بررسی نقش
فناوری های نوین
در کشاورزی

محمد صادق رهبانی [1*]
علی محمودی ازناوه [1]

۱- دانشجوی کارشناسی، مهندسی طبیعت، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران

sadeghrohban@gmail.com

SCAN ME

چکیده

اینترنت اشیا و پهپادها دو فناوری مهم مورد استفاده در مزارع کشاورزی هستند، که کشاورزی سنتی را به عصر جدیدی از کشاورزی مدرن تبدیل می‌کنند. در این مقاله، به بررسی آخرین تحقیقات صورت گرفته در مورد این فناوری‌ها می‌پردازیم. بعلاوه، اصول اصلی فناوری اینترنت اشیا از جمله حسگرهای هوشمند، انواع حسگرهای اینترنت اشیا و هم‌چنین برخی از کاربردهای اینترنت اشیا در کشاورزی هوشمند را بیان می‌کنیم. هم‌چنین، تاثیر فناوری پهپاد در کشاورزی مدرن را با تجزیه و تحلیل کاربردهای پهپادها در برنامه‌های مختلف کشاورزی همچون آبیاری، کوددهی، استفاده از آفت‌کش‌ها، مدیریت علف‌های هرز، نظارت بر رشد گیاه و مدیریت بیماری‌های محصولات در سطح مزرعه را ارائه می‌کنیم. در پایان مقاله نیز به این تحلیل رسیده‌ایم، که اینترنت اشیا و پهپادها دو مورد از مهم‌ترین فناوری‌هایی هستند که شیوه‌های کشاورزی سنتی را به چشم‌انداز جدیدی از هوشمندی در کشاورزی تبدیل می کنند.

مقدمه

در سال‌های اخیر، با ادغام فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در روش‌های سنتی، کشاورزی دستخوش تغییر و تحولات اساسی شده‌است به نحوی که به انقلاب چهارم موسوم است. فناوری‌هایی همچون سنجش از دور، اینترنت اشیا (IoT)، وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (پهپاد) که بسیار امیدوارکننده هستند و می‌توانند پیشرفت های جدیدی در شیوه‌های کشاورزی ایجاد کنند. در کشاورزی هوشمند، طیف وسیعی از پارامترهای کشاورزی را می‌توان برای بهبود عملکرد محصول، کاهش هزینه‌ها و بهینه–سازی نهاده‌ها مانند شرایط محیطی، وضعیت رشد، وضعیت خاک، آب آبیاری، آفات و کودها، مدیریت علف‌های هرز و تولید گلخانه‌ای پایش کرد.

کشاورزی هوشمند نوعی فناوری سبز است، زیرا ردپای اکولوژیکی کشاورزی سنتی را کاهش می‌دهد. بعلاوه، در کشاورزی هوشمند، آبیاری هدفمند و استفاده حداقلی از کودها و آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی، می‌تواند مشکلاتی از قبیل انتشار گازهای گلخانه‌ای و تأثیر تغییرات اقلیمی را نیز کاهش دهد.

فناوری اینترنت اشیا را می‌توان در بخش‌های مختلفی از جمله صنعت، حمل‌ونقل، وسایل نقلیه، خانه‌های هوشمند و کشاورزی به کار برد. در یک محیط کشاورزی، سنسورهای اینترنت اشیا اطلاعات مفیدی را در مورد طیف وسیعی از پارامترهای فیزیکی برای بهبود شیوه‌های کشاورزی ارائه می‌دهند. نقش شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN) در فناوری اینترنت اشیا از اهمیت بالایی برخوردار است؛ زیرا اکثریت قریب به‌اتفاق برنامه‌های اینترنت اشیا مبتنی بر انتقال داده‌های بی‌سیم است.

امروزه استفاده از پهپادها در کشاورزی برای کمک به کشاورزان به‌منظور نظارت و تصمیم‌گیری در مزارع در حال گسترش است.

