د کابل پوهنتون دطبیعي علومو علمي ـــ څېړنیزه مجله
مجـــله علـــمی- تحقیقی علـــوم طبیعی پوهنتون کابل
Journal of Natural Sciences – Kabul University
e-ISSN:3078-6665 P-ISSN:3078-5561

هوشمندسازی زراعت در افغانستان با استفاده از انترنت اشیاء: مشکلات و راه‌حل‌های آن

پوهنمل الله‌محمد هځاند

دیپارتمنت انجنیری کمیونیکیشن، پوهنځی تکنالوژی معلوماتی و مخابراتی، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان
ایمیل: amhassand@gmail.com

چکیده

با افزایش جمعیت جهان و نیاز به تأمین غذا، کم‌بود آب، انرژی و زمین‌های قابل‌کشت، زراعت سنتی دیگر جواب‌گوی نیازهای غذایی جمعیت جهان نیست. همان‌گونه که استفاده از تکنالوژی معلوماتی و انترنت اشیاء در سایر کسب‌وکارها بسیار مؤثر بوده است، برای هوشمندسازی زراعت نیز موردتوجه قرارگرفته است. در زراعت هوشمند با استفاده از تکنالوژی انترنت اشیاء اطلاعات قابل‌اطمینان در مورد بذر، میزان رطوبت خاک، pH خاک و در سایر موارد به دهاقین معلومات ارائه می‌دهد. این تحقیق به روش مروری روایتی انجام‌شده است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که انترنت اشیاء در هوشمندسازی زراعت نقش مهم ایفای می‌کند. امّا هوشمندسازی زراعت در افغانستان باوجود مزایای زیاد، مشکلاتی؛ مانند نیاز به انترنت پایدار، دانش تحلیل اطلاعات دارد. برای ترویج زراعت هوشمند در افغانستان، وزارت زراعت، انستیتوت‌های زراعت و سایر ادارات و مؤسسات که در این بخش فعالت می‌کند، باید برنامه‌های آگاهی‌دهی و سمینارهای آموزشی برگزار نماید.

واژه‌های کلیدی: اطلاعات؛ انترنت اشیاء؛ زراعت هوشمند؛ سنسورها؛ فرصت‌ها؛ مشکلات

Smart Agriculture in Afghanistan Using the Internet of Things: Challenges and Solutions

Allah Mohammad Hassand

Department of Communication Engineering, Faculty of Information and Communication Technology, Kabul University, Kabul, Afghanistan
Email: amhassand@gmail.com

Abstract

As the global population continues to grow, securing food resources has become increasingly critical, particularly in regions facing water scarcity, energy shortages, and limited arable land. Traditional farming methods are no longer sufficient to meet these demands. Consequently, the integration of information technology and the Internet of Things (IoT) has gained significant attention in modern agriculture. IoT technology enables farmers to access real-time, reliable data on critical factors such as seed quality, soil moisture, and soil pH, enhancing agricultural efficiency and productivity. This study, conducted using a review-based approach, highlights the crucial role of IoT in smart farming. However, despite its advantages, smart farming in Afghanistan faces several challenges, including the need for a stable internet infrastructure and expertise in data analysis. To overcome these obstacles, the Ministry of Agriculture, agricultural institutions, and other relevant organizations should implement awareness programs and educational seminars to promote the adoption of smart farming technologies.

Keywords: Challenges; Information; Internet of Things; Opportunities; Smart Agriculture; Sensors

ارجاع: هځاند، ا. م. (۱۴۰۳). هوشمندسازی زراعت در افغانستان با استفاده از انترنت اشیاء: مشکلات و راه‌حل‌های آن. *مجله علمی- تحقیقی علوم طبیعی پوهنتون کابل، ۷(٤)، ۱۵۵-۱۷۲*. https://doi.org/10.62810/jns.v7i4.124

مقدمه

زراعت، صنعت اولیه در جهان است و نقش مهمی در ثبات اجتماعی و توسعه اقتصادی دارد. عصر زراعت هوشمند از سال ۲۰۱۷ آغاز شده است. در حال حاضر، زراعت هوشمند هدف مشترک توسعه زراعتی در همه کشورهای جهان می‌باشد (Yang et al., 2020). زراعت در افغانستان به گونه‌ی سنتی یکی از شاخص‌های بالقوه‌ی اقتصادی محسوب گردیده و یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین عامل رشد اقتصادی در این کشور به شمار می‌رود. تقریباً ۷۰% مردم در قریه‌جات زندگی می‌کنند و بیشتر در مزارع زراعتی مصروف کار هستند که درآمد ٦١% خانواده‌ها از سکتور زراعت به دست می‌آید. باوجود رشد بطی اقتصادی در افغانستان، سهم سکتور زراعت در اقتصاد افغانستان نیز کاهش یافته است. این سکتور ۴۰% فرصت‌های شغلی را برای مردم فراهم ساخته است (Worldbank, 2018). این درحالیست که بیشتر از نیم نفوس افغانستان که در مناطق روستایی زندگی می‌کنند، مصروف زراعت هستند (Worldbank, 2018). در سال‌های اخیر باهدف افزایش تولیدات زراعتی، راهکارها و تکنالوژی‌های جدید در زراعت معرفی شده است که از آن جمله استفاده از انترنت اشیاء در زراعت می‌باشد (Yang et al., 2020). افزایش کمی و کیفی تقاضا برای غذا، نیاز به هوشمندسازی زراعت را بیشتر ساخته است. هدف اصلی زراعت هوشمند، افزایش حاصلات و پایداری در تولید محصولات زراعتی است که از تکنالوژی‌های متنوع؛ مانند سنسورها، انترنت اشیاء و روبات‌ها استفاده می‌شود تا به دهاقین در اتخاذ تصمیم‌های بهتر درزمینه‌ی مدیریت زمین، تعیین میزان رطوبت خاک، پیش‌بینی شرایط جوی، آب‌یاری، کنترول، امراض گیاهان، کشت و برداشت و بهره‌برداری از منابع کمک کند. دهاقین با استفاده از تلیفون‌های هوشمند، اطلاعات مناسب را دریافت و تصمیمات لازم اتخاذ می‌نماید (Said et al., 2021). تکنالوژی به صنعت زراعت کمک می‌کند تا تولید افزایش و تخصیص منابع بهینه شود. در انترنت اشیاء، سنسورها با اشیاء وصل می‌شود تا بتوان آن‌ها را از راه دور کنترول و نظارت نمود و در نهایت اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط کمپیوتر و تلیفون تجزیه‌وتحلیل شود. طبق گزارش سازمان غذا و زراعت سازمان ملل متحد، جهان نیاز به افزایش ۷۰% تولید مواد غذایی تا سال ۲۰۵۰ دارد که بتواند نیاز جمعیت ۹,۵ میلیارد نفری جهان را تأمین کند (Vatambeti et al., 2023). به اساس گزارش سازمان ملل نفوس جهان تا سال ۲۰۵۰ به ۱۰ بیلیون نفر خواهد رسید (UN, 2019). بنابراین، نیازمندی برای افزایش محصولات زراعتی افزایش می‌یابد.

