

اینترنت اشیاء و کاربردهای آن در کشاورزی

نیکروز باقری

استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
پست الکترونیک: n.bagheri@areeo.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۳۰

چکیده

این مقاله اینترنت اشیاء و لا به های اصلی آن، برخی از کاربردهای آن در کشاورزی و چالش های فنی توسعه این فناوری را معرفی می کند. اینترنت اشیاء، جهان فناورانه ای را ترسیم می کند که در آن اشیاء به هم مرتبط اند. یک شیء مبتنی بر فناوری اینترنت اشیاء، از لا به های سنجش، شبکه، و لا به کاربردی تشکیل شده است. لا به سنجش برای جمع آوری داده ها، لا به شبکه برای ذخیره و تجزیه و تحلیل اطلاعات و لا به کاربردی برای ارسال پیام به عملگر و راه اندازی آن استفاده می شود. از جمله چالش های فنی توسعه اینترنت اشیاء می توان به محدودیت در داده برداری، ذخیره داده ها، شبکه، سخت افزار مناسب برای محیط های کشاورزی و همچنین تضمین صحت و امنیت داده ها اشاره کرد. کاربرد این فناوری در کشاورزی، هزینه ها را کاهش داده، مدیریت را بهبود بخشیده و بهره وری را افزایش می دهد. اینترنت اشیاء به سرعت در حال توسعه است. سود اقتصادی بالای این فناوری، مشوق اصلی سرمایه گذاران برای سرمایه گذاری در این حوزه است.

کلیدواژه ها: اینترنت اشیاء، شبکه حسگرهای بی سیم، فضای ابری، کشاورزی هوشمند.

مقدمه

بر اساس اعلام سازمان خواروبار جهانی، پیش‌بینی می‌شود جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ میلادی به ۹/۶ میلیارد نفر برسد (فائو، ۲۰۰۹) 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 بیش‌ازپیش ضرورت می‌بخشد (کورنر و وان‌استراتن^۱، ۲۰۰۸). اینترنت اشیا^۲ از جمله فناوری‌های نوظهور است. پیش‌بینی می‌شود کشاورزی به‌شدت از پیشرفت این فناوری تأثیر خواهد پذیرفت (خانا و کار^۳، ۲۰۱۹).

اینترنت اشیا، اصطلاحی است که کوین اشتون^۴، در سال ۱۹۹۹، برای نخستین بار آن را مطرح کرد. اینترنت اشیا، 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 (تسونیس و همکاران^۵، ۲۰۱۷). با توجه به نوین بودن این فناوری و قابلیت‌هایی که برای استفاده در حوزه کشاورزی دارد، هدف از این مقاله آشنایی مخاطبان با فناوری اینترنت اشیا، زیرساخت‌ها، چالش‌ها و برخی از کاربردهای آن در کشاورزی است.

ساختار اینترنت اشیا

هر شیء با فناوری اینترنت اشیا، از ۳ لایه (بخش) اصلی تشکیل شده است: لایه سنسجش^۶، لایه شبکه^۷ (انتقال داده)، و لایه کاربردی^۸ (ذخیره‌سازی و کاربری داده‌ها) (میورندی^۹ و همکاران، ۲۰۱۲).

لایه سنسجش

لایه سنسجش با فناوری‌هایی مانند شناساگر فرکانس رادیویی^{۱۰}، شبکه حسگر بی‌سیم^{۱۱} و ارتباطات میدان نزدیک^{۱۲} سروکار دارد.

فناوری شناساگر فرکانس رادیویی: اولین و ابتدایی‌ترین نمونه

ارتباط دادن اشیاء به یکدیگر است (ولبورن و همکاران^{۱۳}، ۲۰۰۹). این فناوری، یک سامانه شناسایی بی‌سیم است که می‌تواند از طریق انتقال اطلاعات بین یک برچسب^{۱۴} متصل به یک کالا، شیء، کارت و غیره، و یک دستگاه بازخوان^{۱۵}، به تبادل داده بپردازد. این سامانه بدون تماس مستقیم، از سیگنال‌های الکترونیکی و الکترومغناطیسی برای خواندن و نوشتن داده‌ها استفاده می‌کند (کادولو و همکاران^{۱۶}، ۲۰۰۳). این فناوری نقش مهمی در حوزه کشاورزی دارد؛ به‌عنوان مثال از این فناوری می‌توان برای پایش محصولات کشاورزی و دامی، زنجیره تأمین مواد غذایی، ردیابی کنترل کیفیت و ارزیابی چرخه عمر محصول‌ها استفاده کرد (ولبورن و همکاران^{۱۷}، ۲۰۰۹).

