



جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱۴۰۵، دوره ۹ شماره ۱، صص ۱۱۵۴-۱۱۴۰

شناسائی کاربردهای اینترنت اشیاء در کشاورزی

حسین رضا شهبازی

۱- گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی - دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی - دانشگاه تبریز - تبریز -

E-mail: hr.shahbazi@yahoo.com ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۵

چکیده

از ایام گذشته تا به حال فرآیند کشاورزی جزء مهمترین نیازهای بشر بوده و افزایش جمعیت؛ کشاورزان را مجبور به تولید بیشتر یا مصرف کمتر منابع می‌کند. کشاورزی با توجه به مشکلات متعددی نظیر کمبود منابع و تغییرات آب و هوایی که با آن مواجه است، از لحاظ کیفی و کمی نیاز به تولید بیشتر محصولات غذایی دارد. پیشرفت‌های صورت گرفته در فناوری اینترنت اشیاء و تحلیل داده‌های آن این امکان را فراهم نموده است که راهکارهای جدیدی برای مقابله با این چالش‌های پیچیده استفاده گردد. در گزاره «اینترنت اشیاء» به یک جسم (هر چیزی که حجم داشته و فضایی را اشغال می‌کند) یا داده و اطلاعات مجازی اشاره دارد که توانایی شناسایی و یکپارچه شدن با شبکه‌های ارتباطی را داراست. از این رو هدف این پژوهش شناسایی کاربردهای اینترنت اشیاء در کشاورزی به روش توصیفی - تحلیلی و جمع‌آوری اطلاعات به صورت اسنادی صورت گرفته است. نتایج پژوهش بیانگر آن است که از مهمترین مزایای کاربرد اینترنت اشیاء در کشاورزی؛ بهینه‌سازی مصرف انرژی، افزایش ظرفیت تولید، کاهش هزینه‌ها و بهره‌وری مالی، جلوگیری از بروز مشکلات زیست محیطی و... می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اینترنت اشیاء، کشاورزی هوشمند، کشاورزی دقیق، فناوری اینترنت.

اینترنت اشیاء اصطلاحی است که کوین اشتون (۱۹۹۹) برای نخستین بار آن را مطرح کرد. اینترنت اشیاء، یک جهان فناورانه را ترسیم می‌کند که در آن بسیاری از اشیاء مانند حسگرها، ابزارها و تجهیزات روزمره با استفاده از اینترنت و قابلیت‌های شبکه، به هم مرتبط می‌شوند (Tsonis et al., 2017: 13).

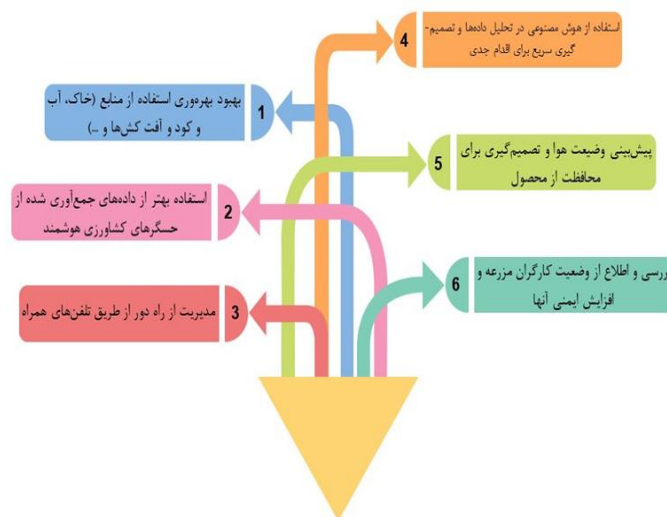
اینترنت اشیاء میلیاردها دستگاه را به اینترنت متصل می‌کند و در دهه اخیر به عنوان فناوری متفاوت و پیشرو محبوبیت چشم‌گیری را به دست آورده است. به طور کلی، دستگاه‌های اینترنت اشیاء از طریق ترکیب تکنیک‌های سنجش، محاسبات و ارتباطات می‌توانند جمع‌آوری از راه دور داده و کنترل سیستم را امکان پذیر کنند (Ruiz-Rosero et al., 2017: 8). از همین رو کاربردهای اینترنت اشیاء را می‌توان در حوزه‌های مختلف نظیر شهر هوشمند، خانه هوشمند، انرژی هوشمند، خودروهای متصل، کشاورزی هوشمند، ساختمان‌ها و کمپ‌های متصل، سلامت و لجستیک نیز در نظر گرفت (Elijah et al., 2018: 3756).

