مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی وسنجش از دوردر برنامه ریزی،دوره ۱۲،شماره۲(پیاپی۴۴)تابستان ۱۴۰۰

مقاله مروری

مروری بر پتانسیل تلفیق اینترنت اشیا و سامانه اطلاعات مکانی برای بهبود فعالیت‌های کشاورزی

گیتی خوش آموز۱

تاریخ دریافت : ۱۴۰۰/۹/۵ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۱۱/۱۲
صفحات: ۸۷-۱۰۷

چکیده

تولیدات و محصولات کشاورزی عمدتاً با عوامل مکانی مانند شرایط اقلیمی، جغرافیایی و محیطی در ارتباط هستند. برای سنجش این عوامل از فناوری‌های مختلفی مانند اینترنت اشیا که در آن هر سنجنده یک یا چند شاخص را اندازه‌گیری می‌نماید، می‌توان بهره گرفت تا داده‌های موثر بر فعالیت‌های کشاورزی مانند نوع خاک، میزان رطوبت، شیب زمین و غیره را جمع‌آوری نمود. از طرفی برای تحلیل این داده‌های غالباً مکانی، نیاز به سامانه‌ای داریم که بتواند داده‌ها را جمع‌آوری، مدیریت، تحلیل و ارائه نماید و سیستم اطلاعات مکانی مصداق آن است. از GIS در حوزه‌های مختلف کشاورزی مانند بررسی مطلوبیت زمین، مکانیابی، تخصیص زمین، ارزیابی اثر و ... استفاده شده است. از اینترنت اشیا نیز برای سنجش دما و رطوبت خاک، زنجیره تامین کالا، ردیابی دام‌ها و بررسی رفتارحیوانات، آبیاری، کوددهی و برداشت هوشمند و ... بهره گرفته شده است. بنابراین تلفیق اینترنت اشیا و GIS پتانسیل فوق العاده‌ای برای ارتقاء فعالیت-های کشاورزی فراهم می‌نماید و هدف از این تحقیق بررسی این پتانسیل است. برای انجام این تحقیق مقالات در حوزه‌های اینترنت اشیا و کشاورزی، GIS و کشاورزی، GIS و اینترنت اشیا مورد بررسی قرار گرفتند و با بررسی آن‌ها پتانسیل‌های تلفیق GIS و اینترنت اشیا در کشاورزی استخراج شد. اکثر تحقیقات انجام شده در زمینه تلفیق GIS و اینترنت اشیا، حوزه مدیریت شهری را مورد توجه قرار داده‌اند، درحالی که که از این تلفیق می‌توان در حوزه‌های آبیاری، مدیریت گلخانه، زنجیره تامین کالا، جلوگیری از بیماری‌ها و آفات کشاورزی، دامداری دقیق و ... بهره جست.

کلمات کلیدی: اینرنت اشیا، کشاورزی دقیق، سامانه اطلاعات مکانی، کشاورزی هوشمند

۱- استادیار ، دانشگاه آزاد تهران شمال؛ gkhoshamooz@yahoo.com

۱. مقدمه

کشاورزی فعالیتی است که به طور مستقیم با تامین غذای انسان در ارتباط است و با توجه به رشد روز افزون جمعیت جهان، مدیریت صحیح آن اهمیت قابل توجهی دارد تا بتوان از بحران غذا جلوگیری نمود. بدین منظور باید در این حوزه هوشمندانه عمل کرد و می‌توان گفت کشاورزی دقیق و یا هوشمند یک ضرورت است تا بتوان مصرف نهاده ها را بهینه نمود، هزینه تولید را کاهش داد، سلامتی محصول را تضمین نمود و به توسعه پایدار دست یافت (باقری، ۱۳۹۸). برآورد می‌شود که جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ به ۹ بیلیون برسد و نیاز این میزان جمعیت به مواد غذایی باید تامین شود. بسیاری از چالش‌های واقع بر زنجیره تامین کشاورزی ناشی از بین رفتن زمین‌های کشاورزی و افزایش تقاضای مواد غذایی است. لذا سیستم کشاورزی نیاز به یک تغییر اساسی از روش‌های سنتی به کشاورزی دقیق یا کشاورزی هوشمند برای غلبه بر مشکلات دارد (Sharma et al., ۲۰۱۸).

در فعالیت‌های کشاورزی عوامل جغرافیایی، محیطی، فنی، اجتماعی و اقتصادی تاثیر گذار هستند. از طرفی هر یک از این عوامل با عوامل جزئی‌تری مرتبط می‌شوند. برای مثال عوامل محیطی وابسته به شاخص‌هایی چون نوع خاک، میزان کود، رطوبت، تابش خورشید، دما، شرایط جوی و غیره است. همچنین این عوامل پویا و با گذشت زمان دائماً در حال تغییر هستند. بنابراین جمع‌آوری داده اهمیت زیادی در مدیریت و تصمیم‌گیری صحیح در کشاورزی دارد (Yan-e, 2011). در واقع به کمک ماهواره‌ها، پهپادها، حسگرها و سامانه‌های هوشمند می‌توان به کشاورزی دقیق یا هوشمند دست یافت و یکی از الزامات توسعه کشاورزی عبارت است از بهبود زیرساخت اینترنت و شبکه به ویژه شبکه‌های بی‌سیم برای مناطق کشاورزی و روستایی تا بتوان اطلاعات لحظه‌ای را جمع‌آوری نمود (باقری، ۱۳۹۸). خودکارسازی مبتنی بر اینترنت اشیا رویدادهای کشاورزی می‌تواند بخش کشاورزی را از استاتیک و دستی بودن به پویایی و هوشمندی تغییر دهد (Shafi et al.,2019).

از طرفی سامانه اطلاعات مکانی قابلیت ذخیره‌سازی، بازیابی، پردازش، تجزیه و تحلیل و نمایش داده‌های مکانی را فراهم می‌کند و موثر بودن آن در فعالیت‌های کشاورزی با توجه به مکانی بودن اکثر پارامترهای کشاورزی اثبات شده است. لذا هدف از این تحقیق بررسی پتانسیل تلفیق دو علم سیستم اطلاعات مکانی و اینترنت اشیا برای بهبود و ارتقا هر چه بیشتر فعالیت‌های کشاورزی است.

۲. مبانی نظری تحقیق

۲-۱- سامانه اطلاعات مکانی (GIS)

GIS همان طور که از نام آن مشخص است یک سامانه است و هر سامانه از اجزای مختلفی تشکیل می‌شود. اجزای GIS شامل نرم‌افزار، سخت‌افزار، نیروی انسانی، داده، شبکه، پردازش‌ها و مدل‌ها است که این اجزاء با یکدیگر همکاری می‌کنند. به کمک GIS می‌توان الگوها و همبستگی‌های مکانی را آشکار نمود. GIS قابلیت‌های ذخیره سازی داده مکانی به صورت رقومی، مدیریت و تلفیق داده مکانی جمع آوری شده از منابع مختلف، بازیابی و تبدیل داده مکانی به فرمت‌های مورد نیاز، تحلیل داده‌ها به منظور دستیابی به اطلاعات سودمند و پشتیبانی از تصمیم را فراهم می‌کند (Sharma et al., 2018; Miloudi and Rezeg, 2018).

[۱] Geographic Information System

۲-۲- کشاورزی دقیق

کشاورزی دقیق در سال ۱۹۹۰ معرفی شد و نیازمند فناوری‌هایی است که به جمع‌آوری و تحلیل داده‌های مرتبط با کشاورزی کمک می‌کند. این فناوری ها شامل GPS، سنجش از دور، سنجنده‌ها و وسایل ارتباطاتی الکترونیکی می‌باشند (Sharma et al., ۲۰۱۸). کشاورزی دقیق سعی در بهینه سازی و ارتقاء فرآیندهای کشاورزی برای حداکثر نمودن تولید محصولات را دارد (Tzounis et al., 2017).

در واقع کشاورزی دقیق در چارچوب اصول توسعه پایدار حرکت می‌کند که هدف آن افزایش بهره‌وری به همراه کاهش آسیب‌های زیست محیطی است (باقری و بردبار، ۲۰۱۴). در واقع مدیریت درست مصرف نهاده‌ها در زمان و مکان مناسب و به مقدار مناسب است. همچنین کاهش هزینه‌ها را می توان دلیل اصلی استفاده از فناوری‌های مرتبط با کشاورزی دقیق بر شمرد. کشاورزی دقیق طیف گسترده‌ای از تجهیزات الکترونیکی (شامل انواع حسگرها)، ابزارهای نوری (انواع طیف‌سنج ها، دوربین‌های دیجیتال و تصویربرداری چندطیفی، ابرطیفی، حرارتی و سایر ابزارهای مرتبط)، و نرم افزارهای رایانه ای را در بر می‌گیرد. این فناوری‌ها در همه مراحل تولید محصول، از مرحله آماده سازی زمین تا برداشت محصول، کاربرد داشته و قابل اجرا هستند (باقری، ۱۳۹۸).