شبکه حسگر بی‌سیم: از تعداد زیادی گره‌های حسگر تشکیل شده است که به‌طور گسترده در یک محیط پخش شده و اطلاعات گردآوری می‌کند. این شبکه اطلاعات را به‌صورت بی‌سیم منتقل می‌کند. علاوه بر یک یا چند حسگر، هر گره در شبکه، معمولاً به یک فرستنده و گیرنده رادیویی (یا هر وسیله مخابراتی بی‌سیم دیگر)، یک ریزناظر^{۱۸} کوچک، و یک منبع انرژی (معمولاً یک باتری) مجهز است. این شبکه‌ها علاوه بر پایش و کنترل، برای نظارت، شناسایی و ردیابی محصولات کشاورزی و دامی کاربرد دارند (ولبورن و همکاران^{۱۹}، ۲۰۰۹).

1. Korner and Van Straten

2. Internet of Things (IOT)

3. Khanna and Kar

4. Kevin Ashton

5. Tzounis et al

6. The Perception layer

7. The Network Layer

8. The application layer

9. Miorandi

10. Radio Frequency Identification (RFID)

11. Wireless Sensor Network (WSN)

12. Near Field Communications

13. Welbourne et al

14. Tag

15. Reader

16. Cardullo et al

17. Welbourne et al

18. Microcontroller

19. Welbourne et al

یک کشاورز می‌تواند از راه دور نظام آبیاری در مزرعه خود را راه‌اندازی کند و یا سامانه‌های مبارزه با سرمازدگی را روشن کند. در کشاورزی آینده، اینترنت اشیاء می‌تواند بسیاری از وسایل مانند حسگرها، ماشین‌ها، ایستگاه‌های هواشناسی، وسایل ذخیره داده، پوششگرهای شناساگر فرکانس رادیویی، تلفن‌های هوشمند، تبلت‌ها، و غیره را به هم متصل کند. به علت تولید لحظه‌ای میلیون‌ها داده، کلان‌داده‌ها ایجاد می‌شوند. با توجه به حجم بالای کلان‌داده‌ها، امروزه فقط فضاهای ابری^۴ - به دلیل ظرفیت نامحدود خود - هستند که امکان ذخیره همه این اطلاعات را دارند. در سناریوی آینده مدرن، داده‌های ذخیره‌شده، به صورت برخط^۵ تجزیه و تحلیل و تصحیح می‌شوند و برای استخراج دانش از اطلاعات جمع‌آوری‌شده از اشیاء، از سامانه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده خواهد شد (ساوانت و همکاران^۶، ۲۰۱۴).

برخی از کاربردهای اینترنت اشیاء در کشاورزی

اینترنت اشیاء در کشاورزی کاربردهای زیادی دارد. سنجش و کنترل زیرساخت‌های کشاورزی مثل گلخانه، راه‌اندازی 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 (تسونیس و همکاران، ۲۰۱۷) از جمله کاربردهای اینترنت اشیاء در حوزه کشاورزی هستند. پیشرفت‌های اخیر در زمینه حسگرها و نیز کوچک‌سازی قطعات الکترونیکی و کاهش قیمت آن‌ها، تأثیر زیادی بر انقلاب فناوری در کشاورزی سنتی و تبدیل آن به کشاورزی دقیق و کشاورزی ریزدقیق^۷ دارد (کاکرا و همکاران^۸، ۲۰۰۵). برخی از کاربردهای

ارتباطات میدان نزدیک: وسیله ارتباطی بی‌سیم بین دو دستگاه هم‌جوار است که برای فاصله‌های کوتاه (حداکثر چند سانتی‌متر) کاربرد دارد. این روش جایگزینی برای انتقال اطلاعات و فایل‌ها بین دو دستگاه تلفن همراه با استفاده از بلوتوث است که برخلاف بلوتوث، نیازی به صرف زمان برای جستجوی دستگاه‌های نزدیک ندارد و به سادگی و با نزدیک کردن دستگاه دوم قابل استفاده است. در این فناوری، اطلاعات رمزینده شده، بین دو وسیله ردوبدل می‌شود (تسونیس و همکاران، ۲۰۱۷).

