

इस प्रकाशन के लिए चर्चाएँ, ऑकड़े और लेखक प्रोफाइल महां देखें: <https://www.researchgate.net/publication/357824634>

स्पार्ट कृषि के बारे में वह सब कुछ जो आप जानना चाहते थे

प्रीप्रिंट · जनवरी 2022

शीर्षोंमध्ये: 10.48550/arXiv.2201.04754

उद्धरण

2

पुस्तक

4,444

7 लेखक, जिनमें शामिल हैं:



अलकनंदा मित्र

नेद्रास्का-लिंकन विश्वविद्यालय

25 प्रकाशन 280 उद्धरण

[प्रोफाइल देखें](#)



Lakshmi Skrutha Tirumala Vangipuram

उत्तरी टेक्सास विश्वविद्यालय

11 प्रकाशन 92 उद्धरण

[प्रोफाइल देखें](#)



आनंद बापटला

उत्तरी टेक्सास विश्वविद्यालय

17 प्रकाशन 206 उद्धरण

[प्रोफाइल देखें](#)



वेंकट कार्तिक विष्णु वर्धन बथलापल्ली

उत्तरी टेक्सास विश्वविद्यालय

13 प्रकाशन 85 उद्धरण

[प्रोफाइल देखें](#)

स्मार्ट के बारे में वह सब कुछ जो आप जानना चाहते थे

कृषि

एक प्रीप्रिंट

③ अलकनंदा मित्रा कंप्यूटर विज्ञान और
इंजीनियरिंग विभाग, उत्तरी टेक्सास विश्वविद्यालय, संयुक्त राज्य अमेरिका

सुकुथा एलटी वामीपुरम कंप्यूटर विज्ञान और
इंजीनियरिंग विभाग नॉर्थ टेक्सास विश्वविद्यालय, यूएसए

③ आनंद के. बापटला कंप्यूटर
विज्ञान और इंजीनियरिंग विभाग, उत्तरी टेक्सास विश्वविद्यालय,
संयुक्त राज्य अमेरिका

वैंकट केवीवी बाथलापल्ली कंप्यूटर विज्ञान और
इंजीनियरिंग विभाग उत्तरी टेक्सास विश्वविद्यालय, यूएसए

③ सरजू पी. मोहन्ती कंप्यूटर विज्ञान और
इंजीनियरिंग विभाग, उत्तरी टेक्सास विश्वविद्यालय, संयुक्त राज्य अमेरिका
संयुक्त राज्य अमेरिका

③ इलियास कोउगियानोस
इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग विभाग, उत्तरी
टेक्सास विश्वविद्यालय

चित्ररंजन रे सिविल और पर्यावरण
इंजीनियरिंग विभाग नेब्रास्का-लिंकन विश्वविद्यालय, यूएसए

12 जनवरी, 2022

अमूर्त

अनुमान है कि 2050 तक दुनिया की आबादी करीब 2 बिलियन तक बढ़ जाएगी, जिससे खाद्य मांग में तेजी से वृद्धि होगी। हाल ही में किए गए एक अनुमान से पता चलता है कि कुछ प्रगति के बावजूद दुनिया "भूख से मुक्ति" के लक्ष्य को प्राप्त करने में पिछड़ रही है। सामाजिक-आर्थिक और कल्याण के ननीजे खाद्य सुरक्षा को प्रभावित करेंगे। कमज़ोर लोगों के समूह कुपोषण से पीड़ित होंगे। बढ़ती आबादी की ज़रूरतों को पूरा करने के लिए, कृषि उद्योग को आधुनिक बनाने, स्मार्ट और स्वचालित बनाने की ज़रूरत है। मौजूदा तकनीकों को अपनाकर पारंपरिक कृषि को कुशल, टिकाऊ, पर्यावरण के अनुकूल स्मार्ट कृषि में बदला जा सकता है। इस सर्वेक्षण पत्र में लेखक स्मार्ट कृषि में अनुप्रयोग, तकनीकी रुझान, उपलब्ध डेटासेट, नेटवर्किंग विकल्प और चुनौतीयाँ प्रस्तुत करते हैं। इंटरनेट-ऑफ़-एग्रो-थिंग्स पर एग्रो साइबर फिजिकल सिस्टम कैसे बनाए जाते हैं, इस पर विभिन्न अनुप्रयोग क्षेत्रों के माध्यम से चर्चा की गई है। कृषि 4.0 पर भी समग्र रूप से चर्चा की गई है। हम आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (एआई) और मशीन लर्निंग (एमएल) जैसी तकनीकों पर ध्यान केंद्रित करते हैं जो स्वचालन का समर्थन करते हैं, साथ ही वितरित लेजर प्रौद्योगिकी (डीएलटी) जो डेटा अखंडता और सुरक्षा प्रदान करती है। विभिन्न आर्किटेक्चर के गहन अध्ययन के बाद, हम एक स्मार्ट कृषि ढांचा भी प्रस्तुत करते हैं जो डेटा प्रोसेसिंग के स्थान पर निर्भर करता है। हमने भविष्य के शोध कार्य के रूप में स्मार्ट कृषि की खुली शोध समस्याओं को दो समूहों में विभाजित किया है - एक तकनीकी दृष्टिकोण से और एक नेटवर्किंग दृष्टिकोण से।

एआई, एमएल, डीएलटी के रूप में ब्लॉकचेन, और फिजिकल अनक्लोनेबल फंक्शन्स (पीयूएफ) आधारित हार्डवेयर सुरक्षा प्रौद्योगिकी समूह के अंतर्गत आते हैं, जबकि नेटवर्क से संबंधित कोई भी हमला, नकली डेटा इंजेक्शन और इसी तरह के खतरे नेटवर्क अनुसंधान समस्या समूह के अंतर्गत आते हैं।

कीवर्ड स्मार्ट एग्रीकल्चर, इंटरनेट-ऑफ-थिंग्स (IoT), साइबर-फिजिकल सिस्टम (CPS), एग्रीकल्चर साइबर-फिजिकल सिस्टम (ए-सीपीएस), इंटरनेट-ऑफ-एग्रो-थिंग्स (आईओएटी), फिजिकल अनकलोनेबल फंक्शन (पीयूएफ), वितरित लेजर प्रौद्योगिकी (डीएलटी), ब्लॉकचेन