اینترنت اشیاء از جمله فناوری‌های نوظهور است. پیش بینی می‌شود کشاورزی به شدت از پیشرفت این فناوری تأثیر خواهد پذیرفت (Khana and Kar, 2019: 29). هدف از به‌کارگیری اینترنت اشیاء در کشاورزی؛ توانمندسازی کشاورزان از طریق فناوری‌های اتوماسیون و ابزارهای تصمیم‌گیری است که منجر به یکپارچگی محصولات، دانش و سرویس‌ها برای بهره‌وری و کیفیت بهتر می‌شود (Elijah et al., 2018: 36). از این رو اینترنت اشیاء در سطوح مختلفی در حوزه کشاورزی می‌تواند مورد استفاده واقع شود. به عنوان مثال برای سنجش متغیرهایی نظیر حالت خاک، شرایط جوی و زیست توده گیاهان یا جانوران به کار رود. جهت ارزیابی و کنترل متغیرهایی نظیر دما، رطوبت، نوسانات و ضربه در مسیر حمل و نقل محصولات کشاورزی نیز می‌توان از آن استفاده کرد. همچنین از آن می‌توان برای نظارت و پیش‌بینی وضعیت و تقاضای محصول در قفسه‌ها و حتی درون یخچال‌ها استفاده کرد. علاوه بر این از اینترنت اشیاء می‌توان برای ارائه اطلاعات مربوط به مبدأ و خواص مربوط به محصول تولید شده به کاربر نهایی استفاده کرد (Talavera et al., 2017: 290).

از ایام گذشته تا به حال فرآیند کشاورزی جزء مهمترین نیازهای بشر بوده و افزایش جمعیت؛ کشاورزان را مجبور به تولید بیشتر یا مصرف کمتر منابع می‌کند. به طوری که بر اساس اعلام سازمان خواروبار جهانی، پیش‌بینی می‌شود جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ میلادی به ۹/۶ میلیارد نفر رسیده و تقاضا برای مواد غذایی ۷۰ درصد افزایش یابد. افزایش جمعیت جهانی و همچنین افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی، نیاز به نوسازی روش‌های تولید و افزایش بهره‌وری در استفاده از نهاده‌های کشاورزی را بیش از پیش ضرورت می‌بخشد (Kurner and Wa Nastrath, 2008: 127). به همین خاطر تقاضای زیادی برای غذا وجود خواهد داشت و این همراه با کم شدن

منابع طبیعی قابل کشت است. نگرانی عمده بیشتر کشورهای جهان به سمت استفاده از اینترنت اشیا همراه با تجزیه و تحلیل داده برای دیدار با تقاضای غذایی جهان در سال‌های آینده می‌باشد. با افزایش جمعیت نیاز بشر چند برابر می‌شود و در کنار این؛ منابع طبیعی کم خواهد شد. بنابراین با توجه به پیش بینی‌های انجام شده با استفاده از تکنولوژی و فناوری اینترنت اشیا در هر حوزه، مخصوصاً در حوزه کشاورزی می‌توانیم به بهبود روند رشد در جهان هستی کمک کنیم (Feli and Jafari motlagh, 2023: 158).

کشاورزی هوشمند که مبتنی بر تکنولوژی اینترنت اشیا باشد می‌تواند باعث افزایش محصولات، کاهش مصرف آب، کاهش هزینه‌های مصرف کشاورزی از جمله هزینه‌های مربوط به نیروی انسانی و افزایش سودآوری و تولید مقرون به صرفه، کاهش ضایعات و صرفه جویی در هزینه و غیره می‌شود که شکل (۱) دیگر مزایای آن را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- مزایای کشاورزی هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

ایران به عنوان یک کشور در حال گذر از اقتصاد عامل محور به اقتصاد کارایی محور، برای دستیابی به چشم‌انداز اقتصادی ۱۴۰۴ (برابر با سال ۲۰۲۵ میلادی) خود به دنبال توسعه کاربردهای اینترنت اشیا در صنایع به منظور استفاده از مزایای آن در راستای دستیابی به اهداف توسعه پایدار است (Mohammadzadeh et al., 2018: 127). براساس تحقیقات انجام شده و آمار ارائه شده میزان هدر رفت آب در ایران ۲۸ تا ۳۰ درصد بوده که در دنیا ۹ تا ۱۲ درصد می‌باشد (CHEN and YAN, 2019: 77139). متأسفانه بسیاری از کشاورزان هنوز به شیوه سنتی کشاورزی انجام می‌دهند که منجر به کاهش عملکرد محصولات و میوه‌ها می‌شود. بر این اساس هدف این تحقیق شناسایی نقش اینترنت اشیا در کشاورزی هوشمند و پاسخ به این سوال زیر است:

کاربردهای فناوری اینترنت اشیا به‌عنوان یکی از فناوری‌های تحول دیجیتال در حوزه‌های کشاورزی چیست؟

در ادامه پس از بیان مقدمه و بیان مسئله؛ پیشینه پژوهش و روش پژوهش استفاده شده شرح داده می‌شود، و در پایان نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

۲- پیشینه پژوهش

فرخی و گاپله (۱۳۹۷) به مطالعه کشاورزی هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا پرداخته‌اند که نتایج پژوهش نشان داده که با بهره‌گیری از خدماتی که فناوری اینترنت اشیا در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد، عملکرد محصولات افزایش و هزینه‌ها به شکل چشم‌گیری کاهش می‌یابد ضمن اینکه مداخلات انسانی نیز با استفاده از این فناوری کاهش خواهد یافت.