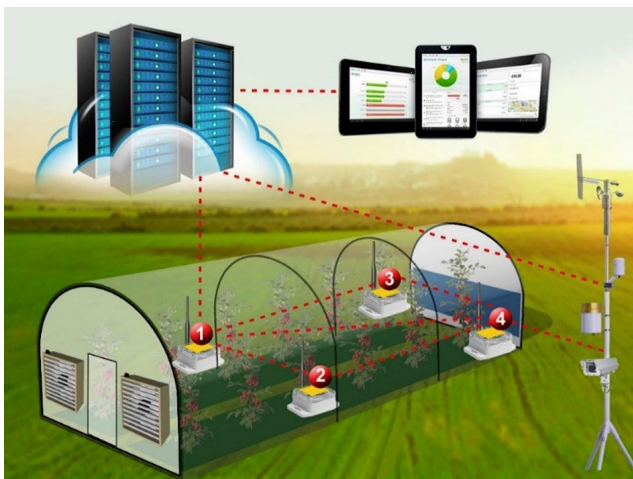
لایه شبکه

قابلیت شبکه‌ای شدن یکی از هسته‌های اصلی وسایل اینترنت اشیاء است. همان‌طور که اینترنت رابط بین انسان‌هاست، در اینترنت اشیاء نیز این موجودات غیرانسانی و اشیاء هستند که به هم متصل می‌شوند. گره‌های حسگر بی‌سیم، با اشیاء فیزیکی و/یا محیط در تعامل هستند و با گره‌های نزدیک خود یا درگاه^۱ ارتباط برقرار کرده و شبکه‌هایی را می‌سازند که از طریق آن، داده‌ها برای ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل و تولید دانش به راه دور ارسال می‌شوند (گوبی^۲ و دیگران، ۲۰۱۳). برای ارتباطات بی‌سیم مقاله‌نامه‌هایی وجود دارد که شبکه‌ای شدن وسیله‌ها را آسان می‌کنند. از جمله این مقاله‌نامه‌ها عبارتند از: ZigBee, ONE-NET, Sigfox, WirelessHART, ISA100.11a (سونون و همکاران^۳، ۲۰۱۲). در چند سال اخیر، ارتباط بلوتوث با مصرف کم انرژی و وای‌فای نیز توسعه یافته‌اند (تسونیس و همکاران، ۲۰۱۷)

لایه کاربردی

لایه سوم مهم‌ترین بخش اینترنت اشیاء است. لایه کاربردی می‌تواند مناسب‌ترین اقدام را به کاربر پیشنهاد دهد یا مناسب‌ترین سیگنال را به عملگر ارسال کند و آن را راه‌اندازی یا قطع کند. در واقع این بخش، خارجی‌ترین لایه است که کاربر با آن در ارتباط است. مانند نرم‌افزارها یا برنامه‌های کاربردی نصب شده بر روی گوشی هوشمند که کاربر می‌تواند با استفاده از آن‌ها یک نظام اینترنت اشیاء را پایش یا مدیریت کند. به عنوان مثال،

1. Gateway
2. Gubbi
3. Suhonen et al
4. Clouds
5. On-line
6. Sawant et al
7. Micro-Precision
8. Kacira et al



شکل ۱. نمونه‌ای از اینترنت اشیا مبتنی بر فضای ابری، برای پایش و بهینه‌سازی آب‌وهوا در گلخانه