1 परिचय

अनुमान है कि 2050 तक दुनिया की आबादी 9.7 बिलियन तक पहुँच जाएगी और इस सदी के अंत तक 11 बिलियन तक पहुँच सकती है [1]। इन अनुमानों को देखते हुए, यह अनुमान है कि दुनिया भर में भोजन की खपत तीव्र गति से बढ़ेगी। भविष्य की आबादी की सेवा के लिए खाद्य उत्पादन में आवश्यक बढ़ि एक बहुत बड़ा काम है। खाद्य आपूर्ति उत्पादन में बढ़ि केवल टिकाऊ और स्मार्ट कृषि के माध्यम से ही संभव है। 2030 तक पूरी दुनिया में भूखमरी को समाप्त करने का लक्ष्य रखा गया है। लेकिन वर्तमान में, हम उस लक्ष्य तक पहुँचने की राह पर नहीं हैं [2, 3]। आज दुनिया भर में 800 मिलियन लोग कृपेषित हैं। बढ़ी हुई आबादी इस मुद्दे में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। अधिक लोगों का मतलब है अधिक भोजन। 2050 तक, दुनिया की आबादी को पर्याप्त रूप से खिलाने के लिए 70% अधिक खाद्य उत्पादन की आवश्यकता है [4]। कई अन्य कारक इस स्थिति को बढ़ा रहे हैं:

- शहरीकरण के कारण खान-पान की आदतें बदल रही हैं। लोग पशु प्रोटीन का अधिक सेवन कर रहे हैं। 1997-1999 में वार्षिक पशु प्रोटीन का सेवन 1.5 बिलियन अमेरिकी डॉलर से अधिक था।

प्रति व्यक्ति प्रोटीन उपभोग 36.4 किलोग्राम था जो 2030 तक बढ़कर 45.3 किलोग्राम हो जाएगा।

- प्राकृतिक संसाधन खत्म हो रहे हैं। खेती की जमीनें खेती के लिए अनुपयुक्त होती जा रही हैं। वर्तमान खेती की 25% जमीन बहुत अनुपयुक्त है और 44% मध्यम रूप से अनुपयुक्त है। पानी की कमी ने खेती की 40% जमीन को बंजर बना दिया है। • शहरी विस्तार और नई खेती के लिए वनों की कटाई से भूजल तेजी से कम हो रहा है।

हो रही है, फसल चक्र में कमी आ रही है और पशुओं के अत्यधिक चरने से मिट्टी की गुणवत्ता खराब हो रही है।

कटाव।

- जलवायु परिवर्तन तेजी से हो रहा है। यह खाद्य उत्पादन के हर पहलू को प्रभावित कर रहा है। पिछले 50 वर्षों में, ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन दोगुना हो गया है, जिसके परिणामस्वरूप अप्रत्याशित वर्षा और सूखे या बाढ़ की घटनाएं बढ़ गई हैं।

• भोजन की बढ़ावी एक अन्य कारण है। दुनिया भर में उत्पादित भोजन का 33% से 50% बर्बाद हो जाता है।

इन समस्याओं को कम करने के लिए, खाद्य और कृषि उद्योग "कृषि 4.0" का स्वागत करते हैं, जो विज्ञान और प्रौद्योगिकी पर आधारित एक हरित, स्मार्ट क्रांति है। चित्र 1 स्मार्ट कृषि का अवलोकन दिखाता है।

अगर हम औद्योगिक क्रांति के दौर में वापस जाएं, तो हम देखते हैं कि यह वास्तव में नवपाषाण और ताप्र युग में शुरू हुई थी जब प्राचीन लोग लकड़ी और पत्थर को उपकरणों के रूप में इस्तेमाल करते थे और बाद में खेती के लिए धातुओं को अपनाते थे। लेकिन उद्योग 1.0 की शुरुआत भाष्य के इंजन के इस्तेमाल से हुई। बड़े पैमाने पर उत्पादन और विद्युत ऊर्जा के उपयोग ने उद्योग 2.0 की शुरुआत की। उद्योग 3.0 स्वचालन और सूचना प्रौद्योगिकी के उपयोग के साथ आता है जबकि उद्योग 4.0 एआई, बिग डेटा (बीडी), इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IoT), रोबोटिक्स, आदि के माध्यम से साइबर भौतिक प्रणालियों में मशीनों और नोड्स को जोड़ता है। [5] एक समानांतर कृषि क्रांति भी हुई - कृषि 1.0 में स्वदेशी उपकरणों से शुरुआत, कृषि 2.0 में ट्रैक्टरों और उर्वरकों का उपयोग, कृषि 3.0 में निर्णय और निगरानी प्रणाली और कृषि 4.0 में स्मार्ट खेती या स्मार्ट कृषि [5]।

कृषि 4.0 को विभिन्न प्रौद्योगिकियों के सम्मिश्रण द्वारा परिभाषित किया गया है, जैसे IoT, AI, ब्लॉकचेन, मानव रहित हवाई वाहन (UAV), नैनो प्रौद्योगिकी और रोबोटिक्स का उपयोग, जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है।