محمدیان و همکاران (۱۳۹۹) به شناسایی و دسته‌بندی کاربردهای تحلیل داده فناوری اینترنت اشیا در توسعه کشاورزی هوشمند با استفاده از روش فراترکیب پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که انتشار مقالات مرتبط با راهکارهای اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی از روند صعودی برخوردار بوده و کشورهای چین و هند در استفاده از فناوری اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی پیشرو هستند.

دلادو و کالزی (۲۰۱۵) با بررسی پتانسیل‌های بالقوه فناوری اینترنت اشیا، راهکارهای مبتنی بر اینترنت اشیا را جهت تحقق توسعه پایدار در روستاهای زیمباوه و آفریقای جنوبی پیشنهاد داده‌اند. آنها در مقاله خود به کاربردهای اینترنت اشیا نظیر سیستم آبیاری دقیق، سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری تولید محصول، سیستم پیش‌بینی آب و هوا، سیستم کنترل بیماری و آفات و نظارت بر پارامترهای محیطی و خاک در زمینه مزرعه‌داری و سیستم ردیابی و شناسایی حیوانات و سلامت آنها و سیستم ردیابی و تشخیص آتش‌سوزی درختان جنگل اشاره کردند.

ری (۲۰۱۷) و تزونیس و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله خود، ابتدا کاربردهای بالقوه اینترنت اشیا در کشاورزی و چالش‌های مرتبط با آن را به صورت جامع بررسی کرده است. سپس مطالعه‌های موردی را بررسی کرده و در نهایت چالش‌ها و نقشه راه آینده اینترنت اشیا را برای کشاورزی هوشمند را پیشنهاد داده است.

تالورا و همکاران (۲۰۱۷) کاربردهای اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی را بررسی کرده‌اند. آنها کاربردهای استخراج شده را در چهار دسته نظارت، کنترل، پیش‌بینی و لجستیک دسته‌بندی و در نهایت معماری اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی را ارائه کردند.

کور و همکاران (۲۰۲۰) به تحولات اخیر اینترنت اشیا در کشاورزی پرداخته‌اند. نتایج حاکی از آن است که با بکار بردن اینترنت اشیا به توسعه پروژه‌های بخش خصوصی، عمومی، سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، و استارت‌آپ‌ها در سرتاسر جهان شروع به کار کردند تا راه‌حل‌های هوشمند و پایدار کشاورزی را با دقت ارائه می‌دهد.

میشرا و همکاران (۲۰۲۱) بررسی اینترنت اشیا و کاربرد آن در کشاورزی را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد IoT در کشاورزی به افزایش تولید محصولات زراعی و کاهش تلفات محصولات ناشی از بیماری کمک می‌کند. برای توانمندسازی کشاورزان هندی و به نوبه خود توانمندسازی اقتصاد هند، کاربردهای کشاورزی مبتنی بر اینترنت اشیا برای کشاورزان ضروری است.

بالاسوبرامانیان و نوانیتان (۲۰۲۱) به بررسی کاربردهای اینترنت اشیا برای کشاورزی هوشمند - نظرسنجی را مورد پژوهش قرار داده و به این نتیجه دست یافته‌اند که این فناوری برای یافتن بهترین کیفیت برای مدیریت تغییرات آب و هوا، فرسایش خاک و دسترسی به آب در حسگرهای مختلف استفاده می‌شود.

۳- کاربردهای اینترنت اشیا در کشاورزی

با استفاده از حسگرهای فعلی و فناوری‌های اینترنت اشیا در کشاورزی، هر یک از ویژگی‌های شیوه‌های کشاورزی مرسوم بازسازی می‌شوند. ادغام حسگرهای بی‌سیم و اینترنت اشیا در کشاورزی هوشمند به بسیاری از مسائلی که کشاورزی مرسوم با آن مواجه است پاسخ می‌دهد. به عنوان مثال، تناسب زمین، پایش خشکسالی، آبیاری، کنترل آفات و به حداکثر رساندن عملکرد (Raut et al., 2017:69). بنابراین اینترنت اشیا در کاربردهای زیادی دارد. سنجش و کنترل زیرساخت‌های کشاورزی مثل گلخانه، راه اندازی شبکه‌های حسگر تصاویر از راه دور برای تشخیص آفات و بیماری‌های گیاهی، ساماندهی شبکه‌های شناساگر فرکانس رادیویی و ارتباط میدان نزدیک برای ردیابی، شناسایی و بررسی از راه دور سلامت محصول (Tsunis et al., 2017: 50) از جمله کاربردهای اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی هستند. برخی دیگر از کاربردهای اینترنت اشیا در کشاورزی به شرح زیر است:

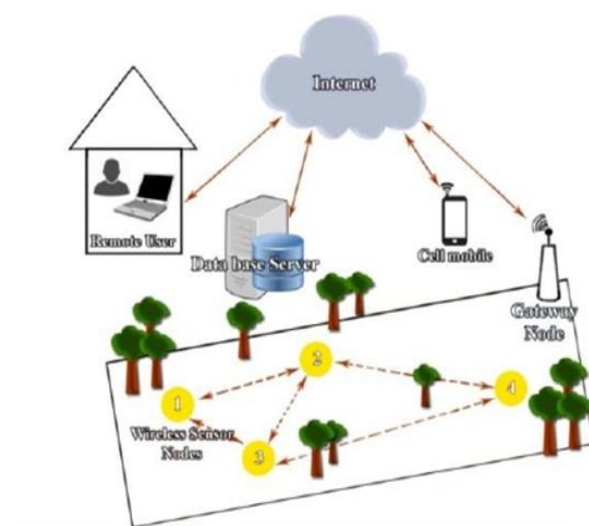
۳-۱- کشاورزی دقیق (Precision Farming)

منظور از کشاورزی دقیق، هر کاری است که انجام می‌دهیم تا دقت کشاورزی و مزرعه‌داری را به حداکثر برسانیم. برای رسیدن به این هدف، تکنیک‌های مختلفی از حوزه فناوری اطلاعات، هوش مصنوعی، سخت‌افزارهای خودکار و ... استفاده می‌شوند. برای انجام کشاورزی دقیق، داشتن ۳ مورد زیر ضروری است:

- اینترنت پرسرعت
- تلفن همراه
- ماهواره‌های قابل اطمینان و کم‌هزینه، برای تصویربرداری و موقعیت‌یابی

کشاورزی دقیق به عنوان مهمترین کاربرد اینترنت اشیا در کشاورزی شناخته می‌شود و در حال حاضر در سراسر دنیا توسط کمپانی‌های بزرگ در حال توسعه و پیشرفت است. هدف اصلی کشاورزی دقیق رسیدن به حداکثر برگشت سرمایه در کشاورزی است که پایش مزرعه مهمترین عامل آن می‌باشد. اینترنت اشیا می‌تواند با استفاده از حسگرهای مختلف محیطی و زیستی، اطلاعات جامعی در اختیار بهره‌بردار قرار دهد. از آنجایی که در کشاورزی دقیق از سیستم اطلاعات جغرافیایی در هدایت و مدیریت وسایل مزرعه نظیر تراکتور یا استفاده از کنسول‌های دیجیتالی خاص استفاده می‌شود، جمع‌بندی اطلاعات پس از پایش مزرعه نقشه راه روشنی را در اختیار بهره‌بردار قرار می‌دهد (Feli and Jafari motlagh, 2023: 3).

در کشاورزی دقیق با استفاده از برنامه‌های اینترنت اشیا بسیاری از اتفاقات را قبل از وقوع پیش‌بینی می‌کند و به کشاورز اجازه می‌دهد بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده عمل کرده و برنامه‌ریزی کند. فناوری‌های IOT به کشاورزان کمک می‌کند تا کمیت را همراه با کیفیت و پایداری، افزایش و هزینه‌های تولید محصولات کشاورزی را کاهش دهند.



شکل ۲- استفاده اینترنت اشیا در کشاورزی دقیق

۳-۲- پایش و کنترل

در طول دهه گذشته از حسگرهای باسیم و بی‌سیم به وفور در کشاورزی استفاده شده است. برای اخذ تصمیم‌های بهتر و دقیق‌تر در راستای افزایش کمی و کیفی محصول، پایش محیط تولید محصول‌های کشاورزی امری حیاتی است (Nishina et al., 2015: 1). در نظام‌های اینترنت اشیا، از شبکه حسگرهای بی‌سیم با امکان اتصال به اینترنت و محاسبات هوشمند داده برای پایش و نظارت بر مزارع، باغ‌ها، گلخانه‌ها، محیط‌های پرورش دام و طیور و آبیان استفاده زیادی می‌شود. برای پایش سنج‌های آب و هوایی (با استفاده از حسگرهای دما، رطوبت نسبی هوا، سرعت و جهت باد) و خاک (با استفاده از حسگرهای دما، رطوبت و میزان تشعشع خورشید) هم در فضای باز و هم در

محیط‌های بسته کشاورزی به وفور از شبکه حسگر بی‌سیم استفاده شده است (Tsunis et al., 2017: 28). این حسگرها با ثبت لحظه‌ای متغیرهای محیطی، امکان اطلاع از وضعیت محیط رشد را فراهم می‌کنند. کاربر می‌تواند در صورت تشخیص نامناسب بودن شرایط رشد گیاه، آن را تغییر دهد.

۳-۳- پرورش دام

اینترنت اشیاء در دامداری نه تنها برای پایش و کنترل حیوانات بلکه برای پایش و کنترل محیط زیست حیوان استفاده می‌شود. حتی از این فناوری برای پایش مزارع چرای دام نیز استفاده شده است (Bhargava et al., 2015: 2). همچنین از حسگرهای بی‌سیم برای ردیابی حیوانات و تحلیل رفتار آن‌ها (Askayin et al., 2013) و نظارت بر بو و گازهای خطرناک استفاده می‌شود (Nadimi et al., 2013: 1834). در شکل (۳)، نمونه‌ای از نظام اینترنت اشیاء در پرورش دام در محیط باز نشان داده شده است.



