط AgroCares ساخته شده است، یک آزمایشگاه کامل برای ارائه انواع خدمات فراهم می کند [۳]. با استفاده از این ابزار هر کشاورز، بدون داشتن هر گونه تجربه آزمایشگاهی، می تواند روزانه ۱۰۰ نمونه (مجموعاً بیش از ۲۰۰۰ نمونه مواد مغذی در سال) را بدون مراجعه به آزمایشگاه آنالیز کند.

۲-۲. آبیاری

۷۰٪ کل آب شیرین در بخش صنعت کشاورزی مصرف می شود [۴]. در بسیاری از کشورها، میزان مصرف آب در کشاورزی تا ۷۵٪ نیز افزایش می یابد، به عنوان مثال در برزیل و برخی از کشورهای توسعه نیافته، میزان استفاده از آب از ۸۰٪ نیز فراتر می رود [۵]. تخمین های کنوانسیون سازمان ملل برای مبارزه با بیابان زایی (UNCCD) در سال ۲۰۱۳ نشان می دهد که ۱۶۸ کشور تحت تأثیر بیابان زایی قرار داشته اند و تا سال ۲۰۳۰، تقریباً نیمی از جمعیت جهان در مناطقی با کمبود شدید آب زندگی می کنند [۶]. تخمین دقیق میزان آب مورد نیاز محصولات زراعی، در حالیکه عوامل مختلفی مانند نوع محصول، روش آبیاری، نوع خاک، میزان بارندگی، نیاز گیاهان و میزان رطوبت خاک در آن دخیل است، کار ساده ای نیست. با توجه به این واقعیت، یک سیستم کنترل رطوبت مناسب خاک و رطوبت هوا با استفاده از حسگرهای بی سیم نه تنها باعث استفاده بهینه از آب می شود بلکه به سلامت بیشتر محصول زراعی منجر می شود. داده های جمع آوری شده توسط حسگرها به مرکز پردازش انتقال می یابد جایی که در آن برنامه های نرم افزاری هوشمند داده های مزرعه را تجزیه و تحلیل می کنند. نه تنها داده های حسگرها بلکه سایر اطلاعاتی هم که از منابع دیگر دریافت می شود از جمله داده های آب

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

و هوا و تصویربرداری ماهواره ای برای مدل های CWSI برای ارزیابی میزان نیاز به آب اعمال می شود، و در نهایت مقدار شاخص مخصوص آبیاری برای هر مجموعه تولید می شود.

۳-۲. کود

کود یک ماده طبیعی یا شیمیایی است که می تواند مواد مغذی مهمی را برای رشد و باروری گیاهان فراهم کند. گیاهان به طور عمده به سه ریز مغذی اصلی نیاز دارند: ازت (N) برای رشد برگ، فسفر (P) برای رشد ریشه، گل و میوه. پتاسیم (K) برای رشد ساقه و حرکت آب [۷]. هر نوع کمبود مواد مغذی یا استفاده نادرست از آنها می تواند برای سلامتی گیاه مضر باشد. مهمتر از همه اینکه استفاده بیش از حد از کود نه تنها باعث خسارت مالی می شود بلکه با از بین رفتن کیفیت خاک، مسموم کردن آب های زیرزمینی و ایجاد تغییرات آب و هوایی جهانی، اثرات مضری برای خاک و محیط زیست ایجاد می کند. فرایند کوددهی هوشمند در کشاورزی کمک می کند تا میزان دقیق مورد نیاز مواد مغذی تخمین زده شود تا در نهایت اثرات منفی آنها بر محیط زیست به حداقل برسد. کوددهی نیاز به اندازه گیری سطح مواد مغذی خاک خاص در یک منطقه دارد که براساس فاکتورهای مختلفی از جمله نوع محصول، نوع خاک، قابلیت جذب خاک، عملکرد محصول، نوع باروری و میزان استفاده از آن، شرایط آب و هوایی و غیره انجام می شود.

بسیاری از فناوریهای جدید، مانند دقت GPS، نقشه برداری جغرافیایی، وسایل نقلیه خودکار، در کود دهی هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء نقش زیادی دارند. کود آبیاری و شناخت خاک از دیگر مزایای اینترنت اشیاء هستند. در این روشها، مواد محلول در آب مانند کودها، اصلاح خاک و سوموم دفع آفات از طریق سیستم آبیاری قابل استفاده هستند. با توجه به نتایج اخیر، کود آبیاری به عنوان بهترین روش مدیریت برای بهبود اثربخشی بسیاری از امور کشاورزی در نظر گرفته می شود.

۴-۲. مدیریت آفات و بیماری ها

سازمان غذا و کشاورزی (FAO) تخمین می زند که سالانه ۴۰٪-۲۰٪ از عملکرد جهانی محصول به دلیل آفات و بیماری ها از بین می رود [۸]. برای کنترل چنین ضررها گسترهای گسترده تولید، از سوموم دفع آفات و سایر مواد شیمیایی زراعی به عنوان یکی از مؤلفه های مهم صنعت کشاورزی طی قرن گذشته استفاده می شد. تخمین زده می شود، در هر سال، تقریباً نیم میلیون تن سوموم دفع آفات فقط در ایالات متحده استفاده می شود، در حالی که بیش از دو میلیون تن در سطح جهان استفاده می شود [۹]. بیشتر این سوموم دفع آفات برای سلامتی انسان و حیوان مضر هستند و تأثیرات شدید و حتی جبران ناپذیری را بر محیط زیست می گذارند و در نهایت باعث آلودگی قابل توجهی در کل اکوسیستم ها می شود [۱۰].

دستگاه های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء، مانند حسگرهای بی سیم، ربات ها و هوایپیماهای بدون سرنشین، به تولید کنندگان این امکان را می دهند که با استفاده دقیق از دشمنان طبیعی یک محصول، استفاده از سوموم دفع آفات را کاهش دهند. در مقایسه با روش های سنتی کنترل آفات یا تقویم های سنتی، مدیریت آفات مبتنی بر اینترنت اشیاء، نظارت لحظه ای، مدل سازی، پیش بینی بیماری را فراهم می کند، از این رو اثربخش تر است [۱۱].