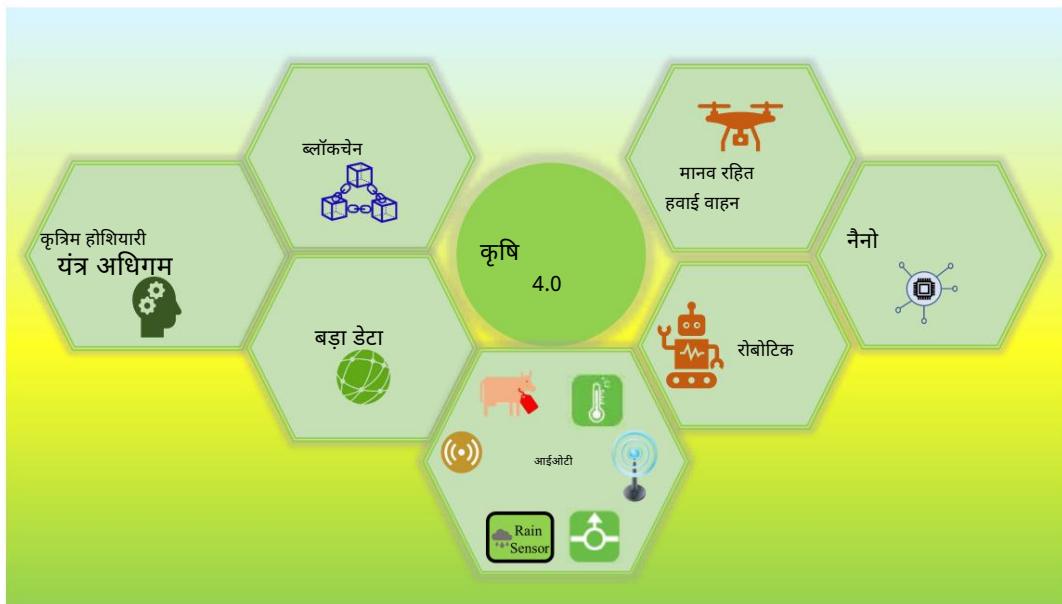
इस सर्वेक्षण के बाकी हिस्से को आठ खंडों में व्यवस्थित किया गया है। खंड 2 स्मार्ट कृषि के महत्व को प्रस्तुत करता है। खंड 3 स्मार्ट कृषि वास्तुकला को प्रस्तुत करता है। खंड 4 में इंटरनेट-ऑफ-एग्रो-थिंग्स (IoAT) आधारित कृषि साइबर भौतिक प्रणाली (A-CPS) पर चर्चा की गई है। खंड 5 में स्मार्ट कृषि के विभिन्न अनुप्रयोगों का वर्णन किया गया है। उद्योग के सामने आने वाली चुनौतियों को खंड 6 में दर्शाया गया है। खंड 7 स्मार्ट कृषि में अपनाई गई विभिन्न तकनीकों का वर्णन करता है, जबकि खंड 8 कृषि उद्योग में उपलब्ध डेटासेट पर चर्चा करता है। खंड 9 भविष्य के लिए खेतों शोध समस्याओं के बारे में बात करता है और अंत में खंड 10 पेपर का समापन करता है। पेपर में इस्तेमाल किए गए संक्षिप्त नामों की सूची पेपर के अंत में संलग्न है।

2 स्मार्ट कृषि और हमें इसकी आवश्यकता क्यों है?

मैनुअल श्रम और कम उत्पादकता वाली पारंपरिक कृषि को चित्र 2 में दर्शाई गई तकनीकों के उपयोग से टिकाऊ, बुद्धिमान, कुशल और पर्यावरण के अनुकूल कृषि में बदला जा रहा है। लंबे समय से स्थापित, पुरानी दुनिया की कृषि "स्मार्ट" कृषि में बदल रही है। नई शब्दावली उभर रही है - "स्मार्ट खेती," "डिजिटल खेती," "साटिक खेती!" "स्मार्ट खेती" "स्मार्ट कृषि" का दूसरा नाम है। "स्मार्ट खेती" में ध्यान डेटा तक पहुँचने और उन डेटा को लागू करने पर होता है ताकि मानव श्रम को कम करने के साथ-साथ उपज के गुणवत्ता मानकों और उपज को बढ़ाने की दिशा में एक जटिल प्रणाली का अनुकूलन किया जा सके।



चित्र 1: स्मार्ट कृषि अवलोकन।



चित्र 2: कृषि के तत्व 4.0.

"सटीक खेती या कृषि" और "डिजिटल खेती" ज्यादातर "स्मार्ट कृषि" के पूर्ववर्ती हैं [6]।

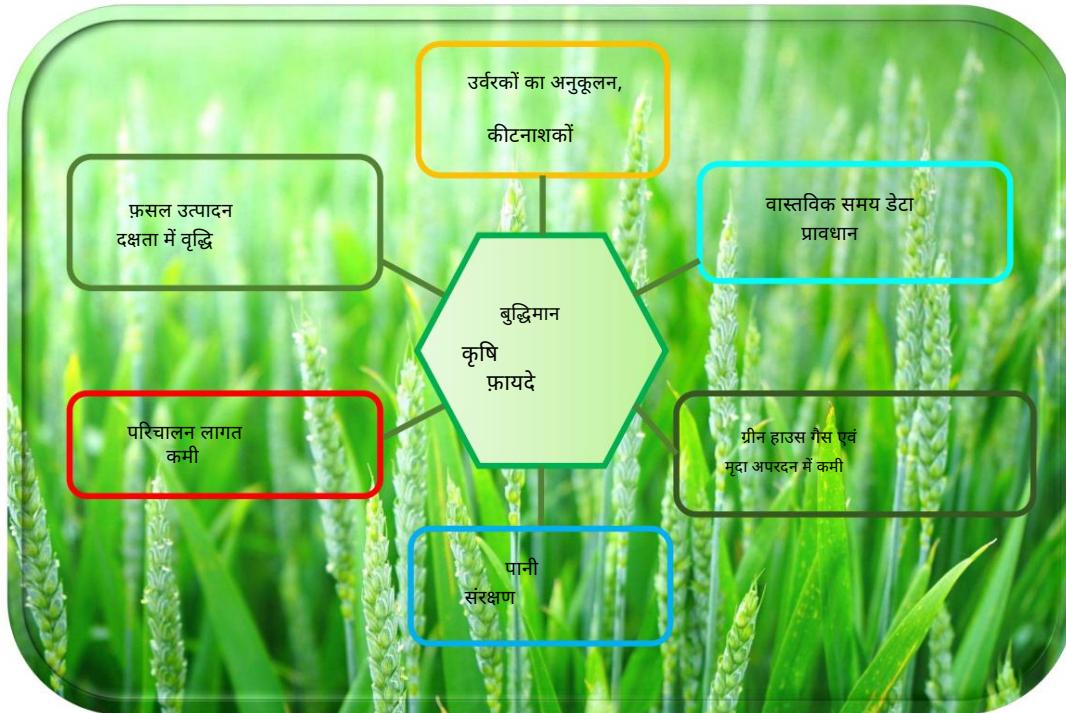
खेती का लक्ष्य किसी विशेष क्षेत्र या फसल के लिए अनुकूलन, सटीकता और अनुदृष्टित समाधान है

विभिन्न प्रौद्योगिकियों के उपयोग से, यह "सटीक खेती" के अंतर्गत आता है। "डिजिटल खेती" विभिन्न प्रौद्योगिकियों के उपयोग से, यह "सटीक खेती या कृषि" के अंतर्गत आता है।

इन दोनों में से। इस पेपर में, हम "स्मार्ट कृषि" पर चर्चा करेंगे जो "कृषि 4.0" और इसके भविष्य को संबोधित करता है।