شکل ۳- چارچوب یک نظام اینترنت اشیاء در پرورش دام

۳-۴- گلخانه

مهمترین دلیل استفاده از گلخانه در کشاورزی امکان کنترل دما، رطوبت و نور می‌باشد. با توجه به ماهیت اینترنت اشیاء می‌توان از طریق حسگرهای متفاوت دما، رطوبت خاک و هوا و نور اقدام به مدیریت گلخانه نمود. با ارسال اطلاعات هر یک از عوامل محیطی از طریق حسگرها بهره‌بردار قادر به مدیریت گلخانه خواهد بود. بدیهی است اینگونه هزینه‌ها باعث افزایش قیمت محصول گلخانه‌ای خواهد شد ولی استفاده از اینترنت اشیاء ضمن مدیریت کامل و دقیق گلخانه باعث کاهش هزینه‌های تولید خواهد شد (Atari, 2015: 63).



شکل ۴- گلخانه هوشمند

۳-۵- ردیابی ذخیره تأمین غذا

زنجیره تأمین مواد غذایی از مرحله تولید تا مصرف در شکل ۵ نشان داده شده است. اینترنت اشیا شامل مجموعه‌ای از راه‌حل‌ها برای کمک به ساخت، حمایت و نگهداری از نظام‌های ردیابی زنجیره تأمین مواد غذایی می‌باشد. شناساگر فرکانس رادیویی رایج‌ترین فناوری اینترنت اشیا برای زنجیره تأمین مواد غذایی بوده و برچسب‌های شناساگر فرکانس رادیویی، به عنوان رمز میلی‌های پیشرفته عمل می‌کنند و امکان ردیابی محصولات کشاورزی را فراهم می‌آورند (Maksimovich et al., 2015: 588).



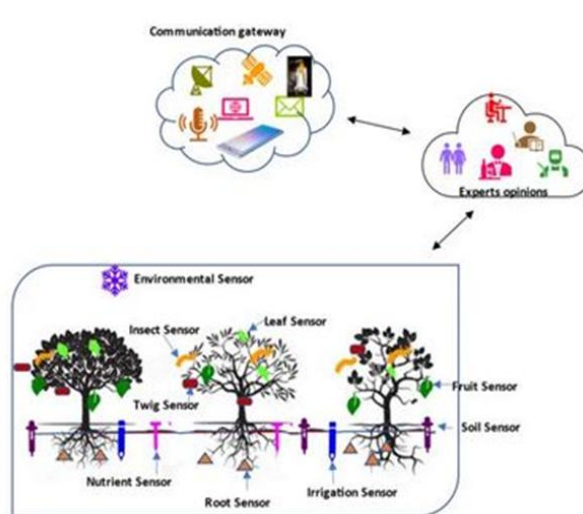
شکل ۵- طرح کلی زنجیره تأمین غذا از تولید تا مصرف

۳-۶- آلودگی آب و فرسایش خاک

یکی از مشکلات کشاورزی در مناطق کمتر توسعه یافته فرسایش شدید خاک و صدمات جانی به روستاییان می‌باشد، اینترنت اشیا با استفاده از سامانه‌های تابش نور ماهواره‌ای هرگونه آلودگی آبی را رصد می‌کند. جهت پایش آلودگی آب و جلوگیری از ایجاد سیل و فرسایش خاک وب سائتی طراحی می‌شود که اطلاعات پایش از طریق حسگرها آنالیز و آگاهی‌های لازم ارائه می‌شود (Wang et al., 2017: 4209).

۳-۷- پایش و پیش‌بینی عملکرد

مکانیسم نظارت بر عملکرد، با عملکرد محتوای رطوبت و کیفیت محصول مطابقت دارد. کیفیت به گرده افشانی با گرده خوب بستگی دارد، به ویژه در شرایط متغیر محیطی. اینترنت اشیا پیش‌بینی عملکرد محصول را قبل از برداشت محصول پیش‌بینی کرده و به کشاورز در برنامه‌ریزی آینده، تصمیم‌گیری و تجزیه و تحلیل بیشتر کیفیت عملکرد کمک می‌کند. شکل (۶) ایده شبکه مبتنی بر اینترنت اشیا برای مزرعه (کشاورزی) را نشان می‌دهد.



شکل ۶- یک شبکه مبتنی بر اینترنت اشیا برای کشاورزی هوشمند

توسعه و نصب یک مانیتور عملکرد بر روی یک دروگر، متصل به یک برنامه تلفن همراه، برداشت محصول را در زمان واقعی نشان می‌دهد، و به طور خودکار داده‌ها را به پلتفرم مبتنی بر وب سازنده منتقل می‌کند. برای تخمین تولید محصول و نظارت، از تصاویر ماهواره‌ای برای پوشش مناطق وسیعی استفاده می‌شود (Kaur and Sood, 2017: 79). برای محصولات میوه، تصاویر ماهواره‌ای چند رنگی، برای ردیابی شرایط متنوع میوه، به ویژه اندازه و رنگ میوه، استفاده می‌شود و نقش عمده‌ای در تخمین بلوغ آن، تصمیم‌گیری در مورد برداشت و فرصت‌های بازار ایفا

می‌کند. به طور مشابه، چندین حسگر نوری (Deepak et al., 2017: 236) برای نظارت بر انقباض میوه‌ها در طول شرایط خشک کردن استفاده می‌شود.