به طور کلی، قابلیت اطمینان از نظارت بر بیماری های محصولات و مدیریت آفات به سه جنبه بستگی دارد: سنجش، ارزیابی و درمان. رویکردهای پیشرفته بیماری و تشخیص آفات مبتنی بر پردازش تصویر است که در آن تصاویر خام با استفاده از حسگرهای مزرعه، پهپادها یا ماهواره های سنجش از راه دور، در سراسر منطقه بدست می آیند. در هنگام تجهیز یک ربات کشاورزی به دستگاه های سنجش چند منظوره و نازل های اسپری دقیق، می توان با بکارگیری یک سیستم اینترنت اشیاء مدیریت بیماری از راه دور با دقت بیشتری با مشکلات آفت مواجه کند. سیستم مدیریت آفات مبتنی بر اینترنت اشیاء دارای مزایای بسیاری است، زیرا می تواند هزینه های کلی را کاهش دهد در حالی که، در عین حال، موجب بازگشت آب و هوای طبیعی نیز می شود. به عنوان مثال، اخیراً مشخص شده است که عملکرد بسیاری از انواع محصولات به دلیل عدم گرده

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

افشانی با تهدید شدید مواجه است [۱۲]. در حقیقت، اختلال در گرده افشاری به دلیل از بین رفتن کلونی زنبور عسل ناشی از سومون دفع آفات کنترل نشده است.

۵-۲. نظارت بر عملکرد، پیش بینی و برداشت

نظارت بر عملکرد مکانیزمی است که برای تجزیه و تحلیل جنبه های مختلف متناسب با عملکرد کشاورزی، نه تنها در زمان برداشت بلکه قبل از آن نیز فعالیت مهمی در کشاورزی دقیق محاسب می شود. در حال حاضر، با توجه به گستره ده بودن بازار و تقاضای خریداران برای دسترسی و تهیه محصولات با کیفیت، لزوم برنامه ریزی دقیق برای تعیین میزان تولید محصول متناسب با نیاز بازار احساس می شود. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل کیفیت عملکرد و رسیدگی محصول یکی دیگر از عوامل مهمی است که می تواند زمان مناسب برای برداشت را تعیین کند.

[۱۳] یک ناظر بر عملکرد توسعه داده است که می تواند بر روی هر کمباین برداشت محصول نصب شود و با برنامه تلفن همراه FarmRTX لینک شود، این نرم افزار می تواند داده های برداشت را به صورت آنلاین نمایش می دهد و آن داده ها را به طور خودکار در بستر مبتنی بر وب سازنده بارگذاری می کند. این برنامه قابلیت تولید نقشه های با کیفیت بالا و به اشتراک گذاری این نقشه ها را با یک کشاورز دارد و کشاورز نیز می تواند به منظور تجزیه و تحلیل داده ها، آنها را به سایر نرم افزارهای مدیریت مزرعه ارسال کند. اندازه میوه همیشه برای برآورد بلوغ آن، تصمیم گیری در مورد زمان برداشت محصول و هدف قرار دادن بازار مناسب، نقش اساسی ایفا می کند، برای این منظور در [۱۴]، از تصاویر رنگی (RGB) برای رديابي شرایط متفاوت میوه انبه استفاده شده است.

۳. شیوه های پیشرفته کشاورزی

استفاده از روشهای نوین برای بهبود کیفیت و کمیت مواد غذایی کار جدیدی نیست، انسان ها قرن هاست که این کار را انجام می دهند. کشاورزان در ابتدا با تمرکز بر روی انواع بذر، کود و سومون دفع آفات، تلاش کرد تا محصولات زراعی را ارتقا دهد. اما خیلی زود دریافتند که این روش ها برای پر کردن فاصله عرضه و تقاضا کافی نیستند. از این رو دانشمندان حوزه کشاورزی به فکر گزینه های دیگری مانند غذاهای زیست فناوری افتادند. غذاهای زیست فناوری، با عنوان غذاهای اصلاح شده ژنتیکی نیز شناخته می شوند، غذاهایی هستند که با استفاده از روشهای مهندسی ژنتیک و ایجاد تغییر در DNA آنها تولید می شوند. با این وجود، مطالعات متعدد تأثیرات جدی محصولات ژنتیکی را بر سلامت انسان، از جمله نایابروری، اختلال در سیستم ایمنی بدن، پیری زود رس، تنظیم سطح انسولین و غیره نشان می دهد [۱۵]. این فناوری و بسیاری از فناوریهای مشابه دیگر با محبوبیت و استقبال زیادی در جامعه روبه رو نشد چرا که مردم غذای بیولوژیکی و ارگانیک را ترجیح می دهند. در این راستا، ده ها سال است که تحقیقات گستره ای در مورد بکارگیری حسگرها و فناوری های مبتنی بر اینترنت اشیاء در بهبود فرآیندهای کشاورزی به منظور افزایش تولید بدون تأثیر یا با حداقل تأثیر در اصالت محصولات کشاورزی کمک می کنند.

۳-۱. کشاورزی گلخانه ای

کشاورزی گلخانه ای یکی از قدیمی ترین روش های کشاورزی هوشمند محسوب می شود. اگرچه، ایده رشد گیاهان در محیط کنترل شده ایده جدیدی نیست و از زمان روم باستان رواج داشته است، اما در قرن نوزدهم زمانیکه بزرگترین

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

گلخانه ها در فرانسه، هلند و ایتالیا ساخته شدند عمومیت پیدا کرد. علاوه بر این، کشاورزی گلخانه ای در اواسط قرن بیستم رشد سریعتری یافت و در کشورهایی با شرایط سخت آب و هوایی با استقبال زیادی مواجه شد [۱۶]. موفقیت و تولید محصولات زراعی مختلف در شرایط کنترل شده گلخانه ای به عوامل متعددی بستگی دارد، مانند دقت پارامترهای مانیتورینگ، ساختار گلخانه، پوشش مواد برای کنترل اثرات باد، سیستم تهویه، سیستم پشتیبان تصمیم گیری وغیره. تجزیه و تحلیل مفصلی در [۱۷] ارائه شده است و در آن همه این عوامل، تأثیرات آنها و چگونگی کمک حسگرهای بی سیم برای همه این موارد در نظر گرفته شده است. در [۱۸]، یک نمونه اولیه مبتنی بر اینترنت اشیاء برای نظارت بر گلخانه ها که از نودهای MicaZ برای اندازه گیری پارامترهای داخلی مانند رطوبت، دما، نور و فشار استفاده می شود، پیشنهاد شده است.

۲-۳. کشاورزی عمودی

برای تحقق افزایش تقاضای مواد غذایی در جهان به اراضی زراعی بیشتری احتیاج است، اما واقعیت این است که یک سوم اراضی قابل کشت در چهار دهه گذشته به دلیل فرسایش و آلودگی از بین رفته است. متأسفانه، شیوه های فعلی کشاورزی مبتنی بر کشاورزی صنعتی بسیار سریع تر از آنچه طبیعت بتواند خاک را بازسازی کند به خاک آسیب می باشد. به طور کلی، تخمین زده می شود که میزان فرسایش مزارع زراعی ۱۰ تا ۴۰ برابر بیشتر از میزان تشکیل خاک می باشد [۱۹]. کشاورزی عمودی راه حلی برای رفع چالش های کمبود زمین و آب است.