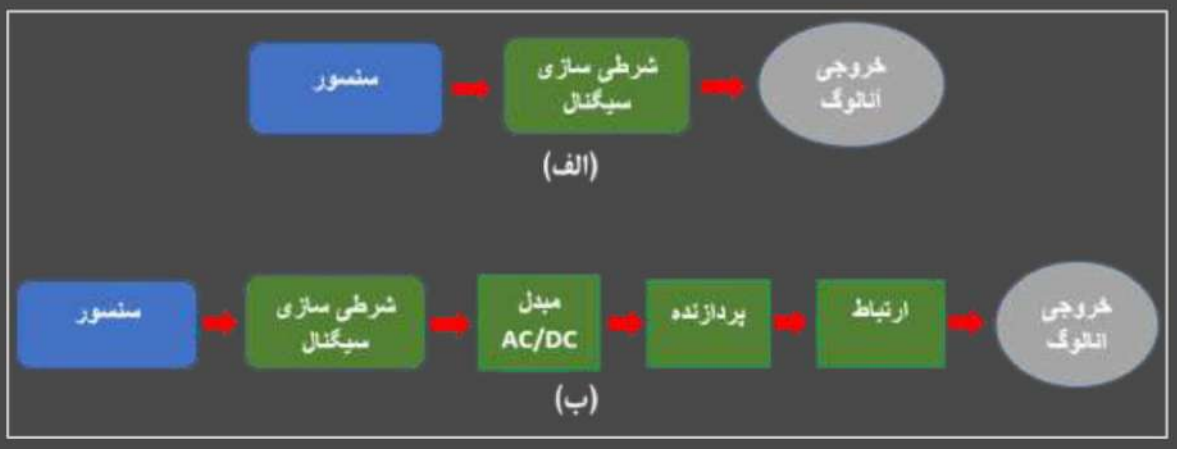
پهپادها (UAS) در بخش‌های مختلف کشاورزی مانند آبیاری، کوددهی، آفت‌کش‌ها، مدیریت علف‌های هرز و... استفاده می‌شوند. علاوه بر این، ترکیب فناوری UAS با تکنیک‌های جدید مدل‌سازی بازسازی سه‌بعدی، امکان نظارت بر پارامترهای رشد محصولات کشاورزی را بر اساس سطح گیاه فراهم کرده است.

سنسورها و شبکه‌های حسگر در کشاورزی هوشمند

سنسور، یک دستگاه است که به‌عنوان ورودی، چند نوع از مقادیر فیزیکی یا محیطی مانند فشار، گرما، نور، سطح آلودگی، رطوبت، باد و... را تشخیص می‌دهد. خروجی سنسور در بسیاری از موارد سیگنال الکتریکی است که به یک میکروکنترلر هدایت‌شده و در نهایت، به یک شبکه برای پردازش بیشتر منتقل می‌شود.

بر اساس برخی از منابع، اولین سنسور هوشمند در سال ۱۹۸۰ طراحی شد. تکامل سنسورهای الکترونیکی هوشمند، به ایجاد یک انقلاب در چگونگی جمع‌آوری داده‌ها از محیط‌زیست، تجزیه‌وتحلیل آن‌ها، اتصال سیستم‌های اطلاعاتی گسترده برای انجام راهکارهای جدید و انجام وظایفی که قبل از آن هرگز قادر به اجرای آن نبودیم، منجر شده است.۱

بااین‌حال، سیستم‌های میکروالکترومکانیک (MEMS) در آن زمان قادر به ایجاد یک دستگاه یکپارچه نبودند. امروزه تکنولوژی و سنسورهای هوشمند عامل اصلی توسعهٔ فناوری اینترنت اشیا (IOT) هستند. شکل(۱) اجزای اساسی یک سنسور در فناوری IOT را نشان می‌دهد.



شکل ۱: (الف) سنسور پایه و (ب) سنسور هوشمند

همان‌طور که در شکل(۱) نشان داده‌شده است، یک سنسور هوشمند معمولاً شامل موارد زیر است:

۱. سنسوری که پارامترهای فیزیکی خاصی را از دنیای واقعی (دما، رطوبت، سطح آلودگی و...) اندازه‌گیری می کند.

۲. شرطی‌سازی سیگنال‌ها، برای تبدیل سیگنال به داده‌هایی که حسگر هوشمند می‌تواند از آن استفاده کند.

۳. یک بخش محاسباتی، مانند پردازنده یا پردازنده سیگنال دیجیتال (DSP)، که مقادیر را تجزیه، تحلیل و پیش‌پردازش می‌کند.

۴. یک بخش ارتباطی، مانند یک فرستندهٔ بی‌سیم، که اطلاعات را مبادله می‌کند.