۳-۸- آبیاری

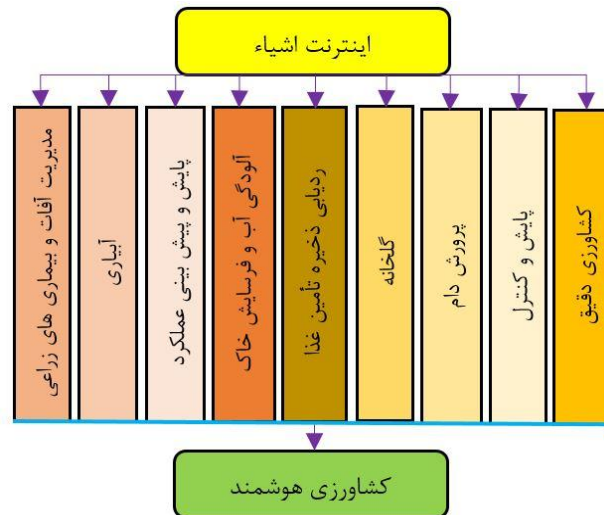
بر اساس کنوانسیون سازمان ملل متحد برای مبارزه با بیابان‌زایی (UNCCD)، 168 کشور تا سال ۲۰۳۰ غرق بیابان‌زایی خواهند شد و نزدیک به ۵۰ درصد از جمعیت جهان در مناطق با کمبود آب زندگی می‌کنند (Simulation and Validation, 2014: 12). با توجه به بحران‌های آبی و افزایش تقاضا برای کشاورزی و سایر فعالیت‌ها، باید در اختیار مناطق دارای مقدار آب قرار گیرد. منابع آب با اتخاذ سیستم‌های آبیاری کنترل شده و کارآمدتر حفظ می‌شود. به عنوان مثال، آبیاری قطره‌ای و بارانی. برآورد تقاضای آب برای محصولات کشاورزی بر اساس نوع خاک، میزان بارش، روش آبیاری، نوع محصول و نیاز و همچنین حفظ رطوبت خاک کنترل می‌شود. استفاده از سیستم‌های کنترل رطوبت هوا و خاک با حسگرهای بی‌سیم منابع آب را بهینه می‌کند و سلامت محصول را بهبود می‌بخشد. در سناریوی فعلی، افزایش قابل توجهی در بهره‌وری محصول با استفاده از تکنیک‌های اینترنت اشیا یعنی مدیریت آب مبتنی بر CWSI (شاخص تنش آب محصول) (Aslam et al., 2020: 183)، که از تاج پوشش محصول در مراحل مختلف رشد محصول و دمای هوا محاسبه می‌شود، پیش‌بینی می‌شود. اطلاعات حاصل از داده‌های آب و هوا، حسگرها و تصویربرداری ماهواره‌ای مربوط به مدل CWSI برای محاسبه نیاز آب است و پیش‌بینی‌هایی با استفاده از مقادیر شاخص آبیاری می‌تواند برای هر مزرعه بر اساس شیب یا تغییرپذیری خاک برای بهبود کارایی مصرف آب استفاده شود.

۳-۹- مدیریت آفات و بیماری‌های زراعی

سازمان خواربار و کشاورزی (FAO) به این نتیجه رسیده که کاهش سالانه محصول جهانی بین ۲۰ تا ۴۰ درصد تنها به دلیل آفات و بیماری‌ها بوده و این تلفات با استفاده از آفت‌کش‌ها و سایر مواد شیمیایی کشاورزی کنترل می‌شود (Al-Kodmany, 2018: 14). بیشتر آنها برای سلامت انسان و حیوانات مضر هستند و در نهایت باعث آلودگی سیستم‌های محیطی می‌شوند (Cravero et al., 2020: 96). دستگاه‌های مبتنی بر اینترنت اشیا، مانند ربات‌ها، حسگرهای بی‌سیم و هواپیماهای بدون سرنشین، دقیقاً با نظارت، مدل‌سازی و پیش‌بینی بیماری، حریفان محصول را دقیقاً شناسایی و کنترل می‌کنند و اثربخشی کلی را بیشتر از روش‌های سنتی کنترل آفات افزایش می‌دهند. فرآیند مدیریت بیماری و آفات مبتنی بر اینترنت اشیا به تشخیص و پردازش تصویر بستگی دارد. تصاویر سنجش از دور و حسگرهای مزرعه، برای جمع‌آوری داده‌هایی مانند سلامت گیاه و بروز آفات در هر مزرعه برای کل دوره زراعی استفاده می‌شوند. تله‌های خودکار مبتنی بر اینترنت اشیا (Oswal, 2019: 10) انواع حشرات را می‌گیرند، شمارش

می‌کنند و توصیف می‌کنند و داده‌ها را برای تجزیه و تحلیل کامل در Cloud آپلود می‌کنند. با توجه به پیشرفت‌های فناوری رباتیک، یک ربات کشاورزی با دستگاه‌های سنجش تصویر چند طیفی و نازل‌های پاشش دقیق برای شناسایی و کنترل دقیق‌تر مشکلات آفات تحت سیستم مدیریت اینترنت اشیاء استفاده می‌شود (Lavanya, 2020: 6).