هوشمندسازی زراعت با استفاده از انترنت اشیاء در افغانستان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به‌ویژه با توجه به بحران کمبود آب و مصرف بی‌رویه آن توسط دهاقین از منابع آب‌های سطحی و سولری.

استفاده از تکنالوژیهای نوین مانند انترنت اشیاء میتواند به دهاقین کمک کند تا بهطور دقیقتری میزان مصرف آب، رطوبت خاک و نیازهای آبی مزارع خود را مدیریت کنند. این امر باعث بهینهسازی مصرف منابع آبی، کاهش ضایعات و افزایش تولید محصولات زراعتی خواهد شد.

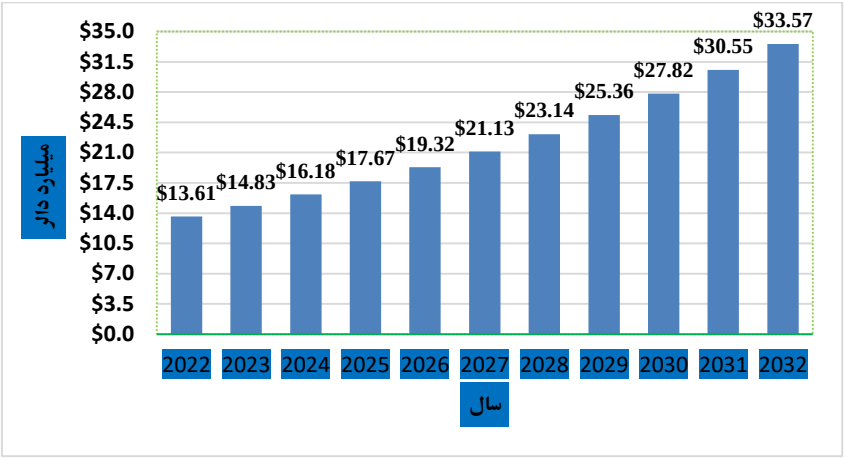
با استفاده از سنسورها و شبکههای انترنت اشیاء، معلومات مربوط به شرایط محیطی؛ مانند حرارت، رطوبت، میزان اسیدی بودن خاک، نور و غیره اندازهگیری شده و بهصورت دقیق ثبت میشود. این اطلاعات به دهاقین کمک میکند تا تصامیم را برای بهبود مدیریت زمین، آبیاری مناسب و کاهش استفاده از مواد کیمیاوی و کود اتخاذ نماید. همچنان، تحلیل دیتا به دهاقین در تشخیص و پیشبینی آفتها و امراض، بهبود توزیع بذر، بهینهسازی زمان برداشت و بهرهبرداری از دیگر منابع زراعتی کمک کند. بهطورکلی، زراعت هوشمند به دهاقین امکان میدهد تا افزایش محصولات، جلوگیری از مصرف بیمورد آب و کاهش تأثیرات محیطی مرتبط با فعالیتهای زراعتی را تجربه کنند.

پیشرفتهای تکنالوژی و انترنت اشیاء به صنعت زراعت کمک میکند تا محصولات زراعتی افزایش یابد و از منابع به شکل بهینه استفاده شود. در اواخر قرن نوزدهم و قرن بیستم نوآوریهایی درزمینهی زراعت هوشمند صورت گرفته است. امروزه برای تولید محصولات زراعتی بیشتر با هزینههای پایینتر و مصرف بهینهی منابع از انترنت اشیاء و سنسورها استفاده میشود. انترنت اشیاء از راهاندازی یک راهکار هوشمند و جامع در زراعت تا تولید یک سنسور خاص برای بازار میتواند نقش مهم ایفای کند. زراعت هوشمند در افغانستان به دهاقین کمک میکند تا با چالشهایی؛ چون کمبود آب، آبیاری خودکار و در زمان مناسب، نظارت بر مزارع و سایر موارد که در این مقاله مورد بحث قرارگرفته است، کمک کنند (Quy et al., 2022). انتظار میرود بازار جهانی انترنت اشیاء در زراعت از ۱۲,۳۸ میلیارد دالر در سال ۲۰۲۲ به ۱۳,۸۰ میلیارد دالر در سال ۲۰۲۳ با نرخ رشد مرکب سالانه[1] ۱۱,۵۴۱٪ فیصد افزایش یابد و همچنان پیشبینی میشود که تا سال ۲۰۲۷ اندازهی مارکیت جهانی انترنت اشیاء در زراعت با رشد ۱۰,۱٪ فیصد به ۲۰,۳۲ میلیارد دالر برسد (Company, July 2023).

انترنت اشیاء در بازار جهانی زراعت بر اساس مؤلفههای گوناگون؛ مانند سختافزار، نرمافزار، خدمات، نوعیت، استفاده در مزارع کوچک، متوسط، بزرگ و سایر موارد، رشد سریع داشته است که نظارت از مزارع، استفاده از سنسورهای هوشمند و طیارههای بیسرنشین در زراعت تا سال ۲۰۳۲ در سطح جهان به ترتیب به رشد بیشتر از ۸، ۳,۲ و ۲,۲۱ میلیارد دالر خواهد رسید. کشورهای آسیای اقیانوسیه (چین،

[1] Compound Annual Growth Rate (CAGR)

هند، جاپان، کوریا جنوبی، مالیزیا، فیلیپین) بیشترین سهم درآمد را با حدود ٤٤% فی‌صد در سال ۲۰۲۲ داشت. شکل شکل ۱ رشد بازار جهانی انترنت اشیاء را از سال ۲۰۲۲ تا سال ۲۰۳۲ بر اساس میلیار دالر نشان می‌دهد (Zoting, 2024).



شکل ۱. رشد بازار جهانی انترنت اشیاء در زراعت از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۳.

زراعت هوشمند

ادغام تکنالوژی با زراعت باعث ایجاد یک تحول بزرگ در زراعت شده است که به‌عنوان زراعت 4.0 یا زراعت هوشمند شناخته می‌شود. انترنت اشیاء در زراعت هسته‌ی اصلی این تکامل است. سیر تحول تاریخی پیشرفت زراعت بر اساس حاصل‌خیزی، استفاده از وسایل و دیگر مؤلفه‌ها به چهار دوره‌ی زراعت 1.0، 2.0، 3.0 و 4.0 تقسیم می‌گردد (Yang et al., 2020).