کشاورزی عمودی به شکل کشاورزی شهری فرستی را برای انباست گیاهان در یک محیط کنترل شده تر ایجاد می کند و مهمتر از همه اینکه استفاده از این شیوه، کاهش قابل توجهی در مصرف منابع خواهد بود. با بکارگیری این روش، می توان تولید را چندین برابر افزایش داد. به عنوان مثال، Mirai، یک توسعه دهنده مزرعه سرپوشیده در ژاپن آمار و ارقام مربوط به یک مزرعه ژاپنی را که مشتمل بر ۲۵۰۰ متر مربع است ارائه کرد. این آمار بسیار دلگرم کننده است، چرا که در این مزرعه ۱۰،۰۰۰ سر کاهو در روز تولید می شود (دو برابر روش های سنتی) و از همه مهمتر، ۴۰٪ مصرف انرژی کمتر و تا ۹۹٪ کاهش مصرف آب در مقایسه با مزارع در فضای باز است [۲۰].

۳-۳. هیدروپونیک

به منظور تقویت مزیت های کشاورزی گلخانه ای، کارشناسان کشاورزی گام دیگری را پیش بردن و ایده هیدروپونیک، زیرمجموعه ای از هیدرو کشت را که در آن گیاهان بدون خاک کشت می شوند، ارائه دادند. هیدروپونیک روشی است مبتنی بر سیستم آبیاری که در آن مواد مغذی به صورت متعادل در آب حل می شوند و ریشه های محصول در آن محلول قرار می گیرند. در بعضی موارد، ریشه ها می توانند توسط محیطی مانند پرلیت یا ماسه پشتیبانی شوند. با ترکیب دو روش هیدروپونیک و کشاورزی عمودی، مزرعه ای به مساحت ۱۰۰ متر مربع می تواند معادل ۱ هکتار از مزرعه سنتی محصول تولید کند، از همه مهمتر بیش از ۹۵٪ مصرف آب و کود کمتر و بدون سومون دفع آفات یا علف کش ها [۲۱]. در حال حاضر، سیستم ها و حسگرهای موجود به عنوان مثال [۲۲] نه تنها برای نظارت بر طیف وسیعی از پارامترها و خواندن و اندازه گیری پارامترها در فواصل از پیش تعریف شده مورد استفاده قرار می گیرد، بلکه اندازه گیری ها ذخیره نیز می شوند تا بعداً بتوان از آنها برای آنالیز و تشخیص استفاده کرد.

در روش هیدروپونیک، دقت اندازه گیری های مواد مغذی سیار مهم است، به همین منظور، یک سیستم کنترل بی سیم بسیار قابل اطمینان برای هیدروپونیک گوجه فرنگی در [۲۳] ارائه شده است که در آن آنها بر روی استانداردهای مختلف ارتباطی متصل شده اند که گیاهان و رشد آنها حداقل تأثیر را بر آنها داشته باشد. نظارت بر محتوای راه حل و دقت آنها در این روش بسیار مهم است. برای این منظور، بسیاری از سیستم ها برای بررسی وجود محتوا بر اساس میزان نیاز گیاهان ارائه

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

می شوند. در [۲۴] یک نمونه اولیه مبتنی بر حسگر بی سیم ارائه شده است تا به نوبه خود یک راه حل کلیدی برای کشت هیدروپونیک ارائه دهد که اندازه گیری های لحظه ای را برای رشد بدون خاک درون گلخانه ای ارائه می دهد.

۳-۴. فناوری

فناوری فناوری مبتنی بر مهندسی نوظهور محصولات زراعی است، زنومیک گیاه را با اکوفیزیولوژی و زراعت پیوند می دهد. پیشرفت ابزارهای مولکولی و ژنتیکی برای اصلاح نباتات مختلف در دهه گذشته معنادار بوده است. با این حال، تجزیه و تحلیل کمی محصول، مانند مثال وزن دانه، مقاومت در برابر پاتوژن و غیره به دلیل عدم وجود تکنیکها و فناوریهای کارآمدی که بتوانیم از آنها بهره ببریم محدود شده است.

تحقیقات پژوهشی که در [۲۵] انجام شده است، نشان داد که فناوری گیاه می تواند برای بررسی خصوصیات کمی بسیار مفید باشد، مانند مواردی که در رشد گیاه نقش دارند، کیفیت و میزان عملکرد آن و توانایی های مقاومت گیاه در برابر تنش های مختلف. به طور مشابه، نقش فناوری های سنجش و فناوری مبتنی بر تصویر به صورت ویژه در [۲۶] مورد مطالعه قرار گرفته است و توضیح داده شده که چگونه این راه حل ها می توانند نه تنها به پیشرفت غربالگری بیولوژیکی کمک کنند بلکه به نقش آنها در درک نحوه عملکرد نیز کمک کنند. علاوه بر این، یک پلتفرم فناوری مبتنی بر اینترنت اشیاء، CropQuant، برای نظارت بر اندازه گیری محصولات زراعی و صفت های مربوطه ساخته شده است که می تواند امکاناتی را برای پرورش محصول و کشاورزی دیجیتال فراهم کند [۲۷].

۴. تجهیزات و فناوری های مهم

طی چند دهه اخیر کشاورزی از یک عملیات کوچک و متوسط به فعالیتی صنعتی و تجاری تبدیل شده است. این تغییر به شرکت های بزرگ این امکان را می دهد تا مانند سایر صنایع در کشاورزی نیز فعالیت کنند. بر این اساس، تمام امور کشاورزی می تواند با بکارگیری راه حل اینترنت اشیاء می تواند خودکار، برنامه ریزی و مدیریت شود. پیش بینی می شود طی سال های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۲ بازار جهانی کشاورزی هوشمند رشد ۱۹,۳٪ در سال را تجربه کند و در سال ۲۰۲۲ به ۲۳/۱۴ بیلیون دلار برسد [۲۸]. تقاضا برای افزایش عملکرد محصول، افزایش بکارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشاورزی و تغییرات سریع آب و هوای جهانی از مهمترین عواملی است که باعث رشد بالا بازار شده است. تولید کنندگان بازار محصولات راه حل های متنوعی را ارائه می دهند، که بیشتر بر اساس حسگرها و ارتباطات کارآمد برای طیف گسترده ای از برنامه های کاربردی است. فناوری ها و تجهیزات اصلی که در حال حاضر برای این منظور در دسترس هستند در ادامه بحث می شود.

۴-۱. حسگرهای بی سیم

حسگرهای بی سیم یکی از مهمترین تجهیزات کشاورزی هوشمند هستند که در حال حاضر در بازار موجود است، این حسگرها در زمان جمع آوری اطلاعات در مورد شرایط کشاورزی و سایر اطلاعات، نقش اصلی را ایفا می کنند. حسگرهای بی سیم را می توان در هر کجا که مورد نیاز باشد به صورت مستقل مورد استفاده قرار داد، بر حسب کاربردهای مورد نیاز، حسگرها را می توان تقریباً با تمام ابزارهای پیشرفته کشاورزی و ماشین آلات سنگین ادغام کرد. در ادامه، انواع حسگرها با توجه به رویه و هدف کار و مزایایی که ارائه می دهند مورد بحث قرار می گیرد.