در نهایت با توجه به مرور مبانی نظری و پیشینه پژوهش اقدام به ترسیم مدل مفهومی گردید که در شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل ۷- مدل مفهومی پژوهش

۴- روش شناسی پژوهش

روش تحقیق بصورت توصیفی- تحلیلی بوده که برای جمع‌آوری داده‌ها برای شناسایی کاربردهای فناوری اینترنت اشیاء در کشاورزی از روش اسنادی (کتابخانه‌ای) استفاده شده است.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی نقش اینترنت اشیاء در کشاورزی تمرکز شد. به طوری که امروزه با گسترش جمعیت جهان و نیاز به تأمین غذا برای انبوه جمعیت، روش‌های سنتی کشاورزی دیگر پاسخگوی نیاز غذایی جمعیت جهان نیست و از این رو راهبرد کشاورزی هوشمند بسیار مورد توجه قرار گرفته است. ایده‌های نوآورانه و پیشرفت‌های تکنولوژی به صنعت کشاورزی کمک می‌کند تا تولید افزایش و تخصیص منابع بیشتر شود. امروزه برای تولید محصولات کشاورزی بیشتر با هزینه‌های پایین‌تر و مصرف بهینه منابع از اینترنت اشیاء استفاده می‌شود. اینترنت اشیاء از راه‌اندازی یک راهکار هوشمند و جامع در کشاورزی تا تولید یک سنسور خاص برای بازار می‌تواند ایفای نقش کند. استفاده از اینترنت اشیاء قابلیت‌ها و مزیت‌های فراوانی را برای کشاورزان از این قبیل مواردی همچون بهینه‌سازی مصرف انرژی،

افزایش ظرفیت تولید، جلوگیری از بروز مشکلات زیست محیطی، امکان دسترسی به اطلاعات هر زمین و محدوده مشخص، تجزیه و تحلیل خطاهای رخ داده احتمالی در طول دوره، پیش‌بینی عملکرد محصول قبل از برداشت، پیش‌بینی شیوع آفات در منطقه، امکان نمایش اطلاعات بر روی گوشی، لپ‌تاپ و وب‌سایت و بهبود استراتژی‌های آبیاری را به همراه خواهد داشت.

علاوه بر موارد فوق، راهکارهای مبتنی بر اینترنت اشیا می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا با اتخاذ تصمیمات هوشمندتر، عملکرد تولید را افزایش و هزینه‌ها را کاهش داده و نهایتاً به ایجاد ارزش افزوده برای مشتریان و کشاورزان منتهی شود. همچنین امکان مقابله کشاورزان با چالش‌هایی به مانند کمبود آب را ممکن ساخته، اشتباهات انسانی را کاهش داده و منجر به حداکثر رساندن عملکرد با روش کارآمد می‌شود.

منابع

Atari Alireza (2016). using the Internet of Things in rural and less developed agricultural areas, the second national conference on mandatory ICT public services in rural and less developed areas, Tehran, Communication and Information Research Institute,(In Persian).

Asikainen, M., Haataja, K., & Toivanen, P. (2013). Wireless indoor tracking of livestock for behavioral analysis. In 2013 9th international wireless communications and mobile computing conference, IWCMC, 1833-1838.

Bhargava, K., Ivanov, S., & Donnelly, W. (2015). Internet of nano things for dairy farming. In Proceedings of the second annual international conference on nanoscale computing and communication - NANOCOM' 15, 1-2.

Dlodlo, Nomusa, and Josephat Kalezhi. (2015). "The Internet of Things in Agriculture for Sustainable Rural Development." *Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC)* 6.

Elijah, Olakunle, Tharek Abdul Rahman, Igbafe Orikumhi, Chee Yen Leow, and MHD Nour Hindia. (2018). "An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges." *IEEE Internet of Things Journal* 3758-3773.

IEEE Access, vol. 7, 77134–77141.

J. CHEN, AO YANG , 2019. Intelligent Agriculture and Its Key Technologies Based on Internet of Things Architecture.

Khanna, A., Kaur, S., (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 157, 218-231.