از سال ۱۷۸۴ تا ۱۸۷۰ دوران زراعت 1.0 یا دوران زراعت سنتی نامیده می‌شود که در آن کشت و برداشت به کمک انسان‌ها، حیوانات و وسایل میخانیکی ساده با شیوه‌های خیلی ابتدایی صورت می‌گرفت. قرن ۲۰ بیستم دوران زراعت 2.0 یا دوران زراعت میکانیزه نامیده می‌شود که در آن کشت و برداشت به کمک انسان‌ها، حیوانات و وسایل میخانیکی؛ مانند تراکتور، تریشل و دیگر وسایل انجام می‌شد. از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۷ دوران زراعت 3.0 یا دوران زراعت خودکار نامیده می‌شود که در آن کشت و برداشت به کمک انسان‌ها توسط وسایل میخانیکی پیشرفته؛ مانند تراکتورهای خودکار، ماشین‌های بذرپاش و دیگر وسایل با شیوه‌های مدرن صورت می‌گرفت. آغاز سال ۲۰۱۷ تا امرز به‌عنوان دوران زراعت 4.0 یا دوران زراعت هوشمند نامیده می‌شود که در آن کشت و برداشت با استفاده از انترنت اشیاء، سنسورها، طیاره‌های بی‌پیلوت و دیگر وسایل انجام می‌شود. با توجه به این

معلومات، زراعت در افغانستان در مرحله 2.0 یا در حالت زراعت میکانیزه قرار دارد که پاسخ‌گوی نیازهای غذایی نفوس فعلی افغانستان نیست و این سبب می‌شود که هرسال به هزارها تن گندم، برنج و دیگر حبوبات از کشورهای دیگر به افغانستان وارد شود. شکل ۱ سیر تحول تاریخی پیشرفت زراعت را در جهان نشان می‌دهد.

زراعت 1.0	**زراعت 2.0**	**زراعت 3.0**	**زراعت 4.0**
زراعت سنتی	زراعت میکانیزه	زراعت خودکار	زراعت هوشمند
سال ۱۷۸۴	سال ۱۹۵۰	سال ۱۹۹۲	سال ۲۰۱۷

شکل ۱: سیر تحول تاریخی پیشرفت زراعت

انترنت اشیاء یک شبکه مشترک از اشیاء است که می‌توانند از طریق انترنت، بلوتوت، وای‌فای و سایر روش‌ها و پروتوکول‌ها، بدون تعامل انسان با یک‌دیگر ارتباط برقرار کنند. در سال‌های آینده شاهد استفاده‌ی روزافزون تکنالوژی انترنت اشیاء درزمینه‌ی زراعت هوشمند خواهیم بود (Quy et al., 2022). در حقیقت، استقرار دستگاه‌های انترنت اشیاء در دنیای زراعت، می‌تواند منجر به رشد سالیانه‌ی ۲۰ درصدی محصولات زراعتی شود. بر اساس تحقیقات انجام شده انتظار می‌رود که به تعداد ۵۰۰ بیلیون دستگاه‌های انترنت اشیاء تا سال ۲۰۳۰ به انترنت وصل شود(Zikria et al., 2021). شکل ۲ کاربردهای انترنت اشیاء را در زراعت نشان می‌دهد.

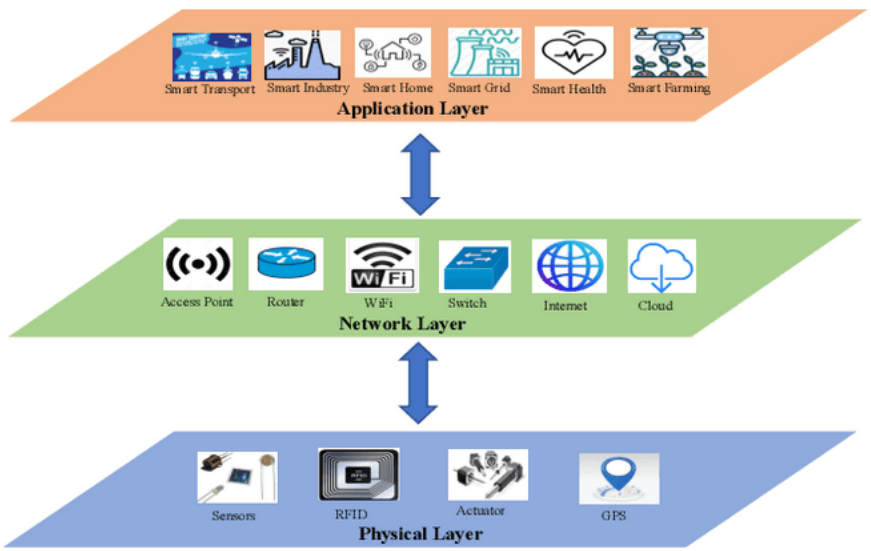
شکل ۲: کاربردهای انترنت اشیاء در زراعت هوشمند

شبکه انترنت اشیاء از سه لایه اصلی تشکیل‌شده است:

۱. لایه سنسورها : در این لایه اطلاعات محیط[1]، مزارع و اشیاء دریافت و سنجش می‌شود.

۲. لایه شبکه : ارتباط بین اشیای هوشمند،[2]اجزای شبکه و سیستم مرکزی (سرور) در این لایه صورت می‌گیرد. در این لایه، انتقال اطلاعات سنسورهای متصل به اشیاء به زیرساخت‌های کنترول‌کننده به‌منظور ذخیره، تجزیه‌وتحلیل پروسس می‌شود. از برخی پروتوکول‌های ارتباطی این لایه می‌توان از بلوتوت، Wi-Fi، NFC، Wi Max، RFID و Zigbee نام برد.

۳. لایه خدمات : این لایه ارائه‌دهنده‌ی خدمات[3] است. در این لایه دهاقین و استفاده‌کننده‌ها برای مقاصد مختلف از اطلاعات شبکه انترنت اشیاء در زراعت هوشمند استفاده می‌کنند. شکل ۳ ساختار شبکه انترنت اشیاء را نشان می‌دهد.



شکل ۳: ساختار شبکه انترنت اشیاء

کشورهای که در توسعه زراعت هوشمند فعالیت می‌کنند، بهره‌های قابل‌توجهی از این تکنالوژی می‌برند؛ اما همچنین با برخی معایب و چالش‌ها نیز مواجه هستند. برخی از فواید و نواقص زراعت هوشمند قرار ذیل است:

---

[1] Perception layer
[2] Network layer
[3] Application Layer

فواید زراعت هوشمند

با توجه به این‌که بسیاری از موارد در زراعت سنتی در مورد مزارع و زراعت قابل پیش‌بینی نیست و عدم دسترسی دهاقین به معلومات دقیق نمی‌تواند از بسیاری خسارات و تلفات جلوگیری کرد که همین کار سبب کاهش حاصلات می‌شود. بنابراین، برای بهبود حاصلات و دسترسی به معلومات دقیق در مورد زراعت نیاز است در زراعت افغانستان از وسایل هوشمند هم استفاده شود. به برخی از فواید زراعت هوشمند در ذیل اشاره‌شده است.