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

۴-۱-۱. حسگرهای آکوستیک

حسگرهای آکوستیک یک دستگاه متفاوت در مدیریت مزرعه از جمله کشت خاک، از بین بردن علفهای هرز، برداشت میوه و غیره ارائه می‌دهند. مهمترین مزیت این فناوری کم هزینه بودن این راه حل و پاسخ دهنده سریع آن است، خصوصاً در مقایسه با قابل حمل بودن تجهیزات. این کار با اندازه گیری تغییرات سطح نویز کدر زمان تعامل با سایر مواد، به عنوان مثال ذرات خاک، کار می‌کند. حسگرهای آکوستیک معمولاً برای پایش و ردیابی آفات و طبقه بندی انواع بذرها با توجه به طیف‌های جذب صدا مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲۹].

۴-۱-۲. حسگرهای نوری

این حسگرها از پدیده بازتاب نور استفاده می‌کنند و به اندازه گیری مواد آلی خاک، رطوبت و رنگ خاک، وجود مواد معدنی و ترکیب آنها، مقدار رس و غیره کمک می‌کنند. این حسگرها توانایی خاک را بر اساس بازتاب نور در قسمتهای مختلف طیف الکترومغناطیسی آزمایش می‌کنند. تغییرات رخ داده در بازتابش موج به نشان دادن تغییرات چگالی خاک و سایر پارامترها کمک می‌کند. از حسگرهای نوری مبتنی بر فلورسانس برای ارزیابی پایه گیاه، به ویژه برای نظارت بر بلوغ میوه استفاده می‌شود [۳۰]. علاوه بر این، هنگام ادغام حسگرهای نوری با پراکندگی مایکروبویو، می‌توان از آن برای توصیف سایبانهای بیشه مانند زیتون و سایر محصولات مشابه استفاده کرد [۳۱].

۴-۱-۳. حسگرهای فوق العاده صوتی

این نوع حسگر به دلیل هزینه پایین آن، قابلیت بکارگیری آن در انواع کاربردها و سهولت استفاده و قابلیت تنظیم مانند نرخ نمونه برداری یکی از انتخاب‌های خوب محسوب می‌شوند. کاربردهای رایج عبارتند از: کنترل مخزن، اندازه گیری فاصله اسپری (به عنوان مثال، کنترل ارتفاع و پهنای بوم به منظور پوشش یکنواخت اسپری، تشخیص شء و اجتناب از برخورد) و نظارت بر سایبان محصول. این حسگرها در صورت ترکیب با دوربین می‌توانند برای ردیابی علفهای هرز نیز استفاده شوند [۳۲]. در این شرایط ارتفاع گیاهان با استفاده از حسگرهای فوق صوتی مشخص می‌شود و دوربین میزان پوشش علفهای هرز و محصول را تعیین می‌کند.

۴-۱-۴. حسگرهای نوری الکترونیکی

حسگرهای نوری الکترونیکی می‌توانند انواع گیاهان را از هم تمایز کنند. از این رو، از آنها برای شناسایی علف‌های هرز، علف‌کش‌ها و سایر گیاهان ناخواسته، به ویژه در محصولاتی با ریدیف‌های گسترشده کمک می‌کنند. زمانی که یک حسگر نوری الکترونیکی با اطلاعات موقعیت مکانی ترکیب می‌شود، حسگر می‌تواند توزیع ووضوح علفهای هرز را ترسیم کند [۳۳]. حسگرهای نوری الکترونیکی قادر به تفکیک بین پوشش گیاهی و خاک از طریق طیف بازتاب آنها هستند.

۴-۱-۵. حسگرهای جربان‌ها

این حسگرها قادر به اندازه گیری نفوذ پذیری هوا در خاک و درصد رطوبت و شناسایی ساختار خاک برای تشخیص انواع مختلف خاک هستند. اندازه گیری‌ها را می‌توان در یک مکان یا به صورت منعطف، در حالی که در حال حرکت است، انجام داد به عنوان مثال، در یک موقعیت ثابت یا در حالت سیار قابل استفاده است. خروجی مورد نظر، فشار مورد نیاز برای وارد کردن مقدار از پیش تعیین شده هوا در یک عمق مشخص در داخل زمین را مشخص می‌کند. این روش از خواص مختلف خاک، از جمله فشردگی، ساختار و میزان رطوبت، تولید امضای شناسایی منحصر به فرد پیروی می‌کند.

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

۴-۱-۶. حسگرهای الکتروشیمیایی

این حسگرها بیشتر برای ارزیابی ویژگیهای مورد نظر خاک برای تجزیه و تحلیل میزان مواد مغذی خاک مانند pH استفاده می شود [۳۴]. تجزیه و تحلیل استاندارد وضعیت شیمیایی خاک، که در غالب موارد گران و زمان بر است، را می توان به راحتی با این حسگرها جایگزین کرد. به بیان دقیق تر، مواد مغذی ماکرو و میکرو در خاک، شوری و pH بکارگیری این نوع از حسگرها اندازه گیری می شوند.

۴-۱-۷. حسگرهای الکترو مغناطیسی

حسگرهای الکترو مغناطیسی برای ثبت رسانایی الکتریکی و پاسخ الکترو مغناطیسی گذرا، شناسایی پاسخ الکتریکی و تنظیم کاربردهای با سرعت متغیر در شرایط واقعی استفاده می شوند. حسگرهای مبتنی بر این فناوری از مدارهای الکتریکی برای اندازه گیری قدرت ذرات خاک در هدایت یا تجمع بار الکتریکی استفاده می کنند، که بیشتر با دو روش زیر انجام می شود: تماسی یا غیر تماسی. نیتراتهای باقیمانده و مواد آلی موجود در خاک را نیز می توان با استفاده از حسگرهای الکترو مغناطیسی اندازه گیری کرد، همانطور که در [۳۵] انجام شده است.

۴-۱-۸. حسگرهای مکانیکی

حسگرهای مکانیکی مقاومت مکانیکی خاک (تراکم) را ارزیابی می کنند، این حسگرها وارد خاک می شوند یا بخشی از خاک برداشته می شود و نیروی ارزیابی شده توسط فشار سنجها یا بار سلول ها را ثبت می کنند. از واحد فشار برای اندازه گیری مقاومت مکانیکی خاک استفاده می شود که در واقع نسبت نیروی مورد نیاز برای وارد شدن به محیط خاک با استفاده از قسمت جلوی ابزار است که در واقع با خاک درگیر است.