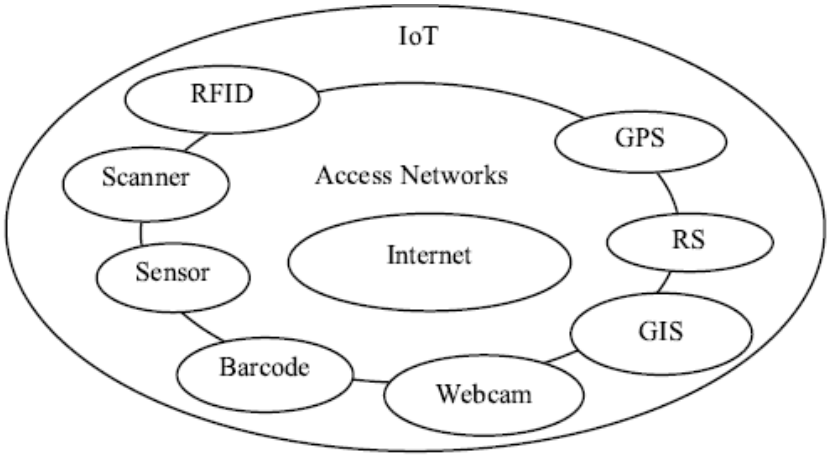
آنچه گفته شد تنها نقطه آغازین کشاورزی دقیق و هوشمند است. در آینده و در یک مزرعه تماماً رقومی، هر گیاه آدرس و آی پی اختصاصی خودش را خواهد داشت و با سایر گیاهان در ارتباط بوده و اطلاعات خود را با آن ها به اشتراک می‌گذارد و می‌توان شبکه اجتماعی گیاهان را راه اندازی نمود. بنابراین، با اتصال به شبکه داخلی چنین مزرعه‌ای که حاصل تجمیع حسگرهای مربوط به گیاهان است، می‌توان وضعیت هر گیاه را به صورت لحظه به لحظه پایش نمود (باقری، ۱۳۹۸).

۲-۳- اینترنت اشیا

مفهوم اینترنت اشیا ابتدا توسط پرفسور آشتون در مرکز MIT Auto-ID معرفی شد. اینترنت اشیا یک فناوری در حال توسعه است که سعی در اتصال اشیای جهان واقعی از طریق شبکه را دارد. اینترنت اشیا فناوری‌هایی چون RFID، شبکه بی‌سیم، ویدئوها، لیزر اسکنرها و سایر وسایل سنجنده اطلاعات را در بر می‌گیرد (Minbo et al., 2013).

در سال ۱۹۹۵ نیز بیل گیتس مفهوم اتصال شیء به شیء را بیان کرد. فناوری اینترنت اشیا اتصال بین شیء به شیء، انسان به شیء و انسان به انسان را شامل می‌شود. هدف IOT[۲] ایجاد یک شبکه عظیم از سنجنده‌های مختلف (مانند RFID[۳] ، GPS[۴]، سنجش از دور و لیزر اسکنر) است. در واقع IOT از میلیون‌ها وسایل شبکه شده به نام آیتم‌های هوشمند تشکیل می‌شود. این وسایل قادر به جمع آوری اطلاعات راجع به خود، محیط و ارتباط این اطلاعات به سایر وسایل و سیستم‌ها از طریق شبکه هستند (Yan-e, 2011). شکل ۱ اجزای اینترنت اشیا را نشان می‌دهد.

۱Internet Of Things
۲Radio Frequency Identification
۳Global Positioning System



شکل۱. اجزای اینترنت اشیا

منبع: Yan-e, 2011

مهمترین شبکه به خصوص در کشاورزی دقیق، شبکه سنجنده بی سیم (WSN[۵]) است. به طور کلی WSN شامل یک یا چند نود بی‌سیم است که به سنجنده‌ها متصل می‌شوند. این نودها وسایل کوچکی هستند که مسئول جمع آوری داده هستند. نودها به دو نوع تقسیم می شوند. نود مبدا که داده را جمع آوری می کند و نود مقصد که داده را از نودهای مبدا دریافت می‌کند. یک نود مقصد قدرت محاساباتی بیشتری نسبت به نود مبدا دارد. برای انتخاب نود مبدا پارامترهایی چون انرژی، حافظه، قدرت، اندازه، نرخ داده و قیمت در نظر گفته می‌شود (Shafi et al., ۲۰۱۹).

غالباً در اینترنت اشیا، لایه‌های مختلف در نظر گرفته می‌شود به عنوان مثال لایه فیزیکی که در آن تمام داده‌های سنجنده جمع آوری می‌شوند. لایه شبکه که داده را منتقل می‌کند و لایه تصمیم‌گیری که در آن داده تحلیل و پردازش می‌شود (Shafi et al.,2019). اینترنت اشیا به سمت ارتباطات بی‌سیم به روز حرکت می‌کند. اینترنت اشیا دربرگیرنده آرایه ای از فناوری های ارتباطی مختلف است که اشیا مختلف را متصل می‌کند تا سرویس‌های هوشمند را ارائه دهد (Miloudi and Rezeg, 2018).

در دهه‌های گذشته با افزایش سریع وسایل اینترنت اشیا و فناوری‌های WSN، پروتکل‌های ارتباطی مختلفی معرفی شده است. هر پروتکل براساس عواملی چون پهنای باند، تعداد کانال‌ها، نرخ داده، باطری، قیمت و غیره ارائه می‌شود. متداولترین پروتکل‌ها برای ارتباط بی‌سیم در کاربردهای مبتنی بر اینترنت اشیا فناوری سلولی، LOWPAN[۶]، ZIGBEE[۷]، BLE[۸] و RFID هستند.

فناوری سلولی نرخ داده فوق العاده دارد. از قابلیت‌های ارتباطی سلولی نسل چهارم، نسل سوم و GSM[۹] می‌توان به فراهم کردن اتصال پر سرعت اینترنت اشاره نمود. فناوری سلولی نسل چهارم نیازمند قدرت بیشتر باطری است. به طور کلی فناوری سلولی گزینه مناسبی در شبکه‌های سنجنده بی‌سیم زیرزمینی مانند پروژه خانه‌های هوشمند و کشاورزی دقیق به حساب می‌آید (Shafi et al.,2019). علاوه براین شبکه سنجنده بی‌سیم می‌تواند برای پالایش و کنترل

[۵] Wireless Sensor Network

[۶] Low-Power Wireless Personal Area

[۷] Zonal Intercommunication Global-standard

[۸] Bluetooth Low Energy

[۹] Global System for Mobile Communications

عواملی که رشد محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد، استفاده شود. همچنین قادر است برای تعیین زمان بهینه برداشت، کشف بیماری و کنترل ماشین به کار رود (Muangprathub et al.,2019). سنسورهای بی-سیم و شبکه سنسور بی‌سیم قابلیت استفاده در زمین های کشاورزی، گلخانه‌ها، سردخانه‌ها، ماشین‌های یخچال‌دار برای مانیتور نمودن محیط و انتقال انواع داده به سیستم مدیریت در لحظه را دارند. به طور کلی، نصب شبکه سنسور بی‌سیم در زمین کارایی کشاورزی را ارتقا می‌دهد. WSN موضوع مهمی در پایش محیطی است. هزینه پایین، امکان نصب با تراکم بالای نودها را می‌دهد. آن‌ها می‌توانند اطلاعات ارزیابی خطر را مانند هشدار به کشاورزان در مورد خطر سرمازدگی و فراهم کردن آگاهی‌های آب و هوایی بهتر را فراهم کنند. خودکار نمودن فرآیند پایش می‌تواند در انواع شرایط آب و هوایی انجام گیرد. یک مثال پیش بینی سیل با استفاده از سنجنده‌های بی‌سیم است که می‌توانند میزان بارش، سطح آب و شرایط آب و هوایی را بسنجند. سنجنده-ها اطلاعات را برای سیستم پایگاه داده مرکزی فراهم می‌کنند. شبکه سنجنده بی‌سیم می‌تواند آتش جنگل را سریع‌تر از روش ماهواره مبنا کشف و پیش بینی کند. WSN دما و رطوبت را اندازه گیری می‌کند و دود را تشخیص می‌دهد. همچنین در تحقیقی از WSN برای مبارزه با یک بیماری قارچی وابسته به شرایط آب و هوایی در مزرعه سیب زمینی با هدف کشف محصول در خطر استفاده شده است و به کشاورزان امکان مراقبت از گیاهان در موقع لزوم را می‌دهد (Ruiz-Garcia et al., 2009).LoWPAN پروتکل[۱۰] IP مبنا و اولین پروتکل استفاده شده برای ارتباط اینترنت اشیا است. LoWPan از فناوری های چندگانه مانند فناوری‌های مش و ستاره پشتیبانی می کند.Zigbee یک پروتکل ارتباطی است که به طور گسترده در کشاورزی دقیق برای پایش شرایط محیطی مرتبط با سلامت محصولات مانند گلخانه و آبیاری هوشمند استفاده می‌شود (Shafi et al., ۲۰۱۹). استاندارد ZigBee مبتنی بر استاندارد IEEE ۸۰۲,۱۵,۴ است و در کنار صنعت غذایی و کشاورزی، به طور وسیع در کنترل ساختمان، خودکارسازی، امنیت، پایش پزشکی و اسباب بازی به کار می‌رود (Ruiz-Garcia et al., 2009).BLE به اندازه فناوری هوشمند بلوتوث مشهور و پروتکل مناسب برای کاربردهای کشاورزی است.سیستم‌های RFID شامل یک خواننده و گیرنده است و فرکانس رادیویی کوچکی به نام Rf tag دارد. این tag به صورت الکترونیکی برنامه نویسی می‌شود و قابلیت خوانده شدن دارد. RFID دو فناوری فعال و غیر فعال برای سیستم برچسب دارد. سیستم‌های برچسب خواننده فعال هزینه‌بر هستند، نیروی باتری بیشتری نیاز دارد و از فرکانس‌های بالا استفاده می‌کند. سیستم برچسب خواننده غیر فعال کم انرژی هستند (Shafi et al.,2019).

RFID به دلیل قابلیتش در شناسایی، دسته بندی و مدیریت جریان کالاها به طور موفقیت آمیز در فرآیند مدیریت زنجیره تامین به کار می‌رود. همچنین ردیابی دام با استفاده از RFID متداول است. در کشاورزی برچسب‌های فعال به خصوص برای مطالعه رفتار حیوانات خیلی مورد توجه هستند (Ruiz-Garcia et al., 2009).