کشاورزی در محیط‌های باز

برای پیاده‌سازی اینترنت اشیا در محیط‌های باز کشاورزی، گرچه پژوهشگران معمولاً متغیرهای آب‌وهوا را اندازه‌گیری می‌کنند، اما تمرکز آن‌ها بیشتر بر پایش خاک است. در بیشتر موارد از بیش از یک حسگر خاک در عمق‌های مختلف استفاده می‌شود (سیواکومار و همکاران^۴، ۲۰۱۲). برای دریافت اطلاعات بازتابش محصول، سنجش دما از راه دور و نیز پهنه‌بندی وضعیت مزرعه، از حسگرهای نوری استفاده می‌شود (فیشر و کبده^۵، ۲۰۱۰). در شکل ۲، نمونه‌ای از کاربرد اینترنت اشیا در محیط‌های باز نشان داده شده است. در اینجا، انواع حسگرهای نصب‌شده بر روی ماهواره و پهپاد، اطلاعات را به یک فضای ابری منتقل می‌کنند. سپس، ایستگاه‌های زمینی این اطلاعات را دریافت و پردازش کرده و برای اجرا، به برنامه کاربردی نصب‌شده در گوشی همراه راننده تراکتور ارسال می‌کنند.

اینترنت اشیا در کشاورزی به شرح زیر است:

پایش و کنترل

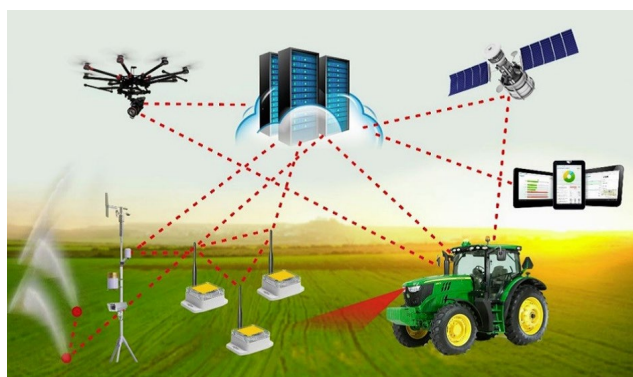
در طول دهه گذشته از حسگرهای باسیم و بی‌سیم به‌وفور در کشاورزی استفاده شده است. برای اخذ تصمیم‌های بهتر و دقیق‌تر در راستای افزایش کمی و کیفی محصول، پایش محیط تولید محصول‌های کشاورزی امری حیاتی است (نیشینا و همکاران^۱، ۲۰۱۵). در نظام‌های اینترنت اشیا، از شبکه حسگرهای بی‌سیم با امکان اتصال به اینترنت، و محاسبات هوشمند داده برای پایش و نظارت بر مزارع، باغ‌ها، گلخانه‌ها، محیط‌های پرورش دام و طیور و آبیان استفاده زیادی می‌شود. برای پایش سنجه‌های آب‌وهوایی (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 - به‌وفور از شبکه حسگر بی‌سیم استفاده شده است (تسونیس و همکاران^۲، ۲۰۱۷). 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.

کشاورزی در محیط‌های بسته

با توجه به تراکم زیاد کشت نسبت به فضای گلخانه، دقت پایش و کنترل اهمیت بیشتری می‌یابد. پایش وضعیت آب‌وهوا و محصول در گلخانه، تصمیم‌گیری بهتری را برای کشاورزان فراهم می‌کند (فرنٹینوس و همکاران^۳، ۲۰۱۵). در شکل ۱، نمونه‌ای از اینترنت اشیا در گلخانه که به فضای ابری مرتبط است و برای پایش و بهینه‌سازی آب‌وهوا در گلخانه کاربرد دارد نشان داده شده است. داده‌ها از منابع مختلفی مانند حسگرها، اطلاعات هواشناسی و داده‌های موجود گردآوری می‌شوند. کارور^۳ می‌تواند از راه دور و با استفاده از گوشی تلفن همراه، تبلت، لپ‌تاپ و سایر ابزارهای مشابه، با نظام ارتباط برقرار کند (تسونیس و همکاران^۲، ۲۰۱۷).

1. Nishina et al
2. Ferentinos et al
3. Operator
4. Sivakumar
5. Fisher and Kebede

راه حل‌ها برای کمک به ساخت، حمایت و نگهداری از نظام‌های ردیابی زنجیره تأمین مواد غذایی است. شناساگر فرکانس رادیویی رایج‌ترین فناوری اینترنت اشیاء برای زنجیره تأمین مواد غذایی است. برچسب‌های شناساگر فرکانس رادیویی، به‌عنوان رمز میله‌ای^۷ پیشرفته عمل می‌کنند و امکان ردیابی محصولات کشاورزی را فراهم می‌آورند (ژائو و همکاران^۸، ۲۰۱۳؛ ماکسیموویچ و همکاران^۹، ۲۰۱۵).