افزایش محصولات. با استفاده از زراعت هوشمند، دهاقین قادر به بهبود بهره‌وری و کارآیی منابع خود هستند. این تکنالوژی به آن‌ها امکان می‌دهد تا با استفاده‌ی بهینه از آب، خاک و منابع دیگر، بیشترین حاصلات را از مزارع به دست آورند (Raihan, 2024).

تصمیم‌گیری. زراعت هوشمند با استفاده از تکنالوژی‌هایی؛ مانند سنسورها، دیتاها و الگوریتم‌های تصمیم‌گیری، به دهاقین کمک می‌کند تا در زمینه‌ی مدیریت محصولات، آبیاری، کنترول آفات، امراض و سایر جنبه‌های زراعتی تصمیمات بهتر و هوشمندانه‌تری بگیرند.

کاهش مصرف منابع. با استفاده از سیستم‌های هوشمند، میزان هدر رفتن منابعی؛ مانند آب کاهش میابد. بهبود کنترول آبیاری، استفاده‌ی بهینه از کودها و محلول‌پاشی و جلوگیری از آفت‌کش‌های غیرضروری می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در منابع و حفظ محیط‌زیست شود (Et-taibi et al., 2024).

استفاده‌ی بهینه از آبیاری سولر. استفاده از سولرها برای آبیاری مزارع در افغانستان در سال‌های اخیر بیشتر ترویج یافته است؛ امّا استفاده از آبیاری سولری، با وجود این‌که سبب کاهش هزینه در آبیاری می‌شود، از طرف دیگر استفاده‌ی بی‌مورد از آب‌های سولری سبب کاهش آب‌های زیرزمینی شده است. بنابراین، استفاده از تکنالوژی هوشمند انترنت اشیاء برای صرفه‌جویی در مصرف آب و آبیاری مزارع به‌موقع، بسیار مؤثر می‌باشد.

پیش‌بینی دقیق‌تر. با تحلیل اطلاعات و استفاده از الگوریتم‌های تصمیم‌گیری، زراعت هوشمند به دهاقین امکان می‌دهد تا پیش‌بینی دقیق‌تری از شرایط مانند رشد محصولات، هواشناسی، امراض و آفات داشته باشند. این اطلاعات به آن‌ها کمک می‌کند تا بهترین زمان برای اقدامات مدیریتی را تعیین کنند.

مدیریت هوشمند بذر. مدیریت هوشمند بذر کمک زیادی به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تولید می‌کند. طراحی ربات‌های توزیع‌کننده‌ی بذر با استفاده از سیستم انترنت اشیاء یکی از روش‌های مدیریت هوشمند بذر است (Ayaz et al., 2019).

کوددهی هوشمند. برنامه‌های مدیریت کوددهی، بر پایه پلتفرم‌های زراعت هوشمند هستند که بهینه‌سازی مداوم مدیریت کوددهی و سوددهی حداکثر محصولات را برای دهاقین فراهم می‌سازند. این برنامه‌ها با کم‌ترین هزینه‌ی کوددهی، بازده محصولات زراعتی را به حداکثر می‌رسانند. با استفاده از این برنامه‌ها میزان کود محاسبه‌شده به‌صورت کیلوگرام بر هکتار، کیلوگرام بر تعداد درخت، پوند بر هکتار و پوند بر تعداد درخت در اختیار دهاقین قرار می‌گیرد. این برنامه‌ها رایگان است و بر سیستم‌عامل اندروید نصب می‌شود (Lavanya et al., 2020).

کنترول هوشمند علف‌های هرز، آفات و امراض گیاهی. بینایی ماشین و استفاده از انترنت اشیاء در تشخیص موقعیت، اندازه، شکل، رنگ و بافت گیاهان مؤثر است. آنالیز طیفی در تخمین گیاهان هرز کاربرد دارد. این روش در تشخیص و طبقه‌بندی هدف سم‌پاشی، جلوگیری امراض گیاهی و آسیب حشرات نیز استفاده می‌شود (Devare & Hajare, 2019).

کنترول هوشمند رشد محصولات زراعتی. سیستم انترنت اشیاء به‌آسانی قادر به کنترول مراحل مختلف رشد محصولات زراعتی و افزایش بهره‌وری و بالابردن میزان سود دهاقین است (Devare & Hajare, 2019).

بهره‌گیری از سیستم زراعتی هوشمند مبتنی بر انترنت اشیاء در تولید و کنترول آنلاین خربوزه در چین با استفاده از سنسورهای RFID و انواع دیگر سنسورها نشان داد که نه‌تنها دهاقین ساعات کم‌تری کارکردند، بلکه هزینه کار بسیار کمتر و کیفیت میوه تولیدی بیشتر شد.

نواقص زراعت هوشمند

هزینه. پیاده‌سازی زراعت هوشمند و استفاده از تکنالوژی‌های پیشرفته برای دهاقین هزینه‌های زیاد به همراه دارد. در نصب و راه‌اندازی سیستم‌های سنسوری، خرید تجهیزات پیشرفته، نصب شبکه‌های ارتباطی و نرم‌افزارهای مدیریتی، هزینه‌های قابل‌توجهی وجود دارد که برای دهاقین با منابع محدود دسترسی به آن‌ها مشکل باشد (Dahane et al., 2022).

حریم خصوصی. جمع‌آوری و استفاده از دیتاهای زراعت هوشمند نیازمند انتقال و ذخیره‌سازی اطلاعات حساس مربوط به مزارع و فعالیت‌های زراعت است. این مسأله ممکن است نگرانی‌های

مربوط به حریم خصوصی را برانگیزد و نیاز به اطمینان از حفاظت صحیح اطلاعات و رعایت قوانین حریم خصوصی و امنیت اطلاعات را ایجاب کند (Moghayedi et al., 2022).

پذیرش تکنالوژی. برخی دهاقین و جوامع محلی ممکن است مقاومتی نسبت به پذیرش و استفاده از تکنالوژیهای هوشمند در زراعت داشته باشند. عواملی؛ مانند نیاز به آموزش و آشنایی با تکنالوژی، محدودیتهای مالی، فرهنگ و عادتهای سنتی میتوانند موانعی برای پذیرش و اجرای گسترده زراعت هوشمند باشند.

وابستگی به تکنالوژی. با ورود تکنالوژی به سیستمهای زراعت، وابستگی به آن برای عملکرد صحیح و مؤثر زراعت افزایش مییابد. این وابستگی ممکن است در مواقعی که تکنالوژی با مشکلات تخنیکی مواجه شود، مشکلاتی را برای دهاقین ایجاد کند و تأثیر منفی بر روی تولید و حاصلات آنها داشته باشد (Talero-Sarmiento et al., 2023).