WSN و RFID مکمل یکدیگرند، زیرا آن‌ها با اهداف مختلفی طراحی شده اند (RFID برای شناسایی و WSN برای سنجش). WSN از انواع سنجنده‌ها استفاده می‌کند اما نمی‌تواند اشیا را به صورت منحصر به فرد شناسایی کند در حالی که RFID امکان شناسایی آیتم‌هایی مانند کانتینر، پلیت، جعبه‌ها و بطری‌ها را می‌دهد.

[۱۰] Internet Protocol

در حال حاضر ثبت کننده‌های RFID ۱۰ برابر ارزان-تر از نودهای شبکه بی‌سیم هستند.

برنامه‌های کاربردی WSN و RFID بسیار متنوع می-باشند. در بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ تکامل فناوری RFID خیلی سریع توسعه پیدا کرد و ویژگی-های جدیدی به شناسایی خودکار و برنامه‌های کاربردی اخذ داده اضافه شد (Ruiz-Garcia et al., ۲۰۰۹).

Wifi[۱۱] متداولترین پروتکل ارتباطی است که وسایل را قادر به ارتباط سیگنال بی‌سیم می‌سازد. WiFi، شبکه محلی بی‌سیم را برای مکان‌های مختلفی مانند خانه، اداره، مکان‌های عمومی مانند رستوران‌ها، هتل-ها و فرودگاه‌ها با سرعت بالا فراهم می‌کند و به طور گسترده در برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا مانند سیستم‌های کشاورزی، آبیاری هوشمند، پایش سلامت محصول و گلخانه استفاده می‌شود (Shafi et al., 2019).

۳- ادبیات تحقیق

ادبیات تحقیق در حوزه‌های نقش GIS در کشاورزی و استفاده از اینترنت اشیا در کشاورزی بررسی شده است.

۳-۱- نقش GIS در کشاورزی

GIS نقشه مهمی در تحلیل فرسایش خاک، ارائه برنامه‌های کاربردی برای بهبود تصمیم‌گیری، پیش-بینی، شبیه‌سازی تغییرات آب و هوایی، تحلیل الگوی محصول، مدیریت آفت، مدیریت نیتروژن، پایش محصول، مدیریت علفزار، مدیریت حاصلخیزی و تهیه نقشه شوری خاک ایفا می‌کند.

ابزارهای GIS، کشاورزان را به کنترل داده مکانی از طریق وسایل موبایل یا تبلت‌ها برای توسعه محصول، کاهش هزینه‌های کشاورزی، مدیریت زمین، کنترل بهتر عوامل ایجاد کننده خطر و مدیریت منابع، تولید درآمد بیشتر، ذخیره بیشتر و تصمیم‌گیری در لحظه قادر می‌نماید.

تمام داده‌های کشاورزی اجزای مکانی دارند. نقش GIS در کشاورزی به موازات رشد فناوری برای جمع-آوری، تحلیل و مدیریت مرتبط بر داده کشاورزی در حال افزایش است (Rehman, 2015).

GIS بخش کشاورزی را متحول نموده است. تلفیق GIS با تصاویر چند طیفی و ابر طیفی سنجش از دور برای تحلیل پارامترهایی چون سلامت محصول و رطوبت خاک مفید واقع شده‌اند. GIS پشتیبانی از تصمیم‌گیری را برای مدیریت کارای استفاده از کود و آفت‌کش و نحوه آبیاری فراهم می‌کند. کاربردهای GIS در کشاورزی غالباً در مورد ارزیابی مطلوبیت زمین، مکانیابی، تخصیص زمین و ارزیابی اثر بوده است.

ارزیابی مطلوبیت زمین با فراهم کردن اطلاعات برای تصمیم‌گیران از فرصت‌ها و قیود مرتبط با محدوده حاصل می‌شود. تحلیل مطلوبیت زمین خصوصیات زمین، داده‌های فیزیکی، جغرافیایی و نیازمندی‌های کاربر را در نظر می‌گیرد. اطلاعات فیزیکی و جغرافیایی شامل خصوصیات آب و هوایی مانند دما، بارش، رطوبت خاک، کوددهی طبیعی، عمق، بافت، شوری، سطح PH و شیب هستند. روش‌های تصمیم گیری چند معیاره برای تعیین مطلوبیت زمین بسیار سودمندند. معیارها و وزن‌ها برای این روش‌ها با استفاده از دانش متخصصین و داده‌های مکانی به دست می‌آید.

مکان یابی و جستجوی مکان با استفاده از برنامه های کاربردی زمانی و مکانی برای حداکثر نمودن تولید محصول استفاده می‌شود. از GIS-MCDA[۱۲] برای شناسایی مکان‌های مطلوب برای کاشت جو در مکزیک استفاده شده است.

[۱۱] Wireless Fidelity

[۱۲] Multi Criteria Decision Making

مطالعات مختلفی برای تعیین تخصیص زمین کشاورزی در گذشته انجام شده است. از ANP[۱۳] و GIS برای تخصیص زمین برای کاشت مرکبات استفاده شده است (Zabihi et al., 2015). از زمین آمار GIS مبنا و تحلیل بصری برای ارزیابی تناسب محصول در بلوکی از منطقه کوهستانی پنجاب هند بهره گرفته شده است (Kumar et al., 2010). از مدل‌های مکانی برای پیدا کردن مکان‌های مناسب برای کشاورزی و شناسایی توزیع زمین‌های حاشیه‌ای در مالاوی بهره گرفته شده است (Li et al., 2017). Bocchi and Castrignano (۲۰۰۷) از تلفیق GPS، سنجنده و نرم‌افزارهای GIS و زمین آمار برای تحلیل پتانسیل زمین برای محصول ذرت در ایتالیا استفاده کردند.

اولین مرحله برای تخصیص زمین تعیین معیارها است که براساس نیازهای کاربر شناسایی می‌شود. این معیارها شامل مجاورت از شهرها، روستاها، دسترسی به راه و راه آهن و نوع زمین است. در مرحله دوم، براساس کارایی مکان بالقوه، یک انتخاب مقدماتی ایجاد می‌شود. در گام آخر، از روش‌های MCDA برای انتخاب بهترین مکان بهره گرفته می‌شود (Sharma et al., 2018).

GIS در حل مسائل تخصیص منابع به خوبی عمل می‌کند. یک ارزیابی دقیق از مطلوبیت زمین و تحلیل علمی قبل از برنامه‌ریزی زمین لازم است انجام شود (FAO, 1989). GIS ثابت کرده که ابزاری قوی برای تحلیل داده مکانی است و پارامترهایی چون شیب زمین، ارتفاع زمین، محتوای خاک، کاربری موجود و زیرساخت ممکن را در نظر می‌گیرد. مطالعات تخصیص منابع مرتبط با موضوعاتی مانند آبیاری محصولات، سطوح آب زیرزمینی و تخصیص زمین است (Sharma et al., 2018). به عنوان مثال ارزیابی منابع آب برای کشت دیم در زمین‌های نیمه خشک چین با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاع زمین و پایگاه داده میانگین بارش سالیانه برآورد شده است (Wei et al., 2005).

اولین قدم در تخصیص منابع تعریف معیارهای ارزیابی است که با در نظر گرفتن قیود مختلف (شرایط جغرافیایی) و فاکتورهای موثر انجام می‌شود. گام بعدی شامل کدگذاری و وزن دهی لایه‌های مرتبط با استفاده از روش‌های MCDA است. گام آخر مرحله انتخاب است (Sharma et al., 2018).

ارزیابی اثر به تغییر در شرایط منابع در حال و گذشته به دلیل فرآیندهای طبیعی و فعالیت های انسان بر می‌گردد و این ارزیابی با استفاده از سنجش از دور و GIS انجام می‌شود. ارزیابی اثر برای خاک به فرسایش خاک، تغییرات کاربری زمین و تغذیه مبنا دسته‌بندی می‌شود. از طرف دیگر ارزیابی اثر برای آب به آبیاری و آب زیرزمینی تقسیم می‌شود. از داده مکانی برای تعیین برنامه‌ریزی محصول‌دهی بلند مدت، کنترل-های فرسایش خاک، کنترل‌های آبیاری و دستیابی به سیستم‌های کشت استفاده شود (Sharma et al., ۲۰۱۸).

۲-۳- اینترنت اشیا در کشاورزی

اینترنت اشیا می‌تواند پارامترهای محیطی مانند دما، رطوبت، دی اکسید کربن و نور را طبق شرایط رشد محصول در لحظه کنترل کند. علاوه براین، دوربین‌ها در سیستم اینترنت اشیا قادر به شناسایی بیماری محصول و آفت‌ها به صورت در لحظه هستند که به کشاورزان برای حل مشکلات کمک می‌کند. از طریق GPS، RFID و سنجنده‌های مکان مبنا، محصولاتی مانند سبزیجات را می‌توان ردیابی و در طی حمل و نقل و انبار کردن به صورت بصری پایش نمود. آیتم-های پایش دامداری شامل اطلاعاتی چون دمای بدن،

[۱] Ănalytic Network Process

وزن، رفتار، دریافتی غذا، اطلاعات بیماری و فاکتورهای محیطی دام است.

در کشاورزی آبی تمرکز بر کیفیت آب مانند محتوای اکسیژن، دمای آب و مقدار PH است. زیرا کیفیت آب، رشد حیوانات آبی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با مدل بهینه‌سازی تغذیه و رشد حیوانات امکان درک کنترل بهینه و زمان غذادهی براساس چرخه رشد، چرخش و وضعیت غذا فراهم می‌شود. در سال‌های اخیر کشورهای مختلف بستری برای ردیابی گوشت، شیر، ماهی و محصولات کشاورزی براساس اینترنت اشیا فراهم نموده‌اند (Shi et al., 2019; Minbo et al., ۲۰۱۳).