انواع سنسور در کشاورزی هوشمند

سیستم‌های پهپادها، تصاویر ماهواره‌ای و فناوری اینترنت اشیا به طور قابل‌توجهی صنعت کشاورزی را دگرگون می کنند. به‌عبارت‌دیگر کشاورزی هوشمند کاربرد فناوری اطلاعات و داده‌ها برای بهینه‌سازی سیستم‌های پیچیده و چند پارامتری کشاورزی است.

هدف اصلی در کشاورزی هوشمند این است که شناسایی کنیم چگونه می‌توان اطلاعات جمع‌آوری‌شده را تحت یک روش "هوشمند" استفاده کرد. کشاورزان می‌توانند از دستگاه‌های هوشمند خود، مانند گوشی‌های هوشمند و تبلت استفاده کنند تا به داده‌های کشاورزی (شرایط خاک و گیاهان، آبیاری، علف‌های هرز، اقلیم، آب‌وهوا و...) دسترسی پیدا کنند. درنتیجه، کشاورزان قادر خواهند بود بر اساس این داده‌ها بر مزارع کشاورزی نظارت و شرایط را برای تولید محصولات باکیفیت فراهم کنند.

از جمله این سنسورها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد که در ادامه در مورد آن توضیح داده خواهد شد:

- **سنسور رطوبت خاک**
- **سنسور هدایت الکتریکی خاک**
- **سنسور PH**
- **سنسور شناسایی علف هرز**
- **سنسور دما**
- **سنسور محتوای آب**
- **سنسور سرعت**

سنسور رطوبت خاک

سنسور رطوبت خاک (در برخی موارد به‌عنوان سنسور محتوای آب حجمی خاک نیز شناخته می‌شود) محتوای آب خاک را اندازه‌گیری می‌کند. به‌عبارت‌دیگر این سنسور، تنش آب خاک یا مکش را ارزیابی می‌کند که نشان‌دهندهٔ تلاش سیستم ریشه گیاه در هنگام استخراج آب از خاک است. این شاخص می‌تواند برای تخمین مقدار آب ذخیره‌شده در خاک و همچنین میزان آبیاری موردنیاز برای رسیدن به مقدار موردنظر آب در خاک، مورداستفاده قرار بگیرد.

سنسور شناسایی علف هرز

سنسور شناسایی علف هرز یک واحد مستقل است که معمولا مجهز به اجزای نوری و الکترونیکی برای تشخیص علف‌های هرز است. این واحد شامل یک منبع نور فعال و یک سنسور انتخابی کلروفیل است. سیستم نوری باعث می‌شود که تنها علف‌های هرز در مزرعه شناسایی شوند. استفادهٔ منظم از این سیستم می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی مصرف علف‌کش را کاهش دهد. درنتیجه، استفادهٔ از مواد شیمیایی بسیار کاهش‌یافته وتوام با آن هزینه‌های کشاورزی نیز کاهش می‌یابد.

سنسور هدایت الکتریکی خاک

هدایت الکتریکی (EC) خاک برای اندازه‌گیری غلظت محلول خاک در هنگام ارزیابی شوری خاک استفاده می شود. آب آبیاری حاوی حداقل نمک است. اگر نمک‌ها در اطراف منطقهٔ ریشهٔ یک محصول انباشته شوند، به گیاهان آسیب می‌رسانند، باعث کاهش تولید می‌شوند و می‌توانند عامل آسیب‌های طولانی‌مدت به زمین شوند. محتوای نمک خاک با استفاده از سنسور هدایت الکتریکی خاک اندازه‌گیری می‌شود، که بر اساس قانون فارودی عمل می‌کند.

سنسور دما

در کشاورزی، درجهٔ حرارت خاک، نوع محصول را که می‌تواند در یک مزرعه کشت شود، مشخص می‌کند. کنترل دما، فرآیندهای توسعه گیاهان مانند فتوسنتز، ترشح، جذب و... را کنترل می‌کند. هر محصول دارای محدودهٔ دمایی متفاوتی است، که می‌تواند رشد کند. خارج از این محدوده، آنزیم‌های ضروری برای رشد غیرفعال هستند. کارکرد سنسور دما به این نحو است که اگر درجه حرارت بالاتر یا کمتر از یک آستانه باشد، هشدار می‌دهد.

سنسور PH

pH اندازه اسیدیته و قلیایی در یک محلول است. در کشاورزی، مقدار pH خاک در بازه [۵,۵، ۶,۵] غیرمطلوب در نظر گرفته می‌شود، زیرا نشان‌دهنده عدم دسترسی به مواد مغذی خاک است. کشاورزان باید با استفاده از کودهای قلیایی یا اسیدی، مقدار pH خاک را تنظیم کنند که این عمل باعث می‌شود تولید محصولات کشاورزی افزایش پیدا کند.