- Korner, O., & Van Straten, G. (2008). Decision support for dynamic greenhouse climate control strategies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 60(1), 18-30.
- Maksimovic, M., Vujovic, V., & Omanovic, E. (2015). A low cost internet of things solution for traceability and monitoring food safety during transportation. In *Proceedings of the 7th international conference on information and communication technologies in agriculture, food and environment (HAICTA2015)*, 583-593.
- Mishra.k, Kumar.s and Patel. N (2021), Survey on Internet of Things and its Application in Agriculture, *Journal of Physics: Conference Series* 1714 ppn1-10. 012025 doi:10.1088/1742-6596/1714/1/012025.
- Mohammadzadeh, Ali Kamali , Saeed Ghafoori, Ayoub Mohammadian, Reza Mohammadkazemi, Bahareh Mahbanooui, and Rohollah Ghasemi. (2018). "A Fuzzy Analytic Network Process (FANP) approach for prioritizing internet of things challenges in Iran." *Technology in Society*, 124-134.
- V. Deepak, T. Megha, G. H. Prithvi, S. A. Syed, and S. K. Sharavana. (2017). Cold storage management system for farmers based on IoT (*Int. J.Recent Trends Eng. Res.*, vol. 3, no. (5) 556–561.
- N. Kaur and S. K. Sood. (2017). An energy-efficient architecture for the Internet of Things (IoT) (*IEEE Syst. J.*, vol. (11), no. (2), 796–805, Jun.
- Nadimi, E. S., Jørgensen, R. N., Blanes-Vidal, V., & Christensen, S. (2012). Monitoring and classifying animal behavior using ZigBee-based mobile ad hoc wireless sensor networks and artificial neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 82, 44-54.
- Nishina, H. (2015). Development of speaking plant approach technique for intelligent greenhouse. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3, 9-13.
- Ray, Partha Pratim . (2017). "Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction." *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 9, 395-420.
- Ruiz-Rosero, Juan , Gustavo Ramirez-Gonzalez, Jennifer M. Williams, Huaping Liu, Rahul Khanna, and Greeshma Pisharody. (2017). "Internet of Things: A Scientometric Review." *Symmetry* 1-32.
- Talavera, Jesús Martín , Luis Eduardo Tobón, Jairo Alejandro Gómez, María Alejandra Culman, Juan Manuel Aranda, Diana Teresa Parra, Luis Alfredo Quiroz, Adolfo Hoyos, and Luis Ernesto Garreta. (2017). "Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields." *Computers and Electronics in Agriculture* 283-297.
- Talavera. Martín , Luis. E, T, Jairo A. G, María. A. Culman, Juan. M. A, Diana. T. P, Luis. A. Q, Adolfo. H, and Luis. E. G.(2017). "Review of IoT applications in agro-

- industrial and environmental fields." *Computers and Electronics in Agriculture* 283-297.
- Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., Kittas, C. (2017). Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems Engineering* 164, 31-48.
- Tzounis, Antonis , Nikolaos Katsoulas, Thomas Bartzanas, and Constantinos Kittas. (2017). "Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges." *Biosystems Engineering* 164, 31-48.
- V. C. Patil, K. A. Al-Gaadi, D. P. Biradar, and M. Rangaswamy, (2012). Internet of Things (Iot) and Cloud Computing for Agriculture: an Overview, *Agro-Informatics Precis. Agric.*, no. I, 292–296.
- V. P. Kour, S. Arora.(2020). Recent Developments of the IoT in Agriculture: A Survey, *IEEE Access*, 129924- 129957.
- Verdouw, C. N., Beulens, A. J. M., & van der Vorst, J. G. A. J, (2013). Virtualisation of floricultural supply chains: A review from an internet of things perspective. *Computers and Electronics in Agriculture*, 99, 160-175.
- Wang, X., Yang, C., & Mao, S. (2017). TensorBeat: Tensor decomposition for monitoring multi-person breathing beats with commodity WiFi. In *ACM transactions on intelligent systems and technology* , 4207-4211.
- Javadi, A., Rahimzadeh, R., and Yavari, A. (2003). Comparison of the mechanized and traditional methods effect on different seed intensity and yield of unirrigated peanut. *Technical and Engineering Researches in Agriculture*. (In Persian).
- Anonymous. (1992). *Maize in human nutrition*. FAO Food and Nutrition Series, No. 25. FAO, Rome.
- Burt, E. C., and P. W. Lyne. (1985). Velocity effects on traction performance. *Transactions of the ASAE*. 28(6), 1729-1730.
- Desir F. L. (1981). A field evaluation of the wedge approach to the analysis of soil cutting by narrow blades. M.Sc. Thesis, McGill Univ., Montreal, Quebec: 245 pp.
- Kitani, O. (1999). *CIGR handbook of agricultural engineering*. Vol, V, Energy and Biomass Engineering. ASAE publication, ST Joseph, MI.
- Srivastava, A. K., Georing, C. E. and Roger, R. P. (1993). *Engineering principles of agricultural machines*. American Society of Agricultural Engineers (St. Joseph, Mich). 6(2),383-392.
- Standard, A. S. A. B. E. (2002). S358. 2, *Moisture measurement-Forages*, American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, US.

Tajima, K., Tamaki, K., Tatsuno, J., Kato, M., and Inagaki., T. (1996). A study on the shaft tillage cultivation system for an agricultural Robot.IX.CIGRCongressandAgEng.In96 Conference on Agricultural Engineering, PAPER.