شکل ۲. کاربرد اینترنت اشیاء در محیط‌های باز (مزرعه)

کاربردهای اینترنت اشیاء در پرورش دام

اینترنت اشیاء در دامداری نه تنها برای پایش و کنترل حیوانات بلکه برای پایش و کنترل محیط‌زیست حیوان استفاده می‌شود. حتی از این فناوری برای پایش مزارع چرای دام نیز استفاده شده است (شکل ۳) (بارگاو و همکاران^۱، ۲۰۱۵)). همچنین از حسگرهای بی‌سیم برای ردیابی حیوانات و تحلیل رفتار آن‌ها (هوریکان و همکاران^۲، ۲۰۱۰؛ کونگ و همکاران^۳، ۲۰۱۲؛ آسکاین و همکاران^۴، ۲۰۱۳) و نظارت بر بو و گازهای خطرناک استفاده می‌شود (ندیمی و همکاران^۵، ۲۰۱۲؛ ممدوح و همکاران^۶، ۲۰۱۲). 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

ردیابی ذخیره تأمین غذا

زنجیره تأمین مواد غذایی از مرحله تولید تا مصرف در شکل ۴ نشان داده شده است. اینترنت اشیاء شامل مجموعه‌ای از



شکل ۴. طرح کلی زنجیره تأمین غذا از تولید تا مصرف

چالش‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری اینترنت اشیاء در کشاورزی

چالش‌های سنجش متغیرهای محیطی

تجهیزات استفاده شده در محیط‌های کشاورزی باید در شرایط محیطی سخت مانند آفتاب شدید، دما و رطوبت بسیار بالا یا پایین، باد شدید، ارتعاش و مواردی از این دست فعالیت کنند. گیاهان یا سایر موانع موجود در زمین‌های کشاورزی، در ارتباط بین حسگرها تداخل ایجاد می‌کنند. عناصر محیطی مانند دما، رطوبت، بارش، شدت تابش خورشید، تأثیر سایه بر روی برگ‌ها، و نیز اختلال ایجاد شده بر اثر زیرساخت‌هایی مثل

1. Bhargava et al
2. Huircan et al
3. Kwong et al
4. Asikainen et al
5. MAMduh et al
7. Bar code
8. Zhao et al
9. Maksimovic et al

چالش معمول در ارتباط بی سیم، تداخل فرکانس دستگاه‌هایی است که در همان باند کار می‌کنند. براساس نتایج پژوهش‌ها، دما و رطوبت تأثیر قابل توجهی بر کیفیت سیگنال دریافتی دارد. در فضاهای باز، گره‌های حسگر زیر باد و باران یا تاثیر نظام‌های آبیاری قرار دارند. در گلخانه، میزان رطوبت می‌تواند برای مدت زمانی طولانی بالای ۸۰ درصد قرار داشته باشد. رطوبت به شدت بر امواج رادیویی تأثیر می‌گذارد. از این رو، تعداد گره‌ها، فاصله بین آن‌ها، ارتفاع آنتن و محدوده فرکانسی متناسب با اندازه پیام‌ها، از موضوع‌های مهمی هستند که باید در زمان طراحی شبکه حسگر بی سیم کشاورزی به آن‌ها توجه شود (روم و همکاران^۶، ۲۰۰۸). در هنگام انتقال داده‌ها، باید به محرمانه بودن و صحت داده‌های ارسالی توجه داشت. یک نظام هوشمند باید نسبت به حمله‌های خارجی ایمن باشد. این نظام باید بتواند در هر لایه، داده‌ها را فقط به افرادی که مجاز به دریافت/ دسترسی به آن‌ها هستند تحویل دهد. امنیت در اینترنت اشیا در سه مورد خلاصه شده است: احراز هویت، محرمانه بودن و کنترل دسترسی (سیکاری و همکاران^۷، ۲۰۱۵).