سنسور محتوای آب خاک

محتوای آب خاک، نسبت مقدار آب موجود در خاک به کل مقدار خاک است. این پارامتر با تغییر در مقدار خازنی بیان می‌شود، که بستگی به ثابت دی الکتریک خاک دارد. این شاخص می‌تواند از ۰ (کاملاً خشک) با توجه به مقدار تخلخل مواد در حالت اشباع متغیر باشد. این اندازه‌گیری‌ها وابسته به نوع خاک هستند؛ بنابراین سنسور باید برای هر مکان کالیبراسیون شود.

سنسور سرعت باد

در یک مزرعه، معمولاً لازم است پارامترهایی مانند تغییرات در سرعت باد و جهت را بررسی کنیم. هم‌چنین سنسور سرعت باد باید با توجه به نوع محصول کشت‌شده، نصب شود.

به‌طورکلی، سنسورها را می‌توان به انواع زیر تقسیم کرد: ۱) اپتیک، ۲) مکانیکی، ۳) الکتروشیمیایی، ۴) رطوبت خاک دی‌الکتریک، ۵) جریان هوا، و ۶) سنسورهای مکانی. جدول(۱) انواع مختلف سنسورها و کاربرد آن‌ها را در کشاورزی هوشمند را نشان می‌دهد.

اجزای فناوری IOT در کشاورزی هوشمند

اینترنت اشیا (IOT) به دستگاه‌هایی که دارای قابلیت‌های منحصربه‌فرد برای انجام سنجش از راه دور، نظارت و ذخیره داده‌ها به‌طور موقت هستند، گفته می‌شود. هر دستگاه مبتنی بر تکنولوژی اینترنت اشیا (IOT) شامل اجزای زیر است:

- رابط ورودی / خروجی برای سنسورها.
- رابط کاربری برای اتصال به اینترنت.
- رابط کاربری برای حافظه و ذخیره‌سازی.
- رابط کاربری صوتی / تصویری.

از دیگر مزیت‌های تکنولوژی IOT این است که می‌تواند همراه با کاهش هزینه‌ها، مقیاس سیستم‌های آبیاری مبتنی بر سنسور را از طریق جمع‌آوری داده‌ها از شبکه‌های حسگر افزایش دهد.

کاربرد اینترنت اشیا در کشاورزی هوشمند

ویانا و همکاران، ۲۰۱۷؛ یک سیستم پشتیبانی (DSS) را براساس ادغام تکنولوژی سنسورهای بی‌سیم و شبکه فعال‌سازی (WSAN) پیشنهاد می‌کنند. فناوری طراحی شده به سمت کاهش هدر رفت آب و بهبود محصولات کشاورزی حرکت می‌کند.

جدول(۱) : خلاصه‌ای از انواع سنسور IoT مورد استفاده در کشاورزی

نوع سنسور	سنسور	عملکرد	کاربرد در کشاورزی
نوری	دیود نوری	استفاده از نور برای اندازه‌گیری خواص خاک	میزان مواد آلی و رطوبت خاک را تعیین می‌کند.
مکانیکی	کشش سنج	اندازه‌گیری تراکم خاک	تشخیص نیروی مورد استفاده توسط ریشه‌ها در جذب آب
الکترومکانیکی	الکترودهای انتخابی یون و سنسورهای ترانزیستور	استفاده از الکترود برای تشخیص یون‌های خاص در خاک	پتاسیم نیتروژن را در خاک تشخیص می‌دهد.
رطوبت خاک دی الکتریک	الکترود	استفاده از الکترود برای ارزیابی سطح رطوبت	محتوای آب خاک را اندازه گیری می‌کند.
جریان هوا	اندازه‌گیری‌ها را می‌توان در مکان‌های ثابت یا پویا انجام داد.	اندازه‌گیری نفوذپذیری هوا در خاک	انواع مختلف خاک، سطح رطوبت و ساختار خاک را طبقه بندی می‌کند.
مکانی	سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS[1])	اطلاعات مربوط به عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع را ارائه می‌کند.	GPS موقعیت دقیق را ارائه می‌کند.