चित्र 3 पारंपरिक कृषि की तुलना में स्मार्ट कृषि के जबरदस्त लाभों को दर्शाता है। वे हैं:

- जल संरक्षण।
- उर्वरकों और कीटनाशकों के उपयोग का अनुकूलन। परिणामस्वरूप, उपज अधिक विष मुक्त और पोषक तत्वों से भरपूर होती है।
- फसल उत्पादन क्षमता में वृद्धि।
- परिचालन लागत में कमी।
- शहरों, रेगिस्तानों में अपारंपरिक कृषि क्षेत्र खोलना।
- ग्रीन हाउस गैस उत्सर्जन कम होगा।
- मृदा अपरदन में कमी।
- किसानों को वास्तविक समय पर डेटा की उपलब्धता।



चित्र 3: पारंपरिक कृषि की तुलना में स्मार्ट कृषि के लाभ।

3 स्मार्ट कृषि वास्तुकला

हाल ही में IoT ने कृषि उद्योग को बढ़ावा दिया है। विभिन्न तकनीकों, प्रोटोकॉल और मानकों को अपनाया जा रहा है

अनुप्रयोग के आधार पर, कार्यान्वयन वास्तुकला में संबद्ध परतों की संख्या भिन्न होती है।

तीन परतों [7, 8, 9], चार परतों [10, 11], पांच परतों [12], छह परतों [13], और सात परतों वाली स्मार्ट कृषि वास्तुकला

साहित्य में परतें [14] प्रस्तुत की गई हैं। उन आर्किटेक्चर में अलग-अलग नाम और दृष्टिकोण का इस्तेमाल किया गया है।

हम एक सामान्य वास्तुकला को अपनाते हैं, जहाँ परतों को घटना के स्थान (घटना से निकटता) के आधार पर परिभाषित किया जाता है

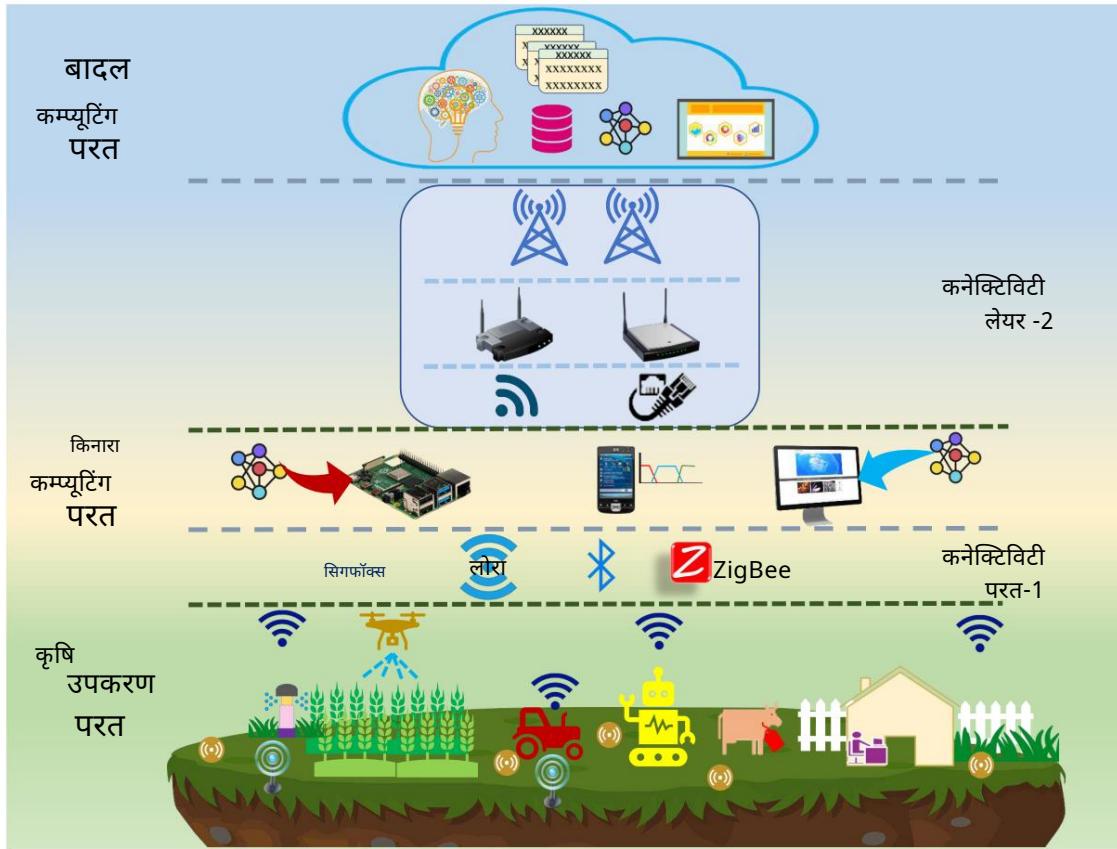
उनकी प्रोसेसिंग और वे कैसे जुड़े हुए हैं। यह स्मार्ट एपीकल्वर आर्किटेक्चर चित्र 4 में दिखाया गया है।

हम वास्तुकला को तीन मुख्य परतों के साथ दर्शते हैं। ये परतें दो कनेक्टिविटी परतों के माध्यम से जुड़ी हुई हैं।

उन्हें दो उप परतों में विभाजित करें क्योंकि दोनों कनेक्टिविटी परतें अलग-अलग प्रौद्योगिकियों के साथ अलग-अलग परतों को जोड़ती हैं।

कनेक्टिविटी परत सभी परतों के बीच एक मुल स्थापित करती है, यह स्मार्ट कृषि वास्तुकला की मुख्य परत है