میان‌افزار بخشی از نظام اینترنت اشیا است که بین لایه شبکه و لایه‌های کاربردی قرار می‌گیرد، پردازش داده‌ها را به عهده دارد و به‌عنوان یک رابط اطلاعاتی بین این دو عمل می‌کند. میان‌افزار، قابلیت‌هایی را برای افزایش امنیت داده‌ها در اختیار دارد. امنیت در لایه میان‌افزار به محرمانه بودن و ذخیره امن اطلاعات نیاز دارد. وقتی امنیت اطلاعات داده به میان می‌آید، ارتباط بی سیم حتی برای سخت‌افزارهای پیشرفته مورد استفاده در اینترنت اشیا نیز چالش برانگیز است. بنابراین، معماری اینترنت اشیا می‌تواند به راحتی در معرض خطر قرار گیرد؛ مانند انکار حملات خدماتی، دسترسی غیرمجاز، حملات انسانی، و ویروس (تسونیس و همکاران، ۲۰۱۷).

ساختمان، بر روی ارتباطات تأثیر منفی می‌گذارند (تسونیس و همکاران، ۲۰۱۷). از همین رو، این دستگاه‌ها باید به اندازه کافی مقاوم و محکم باشند. از طرفی دستگاه‌های اینترنت اشیا باید بتوانند مدتی طولانی و با دقت بالا، با ظرفیت کم باتری کار کنند. بنابراین، برنامه‌نویسی مناسب و مصرف توان کم، برای این نظام‌ها ضروری است؛ چراکه تعویض پی‌درپی یا راه‌اندازی دوباره ایستگاه در صورت خرابی برنامه، به‌ویژه در مقیاس‌های بزرگ، کار ساده‌ای نیست. استفاده از انرژی باد یا خورشید برای تأمین توان این نظام‌ها یک راه‌حل است، اما آن‌ها نیز محدودیت‌های خاص خود را دارند (آتزوری و همکاران^۱، ۲۰۱۰؛ زیگلدورف و همکاران^۲، ۲۰۱۴). لایه سنجش، به دریافت اطلاعاتی با امنیت بالا نیاز دارد. ممکن است دست‌کاری و جعل داده رخ دهد. بنابراین، صحت داده‌ها، محرمانه بودن و یکپارچگی آن‌ها باید تضمین شود و از مقاله‌نامه‌های مدیریت داده‌ها و سیاست‌های مسیریابی امن استفاده شود. همچنین، برای جلوگیری از دسترسی افراد غیرمجاز، باید سیاست‌های احراز هویت گره‌های حسگر در نظر گرفته شوند (گوو و همکاران^۳، ۲۰۱۳).

چالش‌های شبکه

ویژگی‌های محیطی که در آن اینترنت اشیا پیاده‌سازی می‌شود، با چالش‌های سخت‌افزاری و شبکه‌ای همراه است. با توجه به هزینه زیاد سیم، ارتباط بی سیم رایج‌ترین راهکار برای پیاده‌سازی اینترنت اشیا در کشاورزی است. محیط، یکی از عوامل اصلی پایین آمدن کیفیت ارتباط بی سیم و ایجاد اختلال‌های محیطی و انتشار چندمسیری امواج است (وانگ و همکاران^۴، ۲۰۱۷). بنابراین، باید داده‌ها را با استفاده از فناوری‌های قابل اعتماد منتقل کرد (تسونیس و همکاران، ۲۰۱۷). پیاده‌سازی شبکه‌های حسگر بی سیم در کشاورزی فعالیتی چالش برانگیز است. حسگرها باید به اندازه کافی دقیق بوده و در منطقه موردنظر، از دقت عملیاتی لازم برخوردار باشند. مشکل دیگر محدودیت توان است و این موضوع انتخاب نرم‌افزارها و سخت‌افزارها را محدود می‌کند (بارنکسا و همکاران^۵، ۲۰۰۸).

1. Atzori et al
2. Ziegeldorf et al
3. Gou et al
4. Wang et al
5. Barrenetxea et al
6. Room et al
7. Sicari et al

چالش‌های کاربری

لایه کاربرد بالاترین لایه در اینترنت اشیاء است؛ جایی که جریان عظیم داده‌ها به ذخیره‌سازی و انجام محاسبات نیازمندند. به همین دلیل است که لایه برنامه بسیار به فضای ابری نزدیک است. در اینجا مسایل امنیتی، چندان از مسائل امنیتی فضای ابری متفاوت نیستند؛ از جمله: امنیت داده‌ها، محرمانه بودن، تهیه نسخه پشتیبان و غیره (تسونیس و همکاران، ۲۰۱۷).