راجع به هر کدام از کاربردهای اینترنت اشیا در کشاورزی در ادامه توضیح داده می‌شود.

۱-۲-۳ جمع آوری داده های رطوبت، دما و فشار

شبکه سنجنده بی‌سیم شامل واحدهای پردازش است که motes نامیده می‌شود و از طریق ارتباط بی‌سیم با هم ارتباط دارند. این واحدها می‌توانند پارامترهایی چون دما، رطوبت و فشار را در لحظه جمع‌آوری کنند. WSN امکان پایش از راه دور مناطق وسیع جغرافیایی را بدون نیاز به کابل فراهم می‌کند و امکان شناسایی پارامترهایی چون رطوبت، یخ زدگی و قطع اتصال) را در بازه کوتاهی از زمان می‌دهد (Foughali et al., ۲۰۱۸). همچنین شبکه سنجنده بی‌سیم می‌تواند با پایش فاکتورهای مختلفی مانند، دما و رطوبت میزان محصول را حداکثر و هزینه را حداقل نماید. این امر امکان تصمیم‌گیری مقدار صحیح کود و یا میزان آب را ممکن می‌سازد. همچنین این سیستم به کشاورزان امکان کنترل از راه دور گیاهانشان را می‌دهد (Foughali et al., 2018).

برای افزایش تولید محصول کشاورزی، پایش محصولات، جلوگیری از بیماری، کنترل مصرف آب در آبیاری از اینترنت اشیا بهره گرفته می‌شود. در یکی از تحقیقات از اینترنت اشیا و سنسورها برای کنترل دما و رطوبت خاک برای افزایش کارایی کشاورزی استفاده شده است (Balamurugan and Satheesh, 2017).

در تحقیق دیگر از اینترنت اشیا برای پایش فاکتورهای زیست محیطی و وضعیت رشد گیاه در گلخانه ارکیده به صورت در لحظه بهره گرفته شده است (Min-ShengLiao et al., 2017). در تحقیق دیگر از اینترنت اشیا برای پایش رطوبت خاک برای برنامه‌ریزی آبیاری در مزرعه گندم استفاده شده است (Payero et al., 2017).

Li et al (۲۰۱۲) یک سیستم پایش محیط زیستی گلخانه براساس اینترنت اشیا ارائه نمود که پالایش در لحظه اطلاعات زیست محیطی گلخانه را با تلفیق اینترنت، شبکه بی سیم و شبکه موبایل را فراهم می-کند.

در تحقیق دیگر، یک پایش برخط برای کنترل سیستم گلخانه توسعه داده شده است. از WSN برای جمع آوری و تحلیل داده‌های سنجنده مرتبط با گیاه برای فراهم کردن کنترل آب و هوا، کوددهی و آبیاری استفاده نموده است (Pahuja et al. 2013).

۲-۲-۳- لاجستیک (زنجیره تامین کالا)

سیستم مدیریت اینترنت اشیا می‌تواند تمام رویدادهای مرتبط با زنجیره تامین کالا را برای ردیابی ذخیره کند (Minbo et al., 2013). مدیریت جریان کالا یا لاجستیک یکی از فعالیت‌های مهم کشاورزی در صنعت کشاورزی و غذایی است که منجر به امنیت غذایی می‌شود و در محصولات فاسد شدنی اهمیت

آن بیشتر نمود می‌یابد و باید دما و سایر شرایط کیفی به دلیل فساد پذیر بودن، از مزرعه تا سفره مصرف کننده کنترل شود. زنجیره تامین باید متغیرهای غیرقابل پیش بینی را نیز در نظر بگیرد. بنابراین نیاز مبرمی بر ردیابی و پایش وجود دارد.

سیستم‌های اطلاعات موجود به طور کامل زنجیره تامین را پشتیبانی نمی‌کنند و تنها محدود به توابعی چون ردیابی سفارش، پایش نمودن وسیله نقلیه و تحویل می‌شود. لذا امکان تصمیم‌گیری در لحظه با توجه به تغییر شرایط را فراهم نمی‌کنند. اما سیستم-های مبتنی بر اینترنت اشیا امکان مانیتور و کنترل مکان و شرایط حمل و نقل از تولید به مشتری نهایی را فراهم می‌کند (Verdouw et al., 2018; Minbo et al., 2013; Muangprathub et al., 2019).

RFID از متداولترین فناوری‌های اینترنت اشیا در زنجیره تامین است. برچسب های RFID به عنوان بارکد ردیابی محصولات کشاورزی را ممکن می‌سازند (Tzounis et al., 2017). از مشکلات اصلی در عرضه محصولات کشاورزی، مناسب نبودن سیلوها و انبارهای مواد غذایی است. با توجه به حجم زیاد محصولات انبارشده، امکان بررسی آن‌ها وجود ندارد و به علت شرایط نامناسب نگهداری، گاهی مقدار زیادی از محصولات از بین می‌رود. به همین دلیل، پایش هوشمند سیلوها، ارائه اطلاعات لحظه به لحظه محصول، از ویژگی‌های کنترل هوشمند سیلوها است. مثلاً با نصب حسگرهای مختلف در سیلوی غلات، شرایطی مثل آتش و وجود گرد و غبار را هشدار می دهد (باقری، ۱۳۹۸).

در حین برداشت و تولید ذرت، ذرت تحت مراحل مختلف قرار می‌گیرد. برای مثال فرآیند پردازش ذرت از زمین شروع می شود و در کامیون قرار می‌گیرد. ذرت ممکن است در انبار مزرعه ذخیره شود و بعد از آن به انبار بلند مدت ارسال شود و یا به یک دامداری رود. در پایان، ذرت برای مصرف خانگی یا بین المللی به کاربر نهایی ارائه می‌شود. در هر یا تمام مراحل این امکان برای به هم آمیختن ذرت با سایر محصولات یا سایر مسائل مانند سرقت وجود دارد. برچسب RFID جزء اصلی سیستم ردیابی ذرت است. هر RFID شناسه منحصر به فرد دارد. برچسب ها باید در سطل ذرت در زمان درو قرار داده شوند. در زمان انبار، برچسب‌ها از طریق وسیله خواندن/نوشتن RFID با مانتیور محصول و GPS تلفیق می‌شود. موقعیت RFID ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای زمین مرجع شده نمایش داده می‌شوند. همچنین لیست کامل برچسب های RFID می‌تواند نشان داده شود. شماره‌های ID برچسب‌ها به پایگاه داده متصل می‌شود (Hornbaker et al., 2004).

ردیابی و دنبال کردن محصول کشاورزی از مهمترین توابع کشاورزی هستند. هر محصول و هر مکان با یک کد منحصر به فرد در هر مرحله فرآیند محصول کشاورزی مشخص می‌شود. کد شناسایی اساس مدیریت تجارت و سرویس‌های اطلاعاتی مختلف است. در فرآیند تولید کشاورزی، حجم عظیمی از داده مربوط به زمان‌های مختلف تولید خواهد شد که باید پایش و ذخیره شود. بنابراین مدیریت داده برای اینترنت اشیا کشاورزی حیاتی است (Minbo et al., ۲۰۱۳).

۳-۲-۳- ردیابی و پایش زنجیره سرد

محصولات فاسد شدنی مانند سبزیجات، میوه، گوشت یا ماهی نیازمند حمل و نقل‌های دارای یخچال هستند. بنابراین دما مهمترین فاکتور برای طولانی کردن عمر محصولات فاسد شدنی است و مطالعه و تحلیل دما در اتاق‌های یخچال، کانتینر و کامیون‌ها مساله اصلی برای این صنعت است. مدیریت زنجیره

تامین غذاهای تازه نیازمند تصمیم‌گیری‌های سریع است. زیرا کالاها چندین ساعت بعد از رسیدن به مرکز توزیع ارسال می‌شود. موارد مربوط به کیفیت، سریعاً شناسایی شده و اخطارها وقتی دما از یک حد آستانه می‌گذرد، شروع می‌شوند. در برخی تحقیقات استفاده از سنجنده‌های بی‌سیم در وسایل یخچال‌دار ارائه شده است (Ruiz-Garcia et al., 2009). استفاده از RFID برای پایش دما در ارسال آناناس نتیجه خوبی به همراه داشته است (Amador et al., 2008). Jedermann et al. (۲۰۰۶) یک سیستم خود کنترل براساس داده به دست آمده از RFID در حین حمل بار ارائه نمود. این نوع کاربردها می‌تواند دما را در حین حمل و نقل و توزیع ثبت کند.

۳-۲-۴- گلخانه‌ها

خودکار نمودن و کارایی پایش و کنترل محیط گلخانه ضروری است. اولین برنامه کاربردی WSN در یک گلخانه در سال ۲۰۰۳ گزارش شده و یک سیستم کنترل و پایش توسعه داده شده با استفاده از بلوتوث است. از آن سال به بعد برنامه‌های کاربردی مختلفی توسعه داده شده‌اند که اکثر آن ها از ZigBee و IEEE 802 بهره برده‌اند. انواع سنجنده‌ها تلفیق می‌شوند تا میزان آبیاری، دما، هدایت الکتریکی، بازتاب فتوسنتز روزانه و رطوبت برگ در لحظه را اندازه‌گیری کنند (Ruiz-Garcia et al., 2009).