जिसमें सभी परतें एक दूसरे के साथ समन्वय में काम करती हैं।



चित्र 4: स्मार्ट कृषि की संरचना।

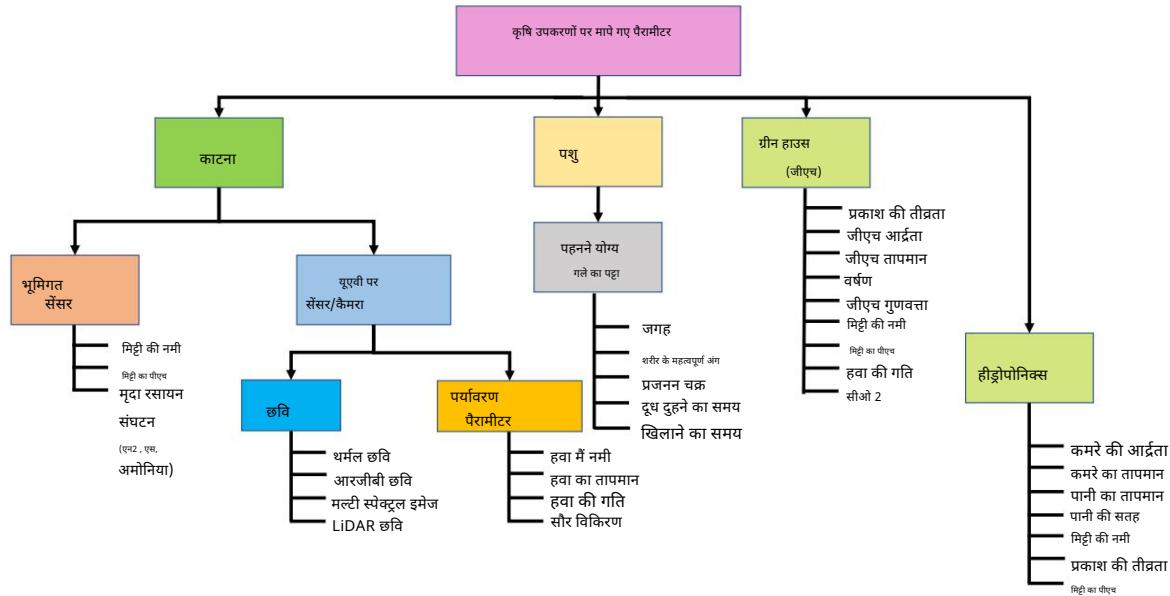
- परत-1: कृषि उपकरण परत स्मार्ट कृषि वास्तुकला की आधार परत है। इसमें कृषि भूमि, पशु बाड़, ग्रीन हाउस, हाइड्रोपोनिक सिस्टम, टैग किए गए पशुधन, मानव रहित हवाई वाहन, कृषि रोबोट, स्वचालित बाड़ और ट्रैक्टर जैसी विभिन्न चीजें शामिल हैं [15, 16]।

ये डिवाइस या वितरित स्रोत नोड भौतिक मापदंडों को समझते हैं, चौबीसों घंटे वास्तविक समय में डेटा एकत्र करते हैं और उन्हें कनेक्टिविटी परत के माध्यम से अगली परत पर गेटवे नोड पर भेजते हैं, जो मूल रूप से एक वायरलेस सेंसर नेटवर्क (WSN) है। चित्र 5 स्मार्ट कृषि के विभिन्न क्षेत्रों में विभिन्न सेंसर/कैमरों द्वारा संखें डेटा को दर्शाता है। उदाहरण के लिए, चावल की फसल के खेत में, भूमिगत मिट्टी सेंसर और ऑन-यूएवी सेंसर और कैमरे डेटा एकत्र करते हैं और उन्हें आगे की प्रक्रिया के लिए किनारे पर भेजते हैं।

- लेयर-2: यह एज कंप्यूटिंग लेयर है। इसमें कई एज नोड्स शामिल हैं। नोड्स की संख्या विशिष्ट स्मार्ट कृषि प्रणाली पर निर्भर करती है। लेयर-1 पर एकत्र किए गए डेटा को यहां संसाधित, फ़िल्टर और एन्क्रिप्ट किया जाता है। पहले, एज लेयर पर संसाधन सीमाओं के कारण पूर्वानुमान और समाधान भाग अगली लेयर में किए जाते थे। लेकिन एज पहलों में हार्डवेयर और AI की हालिया उन्नति के साथ, प्रशिक्षित मरीन लर्निंग मॉडल इस लेयर पर पूर्वानुमान कर सकते हैं और समाधान सुझा सकते हैं। हालाँकि, अगर काम संसाधन महांग है या समय के प्रति संवेदनशील नहीं है, तो पूर्वानुमान और अनुमान दोनों अगली लेयर में किए जा सकते हैं। उदाहरण के लिए, अगर कोई गाय पशुधन फार्म में अपने कथित क्षेत्र से बाहर है या उसे दूध देने की ज़रूरत है, तो एज कंप्यूटिंग लेयर पर आवश्यक उपाय किए जाते हैं और किसान को सुचित किया जाता है।

हार्डवेयर बोर्ड का उपयोग एज डिवाइस के रूप में किया जा रहा है [17]। कुछ सामान्य बोर्ड और अनुप्रयोगों का उल्लेख करने के लिए, Arduino UNO का उपयोग [18] में ग्रीनहाउस निगरानी और नियंत्रण प्रणाली के लिए किया गया है, रास्पबेरी पाई का उपयोग हाइड्रोपोनिक सिस्टम के लिए किया गया है [19], ESP8266 का उपयोग परिवेशी कारकों के प्रबंधन के लिए स्मार्ट कृषि घटकों को जोड़ने के लिए किया गया है [20], ESP32 का उपयोग स्मार्ट सिंचाई के लिए किया गया है [21], इंटेल एडिसन का उपयोग ऊर्ध्वर्धर कृषि गोदामों के लिए किया गया है [22], और बीगलबोन का उपयोग कृषि रासायनिक प्रक्रियाओं की निगरानी के लिए किया गया है [23]।

- लेयर-3: क्लाउड कंप्यूटिंग लेयर स्मार्ट एग्रीकल्चर सिस्टम की बॉटम अप आर्किटेक्चर की तीसरी या सबसे ऊपरी परत है। यह वर्चुअल लेयर आमतौर पर डेटा सेंटर में रहती है और इसे इंटरनेट के ज़रिए दुनिया में कहीं से भी एक्सेस किया जा सकता है [11]। कृषि फार्म में सेंसर या कैमरों द्वारा एकत्र किए गए विशाल डेटा को एक साथ संग्रहीत करने की आवश्यकता होती है।