توصیه‌ها

اینترنت اشیاء به سرعت در حال توسعه است و برنامه‌ها و خدمات نوین بسیاری با استفاده از این فناوری در حال شکل‌گیری است. بر اساس برآوردها، از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲، ارزش محصولات اینترنت اشیاء از ۱ تا ۱۵ تریلیون دلار است که این سود ناشی از افزایش درآمد و کاهش هزینه‌ها به علت کاربرد این فناوری است (برادلی و دیگران، ۲۰۱۳). حصول این ارزش افزوده در اینترنت اشیاء به علت افزایش دقت و انعطاف‌پذیری در تولید است. سود اقتصادی بالای این فناوری، باعث تشویق سرمایه‌گذاران به سرمایه‌گذاری در این حوزه شده است. بنابراین، پیش‌بینی می‌شود که اینترنت اشیاء بتواند در آینده نزدیک، تحولات اساسی در همه حوزه‌ها به‌ویژه بخش کشاورزی ایجاد کند. در حال حاضر، شرکت‌های توسعه اینترنت اشیاء در منزل، سرمایه‌گذاری مناسبی در این حوزه داشته‌اند. انتظار می‌رود اینترنت اشیاء در کشاورزی، فرآیند تولید را از بسیاری جنبه‌ها بهبود بخشد. با توجه به شرایط موجود و قابل پیش‌بینی در آینده، اطلاع‌رسانی روزآمد از وضعیت محصول باعث اعمال مدیریت‌های مناسب و به‌هنگام می‌شود. چنین مدیریتی می‌تواند مصرف نهاده‌ها را بهینه‌سازی کند، خسارت‌های کمی و کیفی وارده به محصول را کاهش دهد و عملکرد را به وضعیت مطلوب نزدیک نماید. بنابراین، توصیه می‌شود این فناوری در بخش کشاورزی توسعه یابد. با این حال، برای توسعه مناسب و پایدار این فناوری، باید زیرساخت صحیح و متناسب با شرایط حوزه

کشاورزی کشور طراحی و پیاده‌سازی شود. همچنین، پیش از توسعه این فناوری باید به موارد زیر توجه داشت:

- برگزاری دوره‌های آموزشی معرفی اینترنت اشیاء و مزایای آن برای بهره‌برداران و فرهنگ‌سازی برای استفاده از این فناوری؛
- تأمین تجهیزات و امکانات موردنیاز (نظام‌های جمع‌آوری داده از جمله انواع حسگرها، سامانه‌های تصویربرداری، شبکه، و غیره)؛
- تهیه نرم‌افزارهای موردنیاز با تکیه بر توان متخصصان داخلی؛
- ترغیب بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در این حوزه؛
- تربیت کارشناسان برای بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری و پشتیبانی از سامانه‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء.

منابع

- 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 2013 (pp. 1833-1838).
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). *The internet of things: A survey*. *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805.
- Barrenetxea, G., Ingelrest, F., Schaefer, G., & Vetterli, M. (2008). *The hitchhiker's guide to successful wireless sensor network deployments*. In Proceedings of the 6th ACM conference on embedded network sensor systems e SenSys '08 (pp. 43-56). New York, New York, USA: ACM Press.
- 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 (pp. 1-2).
- Bradley, J., Barbier, J., & Handler, D. (2013). *Embracing the internet of everything to capture your share of \$ 14. 4 trillion*. Cisco Ibsg Group.
- Cardullo, M. 2003. «Genesis of the Versatile RFID-Tag». *RFID Journal*.
- Gou, Q., Yan, L., Liu, Y., & Li, Y. (2013). *Construction and strategies in IoT security system*. In 2013 IEEE international conference on green computing and communications and