در یک نمونه مطالعه از تلفیق تصاویر چند طیفی سنجش از دور و فناوری RFID برای مدیریت گلخانه بهره گرفته شده است. به کمک سنجش از دور تاج پوشش نهال‌های کلم سنجیده و به کمک RFID دمای گلخانه، رطوبت نسبی و شرایط نوردهی اندازه گیری می‌شود (Yang et al., 2008). همچنین در تحقیقی دیگر از سنجنده‌ها برای پایش دما، رطوبت نسبی و نور درون گلخانه‌ها بهره گرفته شده است (Wang et al., 2008).

۳-۲-۵- دامداری دقیق

WST[۱۴] به عنوان یک فناوری جدید برای اندازه‌گیری دمای بدن است و اطلاعات پیوسته و در لحظه فراهم می‌کند. WSN می‌تواند اکسیژن خون دام با استفاده از اکسی‌متر، موقعیت مکانی، دما و تنفس فراگیر را اخذ کند (Nagl et al., 2003).

ارائه یک پلتفرم شبکه سنجنده بی‌سیم برای پایش رفتار و سلامتی حیوان و ارائه یک RFID قابل تزریق و سنجنده دما در گردن اسب‌ها برای اندازه‌گیری دمای بدن با یک کد شناسه منحصر به فرد کاشت، نمونه‌ای از این تحقیقات هستند (Marsh et al., ۲۰۰۸). پایش و کنترل کیفیت محیط داخلی برای سلامتی حیوان مهم است و به طور مستقیم محصول‌دهی و کیفیت را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تهویه در اصطبل باید مدیریت شود تا از در معرض قرار گرفتن طولانی مدت حیوان در برابر آمونیاک، ایجاد استرس و کاهش محصول جلوگیری نماید (Ruiz-Garcia et al., 2009). تحقیق دیگر، قابلیت استفاده از WSN را برای مانیتور متغیرهای محیطی محل زندگی حیوانات ارزیابی کرد (Cai et al., 2001).

حسگرهای پایش وضعیت سلامت دام، پیوسته دام ها را بررسی می‌کنند. درصورت بروز علائم بیماری و با توجه به مشخصات هر دام، هشدارهای لازم به دامدار ارسال می‌شود (باقری، ۱۳۹۸). مطالعه دیگر، یک سیستم پایش سطح آب با استفاده از WSN طراحی کرد که دامدار را قادر به مشاهده دسترسی آب برای چارپایان حتی در فاصله ۱ تا ۳ کیلومتری آغل می‌نماید (Lukas et al.,2015). به طور کلی، سنجنده‌های بی‌سیم در ردیابی حیوانات و تحلیل رفتار آن‌ها مفید واقع می‌شوند (Tzounis et al., 2017).

۳-۲-۶- مراقبت از سلامت محصول

[۱۴] Wireless Sensor Technologies

تحقیقاتی در زمینه ارائه یک سیستم مراقبت از سلامت با استفاده از اینترنت اشیا صورت پذیرفته است (Minbo et al., 2013). در واقع پارامترهای مختلفی شامل سطح آب، دما و غیره در سلامت گیاهان موثر هستند. لذا نیاز به جمع‌آوری اطلاعات از منابع و قسمت‌های مختلف زمین مانند مواد مغذی خاک، حضور آفت‌ها و علف‌های هرز، کلروفیل موجود در گیاهان و شرایط آب و هوایی وجود دارد. تمام اطلاعات جمع آوری شده باید تحلیل شوند تا پیشنهادات کشاورزی را ارائه دهند. برای مثال با توجه به سطح سبزینگی، مواد غذایی مورد نیاز را تشخیص دهد. این اطلاعات با خصوصیات خاکی که گیاه در آن واقع شده تلفیق می‌شود. از اطلاعات جمع آوری شده برای تعیین میزان کود مورد نیاز می‌توان استفاده نمود. اطلاعات در لحظه و پیشنهادات کلیدی برای مراقبت از محصول به کشاورز ارسال می‌شود (Shafi et al.,2019).

در زمینه بیماری‌های محصولات مانند بیماری سیب زمینی تحقیقاتی انجام پذیرفته است. این بیماری از خطرناکترین بیماری‌ها در حوزه کشاورزی است و باعث نگرانی تولید کنندگان می‌شود. برای مبارزه با این بیماری، کشاورزان مجبور به اختصاص بخش قابل توجهی از درآمدشان هستند. به عبارتی پیامدهای اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نامطلوبی به همراه می آورد. در این موارد، سیستم‌های حامی تصمیم‌گیری به کمک کشاورزان می‌آیند. در میان آن‌ها می‌توان Plant-plus، Mileos و NegFry ، ProPhy را نام برد که براساس متغیرهای آب و هوایی برای پیش بینی عفونت، ارزیابی و اندازه گیری بیماری به کار می‌روند (Foughali et al., 2018). در یکی از تحقیقات یک راه حل هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا برای پایش سلامت محصولات متشکل از دو ماژول ارائه شده است. اولین ماژول یک سیستم شبکه مبنا بی‌سیم برای پایش وضعیت سلامت محصول در لحظه است که در آن چندین نود بی سیم توسعه یافتند. هر نود بی سیم متشکل از سنجنده رطوبت خاک استفاده شده برای پایش سطح آب خاک و سنجنده دما خاک استفاده شده برای چک کردن دمای خاک، دمای هوا و رطوبت است. ماژول دوم از یک سکوی سنجش از دور کم ارتفاع برای به دست آوردن تصاویر چند طیفی برای طبقه بندی محصولات سالم و غیر سالم استفاده می‌نماید. سلامت محصول با استفاده از محاسبه شاخص NDVI[۱۵] (شاخص طبقه بندی بین گیاهان سالم و ناسالم با اندازه‌گیری محتوای کلروفیل در محصولات) تصاویر پهپادها محاسبه می‌شود. همچنین یک وب پرتال برای کمک به کشاورز طراحی شده است و سرویس-هایی چون بصری سازی داده با استفاده از گراف، پایش آب و هوا، نقشه NDVI و همبستگی بین پارامترهای اندازه گیری شده را ارائه می‌دهد (Shafi et al.,2019).

۷-۲-۳- آبیاری بهینه محصولات کشاورزی

درحال حاضر، آبیاری با روش‌های مختلفی نظیر قطره‌ای، بارانی و غیره و بر اساس برنامه زمان‌بندی مشخص انجام می‌شود. اما با کمک حسگرها می‌توان آبیاری را به صورت هوشمند برنامه‌ریزی کرد. با استفاده از حسگرهای خاک، میزان دما و رطوبت خاک سنجیده می‌شود تا مشخص شود که چه بخش‌هایی از خاک به آبیاری بیشتر یا کمتر نیاز دارند. همچنین، با رصد مداوم داده های دریافتی از حسگرها، در زمان

[۱۵] Normalized Difference Vegetation Index

نیاز و به میزان لازم آبیاری انجام می‌شود (Shafi et al.,2019).

استفاده از نظام‌های آبیاری هوشمند، میزان مصرف آب را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهند (باقری، ۱۳۹۸). در واقع سیستم آبیاری هوشمند یک برنامه کاربردی است که آب را با تصمیم‌گیری در اینکه در چه مکانی نیاز به آب هست، کنترل می‌کند. یک جنبه مهم آبیاری هوشمند اجتناب از هدر رفت آب است. زیرا اکثر کشورها با مشکل کمبود آب مواجه هستند. یک سیستم آبیاری هوشمند از دو سنجنده استفاده می کند. سنجنده رطوبت خاک که برای ارزیابی سطح آب خاک استفاده می‌شود. در حالی که سنجنده رطوبت و دما برای پایش شرایط محیطی استفاده می‌شود. یک برنامه کاربردی موبایل برای پایش از راه دور توسعه می‌یابد و کنترل جریان آب را به صورت خودکار و دستی ممکن می‌سازد. در حالت خودکار، جریان آب به طور خودکار براساس سطح آب خاک بدون دخالت انسان روشن/خاموش شود (Akubattin et al., 2016). در یکی از مطالعات یک سیستم حامی تصمیم گیری مبتنی بر WSN برای برنامه‌ریزی آبیاری در زمین‌های زیتون ارائه شده است که در آن از سنجنده‌ها برای اندازه گیری رطوبت، بازتاب خورشید، دما و باران بهره گرفته می‌شود (Fourati et al., 2014). در برخی از تحقیقات از WSN برای جمع‌آوری داده محیط و کنترل سیستم آبیاری با گوشی هوشمند استفاده شده است و سه جز سخت افزار، برنامه کاربردی وب و برنامه کاربردی موبایل را در برمی‌گیرد. سنسورهای رطوبت خاک، برای مانیتور کردن زمین استفاده می-شود و متصل به جعبه کنترل است. دومین جزء یک برنامه کاربردی وب برای ویرایش جزئیات داده محصول و اطلاعات زمین می‌باشد. این جزء از داده کاوی برای پیش بینی دمای مناسب، رطوبت هوا و رطوبت خاک برای مدیریت بهینه محصولات کشاورزی استفاده می‌کند. آخرین جزء برای کنترل آبیاری محصول از برنامه کاربردی موبایل هوشمند استفاده می‌نماید و امکان کنترل خودکار یا دستی توسط کاربر را فراهم می کند. کنترل خودکار از داده های سنجنده رطوبت خاک برای آبیاری استفاده می کند. اگرچه کاربر می تواند کنترل دستی را برای آبیاری محصولات انتخاب کند. نتایج نشان داد که پیاده سازی این سیستم در کشاورزی سودمند است (Muangprathub et al.,2019). در مطالعه‌ای دیگر یک راه حل پایدار بلند مدت برای خودکار نمودن کشاورزی با توجه به اندازه گیری‌های زیست محیطی توسط سنجنده رطوبت خاک، سنجنده رطوبت هوا و سنجنده دما ارائه شده است (Kaewmard and Saiyod, 2014).