جدول (۲): فناوری‌های IOT در کشاورزی هوشمند

پلتفرم‌های IoT	خدمات
Phytech	برنامه کاربردی بر مبنای گیاهان به منظور آبیاری بهینه
Semios	یک برنامه کاربردی در بهبود محصولات (ارزیابی آفات، بیماری‌ها و بررسی شرایط سلامت گیاه)
Farmlogs	نرم‌افزار مدیریت مزرعه برای ثبت فعالیت‌های اتوماتیک
Cropx	یک سیستم یکپارچه‌ی نرم‌افزار و سخت‌افزاری برای سنجش رطوبت خاک، دما و رسانایی الکتریکی.

گیوتیرز و همکاران، ۲۰۱۵؛ یک سیستم آبیاری خودکار را طراحی کردند. این سیستم از یک گوشی هوشمند برای عکاسی و پردازش تصاویر خاک نزدیک به ناحیه ی ریشه‌ی محصول استفاده می‌کند و به‌طور بهینه، حجم خاک را مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ یک سیستم خودکار را طراحی کردند که از تکنولوژی IOT برای نظارت و جمع‌آوری داده‌های مربوط به رشد سریع محصولات استفاده می کرد. به نحوی که واحد مرکزی، داده‌های ثبت‌شده را برای ایجاد مدل رشد محصولات استخراج کرده‌است، به این شکل نیاز محصولات به آب در دوره‌های مختلف رشد آن‌ها قابل پیش‌بینی‌شده و در مورد کمیت و کیفیت آبیاری تصمیم‌گیری می‌شود.

جدول (۲) معروف‌ترین فناوری‌های IOT مورداستفاده در کشاورزی هوشمند را نشان می‌دهد. این پلتفرم‌ها یک هدف مشترک دارند؛ ساده کردن داده‌های ورودی و استفاده کردن از داده‌های حاصل از تمام منابع.

کاربرد پهپادها در کشاورزی مدرن

استفاده از پهپادها برای جمع‌آوری اطلاعاتی که به کشاورزان کمک می‌کند تا تصمیمات بهتری را اتخاذ کنند، امروزه تبدیل به یک مسئله‌ی رایج در تحقیقات شده است. در سال ۲۰۱۴، موسسه تکنولوژی ماساچوست، پهپادهای کشاورزی را به‌عنوان تکنولوژی سبز در کشاورزی هوشمند معرفی کرد. بدون شک، پهپادها نقش مهمی را طی چند سال اخیر در تولید محصولات کشاورزی مرغوب ایفا کرده‌اند؛ به‌علاوه، پیش‌بینی می‌شود که توسعه‌ی تکنولوژی پهپاد، کاربرد آن را در کشاورزی مدرن افزایش دهد.

پهپادها می‌توانند در شروع دوره کشت با تهیه نقشه دقیق سه‌بعدی، وضعیت زمین را از لحاظ پستی‌وبلندی بررسی کنند، که در مدیریت شخم و الگوی کاشت دانه مفید می باشد. پس از کاشت نیز تجزیه خاک با استفاده از پهپادها، داده‌ها را برای مدیریت آبیاری ارائه می‌دهد. از دیگر کاربردهای پهپادها در کشاورزی مدرن می‌توان به آبیاری محصولات اشاره کرد. پهپادها با سنسورهای چندتایی یا حرارتی می‌توانند بخش‌هایی از یک زمین را که خشک است و یا نیاز به آبیاری دارد، نشان دهند. علاوه بر این، زمانی که محصول در حال رشد است، با محاسبه شاخص پوشش گیاهی که چگالی نسبی و سلامتی محصول را نشان می‌دهد، می‌توان مقدار انرژی گرمایی تولیدشده مزرعه را اندازه‌گیری نمود.

روند فعلی و چالش آینده

اگر بخواهیم وضعیت فعلی را بررسی کنیم، متوجه می شویم که نوع جدیدی از توسعه در صنعت کشاورزی در حال رخ دادن است. معرفی فناوری اینترنت اشیا در شیوه های مختلف کشاورزی، معیارهای کلی در کشاورزی را با توجه به عملکرد، کیفیت و کمی‌ت محصولات کشت‌شده و افزایش سود بهبود بخشیده است.

فناوری پهپاد برای اولین بار در کشاورزی مدرن برای نظارت و سنجش‌ازدور معرفی شد. اگرچه پهپادها دارای محدودیت‌های متعددی هستند اما مزایای استفاده از این فناوری از محدودیت‌های آن به‌مراتب بیشتر است. علاوه بر این، محققان و کشاورزان، به مزایای متعدد استفاده از فناوری پهپاد در بخش‌های مختلف اقتصاد کشاورزی پی برده‌اند.