قابلیت اتصال. بسیاری از مناطق افغانستان بهخصوص مناطق روستایی مشکلات انترنتی دارند که میتواند مانع پیادهسازی انترنت اشیاء در زراعت شود بنابران، دسترسی به انترنت در زراعت هوشمند یک امر حتمی پنداشته میشود. در چند سال اخیر با گسترش خدمات انترنتی در برخی مناطق افغانستان، میتواند فرصتهای خوبی را برای ترویج زراعت هوشمند در این کشور مهیا سازد. در حال حاضر شرکتهای مختلف برای اتصال مناطق افغانستان با فایبر نوری، فعالیت میکند. شرکت دولتی افغان تیلیکام به طول ۶۰۰۰ کیلومتر، ۲۵ ولایت و ۶۰ ولسوالی افغانستان را با انترنت وصل ساخته است. اتصال تمامی قریه جات، ولسوالیها و ولایات افغانستان با انترنت فایبر نوری میتواند بیشتر مشکل انترنت را در زراعت هوشمند افغانستان مرفوع سازد.

حملات سایبری. هوشمند کردن بیشتر دستگاهها با کمک انترنت اشیاء به معنی ریسک بیشتر است؛ زیرا اگر با گسترش این تکنالوژی هر شیء نوعی سیستمعامل و حافظه داشته باشد، این پوتانشیل را دارد که توسط کاربران غیرمجاز هک شده و در نتیجه شبکه انترنت اشیای زراعت هوشمند از دسترس خارج شود.

سرقت اشیای هوشمند مزارع. یکی دیگر از نگرانیهای زراعت هوشمند به سرقت رفتن اشیای هوشمند؛ مانند سنسورها و دیگر اشیای هستند که در مزارع زراعتی برای مقاصد گونهگون به کار برده میشود (Adewusi et al., 2022).

به‌طور کلی، زراعت هوشمند با تمرکز بر بهره‌وری و استفاده‌ی بهینه از منابع، پوتانشیل بالقوه‌یی برای بهبود زراعت و کاهش تأثیرات منفی بر محیط‌زیست دارد. بااین‌حال، برای موفقیت در اجرای این تکنالوژی، نیازمند رسیدگی به چالش‌های مرتبط و راه‌حل‌های مناسب در زمینه‌ی هزینه‌ها، حریم خصوصی، آموزش و پذیرش تکنالوژی است.

ترویج زراعت هوشمند در افغانستان

در حال حاضر در افغانستان به علت‌های گونه‌گون؛ مانند عدم آگاهی و آشنایی در مورد فواید زراعت هوشمند، نبود زیرساخت‌های لازم برای هوشمندسازی زراعت، عدم فعالیت شرکت‌های تکنالوژی معلوماتی در زمینه، بی‌سواد بودن اکثریت دهاقین و سایر موارد سبب عدم ترویج زراعت هوشمند در این کشور شده است. باوجود فواید زیاد هوشمندسازی زراعت، در افغانستان زراعت به شکل سنتی پیش می‌رود. برای ترویج زراعت هوشمند در افغانستان راه‌حل‌های ذیل ارائه می‌گردد:

آموزش و تمرین. ادارات مربوط به زراعت، انستیتوت‌های زراعت، پوهنځی‌ها و شرکت‌های تکنالوژی می‌توانند کورس‌ها، ورکشاپ‌ها و سمینارهای آموزشی در باره‌ی تکنالوژی‌های زراعتی هوشمند برگزار کنند که می‌توانند شامل آموزش عملی و کاربردی، نصب و راه‌اندازی تجهیزات زراعتی، استفاده از نرم‌افزارهای مدیریتی و تحلیل دیتاها باشند. دهاقین برای استفاده‌ی مؤثر از تکنالوژی انترنت اشیاء در زراعت به دانش و مهارت نیاز دارند. برنامه‌های آموزشی برای اطمینان از این‌که دهاقین می‌توانند از روش‌های زراعت هوشمند استفاده کنند، مهم هستند.

ارائه منابع آموزشی. ایجاد و ارائه منابع آموزشی متنی، تصویری و ویدئویی در باره تکنالوژی‌های هوشمند زراعتی می‌تواند به دهاقین کمک کند تا به‌صورت خودآموز با این تکنالوژی‌ها آشنا شوند. این منابع می‌توانند به‌صورت کتاب‌ها، بروشورها، ویب‌سایت‌ها، ویدئوهای آموزشی و نرم‌افزارهای آموزشی باشند.

شبکه‌های محلی و همکاری با دهاقین. ایجاد شبکه‌های محلی و همکاری با دهاقین می‌تواند به انتقال دانش و تجربیات در حوزه تکنالوژی‌های هوشمند زراعتی کمک کند. این شبکه‌ها می‌توانند شامل گروپ‌های زراعت، انجمن‌های محلی و ادارات زراعت باشند. در این شبکه‌ها، دهاقین می‌توانند اطلاعات و تجربیات خود را به اشتراک بگذارند و با دسترسی به کارشناسان مسلکی و متخصصان مربوطه، آموزش و راهنمایی دریافت کنند.

تسهیل دست‌رسی به تجهیزات و نرم‌افزارها. برای تسهیل رسیدن دهاقین به تجهیزات و نرم‌افزارهای مورد نیاز برای زراعت هوشمند، می‌تواند ارائه تسهیلات مالی، اعطای قرضه، ایجاد پلتفورم‌های آنلاین برای خرید و فروش تجهیزات زراعتی و ارائه تخفیف‌ها و تسهیلات وجود داشته باشد.

لابراتوارها. ایجاد لابراتوارها برای تکنالوژی‌های هوشمند زراعتی می‌تواند به دهاقین امکان آزمایش و آشنایی با این تکنالوژی‌ها را در یک محیط کنترول شده بدهد. در این لابراتوارها و مراکز آموزشی، دهاقین می‌توانند به‌صورت عملی با تجهیزات و نرم‌افزارهای هوشمند زراعتی آشنا شوند و تجربه‌ی استفاده از تجهیزات هوشمند زراعتی را کسب کنند.

ارتباطات و اطلاع‌رسانی. ایجاد سیستم‌های ارتباطی فعال و مؤثر با دهاقین می‌تواند در اطلاع‌رسانی در باره تکنالوژی‌های هوشمند زراعتی مؤثر باشد. ارسال پیام‌ها، ایمیل‌ها، اخبار و مقالات مربوطه، رسانه‌های اجتماعی و پلتفورم‌های آنلاین برای ارتباط با دهاقین و به اشتراک‌گذاری اطلاعات استفاده شود.