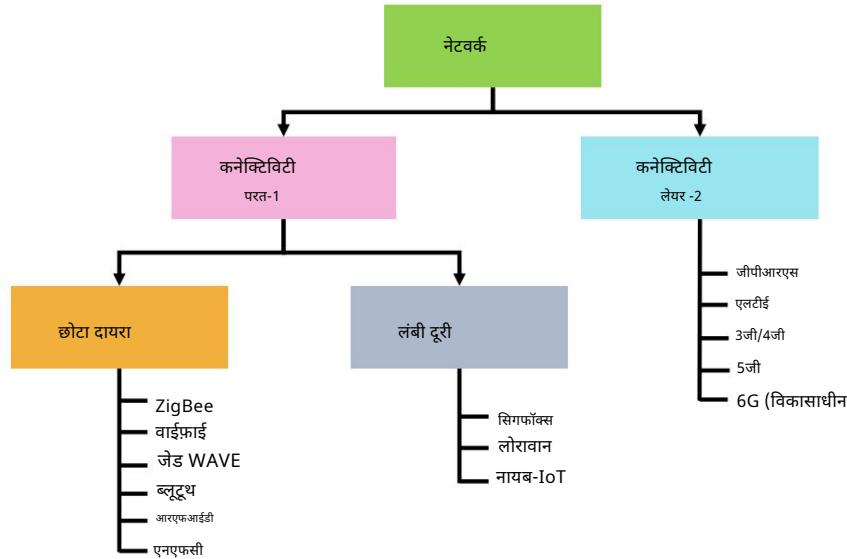
चित्र 5: स्मार्ट कृषि के विभिन्न क्षेत्रों में संसर पैरामीटर।

संसाधित, विश्लेषण और सहेजा जाना। हाल ही तक, अधिकांश विश्लेषण और निर्णय लेने का काम क्लाउड पर किया जाता था, साथ ही विशाल डेटा सेट [7, 8, 24] को संग्रहीत किया जाता था। क्लाउड की उच्च कंप्यूटिंग शक्ति इसे उचित समय में विभिन्न जटिल कार्यों को करने की अनुमति देती है। लेकिन क्लाउड कंप्यूटिंग की कुछ सीमाएँ हैं जो नए कंप्यूटिंग प्रतिमानों के उभरने की माँग करती हैं। विलंबता, उच्च बैंड चौड़ाई इंटरनेट आवश्यकताएँ, डेटा की सुरक्षा और गोपनीयता कुछ सीमित कारक हैं जो स्मार्ट कृषि की समय संवेदनशील निगरानी और प्रबंधन को रोकते हैं।

AI, हार्डवेयर बोर्ड और 5G नेटवर्क में हाल ही में हुए विकास ने एक नए प्रतिमान, एज AI को जन्म दिया है। यह डेटा की सुरक्षा और गोपनीयता को बढ़ाता है क्योंकि यह डेटा को उसके मूल बिंदु के पास संसाधित करता है। इसलिए डेटा क्लाउड पर नहीं जाता है या केंद्रीकृत क्लाउड पर साझा नहीं किया जाता है। एज AI ने इंटरनेट पर विलंबता और निर्भरता को कम कर दिया है।

- कनेक्टिविटी लेयर्स: वे विभिन्न लेयर्स को जोड़ते हैं। कनेक्टिविटी लेयर-1, लेयर-1 से भौतिक पैरामीटर डेटा प्राप्त करती है और उन्हें लेयर-2 में भेजती है। लेयर-2 से प्रोसेस्ड डेटा कनेक्टिविटी लेयर-2 द्वारा लेयर-3 में भेजा जाता है। इस लेयर में कनेक्ट होने वाले क्षेत्र के आधार पर विभिन्न ट्रांसमिशन रेंज संचार नेटवर्क का उपयोग किया जाता है जैसा कि चित्र 6 में दिखाया गया है। जब कृषि उपकरण लेयर से एज कंप्यूटिंग लेयर में डेटा ट्रांसफर किया जाता है, तो नियर रेंज ज़िगबी, वाई-फाई, जेड-वेव, ब्लूटूथ, रेडियो फ्रीकर्बेसी आइडेंटिफिकेशन (आएफआईडी), और नियर फाईल कम्युनिकेशन (एनएफसी) का आमतौर पर उपयोग किया जाता है, जबकि लंबी रेंज के लिए सिगफॉक्स, लोरावन और नैरोबैंड IoT (एनबी-आईओटी) का उपयोग किया जाता है [17]। उदाहरण के लिए, एक दूरदराज के गांव में एक छोटे से खेत के लिए जहां नेटवर्क बैंडविड्थ सीमित है [25] में जल प्रबंधन प्रणालियों के साथ-साथ मिट्टी और हवा की निगरानी के लिए ब्लूटूथ लो पावर का उपयोग किया गया है, और [26] में सिंचाई प्रणाली के प्रबंधन के लिए ज़िगबी का उपयोग किया गया है। आएफआईडी का उपयोग स्मार्ट कृषि उद्योग में बड़े पैमाने पर किया जाता है [27, 28, 29, 30, 31, 32]। लोरा का उपयोग जल प्रबंधन के लिए [33] में किया गया है।

जब संसाधित डेटा को एज कंप्यूटिंग लेयर से क्लाउड लेयर पर भेजा जाता है, तो ग्राउंड पेनेट्रेटिंग रडार सर्विसेज (जीपीआरएस), लॉन्ग-टर्म इवोल्यूशन (एलटीई), 3 जी / 4 जी और 5 जी जैसी सेलुलर तकनीकों का उपयोग किया जाता है। हाल की 5 जी तकनीक में कम विलंबता, उच्च विश्वसनीयता, बड़े कवरेज क्षेत्र, उच्च डेटा दर और नए आवृत्ति बैंड [9] हैं। यह स्मार्ट कृषि को आगे बढ़ाने में बहुत मदद कर सकता है। जीपीआरएस का उपयोग सिंचाई के लिए [24] में किया गया है। 5 जी [34, 35] का उपयोग करके नई पहल शुरू हुई हैं। 5 जी नेटवर्क का उत्तराधिकारी 6 जी सेलुलर तकनीक है जो विकास के अधीन है। यह मोजुदा मोबाइल नेटवर्क की तुलना में बहुत तेज होगा। लचीले विकेन्ड्रीकृत मॉडल एज कंप्यूटिंग, एआई और ब्लॉकचेन जैसे विभिन्न क्षेत्रों को आगे बढ़ाएगे जो स्मार्ट कृषि के विकास को आगे बढ़ाएगे।



चित्र 6: स्मार्ट कृषि के लिए विभिन्न नेटवर्क।

4 इंटरनेट ऑफ एग्रो-थिंग्स (IoAT) आधारित कृषि साइबर-भौतिक प्रणाली (A-CPS)