- IEEE internet of things and IEEE cyber, physical and social computing (pp. 1129-1132). IEEE.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). *Internet of things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions*. Future Generation Computer Systems, 29(7), 1645-1660.
- Ferentinos, K. P., Katsoulas, N., Tzounis, A., Kittas, C., & Bartzanas, T. (2015). A climate control methodology based on wireless sensor networks in greenhouses. *Acta Horticulturae*, 1107, 75-82.
- Fisher, D. K., & Kebede, H. (2010). *A low-cost microcontroller based system to monitor crop temperature and water status*. Computers and Electronics in Agriculture, 74(1), 168-173.
- Huircan, J. I., Munoz, C., Young, H., Von Dossow, L., Bustos, J., Vivallo, G., et al. (2010). *ZigBee-based wireless sensor network localization for cattle monitoring in grazing fields*. Computers and Electronics in Agriculture, 74(2), 258-264.
- 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.
- Kwong, K. H., Wu, T.-T., Goh, H. G., Sasloglou, K., Stephen, B., Glover, I., et al. (2012). *Practical considerations for wireless sensor networks in cattle monitoring applications*. Computers and Electronics in Agriculture, 81, 33-44.
- 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 (HAICTA 2015) (pp. 583-593).
- Mamduh, S. M., Shakaff, A. Y. M., Saad, S. M., Kamarudin, K., Kamarudin, L. M., Zakaria, A., et al. (2012). *Odour and hazardous gas monitoring system for swiftlet farming using wireless sensor network (WSN)*. Chemical Engineering Transactions, 30, 331-336.
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516.
- 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.
- Room, A., & Tate, R. (2007). *Results of wireless sensor network transceiver testing for agricultural applications*. In 2007 ASABE annual international meeting. Minneapolis, Minnesota: Minneapolis Convention Center.
- Sicari, S., Rizzardi, A., Grieco, L. A., & Coen-Porisini, A. (2015). *Security, privacy and trust in internet of things: The road ahead*. Computer Networks, 76, 146-164.
- Sawant, S. A., Adinarayana, J., & Durbha, S. S. (2014). *KrishiSense: A semantically aware web enabled wireless sensor network system for precision agriculture applications*. In International geoscience and remote sensing symposium (IGARSS) (pp. 4090-4093).
- Sivakumar, B., GunaSekaran, P., SelvaPrabhu, T., Kumaran, P., & Anandan, D. (2012). *The application of wireless sensor network in the irrigation area automatic system*. International Journal of Computer Technology and Applications 3(1), 67.
- Suhonen, J., Kohvakka, M., Kaseva, V., Hamalainen, T. D., & Hannikainen, M. H. (2012). *Low-power wireless sensor networks: Protocols, services and applications*. Springer.
- Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., Kittas, C. 2017. *Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges*. Biosystems Engineering 164: 31-48.
- 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 (pp. 4207-4211).
- Welbourne, E., Battle, L., Cole, G., Gould, K., Rector, K., Raymer, S., et al. (2009). *Building the internet of things using RFID: The RFID ecosystem experience*. IEEE Internet Computing, 13(3), 48-55.
- Ziegeldorf, J. H., Morchon, O. G., & Wehrle, K. (2014). *Privacy in the internet of things: Threats and challenges*. Security and Communication Networks, 7(12), 2728-2742.
- Zhao, G., Yu, H., Wang, G., Sui, Y., & Zhang, L. (2013). *Applied research of IOT and RFID technology in agricultural product traceability system*. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 393(Part 2), 168-176.

“Internet of things” and its application in agriculture

Nikrooz Bagheri

Assistant professor. Agricultural engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Abstract

This paper presents the introduction of “Internet of Things”(IoT) and some of its applications in agriculture and also the technical challenges of developing IoT-based systems. The IoT depicts a technological world in which many objects are interconnected. An IoT-based object consists of main layers, including the perception layer, the network layer, and the application layer. The perception layer is used for data collection, the network layer for storing and analyzing information, and the application layer for sending a message to the operator and setting it up. Some of the technical challenges of IoT development are the limitations of the data gathering, saving data, networks, appropriate hardware for the agricultural area, and ensuring data integrity and security. The application of this technology in agriculture causes cost reduction, better management, and increasing productivity. The IoT is developing rapidly. The high economic benefit of this technology is the main incentive for investors to invest in this field.

Keywords: Cloud, Intelligent agriculture, Internet of things, Wire-less network sensors.