همکاری با شرکت‌های تکنالوژی. همکاری با شرکت‌های تکنالوژی و استفاده از تجربیات و تخصص آن‌ها می‌تواند به دهاقین در آموزش و آشنایی با تکنالوژی‌های هوشمند زراعتی کمک کند. این همکاری می‌تواند شامل ارائه مشاوره‌های تخنیکی، تأمین تجهیزات و نرم‌افزارهای مورد نیاز، ارائه خدمات پس از فروش و پشتیبانی تخنیکی باشد.

زراعت هوشمند که با ادغام انترنت اشیاء شیوه‌های زراعت مدرن را متحول کرده است. در این زمینه تحقیقات زیادی انجام شده که بر اهمیت استفاده از انترنت اشیاء و تکنالوژی‌های معاصر در زراعت هوشمند جهت رفع نیازهای غذایی جهان امروزی تأکید گردیده. در این مقاله برخی تحقیقات مهم انجام شده در رابطه به انترنت اشیاء و استفاده از آن در زراعت مرور گردیده که در این تحقیقات از الگوریتم‌ها، تکنالوژی‌ها و اشیای هوشمند برای کنترول و نظارت مزرعه، سیستم آبیاری هوشمند، جلوگیری از امراض نباتات، کوددهی، از بین بردن گیاهان هرزه و دیگر موارد استفاده شده است. هوش مصنوعی، یادگیری عمیق، یادگیری ماشینی، الگوریتم‌های RNN[1]، LSTM[2]، CNN[3]، DT3[4]، DDN[5] و سایر الگوریتم‌ها در زراعت 4.0 استفاده گردیده اند. در مدل‌های طراحی‌شده برای زراعت هوشمند

[1] Recurrent Neural Network (RNN)
[2] Long Short-Term Memory (LSTM)
[3] Convolutional Neural Networks
[4] Decision Trees (DT3)
[5] Deep Neural Network (DNN)

از سنسورهای رطوبت هوا و خاک، سنسورهای حرارت و بعضی دیگر سنسورها، آردینو، مایکروکنترولر استفاده شده است. خلاصه‌ی برخی از تحقیقات مرور شده در جدول۱ درج گردیده است.

جدول۱: مروری بر تحقیقات انجام شده در رابطه به انترنت اشیاء و زراعت هوشمند

مقاله مرجع	نتیجه
(Vimal et al., 2021)	ارائه یک سیستم آبیاری قطره‌ی هوشمند که با استفاده از مایکرو کنترولر ATmega 328، مدل GSM، سنسورهای رطوبت هوا و خاک طراحی‌شده است. این سیستم از طریق GSM، سنسور حرارت و رطوبت خاک نیاز گیاهان به آبیاری را خبر می‌دهد.
(Said Mohamed et al., 2021)	زراعت هوشمند در بهبود و افزایش تولیدات زراعتی به‌منظور کمک و رفع نیازهای غذایی در جهان نقش مهم ایفا می‌کند که انترنت اشیاء به‌عنوان ستون فقرات زراعت هوشمند نقش دارد چون تمامی اجزای سیستم‌های هوشمند را به هم متصل می‌سازد.
(Quy et al., 2022)	بررسی راه‌حل‌ها برای این‌که چگونه انترنت اشیاء می‌تواند در زراعت هوشمند ادغام شود. در این تحقیق به کابردها و چالش‌های انترنت اشیاء در زراعت هوشمند اشاره شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که انترنت اشیاء برای زراعت هوشمند به هدف افزایش بهره‌وری، کاهش نیروی انسانی و بهبود کارایی تولیدات مهم است.
(Boddu et al., 2023)	طراحی یک سیستم نظارتی بر خاک جهت کمک به دهاقین در شناسایی کشت گیاهان مناسب. این سیستم با استفاده از Node MCU، ESP8266، سرور ThingSpeak، سنسور pH خاک و سنسور حرارت DH11 طراحی شده است. این سیستم برای افزایش محصولات طراحی شده و نظارت فزیکی بر خاک را کاهش می‌دهد.
(AlZubi & Galyna, 2023)	در این تحقیق استفاده از تکنالوژی انترنت اشیاء برای زراعت پایدار هوشمند (SSA) بررسی شده است که یک چارچوب را به‌عنوان نقطه آغاز برای SSA[1] پیشنهاد می‌کند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از تکنالوژی‌های معاصر به‌ویژه هوش مصنوعی و انترنت اشیاء برای موفقیت صنعت زراعت بسیار مهم است.
(AlZubi & Galyna, 2023)	طراحی یک سیستم خودکار جهت تشخیص خرابی گیاهان که برای چشم انسان نامحسوس است. این سیستم در کنترول امراض نباتان کمک می‌کند. در طراحی این سیستم از سنسورهای رطوبت، حرارت و تشخیص رنگ زرد برگ‌ها استفاده شده است.
(Khan, 2023)	یک مدل برای بهینه‌سازی مدیریت محصول پیاز با استفاده از سنسورهای رطوبت خاک، سنسور حرارت و طیاره‌های بی‌پیلوت ارائه شده است. اطلاعات ضروری در مورد محصولات پیاز جمع‌آوری و به یک مرکز اطلاعات مرکزی منتقل می‌شود. در این سیستم با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی اطلاعات ارزشمندی در مورد الگوهای رشد، وضعیت سلامت، مسیر رشد پیاز، زمان آبیاری ارائه می‌شود که دهاقین می‌توانند به‌راحتی از طریق ویب یا برنامه‌های تیلفون هوشمند، به این اطلاعات دسترسی داشته باشند.
Revathi & Poonguzhali,) (2023	در این تحقیق، معمار و اجزای انترنت اشیاء، تکنالوژی‌ها و سنسورها، کاربردهای مختلف در زراعت و مزایای آن بررسی شده است. همچنان، این تحقیق پیشنهاد می‌کند که استفاده از سیستم نظارت از راه دور (RMS[2]) در زراعت برای جمع‌آوری اطلاعات مختلف؛ مانند حرارت محیط، رطوبت محیط و رطوبت خاک، pH خاک با استفاده از سنسورهای مختلف همراه با الگوریتم درخت تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیری در مورد افزایش محصولات زراعی را بهبود می‌بخشد.

[1] Smart Sustainable Agriculture (SSA)

[2] Remote Monitoring System (RMS)

اهدف این تحقیق را موارد ذیل تشکیل می‌دهند:

۱. بررسی نقش انترنت اشیاء در هوشمند سازی زراعت در افغانستان.

۲. شناسایی مشکلات و راه حل‌ها برای پیاده‌سازی زراعت هوشمند در افغانستان وجود دارد.

۳. تاثیرات استفاده از انترنت اشیاء در بهبود تولیدات زراعتی و افزایش بهره‌وری در مزارع افغانستان.

۴. بررسی راهکارهای تقویت زیرساخت‌ها و فراهم کردن شرایط مناسب برای استفاده از تکنالوژی انترنت اشیاء در زراعت افغانستان.