IoT परस्पर संबंधित भौतिक चीजों, उपकरणों, वस्तुओं का नेटवर्क है, जिसमें इंटरनेट के माध्यम से अन्य उपकरणों और प्रणालियों के साथ डेटा को जोड़ने और साझा करने के लिए अद्वितीय आईडी होती है। भौतिक प्रणालियों में IoT के कार्यान्वयन से साइबर - भौतिक प्रणाली (CPS) का जन्म होता है। CPS भौतिक संस्थाओं और सॉफ्टवेयर या कंप्यूटिंग क्षमताओं की संकर प्रणाली है।

यह किसी उद्योग को परिभाषित करने का एक आधुनिक तरीका है। स्मार्ट शहरों और स्मार्ट गांवों में एक या एक से अधिक CPS शामिल हैं जैसे स्मार्ट स्वास्थ्य, स्मार्ट कृषि, स्मार्ट ऊर्जा, स्मार्ट परिवहन, स्मार्ट नागरिक, नवीकरणीय ऊर्जा, आदि। A-CPS स्मार्ट कृषि का मूल है। यह कृषि उद्योग में क्रांति लाता है। जैसे इंटरनेट ऑफ मेडिकल थिंग्स (IoMT) हेल्थकेयर साइबर-फिजिकल सिस्टम (H-CPS) बनाता है, वैसे ही IoAT A-CPS बनाता है [6]।

IoAT एक डेटा संचालित प्रणाली है। कार्यप्रवाह को अत्यधिक कुशल बनाने के लिए निरंतर डेटा संग्रह, प्रसंस्करण और उपाय किए जाते हैं। चित्र 7(ए) एक ऐसी पुनरावृत्त प्रणाली कार्यप्रवाह दिखाता है जो किसानों को किसी भी समस्या के देखे जाने पर तुरंत कारबाई करने की अनुमति देता है। इस चक्र में पाँच चरण होते हैं:

- डेटा संग्रहण: सबसे पहले, इंटरनेट ("आई") के माध्यम से जुड़ी विभिन्न चीजें ("टी") या सेंसर सेंसर स्तर या अंतिम स्तर पर डेटा एकत्र करते हैं।

- डेटा प्रोसेसिंग: दूसरा, अगर डेटा को मॉडल के अनुकूल बनाने के लिए किसी डेटा प्रोसेसिंग की ज़रूरत होती है, तो यह इस चरण में एज लेवल पर किया जाता है। जैसे अगर सेंसर डेटा रेज में नहीं है या यूएवी द्वारा ली गई तस्वीरों को ग्रे स्केल में बदलने की ज़रूरत है या क्लाउड पर भेजने से पहले डेटा के किसी एन्क्रिप्शन की ज़रूरत है, तो वे यहाँ किए जाते हैं।

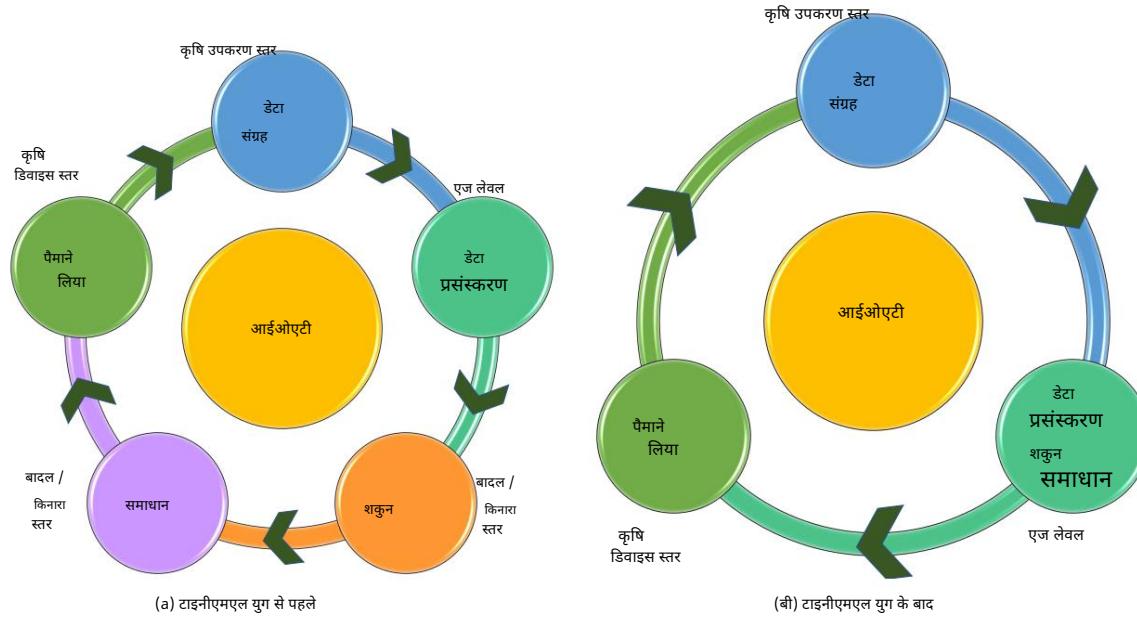
- प्रोग्नोस्टिक: यह ज्यादातर मौजूदा तकनीकों के लिए क्लाउड में किया जाता है। एज संसाधित डेटा का विश्लेषण यहाँ पूर्वनिर्धारित नियमों या मॉडल (ज्यादातर एमएल, फ़ज़ी लॉजिक (FL) और आर्टिफ़िशियल न्यूरल नेटवर्क (ANN) आधारित) से किया जाता है। यहाँ पर डेटा को भविष्य में उपयोग के लिए संग्रहीत किया जाता है। एज एआई पहल परिदृश्य को बदल रही है।

- समाधान: क्लाउड प्लेटफॉर्म में समस्या का पता लगाने के बाद, समाधान सुझाया जाता है। यह चरण क्लाउड में या किनारे पर किया जा सकता है। उदाहरण के लिए, यदि खेत की जमीन का कुछ हिस्सा सूखा है, तो यह चरण सुझाव देता है कि सिंचाई प्रणाली के किस वाल्व को कितना मूल्य और कितनी देर तक छोड़ना चाहिए ताकि सूखे हिस्से को इष्टतम रूप से पानी मिल सके। • उठाए गए उपाय: यह चक्र का अंतिम चरण है जहाँ