Muangprathub et al (۲۰۱۹) از اینترنت اشیا برای سنجش رطوبت خاک و کنترل خودکار روشن و خاموش کردن سیستم آبیاری استفاده نموده است و در آن یک برنامه کاربردی تحت وب برای مدیریت آبیاری محصولات و یا تحلیل آبیاری مناسب به کار می‌رود. بخش آخر برای تعامل با کشاورز پیاده‌سازی می‌شود. برنامه کاربردی موبایل نیز برای کنترل وضعیت روشن یا خاموش سیسستم الکتریکی توسط کشاورز استفاده می‌شود. عملکردهای اصلی برنامه کاربردی مانیتور کردن آبیاری، تنظیم جزئیات محصول و ارائه تذکرات از طریق برنامه LINE را شامل می‌شود.

در یکی از تحقیقات نمونه‌ای از آرایه‌های سنجنده‌های هوشمند برای زمان بندی آبیاری محصول پنبه به کار رفته است. این سیستم سنجنده های رطوبت، ترموکوپل و RFID را تلفیق می‌کند (Vellidis et al., ۲۰۰۸).

در تحقیقی دیگر یک سیستم برای پایش وجود آلودگی مواد سمی حاصل از رواناب های‌شیمیایی در خاک نزدیک رودخانه‌ها به کار می‌رود (Akyildiz and Stuntebeck, 2006).

۸-۲-۳- برداشت هوشمند محصول

ماشین‌های برداشت هوشمند می‌توانند عملیات برداشت را انجام دهند. این ماشین‌ها، با تشخیص رسیدگی محصولات، تنها محصولات رسیده را برداشت می‌کنند. به عنوان مثال یک شرکت اسپانیایی، ماشین برداشت هوشمندی تولید کرده است که با دوربین، توت فرنگی‌ها را بررسی می‌کند و تنها توت فرنگی‌های آماده برداشت را می‌چیند. چنین ربات‌هایی، سرعت و دقت برداشت محصول را افزایش می‌دهند. همچنین، پژوهشگران هلندی ماشین هوشمند برداشت سیب زمینی طراحی نموده‌اند. این ماشین سیب زمینی‌ها را به صورت تک تک بررسی کرده و در هر مرحله تنها سیب زمینی‌های آماده برداشت را از زمین خارج می‌کند. همچنین ماشین‌های برداشت محصول، نقشه عملکرد مزرعه و یا باغ را به صورت برخط رصد کرده و تصمیمات مدیریتی درباره نیاز مواد غذایی، کمبودها و غیره را اعمال می‌کنند (علوی، ۱۳۹۷).

۹-۲-۳- سیستم کوددهی هوشمند

سیستم کودهی خودکار از سنجنده‌های در لحظه برای اندازه‌گیری حاصلخیزی خاک استفاده می‌کند. سیستم شامل سه ماژول ورودی، خروجی و حامی تصمیم‌گیری است. ماژول پشتیبانی تصمیم‌گیری مقدار بهینه کود مورد نیاز برای رشد گیاهان را اندازه گیری می‌کند.

داده های در لحظه خاک مانند رطوبت خاک، دما، هدایت پذیری، No2 و Co2 به کمک سنجنده‌ها جمع آوری می‌شوند. یک سرور از اطلاعات مکانی برای درون‌یابی داده های سنجنده استفاده می‌نماید (Chen and Zhang , 2006).

۴- روش تحقیق

برای انجام تحقیق از جستجو در سایت‌های Google scholar و ScienceDirect بهره گرفته شد و مقالات با کلید واژه‌های "IOT and Agriculture"، " GIS and IOT ، "GIS and Agriculture" مورد جستجو واقع شدند. در حوزه اینترنت اشیا و کشاورزی ۱۲ مقاله که اکثریت آن‌ها مقالات مروری بودند، انتخاب شدند. به طوری که از این ۱۲ مقاله، ۹ مقاله در ارتباط با مرور کاربردهای اینترنت اشیا یا به طور کلی فناوری در حوزه کشاورزی، ۲ مورد درباره زنجیره تامین کالا و ۱ مورد درباره جلوگیری از بیماری در کشاورزی دقیق می‌باشند (شکل ۲).

شکل۲: درصد مقالات بررسی شده در زمینه اینترنت اشیا و کشاورزی

منبع: نگارنده

مقالات مروری انجام شده در این حوزه، ما را به درک مناسب از پتاتسیل کاربرد اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی رهنمون ساخت. همچنین با مراجعه به منابع این مقالات، قابلیت‌های اینترنت اشیا در زمینه کشاورزی شفاف‌تر شد. در زمینه تلفیق GIS و کشاورزی، ۲ مقاله مروری در ارتباط با نقش GIS در کشاورزی دقیق، ۲ مقاله تحلیل مطلوبیت زمین به کمک GIS، ۱ مقاله در مورد نقش GIS در زنجیره تامین ارزیابی و تحلیل شد. مطالعه ۲ مقاله مروری در این زمینه نشان داد که کاربردهای GIS در کشاورزی را می‌توان به مطلوبیت زمین، مکان‌یابی، تخصیص زمین، ارزیابی اثر و سیستم‌های دانش مبنا تقسیم نمود.

همچنین بررسی مقالات در زمینه تلفیق GIS و اینترنت اشیا، نشان داد که تمرکز اکثر این مقالات بر روی کاربردهای مدیریت شهر بوده است. به عنوان مثال سنگاپور راه حل‌های هوشمند را در ارتباط با روشنایی خیابان‌ها، پارک هوشمند، مدیریت پسماند، ترافیک و پالایش آب و هوا به کار گرفته است و یا در شهر بارسلون اسپانیا از سنجنده‌ها برای ارتقا ترافیک، پایش کیفیت هوا و تحلیل آب و هوا استفاده شده و از RFID برای دسترسی به پارکینگ در لحظه بهره گرفته شده است.

برای مدیریت آتش، از تلفیق سنجنده‌ها، تصاویر سنجش از دور و RFID می‌توان برای جمع آوری اطلاعات محیط مانند دما و تراکم مونوکسید کربن استفاده نمود. همچنین RFID، سنجنده‌ها و گوشی-های هوشمند برای بصری سازی مکانی به کار می-روند. داده‌های سنجش از دور نیز نقش مهمی در کمک به شناسایی مناطق آسیب دیده، محاسبه تراکم جمعیت در مناطق بحرانی و بازسازی بعد از تخریب گسترده را بازی می‌کند. از طرف دیگر WebGIS، پایگاه داده، Geoserver، نرم افزار[۱۶]GDAL و خدمات

[۱۶] Geospatial Data Abstraction Library

مکان مبنا[۱۷]LBS، اطلاعات مکانی و نمایش آن‌ها را فراهم می‌کند (Yu et al., 2014).

اینترنت اشیا و GIS نقش مهمی در بالا بردن کیفیت آب و هوا در شهر ایفا می‌کنند. در تحقیقی پایش بر خط کیفیت آب براساس اینترنت اشیا و GIS طراحی شده است. سیستم برای پایش در لحظه، کیفیت آب را با جمع آوری داده از سنسور قرار گرفته زیرآب سنجیده و سپس به نرم افزار پایش برخط برای ذخیره سازی، پردازش، تحلیل و نمایش ارسال می-دارد. سپس به کمک نرم افزار ARCGIS موقعیت مکانی به کیفیت آب متصل می‌شود (Yuan et al, ۲۰۱۶).

به کمک اینترنت اشیا اتصال مخزن‌های هوشمند پسماند تا مخزن جمع‌آوری برقرار می‌شود. اطلاعات مکانی از طریق[۱۸]GPRS با مخزن جمع‌آوری ارتباط برقرار می‌کند (Islam et al., 2012) . وسایل اینترنت اشیا می‌توانند موارد مرتبط با نشت لوله در سیستم-های آب و فاضلاب را به عنوان پایش GIS مبنا نشان دهد (Liu et al., 2014).

چراغ‌های خیابان به اینترنت اشیا متصل می‌شود و یک سیستم مدیریت GIS مبنا را برای شهرها به کار می‌برد و وقتی حجم ترافیک کم است، روشنی خیابان را کاهش می‌دهد (Miloudi and Rezeg, 2018).

۵- نتایج تحقیق

در اینترنت اشیا به کمک سنجنده‌ها می‌توان میزان دما، رطوبت و سایر پارامترهای مرتبط با کشاورزی را اندازه‌گیری نمود. این اطلاعات به همراه موقعیت مکانی آن‌ها را می‌توان در یک سامانه اطلاعات مکانی ذخیره نمود. در ساده‌ترین کاربرد می‌توان این اطلاعات را نمایش داد. در گام بعد می‌توان روند این پارامترها را در مکان‌ها و زمان‌های مختلف تحلیل کرد. همچنین به کمک تحلیل‌های مکانی مانند درون‌یابی می‌توان مقادیر این پارامترها را برای کل نقاط منطقه مطالعاتی به دست آورد. از طرفی این پارامترها می‌توانند به عنوان ورودی یک مدل در نظر گرفته شوند که به کمک آن‌ها می‌توان به عنوان مثال میزان محصول را تخمین زد یا پیش‌بینی‌هایی را انجام داد. به خصوص اینکه می‌توان از تلفیق GIS با روش‌های هوشمند مانند شبکه‌های عصبی بهره بیشتری گرفت. می‌توان سیستم‌های حامی تصمیم-گیری مکانی را ایجاد کرد که به کشاورزان در تصمیم‌گیری‌هایشان در ارتباط با کاشت محصول، میزان آبیاری و تنظیم دما کمک می‌کند.