۵. ارائه پیشنهادات برای ترویج استفاده از انترنت اشیاء در زراعت افغانستان

این تحقیق به روش مروری روایتی انجام شده است که در آن از مقالات معتبر بین‌المللی در زمینه‌های مختلفی مانند کاربرد تکنالوژی در زراعت، استفاده از انترنت اشیاء در زراعت، استفاده از سنسورها برای بهبود فرآیندهای زراعتی، رشد محصولات زراعتی مبتنی بر انترنت اشیاء و کنترل کیفیت آن، بهبود مدیریت آب در زراعت هوشمند، چالش‌ها و راه‌حل‌های استفاده از انترنت اشیاء در زراعت هوشمند و برخی وب‌سایت‌های معتبر برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شده است. در انتخاب مقالات، سعی شده است که بیشتر تحقیقات انجام شده در چهار سال اخیر در زمینه زراعت هوشمند مورد بررسی قرار گیرد.

در سال‌های اخیر با افزایش سولرها و کاهش هزینه‌ی آن، جهت تأمین برق برای آبیاری مزارع زراعتی در افغانستان ترویج یافته است. بنابراین، استفاده از سولرها در زراعت جهت تأمین برق شبکه انترنت اشیاء و همچنان استفاده از زراعت هوشمند برای جلوگیری از مصرف بی‌مورد آب‌های سولری، برای زراعت هوشمند در افغانستان به‌عنوان یک فرصت به‌حساب می‌آید.

یافته‌ها

یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که زراعت در افغانستان در حالت میکانیزه قرار دارد که پاسخ‌گوی نیازهای غذایی نفوس فعلی افغانستان نیست و این سبب می‌شود که هرسال به هزارها تن گندم، برنج و دیگر حبوبات از کشورهای دیگر به افغانستان وارد شود. برای این‌که زراعت در اقتصاد کشور نقش مهم ایفا کند، نیاز به ترویج زراعت هوشمند در کشور است تا سبب افزایش حاصلات و جلوگیری از مصرف بی‌جای آب و منابع شود.

امروزه در افغانستان استفاده از سولرها برای تأمین برق خانه‌ها و همچنین تأمین آب مزارع به یکی از روش‌های رایج تبدیل شده است. این روش به‌ویژه در مناطقی که دسترسی به منابع انرژی محدود است، بسیار مؤثر بوده و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. از یک طرف، استفاده از سولرها برای تأمین برق

و آب‌های زراعتی ارزان‌تر از دیگر منابع انرژی است، اما از طرف دیگر، مصرف بی‌رویه آب‌های سولری می‌تواند سبب کاهش سطح آب‌های زیرمینی و بحران‌های آبی در آینده شود. به همین دلیل، برای جلوگیری از این مشکلات، استفاده از انترنت اشیاء می‌تواند راهکار مناسبی باشد. انترنت اشیاء می‌تواند با نظارت دقیق بر مصرف آب و مدیریت بهینه منابع، از مصرف بی‌جای آب جلوگیری کرده و به دهاقین کمک کند تا به طور هوشمندانه‌تر از منابع آبی خود استفاده کنند. این امر نه تنها به حفظ منابع آب زیرمینی کمک می‌کند، بلکه باعث بهبود بهره‌وری زراعتی و کاهش هزینه‌ها نیز خواهد شد.

هوشمندسازی زراعت در افغانستان با استفاده از انترنت اشیاء می‌تواند تحولی عظیم در بخش زراعت این کشور ایجاد کند و به افزایش بهره‌وری و کاهش هدررفتن منابعی؛ مانند آب و انرژی کمک کند. با این حال، چالش‌های زیادی در مسیر پیاده‌سازی این تکنالوژی وجود دارد، از جمله نبود زیرساخت‌های مناسب انترنتی در مناطق دورافتاده، کمبود دانش فنی در میان دهاقین و هزینه‌های بالا برای خرید تجهیزات لازم. همچنین، مسائل امنیتی مرتبط با حفاظت از اطلاعات نیز یکی دیگر از نگرانی‌هاست. برای غلبه بر این مشکلات، نیاز به بهبود زیرساخت‌های انترنتی، ارائه آموزش‌های تخصصی به دهاقین، فراهم کردن تسهیلات مالی برای خرید تجهیزات و تقویت امنیت اطلاعات وجود دارد. اگر این موانع برطرف شوند، هوشمندسازی زراعت می‌تواند به عنوان یک راه‌حل مؤثر برای ارتقاء زراعت در افغانستان عمل کند.

نتیجه‌گیری

بیشتر از نصف نفوس افغانستان مصروف زراعت هستند که با کاهش آب‌های زیرزمینی و حاصلات زراعتی اکثریت خانواده‌ها نمی‌تواند مشکلات اقتصادی خود را از طریق کشت و زراعت سنتی حل نماید. از طرف دیگر، زراعت سنتی سبب کاهش حاصلات، مصرف بی‌مورد آب و منابع می‌شود. با افزایش جمعیت، نیاز به غذا و محصولات زراعتی روزبه‌روز افزایش می‌یابد. برای این‌که زراعت در اقتصاد کشور نقش مهم ایفا کند، نیاز به ترویج زراعت هوشمند یا زراعت 4.0 در کشور است تا سبب افزایش حاصلات و جلوگیری از مصرف بی‌جای آب و منابع شود. ادغام انترنت اشیاء با زراعت، زراعت را هوشمند ساخته است که با دهاقین در مورد به دست آوردن اطلاعات دقیق از مزارع مانند؛ رطوبت خاک و هوا، pH خاک، جلوگیری از هدر رفتن آب، از بین بردن گیاهان هرزه، امراض گیاهان، زمان مناسب آبیاری و در سایر موارد کمک می‌کند. استفاده از زراعت هوشمند در جهان در حال افزایش است و کشورهای زیادی در این قسمت سرمایه‌گزارهای را انجام داده است. انترنت اشیاء در بازار جهانی زراعت بر اساس مؤلفه‌های مختلف؛ مانند سخت‌افزار، نرم‌افزار، خدمات، نوعیت، استفاده

از هوش مصنوعی، یادگیری عمیق، استفاده از سنسورهای هوشمند و طیارههای بیسرنشین در زراعت تا سال ۲۰۳۲ در سطح جهان به رشد ۳۳,۵۷ میلیارد دالر خواهد رسید. کشورهای چین، هند، جاپان، کوریا جنوبی، مالیزیا، فیلیپین بیشترین سهم را در زراعت هوشمند دارد. باوجود فواید زیاد، زراعت هوشمند برخی نواقص هم دارد که عبارت اند از: وابستگی به تکنالوژی، هزینه، امنیت اطلاعات و غیره. زراعت افغانستان در حالت میکانیزه یا زراعت 2.0 قرار دارد و برای عبور از این مرحله نیاز است کارهای زیادی در این زمینه انجام شود. برای ترویج زراعت هوشمند در افغانستان، ایجاب میکند که ادارات مربوطه کورسهای آموزشی، سمینارها و ورکشاپها را در سطح ولسوالیها و قریهها برگزار نماید و همچنان در نصاب درسی پوهنځیهای زراعت کورسهای استفاده از تکنالوژی معلوماتی افزود شود. وزارت زراعت و سایر ادارات مربوطه باید تسهیلات دسترسی دهاقین به تجهیزات هوشمند زراعتی، لابراتوارها و همکاری با شرکتهای تکنالوژی را فراهم کند.