۴-۱-۹. حسگرهای مبتنی بر شار گردابی

از این نوع حسگرها می توان برای تعیین کمیت تبادل دی اکسید کربن، بخار آب، متان یا گازهای دیگر و انرژی بین سطح زمین و جو استفاده کرد. این روش راه حلی دقیق برای اندازه گیری شارهای انرژی سطح جو و رد شارهای گاز در انواع اکوسیستم ها، از همه مهمتر، کاربردهای کشاورزی ارائه می دهد. در حال حاضر، حسگرهای مبتنی بر این فناوری به دلیل دقیق بالا و توانایی اندازه گیری شار مدام در مناطق وسیع، به سایر گزینه های مشابه مانند اتاق بسته ترجیح داده می شوند [۳۶].

۴-۱-۱۰. ردیابی و تنظیم نور (LIDAR)

این فناوری به طور گسترده ای در طیف وسیعی از کاربردهای کشاورزی، مانند نقشه برداری و تقسیم بندی زمین، تعیین نوع خاک، مدل سازی سه بعدی مزرعه، نظارت بر فرسایش و از دست دادن خاک و پیش بینی عملکرد استفاده می شود. معمولاً از LiDAR برای بدست آوردن اطلاعات پویای اندازه گیری سطح برگ درخت میوه استفاده می شود و هنگامی که این حسگر با GPS ترکیب شود، می تواند یک نقشه سه بعدی ایجاد کند [۳۷]. علاوه بر این، این فناوری اغلب هنگام برآورد زیست توده انواع محصولات زراعی و درختان مورد استفاده قرار می گیرد.

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

۴-۲. تراکتورهای مبتنی بر اینترنت اشیاء

یک تراکتور با اندازه متوسط می‌تواند ۴۰ برابر سریعتر و با هزینه‌هایی بسیار کمتر از نیروی کار سنتی کار کند [۳۸]. با پیشرفت تکنولوژی، اکثر تولیدکنندگان تراکتورهای خودکار با قابلیت رایانش ابری ارائه می‌دهند. یکی از مزایای اصلی تراکتورهای خودران توانایی آنها در جلوگیری از بازدید مجدد یک منطقه یا ردیف با کاهش همپوشانی حتی کمتر از یک اینچ است. علاوه بر این، آنها می‌توانند چرخش‌های بسیار دقیقی را بدون حضور فیزیکی راننده انجام دهند. شرکت Hello Tractor دستگاه مانیتورینگ کم هزینه‌ای را ساخته است که می‌تواند در هر تراکتوری قرار بگیرد، این دستگاه نرم افزارهای قدرتمند و ابزارهای تجزیه و تحلیل ارائه می‌دهد [۳۹]. مزایای این دستگاه به دو صورت است؛ از یک طرف تضمین می‌کند که هزینه کلی تراکتور برای اکثر کشاورزان مقرنون به صرفه باشد و در عین حال وضعیت تراکتور را کنترل می‌کند و در صورت بروز هرگونه مشکلی آن را گزارش می‌کند. این نرم افزار در صورت نیاز صاحب تراکتور را به خدمات تراکتور متصل می‌کند.

بعد از جمع آوری تمام داده‌های مهم مربوط به محصول، مرحله بعد وارد کردن محاسبات از ابر به لبه است. در سیستم پیشنهادی [۴۰]، یک موتور تحلیلی بطور محلی و نه در ابر برای تنظیم ورودی‌های محلی، روی تراکتور کشاورز کار می‌کند. برای این منظور، آنها تمام تجزیه و تحلیل‌ها و توصیه‌های موجود را در نظر گرفته‌اند تا داده‌های جاری را در زمان واقعی بسته به شرایط فیلد اصلاح کنند. بر اساس این پدیده، تولید کننده با اتصال دستگاه خود به اینترنت و ایجاد روشی برای نمایش اطلاعات در هر کجا که کشاورز بخواهد آن را ببیند، تراکتورهای خود را به سطح بعدی می‌رساند.

۴-۳. ربات‌های برداشت

برداشت محصول مهمترین مرحله در طی فرآیند تولید است، زیرا این مرحله آخرین مرحله تولید محصول که موقفيت نهایی را تضمین می‌کند. در مورد برخی محصولات زراعی، عملیات برداشت یک بار انجام می‌شود در حالی که برخی دیگر، چندین برداشت دارند، حتی زمانیکه محصول به مرحله رشد می‌رسد برداشت به صورت روزانه انجام می‌شود. برداشت محصول در زمان مناسب بسیار حیاتی و مهم است، زیرا برداشت زود هنگام یا دیر هنگام می‌تواند به میزان قابل توجهی بر تولید تأثیر بگذارد. هنگامی که در مورد نیروی کار صحبت می‌شود، تخمین زده می‌شود که ایالات متحده به دلیل کمبود نیروی کار سالانه با کاهش ۳,۱ میلیارد دلاری محصولات زراعی روبرو شود [۴۱]. طبق مطالعه‌ای که توسط وزارت کشاورزی ایالات متحده انجام شده است، به طور کلی ۱۴٪ از هزینه‌های مزروعه صرف دستمزد و هزینه‌های کارگری می‌شود، در حالی که در برخی از مزارع این عدد به ۳۹٪ نیز می‌رسد.

عملیات تشخیص میوه مورد نظر در وضعیت طبیعی واقعی ساده نیست زیرا بیشتر میوه‌ها تا حدی - حتی گاهی به طور کامل - در زیر برگها و شاخه‌ها مخفی می‌شوند یا با میوه‌های دیگر شباهت دارند. با این حال، بیشتر مطالعاتی که در این رابطه انجام شده است، عمدهاً مبتنی بر بینش رایانه‌ای، پردازش تصویر و تکنیک‌های یادگیری ماشین است. این فرایند برای تفکیک شرایط میوه به ابزارهای بسیار تخصصی و پیشرفته نیاز دارد، برای مثال بیش از شصت شکل، اندازه و رنگ برای فلفل آمده برداشت وجود دارد. با توجه به چنین پیچیدگی‌ای، ربات‌های بسیاری برای محصولات خاص در حال تولید هستند. برخی از ربات‌های پیشناختی که از آنها برای برداشت محصول استفاده می‌شوند عبارتند از SW 6010 [۴۲] و Octinion [۴۳] برای توت فرنگی، ربات SWEEPER [۴۴] برای فلفل و FFRobot [۴۵] برای برداشت میوه‌های درختی مانند سیب است که می‌تواند تا ۱۰ هزار میوه در ساعت را برداشت کند.