با توجه به اینکه نرم افزارهای GIS ابزارهای بسیاری برای مدیریت داده ارائه می‌دهند. می‌توان داده‌های به دست آمده از سنجنده‌ها را طبقه‌بندی نموده و یا به کارگیری روش‌های داده‌کاوی مانند خوشه‌بندی به استخراج دانش پرداخت.

همبستگی مکانی بین پارامترهای مختلف را می‌توان به کمک ابزارهای آمار مکانی محاسبه کرد و با تهیه نمودارهای دایره‌ای، میله‌ای و غیره، به مقایسه پارامترهای مختلف در واحدهای مکانی مختلف مانند قطعات کشاورزی، مناطق، آبادی‌ها و شهرستان‌ها پرداخت.

در مورد زنجیره تامین کالا، GIS می‌تواند با بهره-گیری از تحلیل‌های شبکه با ارائه سریعترین و بهترین مسیر، زمان ارسال محصولات از تولید کننده به مصرف کننده و هزینه حمل کالا را تا حد قابل توجهی کاهش دهد.

از تلفیق GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان برای مدیریت گلخانه‌ها بهره گرفت. مدیریت گلخانه با معیارهای مختلفی در ارتباط است مانند وضعیت نور، دما و رطوبت و از تلفیق این معیارها و وزن‌دهی به آن‌ها با توجه به کاربرد مورد نظر، مدیریت کاراتر گلخانه‌ها قابل تحقق خواهد بود.

---

[۱۷] Location Base Service
[۱۸] General Packet Radio Service

در حوزه دامداری دقیق، می‌توان مکان دام‌ها را به صورت در لحظه بر روی نقشه مشاهده کرد. تراکم جمعیت آن‌ها در یک محدوده خاص را بررسی کرد. رفتار حرکتی حیوانات را زیر نظر گرفت و در نهایت مراقبت بیشتری از آن‌ها بتوان به عمل آورد و با ارسال اطلاعات سنجنده‌های سلامت دام، تحلیل‌ها و آمارهای مختلف را خروجی گرفت. با استفاده از تابع distance، فاصله دام‌ها تا منابع آب را مورد تحلیل قرار داد.

در زمینه آبیاری و مدیریت منابع آب، GIS می‌تواند پس از ارسال داده‌های مربوط به سنجنده‌های آلودگی آب با استفاده از روش‌های درون‌یابی به ارزیابی کیفیت آب کمک کند و مطلوبیت آب‌های زیرزمینی را دسته‌بندی کند. همچنین می‌توان پس از جمع-آوری داده‌های فیزیکی توسط سنجنده‌ها نسبت به مکان‌یابی سیستم آبیاری با تلفیق GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره اقدام نمود. از تلفیق GIS و داده‌های حاصل از سنجنده‌ها می‌توان کارایی و عملکرد سیستم آبیاری را بررسی کرد.

در زمینه کوددهی هوشمند، می‌توان پس از اخذ داده‌های سنجنده‌ها برای هر واحد مکانی از تلفیق GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بهره گرفت و در نهایت یک سیستم حامی تصمیم‌گیری مکانی برای محاسبه میزان کود مورد نیاز ارائه نمود. ارزیابی بیماری گیاهان نیز نیاز به منابع داده چندگانه دارد که در اینترنت اشیا از طریق سنجنده‌ها حاصل می-شود و برای پایش و پیش‌بینی بیماری گیاهان می-توان از WebGIS بهره گرفت.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

مکان وجه مهمی از داده در اینترنت اشیا است و تلفیق GIS و اینترنت اشیا امکان برداشتن قدم‌های نو به سمت تصمیم‌گیری بهتر را با اطمینان از صحت اطلاعات ممکن می‌سازد. از این تلفیق بیشتر در حوزه مدیریت شهری بهره گرفته شده است. در حالی که در کشاورزی با توجه به اهمیت سنجش پارامترهای مختلف مانند دما، رطوبت، نور، نوع خاک و ...از یک طرف و اهمیت بعد مکان از طرف دیگر این تلفیق می‌تواند در زیر شاخه‌های مدیریت گلخانه، بررسی رفتار حیوانات، آبیاری، کوددهی هوشمند و در واقع در کشاورزی دقیق بهره گرفت.

البته با وجود تمام مزایایی که اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی دارد. چالش‌هایی در استفاده از آن همچون هزینه‌های فراهم کردن سخت افزار، تغییرات آب و هوایی، مدیریت حجم عظیم داده، میزان سواد کشاورزان و ملاحظات امنیتی مطرح است. در واقع کشاورزی دقیق غالباً تکیه بر سخت افزارهایی چون سنجنده‌ها، نودهای بی‌سیم، پهپادها، سنجنده‌های تصاویر طیفی برای ارزیابی پارامترهای چندگانه دارد. این سنجنده‌ها محدودیت‌های مختلفی شامل هزینه توسعه بالا، نگه‌داری و پیاده سازی دارند. برخی سیستم‌ها در کشاورزی دقیق از نظر هزینه به صرفه و مناسب برای زمین قابل کشت کوچک هستند. مانند سیستم‌های آبیاری هوشمند که نیازمند اجزای سخت افزاری و سنجنده های با هزینه کم می‌باشند.

تغییرات محیطی نیز یکی از چالش‌های بزرگ است که صحت داده جمع آوری شده توسط سنجنده ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نودهای سنجنده به کار رفته در زمین به متغیرهای زیست محیطی مانند بارندگی، نوسانات در دما، سرعت باد، نور آفتاب و غیره حساس هستند. ارتباط بین نودهای بی‌سیم می‌تواند توسط اختلال اتمسفری مختل شود. سکوهای پهپاد، هواپیما و ماهواره حساس به متغیرهای آب و هوایی هستند. تصاویر اخذ شده با این سکوها تحت تاثیر آلودگی‌ها، ابرها و سایر هواویزه های طبیعی است. توسعه فناوری‌های هوشمند برای تصحیح اتمسفری، کشف

ابر و درون‌یابی نویز چالشی است که نیازمند ارائه راه حل‌ها از محققین مختلف است.

از طرفی سنجنده‌ها به طور مداوم داده تولید می‌کنند. در نتیجه در سیستم‌های کشاورزی دقیق با حجم عظیمی از داده مواجه هستیم که نیازمند منابع کافی برای تحلیل داده است. در واقع نرم افزارهای جدید و امکانات مدیریت داده های حجیم مورد نیاز هست.

میزان سواد کشاورزان نیز عامل مهمی در به کارگیری کشاورزی دقیق است. در کشورهای در حال توسعه که نرخ سواد پایین است، کشاورزان محصولات را با روش‌های تجربی به عمل می‌آورند و از فناوری ها استفاده نمی‌کنند. در نتیجه با کاهش محصول مواجه می‌شوند. بنابراین کشاورزان باید آموزش داده شوند تا بتوانند از فناوری‌ها استفاده کنند.

به منظور رعایت ملاحظات امنیتی و جلوگیری از درز اطلاعات مکان و سایر اطلاعات حساس، نیاز به الگوریتم‌های رمز نگاری وجود دارد (Tzounis et al., ۲۰۱۷).

برای تحقیقات آتی، به کارگیری عملی تلفیق GIS و اینترنت اشیا در حوزه‌های مختلف کشاورزی مانند زنجیره تامین، مدیریت گلخانه، آبیاری، مراقبت از محصول و ... پیشنهاد می‌شود. ضمن اینکه ارائه راه حل برای چالش‌های مطرح شده می‌تواند زمینه تحقیقات آینده باشد.

منابع:

باقری، ن (۱۳۹۸). فناوری اطلاعات بسترساز توسعه کشاورزی هوشمند. مجله ترویج علوم وفنون اطلاعات کشاورزی، دوره دوم، شماره اول.

علوی، س، ا. (۱۳۹۷) مهندسی بی‌نهایت: کشاورزی هوشمند و تغذیه پایدار. آدرس اینترنتی: https://www.zoomit.ir/fundamental-science/284663-smart-farm-sustainable-food-supply ، تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲۳ .

Akubattin, V.; Bansode, A.; Ambre, T.; Kachroo, A.; SaiPrasad, P. Smart irrigation system. Int. J. Sci. Res. Sci. Technol. 2016, ۲, ۳۴۳–۳۴۵.

Akyildiz, I.F.; Stuntebeck, E.P. Wireless underground sensor networks: Research challenges. Ad Hoc Netw. **2006**, 4, 669-۶۸۶.

Amador, C.; Emond, J.P.; Nunes, M.C. Application of RFID technologies in the temperature mapping of the pineapple supply chain. In Food Processing Automation Conference, Providence, RI, USA, 2008.

Balamurugan, C., & Satheesh, R. (2017). Development of raspberry pi and IoT based monitoring and controlling devices for agriculture. J. Soc. Technol. Environ. Sci, 6(2), 207-215.

Bocchi, S., Castrignano, A., 2007. Identification of different potential production areas for corn in Italy through multitemporal yield map analysis. Field Crops Res. 102 (3), 185–197.

Cai, Q.Y.; Jain, M.K.; Grimes, C.A. A wireless, remote query ammonia sensor. Sens. Actuat. BChem. **2001**, 77, 614-619.

Chen, X.; Zhang, F. The establishment of fertilization technology index system based on “3414” fertilizer experiment. China Agric. Technol. Ext. 2006, 22, 36–39.

FAO, 1989. The State of Food and Agriculture. Food & Agriculture Organization of the UN (FAO).

Foughali, K., Fathallah, K., & Frihida, A. (2018). Using Cloud IOT for disease prevention in precision

India. J. Indian Soc. Remote Sens. 38 (2), ۲۱۱–۲۲۶.