بی‌شک صنعت کشاورزی و به‌تبع آن اقتصاد کشاورزی، اکوسیستم چالش‌برانگیز اقتصاد جهانی است. بنابراین، انتظار می‌رود که فناوری‌های جدید، مانند اینترنت اشیا و پهپاد، نقشی اساسی در آینده آن ایفا کنند. در این محیط چالش‌برانگیز، فناوری‌های هوشمند مانند اینترنت اشیا و پهپاد، با رعایت مواردی همچون سادگی و مقیاس‌پذیری، کاربرپسندی، نصب آسان و افزایش سود به شیوه‌های کشاورزی هوشمند کمک می‌کنند. درنتیجه، این فناوری‌ها درنهایت با رفع نیازهای انسان در محیط‌های شهری و روستایی، شیوه‌های کشاورزی سنتی را به کشاورزی هوشمند تبدیل خواهند کرد.

نتیجه‌گیری

صنعت کشاورزی در چند سال اخیر در حال گذر از یک نقطه عطف مهم است. شیوه های سنتی در کشاورزی در حال تبدیل شدن به روش‌هایی هوشمند در فرآیند کشاورزی است. استفاده از WSN، حسگرهای اینترنت اشیا، پهپادها، همراه با تکنیک‌های بهینه‌سازی می‌تواند رویکردی جدید را در کشاورزی هوشمند با استفاده از پتانسیل محصولات کشاورزی معرفی کند. هم‌چنین این فناوری‌های هوشمند می‌توانند عملکرد محصول، کیفیت، کاهش هزینه‌ها و کاهش ردپای اکولوژیکی کشاورزی سنتی را بهبود بخشند. کشاورزی هوشمند هنوز چندین محدودیت دارد که باید به درستی مورد توجه قرار گیرد. از جمله این موارد، آبیاری هدفمند با به حداقل رساندن املاح، کوددهی کارآمد و منطقی و استفاده از آفت‌کش‌ها، مدیریت کافی علف‌های هرز، در نتیجه بهبود عملکرد محصول و مدیریت کارآمد بیماری‌های گیاهی است. انتظار می‌رود که فناوری اینترنت اشیا، سیستم‌های پهپاد به‌طور چشمگیری به عصر جدید صنعت کشاورزی و مواد غذایی کمک کنند.

منابع

۱.توکلی، حمید (۱۳۹۷). نقش پهپادها در کشاورزی، کنفرانس ملی فناوری‌ها و کاربردهای نوین ژئوماتیک، دانشگاه تبریز، تبریز.

۲.رمضانی ن. و سرفرازی ع. (۱۹۳۷). اینترنت اشیا در کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی.

۳.فرشاد، عباس و فرزانه، علی (۱۳۹۶). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن‌ها در منابع طبیعی، کشاورزی و محیطزیست، انجمن آبخیزداری ایران، چاپ دوم.

4. C. Zhang, J. M. Kovacs, The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review, Precision Agriculture.
5. F. Viani, M. Bertolli, M. Salucci, A. Polo, Low-cost wireless monitoring and decision support for water saving in agriculture, IEEE Sensors Journal.
6. J. Gutirrez Jagey, J. F. Villa-Medina, A. Lpez-Guzmn, M. . Porta-Gndara, Smartphone irrigation sensor, IEEE Sensors Journal.
7. K. M. Divakar, Archana, K. R. Sushma, Iot technology in smart farming, International Research Journal of Engineering and Technology.
8. L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, The internet of things: A survey, Computer Network..
9. P. Zhang, Q. Zhang, F. Liu, J. Li, N. Cao, C. Song, The construction of the integration of water and fertilizer smart water saving irrigation system based on big data, in: 2017 IEEE International Conference on Computational Science and Engineering (CSE) and IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC).
10. R. Nukala, K. Panduru, A. Shields, D. Riordan, P. Doody, J. Walsh, Internet of things: A review from farm to fork, in: 2016 27th Irish Signals and Systems Conference (ISSC), 2016, pp.
11. S. Wolfert, L. Ge, C. Verdouw, M.-J. Bogaardt, Big data in smart farming a review, Agricultural Systems.
12. www. technologyreview. com