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

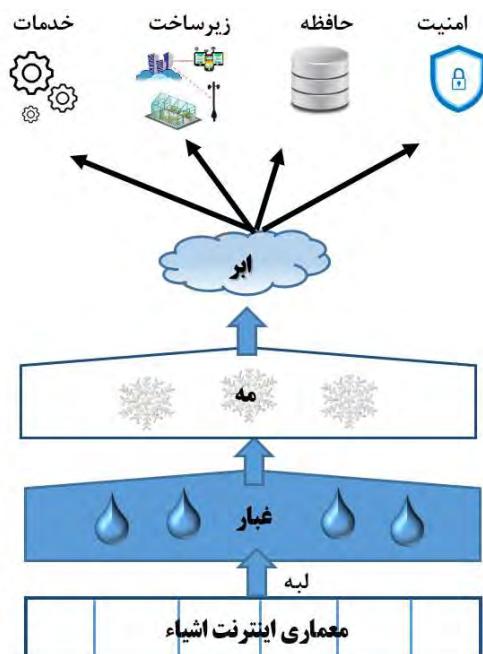
3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

۴-۴. محاسبات ابری

کشاورزان می توانند از خدمات ابر برای دسترسی به اطلاعات موسسات تجزیه و تحلیل پیشگو استفاده کنند تا بتوانند محصول مناسب را با توجه به نیازهای خاص خود انتخاب کنند. رایانش ابری به کشاورزان امکان استفاده از مخازن دانش بنیان را می دهد که شامل گنجینه ای از اطلاعات و تجربیات مربوط به شیوه های کشاورزی و همچنین گزینه های تجهیزات موجود در بازار با جزئیات لازم است. در بیشتر موارد، همه اینها همراه با مشاوره تخصصی در مورد طیف گسترده ای از منابع (به عنوان مثال، در مورد کشاورزی و فرآوری محصولات کشاورزی) ارائه می شود. برای موثرتر کردن این سناریو، می توان دسترسی به پایگاه داده های مصرف کننده، زنجیره های تأمین و سیستم های صورتحساب را گسترش داد. مطمئناً، حرکت به سمت خدمات مبتنی بر ابر فرصت هایی را برای کشف پیشرفت ها فراهم می کند، اما چالش های جدیدی را نیز به همراه دارد. سیستم تصمیم گیری مبتنی بر ابر نه تنها نیاز به تنوع داده ها و فرمت های آن دارد بلکه باید بتواند این فرمت ها را برای برنامه های مختلف پیکربندی کند.

یک سیستم مبتنی بر ابر باز توسط AgJunction [۴۶] ایجاد شده است که داده ها را در یک فرم از کنترل کننده های مختلف دقیق کشاورزی جمع آوری و پخش می کند، که منجر به کاهش هزینه ها و اثرات زیست محیطی می شود. به همین ترتیب، SourceTrace برنامه های موبایلی مبتنی بر ابر را توسعه و ارائه می دهد که قابلیت مشاهده و ارتباط بین مزارع و بازارها را داشته باشد و زنجیره ارزش را در منبع، مانند "خدمات الکترونیکی در همه جا" بیشتر رديابی کند [۴۷]. نکته مهم در مورد کاربردهای آنها این است که، آنها در حین توسعه، مزارع دور از دسترس و پهنهای باند کم را در نظر گرفتند.

شکل ۲ زیرساخت های احتمالی و سناریوی ارتباط محاسبات سیال شامل لبه، غبار و مه را برای کشاورزی هوشمند ارائه می دهد.



شکل ۲- زیرساخت محاسبات سیال برای کشاورزی هوشمند

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

۵. چالش های فعلی و انتظارات آینده

طبق برنامه اعلام شده در سال ۲۰۱۵ تحت "دستور کار ۲۰۳۰ برای توسعه پایدار"، سازمان ملل و جامعه بین المللی WHO هدف خود را برای پایان دادن به گرسنگی تا سال ۲۰۳۰ تعیین کردند. با این حال، آمارهای اخیر منتشر شده توسط (سازمان بهداشت جهانی) برای حمایت از این دستور کار چندان دلگرم کننده به نظر نمی رسد، زیرا بیش از ۸۰۰ میلیون نفر در سراسر جهان با کمبود غذا مواجه هستند- از هر ۹ نفر یک نفر [۴۸]. اگرچه این ارقام به خودی خود واقعاً نگران کننده هستند، اما آنچه تکان دهنده تر است کیفیت غذا است. به غیر از در دسترس بودن، کیفیت غذا در حال تبدیل شدن به یک مسئله جدی دیگر و حتی مهم تر است. انتظار می رود که درآمد سرانه اکثر کشورها در سال ۲۰۵۰ در مقایسه با سطح امروز چند برابر شود. چنین افزایشی در درآمد منجر به ایجاد جمعیت آگاه تر نسبت به سلامتی می شود که انتظار غذای با کیفیت غنی از فیبر و سایر مواد معدنی را دارد.

با حرکت جهان به سمت شهرنشینی، جمعیت روستایی نه تنها در حال کاهش است بلکه به سرعت پیش می شود. علاوه بر این، زمین های قابل کشت نیز در حال کاهش است. بسیاری از مناطق باقی مانده نیز به دلیل محدودیت های جغرافیایی و زیست محیطی برای محصولات خاصی مناسب هستند. تغییرات شدید آب و هوایی نیز تقریباً بر همه جنبه های تولید محصولات تأثیر می گذارد. انتظار می رود این تغییرات باعث تشديد بسیاری از مسائل زیست محیطی دراز مدت مانند خشکسالی، تخلیه آبهای زیرزمینی، تخریب خاک و غیره شود.

در طول قرن ۲۰، در بیشتر مناطق، تولیدکنندگان از روش های سنتی کشاورزی پیروی می کردند در حالی که سعی می کردند با استفاده بیشتر از کودها و سموم دفع آفات، نیازهای غذایی را برآورده کنند. بکارگیری این چنینی از مواد شیمیایی با دو مساله رو برو است: این مواد می توانند به افزایش تولید تنها در یک سطح خاص کمک کنند و در عین حال، استفاده کورکورانه از آنها پیامدهای برگشت ناپذیری را برای محیط زیست ایجاد می کند. علاوه بر این، استفاده از هر منبعی مانند آب، بذر، کودها و سموم دفع آفات، به طور یکسان در کل مزرعه، مشکلی را حل نمی کند. کشاورزان به جای بکارگیری از یک روش در مورد هر مزرعه و هر محصولی، باید از این منابع با توجه به نیاز آن منطقه خاص استفاده کنند، حتی نیاز هر گیاه را هم در نظر بگیرند.