Li, G., Messina, J.P., Peter, B.G., Snapp, S.S., 2017. Mapping land suitability for agriculture in Malawi. Land Degrad. Dev. ۲۸ (۷), ۲۰۰۱–۲۰۱۶.

Li, S.L., Han, Y., Li, G., Zhang, M., Zhang, L., Ma, Q., 2012. Design and implementation of agricultural greenhouse environmental monitoring system based on Internet of Things. Appl. Mech. Mater. ۱۲۱, ۲۶۲۴–۲۶۲۹.

Liu, Y., Zhang, W., Cui, X., Zhang, G., & Wang, ’’’ City Pipe netkork intelligent service based on GIS and Internet of Things, In Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), ۲۰۱۴ ۷□□ □□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□ (□□. ۹۳۶–۹۳۹) □□□□.

Lukas, Tanumihardja, W.A., Gunawan, E., ۲۰۱۵. □□ □□□ □□□□□□□□□□□□ □□ □□□: monitoring of troughs water level using WSN. In: Conference on Wireless Sensors (ICWiSe). IEEE, pp. 58–62.

Marsh, J.R.; Gates, R.S.; Day, G.B.; Aiken, G.E.; Wilkerson, E.G. Assessment of an injectable RFID temperature sensor for indication of horse well-being. In ASABE Annual International Meeting ۲۰۰۸, □□□□□□□□□□, □□□□□ □□□□□□, □□□, ۲۰۰۸.

Miloudi, L., & Rezeg, K. (2018, October). Leveraging the Power of Integrated Solutions of IoT and GIS. In 2018 3rd International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Systems (PAIS) (pp. 1-7). IEEE.

agriculture. Procedia computer science, 130, 575-582.

Fourati, M.A., Chebbi, W., Kamoun, A., ۲۰۱۴. □□□□□□□□□□□ □□ □ □□□–□□□□□ weather station for irrigation scheduling. In: Information Science and Technology (CIST), 2014 Third IEEE International Colloquium in IEEE, pp. 37–42.

Hornbaker, R., Kindratenko, V., & Pointer, D. (2004). An RFID agricultural product and food security tracking system using GPS and wireless technologies. In 7th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management.

Islam, M. S., Hannan, M. A., Arebey, M., & Basri, H.an overview for solid waste bin monitoring system ,A Journal of Applied Sciences Research, 8(2), 879-886, (2012).

Jedermann, R.; Behrens, C.; Westphal, D.; Lang, W. Applying autonomous sensor systems in logistics - Combining sensor networks, RFIDs and software agents. Sens. Actuat. A-Phys. **2006**, 132, 370-375.

Kaewmard, N., Saiyod, S., 2014. Sensor data collection and irrigation control on vegetable crop using smart phone and wireless sensor networks for smart farm. In: Conference on Wireless Sensors (ICWiSE). IEEE, pp. 106–112.

Kumar, R., Mehra, P.K., Singh, B., Jassal, H.S., Sharma, B.D., 2010. Geostatistical and visualization analysis of crop suitability for diversification in sub-mountain area of Punjab, North-West

Rehman, A. U. (2015). Smart Agriculture: An Approach towards Better Agriculture Management. Omics Group. ebooks.

Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., Barreiro, P., & Robla, I. (2009). A review of wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: state of the art and current trends. sensors, 9(6), 4728-۴۷۵۰.

Shafi, U., Mumtaz, R., García-Nieto, J., Hassan, S. A., Zaidi, S. A. R., & Iqbal, N. (2019). Precision agriculture techniques and practices: From considerations to applications. Sensors, 19(17), 3796.

Sharma, R., Kamble, S. S., & Gunasekaran, A. (2018). Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: A literature review identifying the current trends and future perspectives. Computers and Electronics in Agriculture, 155, 103-۱۲۰.

Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., & Kittas, C. (2017). Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. Biosystems engineering, 164, ۳۱-۴۸.

Vellidis, G.; Tucker, M.; Perry, C.; Wen, C.; Bednarz, C. A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation. Comput. Electron. Agric. **2008**, 61, 44-50.

Verdouw, C. N., Robbemond, R. M., Verwaart, T., Wolfert, J., & Beulens, A. J. (2018). A reference architecture for IoT-based logistic information systems in agri-

Minbo, L., Zhu, Z., & Guangyu, C. (2013). Information service system of agriculture IoT. Automatika: kasopis za automatiku, mjerenje, elektroniku, računarstvo i komunikacije, 54(4), 415-426.

Min-ShengLiao, Shih-Fang Chen, Cheng-Ying Chou, Hsun-Yi Chen, Shih-Hao Yeh, Yu-Chi Chang, Joe-Air Jiang: On precisely relating the growth of Phalaenopsis leaves to greenhouse environmental factors by using an IoT-based monitoring system. Computers and Electronics in Agriculture;2017. p. 125-139.

Muangprathub, J., Boonnam, N., Kajornkasirat, S., Lekbangpong, N., Wanichsombat, A., & Nillaor, P. (2019). IoT and agriculture data analysis for smart farm. Computers and electronics in agriculture, 156, 467-474.

Nagl, L.; Schmitz, R.; Warren, S.; Hildreth, T.S.; Erickson, H.; Andresen, D. Wearable sensor system for wireless state-of-health determination in cattle, In 25th IEEE EMBS Conference, Cancun, Mexico, September 17-21, 2003; Cancun, Mexico, ۲۰۰۳.

Pahuja, R., Verma, H., Uddin, M., 2013. A wireless sensor network for greenhouse climate control. IEEE Pervasive Comput. ۱۲, ۴۹–۵۸.

Payero, J.O., Mirzakhani-Nafchi, A., Khalilian, A., Qiao, X. and Davis, R. (2017) Development of a Low-Cost Internet-of-Things (IoT) System for Monitoring Soil Water Potential Using Watermark 200SS Sensors. Advances in Internet of Things, Vol.7 No.3, July 2017 ۷۱–۸۶.

Annual International Meeting, Providence, RI, USA, 2008.
Yu, L. J., Wei, H., Zheng, Z. Z., Liu, Y. L., Chi, T. H., & Peng, L. Review of the Integrated Researches on Internet of Things and GIS in Fire Emergency Plan, Advanced Materials Research, 2014.

Yuan, Y., Shang, M., Wang, G., & Zhang, X , Water Quality Online Monitoring System Integration of Three Gorges Drawdown Areas,in 5th International Conference on Computer Sciences and Automation Engineering (ICCSAE 2016).

Zabihi, H., Ahmad, A., Vogeler, I., Said, M.N., Golmohammadi, M., Golein, B., Nilashi, M., 2015. Land suitability procedure for sustainable citrus planning using the application of the analytical network process approach and GIS. Comput. Electron. Agric. 117, 114–126.

Zhou, Y.M.; Yang, X.L.; Guo, X.S.; Zhou, M.G.; Wang, L.R. A design of greenhouse monitoring & control system based on ZigBee Wireless Sensor Network. In 2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCom 2007), Shangai, China; 21-25 September 2007.

food supply chains. Enterprise information systems, 12(7), 755-779.

Wang, C.; Zhao, C.J.; Qiao, X.J.; Zhang, X.; Zhang, Y.H. The design of wireless sensor networks node for measuring the greenhouse's environment parameters. Comput. Computing. Technol. Agric. ۲۰۰۸, ۲۵۹, ۱۰۳۷–۱۰۴۶.

Wei, H., Li, J.L., Liang, T.G., 2005. Study on the estimation of precipitation resources for rainwater harvesting agriculture in semi-arid land of China. Agric. Water Manage. 71 (1), 33–45.

Yan-e, D. (2011, March). Design of intelligent agriculture management information system based on IoT. In ۲۰۱۱ Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (Vol. 1, pp. 1045-۱۰۴۹). □□□□.

Yang, I.-C.; Chen, S.; Huang, Y.-I.; Hsieh, K.-W.; Chen, C.-T.; Lu, H.-C.; Chang, C.-L.; Lin, H.- M.; Chen, Y.-L.; Chen, C.-C.; Lo, Y.M. RFID-integrated multi-functional remote sensing system for seedling production management. In 2008 ASABE

Review of integrating IOT and GIS potential to improve agricultural activities

Giti Khoshmoz [1]

Abstract

Agriculture is an activity which is directly related to food security. Increasing of population and limited resources enhance the importance of this field. Therefore, there is a need to apply smart methods to achieve sustainable development and precision agriculture. In these methods, a lot of sensors are required to collect data because there are number of geographical, social, environmental and economic factors which affect agricultural activities. So we should deal with a lot of data which most of them have spatial aspects. In the other hand, GIS is a best solution to manage and analysis spatial data. This indicates potential of integrating of GIS and IOT to improve agricultural activities. In previous studies, efficiency of GIS in agricultural activities have been proved. Moreover, in recent studies, applications of IOT in agriculture have been grown significantly. However, few studies have investigated integration of GIS and IOT for this purpose.GIS provides wide variety of tools to manage data. Obtained data from sensors can be classified or data mining methods such as clustering can be applied to discover knowledge. Spatial correlation between different parameters can be calculated based on spatial statistics toolboxes and pie charts and bar charts allow comparison between different parameters in different spatial units such as agricultural parcels, regions, villages and counties. In logistics, GIS can utilize network analysis to offer fastet and or best routes to reduce time and cost of delivering products from producers to users. Moreover, integration of GIS and MCDM is useful for nursery management which are related to different criteria such as temperature, lighting and humidity. In the field of livestock, it is possible to pinpoint location of cattles on map in the moment and calculate their population density. In the field of irrigation, GIS can help us to investigate quality of groundwaters by applying spatial statistics methods.

Keyword: Internet of things, precision agriculture, Geographic Information system, Smart Agriculture