منابع

Adewusi, A. O., Chiekezie, N. R., & Eyo-Udo, N. L. (2022). Securing smar agriculture: Cybersecurity challenges and solutions in IoT-driven farms. *World Journal of Advanced Research and Reviews, 15*(3), 480–489. https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.15.3.0887

AlZubi, A. A., & Galyna, K. (2023). Artificial intelligence and internet of things for sustainable farming and smart agriculture. *IEEE Access, 11*, 82951–82967. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3298215

Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E.-H. M. (2019). Internet-of-things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk. *IEEE Access, 7*, 129551–129583. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932609

Boddu, R. D., Ragam, P., Pendhota, S. P., Goni, M., Indrala, S., & Badavath, U. R. (2023). IoT-based smart agricultural monitoring system. In K. S. Raju, A. Govardhan, B. T. Rao, S. N. Mohanty, & S. B. Sriram (Eds.), *Proceedings of fourth international conference on computer and communication technologies: IC3T 2022* (pp. 363–372). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-8563-8_36

Company, T. B. R. (2023, July). *IoT in agriculture global market*. The Business Research Company. https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/internet-of-things-iot-in-agriculture-global-market-report

Dahane, A., Benameur, R., & Kechar, B. (2022). An IoT low-cost smart farming for enhancing irrigation efficiency of smallholders farmers. *Wireless Personal Communications, 127*(4), 3173–3210. https://doi.org/10.1007/s11277-022-09915-4

Devare, J., & Hajare, N. (2019). A survey on IoT based agricultural crop growth monitoring and quality control. In *2019 International conference on communication and electronics systems (ICCES)* (pp. 682–686). IEEE. [No DOI provided in original]

Et-taibi, B., Abid, M. R., Boufounas, E.-M., Morchid, A., Bourhnane, S., Hamed, T. A., & Benhaddou, D. (2024). Enhancing water management in smart agriculture: A cloud and IoT-based smart irrigation system. *Results in Engineering, 22*, Article 102283. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102283

Khan, A. (2023). Optimizing onion crop management: A smart agriculture framework with IoT sensors and cloud technology. *System, 6*(1), 1. https://doi.org/10.0009-0002-2232-2855

Lavanya, G., Rani, C., & GaneshKumar, P. (2020). An automated low cost IoT based fertilizer intimation system for smart agriculture. *Sustainable Computing:*

Informatics and Systems, 28, Article 100300. https://doi.org/10.1016/j.suscom.2019.01.002

Moghayedi, A., Richter, I., Owoade, F. M., Kapanji-Kakoma, K. K., Kaliyadasa, E., Francis, S., & Ekpo, C. (2022). Effects of urban smart farming on local economy and food production in urban areas in African cities. *Sustainability, 14*(17), Article 10836. https://doi.org/10.3390/su141710836

Quy, V. K., Hau, N. V., Anh, D. V., Quy, N. M., Ban, N. T., Lanza, S., Randazzo, G., & Muzirafuti, A. (2022). IoT-enabled smart agriculture: Architecture, applications, and challenges. *Applied Sciences, 12*(7), Article 3396. https://doi.org/10.3390/app12073396

Raihan, A. (2024). A review of recent advances, challenges, and potential future directions of climate-smart agriculture. In *Proceedings of the international conference on climate-smart agriculture*. [No publisher or page range provided in original]. https://www.researchgate.net/publication/380733452_A_review_of_recent_advances_challenges_and_potential_future_directions_of_climate-smart_agriculture

Revathi, A., & Poonguzhali, S. (2023). IoT and machine learning algorithm in smart agriculture. In P. Karrupusamy, V. E. Balas, & I. L. Garcia (Eds.), *Futuristic communication and network technologies: Select proceedings of VICFCNT 2021, Volume 1* (pp. 373–385). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-8338-2_29

Said Mohamed, E., Belal, A. A., Kotb Abd-Elmabod, S., El-Shirbeny, M. A., Gad, A., & Zahran, M. B. (2021). Smart farming for improving agricultural management. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 24*(3, Part 2), 971–981. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.08.007

Talero-Sarmiento, L., Parra-Sanchez, D., & Lamos Diaz, H. (2023). Opportunities and barriers of smart farming adoption by farmers based on a systematic literature review. In *Proceedings INNODOCT/22. International conference on innovation, documentation and education*. [No publisher or page range provided in original]. https://riunet.upv.es/handle/10251/193110

United Nations. (2019). *Growing at a slower pace, world population is expected to reach 9.7*. https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html

Vatambeti, R., Venkatesh, D., Mamidisetti, G., Damera, V. K., Manohar, M., & Yadav, N. S. (2023). Prediction of DDoS attacks in agriculture 4.0 with the help of prairie dog optimization algorithm with IDSNet. *Scientific Reports, 13*(1), Article 15371. https://doi.org/10.1038/s41598-023-42678-x

Vimal, S. P., Sathish Kumar, N., Kasiselvanathan, M., & Gurumoorthy, K. B. (2021). Smart irrigation system in agriculture. *Journal of Physics: Conference Series, 1917*(1), Article 012028. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1917/1/012028

World Bank. (2018). *The potential of the agricultural sector can be a boon to Afghanistan's economic growth*. https://www.worldbank.org/fa/country/afghanistan/publication/unlocking-potential-of-agriculture-for-afghanistan-growth

Yang, X., Shu, L., Chen, J., Ferrag, M. A., Wu, J., Nurellari, E., & Huang, K. (2020). A survey on smart agriculture: Development modes, technologies, and security and privacy challenges. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 8*(2), 273–302. https://doi.org/10.1109/JAS.2020.1003536

Zikria, Y. B., Ali, R., Afzal, M. K., & Kim, S. W. (2021). Next-generation internet of things (IoT): Opportunities, challenges, and solutions. *Sensors, 21*(4), Article 1174. https://doi.org/10.3390/s21041174

Zoting, S. (2024). *Internet of things (IoT) in agriculture market size, share, and trends 2024 to 2034*. Precedence Research. https://www.precedenceresearch.com/iot-in-agriculture-market