با تمرکز بر بحث فوق، می توان چنین نتیجه گرفت که مزارع و عملیات مربوطه باید متفاوت از روشهای گذشته اداره شود. یکی از مهمترین دلایل این امر پیشرفت در فناوری، از جمله حسگرهای روش های ارتباطی، ماشین آلات و حتی ربات ها است. بیش از ۵۰٪ مردم به نوعی در صنعت کشاورزی مشغول هستند اما در مقایسه با کشورهای توسعه یافته که کمتر از ۲٪ از جمعیت به فعالیت کشاورزی مشغول هستند، از نظر کمیت و کیفیت بسیار عقب هستند. این تفاوت واضح است، زیرا کشورهایی مانند استرالیا، ایالات متحده و بسیاری از کشورهای اروپایی پیشگامان استفاده از ابزارها و روش های پیشرفتی به منظور چندین برابری کردن عملکرد محصول در پنج دهه گذشته هستند. این مقایسه ها نشان می دهد که فناوری های اخیر و روش های پیشرفتی باعث شده است که مزارع نه تنها بسیار سودآور بلکه اینمن و سازگار با محیط زیست باشند. با استفاده از فناوری های پیشرفتی مانند ربات های کشاورزی، Big Data و هوش مصنوعی رایانش ابری، کشاورزی می تواند دوره جدیدی از تلفیق فناوری ها را تجربه کند.

۶. نتیجه گیری

برای تأمین غذای جمعیت رو به افزایش جهان، با در نظر گرفتن روند کاهش سطح زمین های قابل کشت، لازم است بر روشهای هوشمندانه تر، بهتر و کارآمدتری برای رشد محصول متمرکز شد. در حال حاضر می توان به خوبی ترویج روش های جدید مدیریت و بهبود عملکرد محصول را مشاهده کرد: از بلوغ فناوری گرفته فناوری، تا جوانانی که کشاورزی را

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

به عنوان یک حرفه دنیال می کنند، کشاورزی به عنوان ابزاری برای کنار گذاشتن سوخت های فسیلی، رديابی رشد محصول، ایمنی و برچسب گذاری تغذیه، مشارکت بین تولید کنندگان، تأمین کنندگان و خرده فروشان و خریداران. در این مقاله همه این جنبه ها در نظر گرفته شده و نقش فناوری های مختلف، به ویژه اینترنت اشیا، به منظور هوشمند سازی و کارآیی کشاورزی برای پاسخگویی به انتظارات آینده، مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این منظور، حسگرهای بی سیم، رایانش ابری و فناوری های ارتباطی کاملاً مورد بحث قرار گرفته اند. علاوه بر این، بینش عمیق تری در مورد تلاش های تحقیقاتی اخیر ارائه شده است. در مجموع با توجه به کاربردهای کشاورزی، معماری ها و پلتفرم های مختلف مبتنی بر اینترنت اشیا ارائه می شود. خلاصه ای از چالش های فعلی صنعت و انتظارات آینده برای ارائه راهنمایی به محققان و مهندسان لیست شده است. بر اساس همه اینها، می توان نتیجه گرفت که هر اینچ زمین کشاورزی برای به حداقل رساندن تولید محصول حیاتی است. با این حال، برای بهره وری از هر اینچ زمین، استفاده از حسگرهای پایدار مبتنی بر اینترنت اشیا و فناوری های ارتباطی اختیاری نیست بلکه ضروری است.

مراجع:

1. L. Zhang, I. K. Dabip, and W. L. Brown, "Internet of Things applications for agriculture," in Internet of Things A to Z: Technologies and Applications, Q. Hassan, Ed., 2018.
2. S. Navulur and M. N. Giri Prasad, "Agricultural management through wireless sensors and Internet of Things," Int. J. Elect. Comput. Eng., vol. 7, no. 6, pp. 3492_3499, 2017.
3. Accessed: Apr. 15, 2019. [Online]. Available: <https://www.agrocares.com/en/products/lab-in-the-box/>
4. M. Hoogeveen, Y. Ono, S. P_ster, A.-M. Boulay, M. Berger, K. Nansai, K. Tahara, N. Itsubo, and A. Inaba, "Consistent characterisation factors at midpoint and endpoint relevant to agricultural water scarcity arising from freshwater consumption," Int. J Life Cycle Assessment, vol. 23, no. 12, pp. 2276_2287, 2018. doi: 10.1007/s11367-014-0811-5.
5. K. V. de Oliveira, H. M. E. Castelli, S. J. Montebeller, and T. G. P. Avancini, "Wireless sensor network for smart agriculture using ZigBee protocol," in Proc. IEEE 1st Summer School Smart Cities (S3C), Natal, Brazil, Aug. 2017, pp. 61_66.
6. The UN Decade for Deserts and the Fight Against Desertification: Impact and Role of Dry Lands. [Online]. Available: <https://www.unccd.int/undecade-deserts-and-fight-against-desertification-impact-and-role-dry-lands>
7. H. Kiiski, H. Dittmar, M. Drach, R. Vosskamp, M. E. Trenkel, R. Gutser, and G. Steffens, "Fertilizers, 2. types," in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 2009.
8. Keeping Plant Pests and Diseases at Bay: Experts Focus on Global Measures. Accessed: Apr. 13, 2019. [Online]. Available: <http://www.fao.org/news/story/en/item/280489/icode/>
9. R. P. Pohanish, Sittig's Handbook of Pesticides and Agricultural Chemicals, 2nd ed. 2015.
10. R. Waskom, T. Bauder, R. Pearson, "Best management practices for agricultural pesticide use," Bulletin #XCM-177, May 2017.
11. S. Kim, M. Lee, and C. Shin, "IoT-based strawberry disease prediction system for smart farming," Sensors, vol. 18, no. 11, p. 4051, 2018.
12. K. Stein, D. Coulibaly, K. Stenly, D. Goetze, S. Porembski, A. Lindner, S. Konaté, and E. K. Linsenmair, "Bee pollination increases yield quantity and quality of cash crops in Burkina Faso, West Africa," Sci. Rep., vol. 7, Dec. 2017, Art. no. 17691.

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

13. M. Ayaz, M. Ammad-Uddin, I. Baig, and E.-H. M. Aggoune, "Wireless sensor's civil applications, prototypes, and future integration possibilities: A review," *IEEE Sensors J.*, vol. 18, no. 1, pp. 4_30, Jan. 2018.
14. Z. Wang, K. B. Walsh, and B. Verma, "On-tree mango fruit size estimation using RGB-D images," *Sensors*, vol. 17, no. 12, p. 2738, 2017.
15. C. Zhang, R. Wohlhueter, and H. Zhang, "Genetically modified foods: A critical review of their promise and problems," *Food Sci. Hum. Wellness*, vol. 5, no. 3, pp. 116_123, 2016.
16. M. Woods, *Glass Houses: History of Greenhouses, Conservatories and Orangeries*. London, U.K.: Aurum Press, 1988.
17. R. R. Shamshiri, F. Kalantari, K. C. Ting, K. R. Thorp, I. A. Hameed, C. Weltzien, D. Ahmad, and Z. M. Shad, "Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture," *Int. J. Agricult. Biol. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 1_22, 2018.
18. M. A. Akka³ and R. Sokullu, "An IoT-based greenhouse monitoring system with Micaz motes," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 113, pp. 603_608, 2017.
19. D. Pimentel and M. Burgess, "Soil erosion threatens food production," *Agriculture*, vol. 3, no. 3, pp. 443_463, 2013.
20. K. Benke and B. Tomkins, "Future food-production systems: Vertical farming and controlled-environment agriculture," *Sustainability, Sci., Pract. Policy*, vol. 13, no. 1, pp. 13_26, 2017.
21. Accessed: Jul. 27, 2019. [Online]. Available: <https://www.veggitech.com/>
22. Hydroponics Water Quality. Accessed: Apr. 25, 2019. [Online]. Available: <https://sensorex.com/hydroponics/>
23. H. Ibayashi, Y. Kaneda, J. Imahara, N. Oishi, M. Kuroda, and H. Mineno, "A reliable wireless control system for tomato hydroponics," *Sensors*, vol. 16, no. 5, p. 644, 2016.
24. A. Theopoulos, A. Boursianis, A. Koukounaras, and T. Samaras, "Prototype wireless sensor network for real-time measurements in hydroponics cultivation," in Proc. 7th Int. Conf. Modern Circuits Syst. Technol. (MOCAST), Thessaloniki, Greece, May 2018, pp. 1_4.
25. P. Tripodi, D. Massa, A. Venezia, and T. Cardi, "Sensing technologies for precision phenotyping in vegetable crops: Current status and future challenges," *Agronomy*, vol. 8, no. 4, p. 57, 2018.
26. Y. Rouphael, L. Spíchal, K. Panzarová, R. Casa, and G. Colla, "High throughput plant phenotyping for developing novel biostimulants: From lab to field or from field to lab?" *Frontiers Plant Sci.*, vol. 9, p. 1197, Aug. 2018.
27. J. Zhou, D. Reynolds, D. Websdale, T. Le Cornu, O. Gonzalez-Navarro, C. Lister, S. Orford, S. Laycock, G. Finlayson, T. Stitt, M. D. Clark, M. W. Bevan, and S. Grifths, "Cropquant: An automated and scalable field phenotyping platform for crop monitoring and trait measurements to facilitate breeding and digital agriculture," *bioRxiv*, Tech. Rep., 2017.
28. Global Smart Farming Market to Reach \$23.14 Billion by 2022. Accessed: Apr. 25, 2019. [Online]. Available: <https://www.globenewswire.com/news-release/2018/08/02/1546021/0/en/Global-Smart-Farming-Market-to-Reach-23-14-Billion-by-2022.html>

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک

3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

29. V. Gasso-Tortajada, A. J. Ward, H. Mansur, T. Brøchner, C. G. Sørensen, and O. Green, ``A novel acoustic sensor approach to classify seeds based on sound absorption spectra," Sensors, vol. 10, no. 11, pp. 10027_10039, 2010.
30. G. Pajares, ``Advances in sensors applied to agriculture and forestry," Sensors, vol. 11, no. 9, pp. 8930_8932, 2011.
31. I. Molina, C. Morillo, E. García-Meléndez, R Guadalupe, and M. I. Roman, ``Characterizing olive grove canopies by means of ground based hemispherical photography and spaceborne RADAR data," Sensors, vol. 11, no. 8, pp. 7476_7501, 2011.
32. G. Pajares, A. Peruzzi, and P. Gonzalez-de-Santos, ``Sensors in agriculture and forestry," Sensors, vol. 13, no. 9, Sep. 2013, Art. no. 12132.
33. D. Andjar, A. Ribeiro, C. F. Quintanilla, J. Dorado, and J. Dorado, ``Assessment of a ground-based weed mapping system in maize," Precision Agriculture. 2009.
34. T. K. Yew, Y. Yusoff, L. K. Sieng, H. C. Lah, H. Majid, and N. Shelida, ``An electrochemical sensor ASIC for agriculture applications," in Proc. 37th Int. Conv. Inf. Commun. Technol., Electron. Microelectron. (MIPRO), Opatija, Croatia, May 2014, pp. 85_90.
35. M. A. M. Yunus and S. C. Mukhopadhyay, ``Novel planar electromagnetic sensors for detection of nitrates and contamination in natural water sources," IEEE Sensors J., vol. 11, no. 6, pp. 1440_1447, Jun. 2011.
36. A. Kumar, A. Bhatia, R. K. Fagodiya, S. K. Malyan, and B. L. Meena, ``Eddy covariance flux tower: A promising technique for greenhouse gases measurement," Adv. Plants Agricult. Res., vol. 7, no. 4, pp. 337_340, 2017.
37. I. Del-Moral-Martínez, J. R. Rosell-Polo, J. Company, R. Sanz, A. Escolà, J. Masip, J. A. Martínez-Casasnovas, and J. Arnó, ``Mapping vineyard leaf area using mobile terrestrial laser scanners: Should rows be scanned on-the-go or discontinuously sampled?" Sensors, vol. 16, no. 1, p. 119, Jan. 2016.
38. Hello Tractor. The Uber for Tractors. Accessed: Apr. 25, 2019. [Online]. Available: <http://impactjournalismday.com/story/hello-tractor/>
39. J. Oliver. (Aug. 2017). e-Agriculture-Internet of Things (LoT) for Agriculture Webinar Series: IoT: The Internet of Tractors. [Online]. Available: <http://www.fao.org/e-agriculture/news/internet-things-lotagriculture-webinar-series-iot-internet-tractors>
40. John Deere_Bringing AI to Agriculture. Accessed: Apr. 24, 2019. [Online]. Available: <https://rctom.hbs.org/submission/john-deerebringing-ai-to-agriculture/>
41. S. G. Bronars, ``A vanishing breed: How the decline in U.S. Farm laborers over the last decade has hurt the U.S. economy and slowed production on American farms," New American Economy, Tech. Rep., Jul. 2015.
42. Accessed: Apr. 15, 2019. [Online]. Available: <https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/27566.htm>
43. Accessed: Apr. 15, 2019. [Online]. Available: <https://www.fastcompany.com/40473583/this-strawberry-picking-robot-gently-picks-the-ripest-berries-with-its-robo-hand>
44. Accessed: Apr. 15, 2019. [Online]. Available: http://www.sweeper-robot.eu/11-news/48-sweeper-demonstrated-its-harvesting-robot-for-the-_rstime

مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک



3rd International Conference on Electrical, Computer and Mechanical Engineering

45. Accessed: Apr. 15, 2019. [Online]. Available: <https://www.ffrobotics.com/>
46. Cloud Computing Helps Agriculture Industry Grow. Accessed: Sep. 6, 2019. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/blogs/cloud-computing/2015/01/23/cloud-computing-helps-agriculture-industry-grow/>
47. Accessed: Apr. 25, 2019. [Online]. Available: <http://www.sourcetrace.com/apps/>
48. Global Hunger Continues to Rise, New UN Report Says. Accessed: Apr. 15, 2019. [Online]. Available: https://www.who.int/news-room/detail/11-09-2018-global-hunger-continues-to-rise_new-un-report-says