समाधान का कार्यान्वयन किया जाता है।

यह IoT डिवाइस द्वारा किया जाता है। पहले बताए गए उदाहरण में, सिंचाई प्रणाली के वाल्व को खोलना यहाँ किया जाता है।

यह चक्र संपूर्ण कृषि प्रक्रिया को बेहतर ढंग से पूरा करने के लिए जारी रहता है। चित्र 7(ए) दिखाता है कि जब क्लाउड और एज सेटिंग्स में एमएल आधारित कार्य किए जाते हैं, तो निर्णय या समाधान को वहाँ किए जाने वाले उपायों के लिए IoT डिवाइस को भेजा जाता है। लेकिन, TinyML as-a-service एमएल और एम्बेडेड दुनिया को जोड़ रहा है। IoT डिवाइस को निर्णय "आउटसोर्स" करने के बजाय, ML आधारित कार्य सीमित संसाधन वाले IoT डिवाइस पर ही किया जा रहा है। इस नए युग में, चित्र 7(बी) में बदल रहा है।



चित्र 7: IoT आधारित स्मार्ट कृषि चक्र।

5 स्मार्ट कृषि: अनुप्रयोग

इस खंड में स्मार्ट कृषि के अनुप्रयोग क्षेत्रों पर चर्चा की गई है। चित्र 8 स्मार्ट कृषि के कुछ अनुप्रयोग क्षेत्रों को दर्शाता है, जैसे कि फसल प्रबंधन, स्मार्ट सिंचाई, पशुधन निगरानी और कीट नियंत्रण और चित्र 10 कुछ और अनुप्रयोगों को दर्शाता है, जैसे कि स्मार्ट ग्रीनहाउस, यूएवी और स्वायत्त ट्रैक्टर और हाइड्रोपोनिक प्रणाली।

5.1 फसल प्रबंधन

फसल प्रबंधन आर्थिक, पारिस्थितिक और समाजशास्त्रीय पहलुओं का विश्लेषण करने की प्रक्रिया है जो फसल चयन, खेती और विपणन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

फसल वृद्धि, जल संसाधन उपलब्धता, श्रम, बीमा और पर्यावरणीय कारक फसल पैटर्न को निर्देशित करते हैं। पारिस्थितिकी कारक फसल पैटर्न में बदलाव में योगदान करते हैं। उदाहरण के लिए, घटने जल संसाधनों और भूजल तालिकाओं वाले क्षेत्रों में, धन की खेती जैसी पारंपरिक फसलें, जिसके लिए प्रचुर मात्रा में जल संसाधनों की आवश्यकता होती है, को बनाए नहीं रखा जा सकता है। कृषि उत्पाद के लिए बाजार, साथ ही विभिन्न देश, निर्यात और आयात नीतियां भी फसल चयन को प्रभावित करती हैं।

एक बार फसल का चयन हो जाने के बाद फसल की खेती अगला महत्वपूर्ण पहलू है।

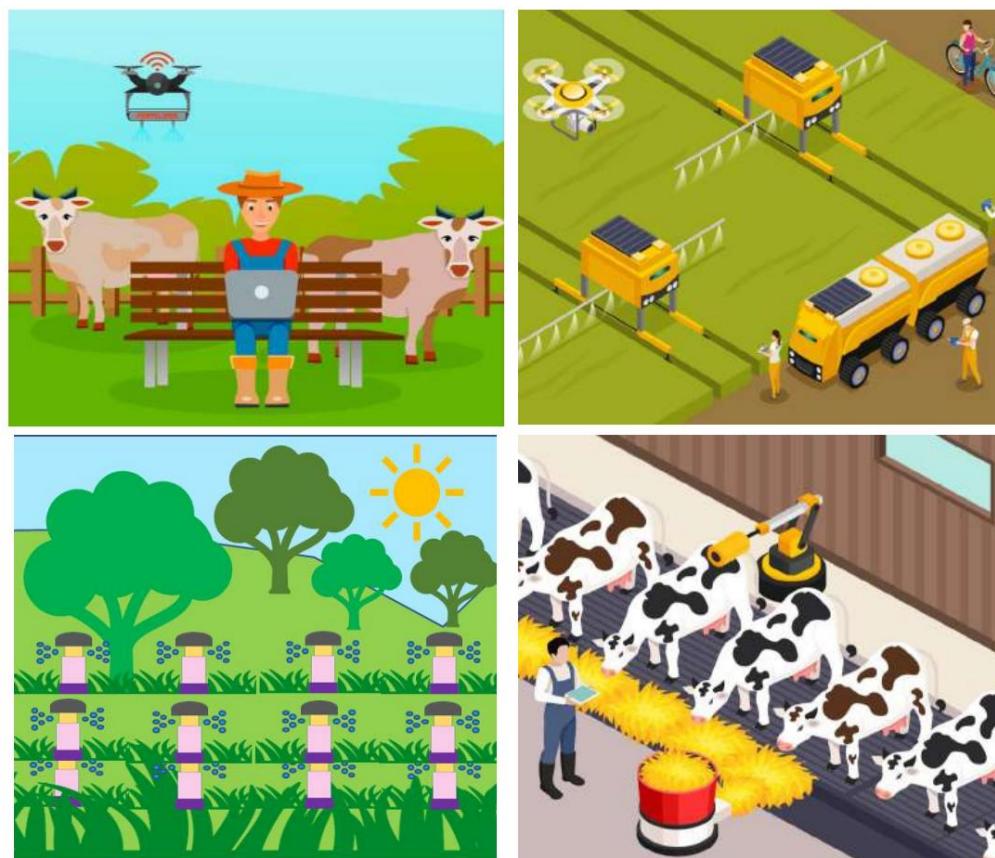
IoT का उपयोग करके, किसानों को नवीनतम तकनीक से लैस किया जाता है और खेतों में लगाए गए सेंसर पौधों की वृद्धि की निगरानी करते हैं। उदाहरण के लिए, पौधों की वृद्धि को प्रभावित करने वाले कीटों और कीड़ों की उपस्थिति की निगरानी के लिए खेतों में अल्ट्रासोनिक सेंसर लगाए जाते हैं।

कीटों की उपस्थिति की पहचान करने के बाद, कीटों को हटाने के लिए उच्च आवृत्ति वाली ध्वनि तरंगें उत्पन्न की जाती हैं और किसान को आगे की मदद के लिए कीटों की उपस्थिति के बारे में भी सूचित किया जाता है [37]।

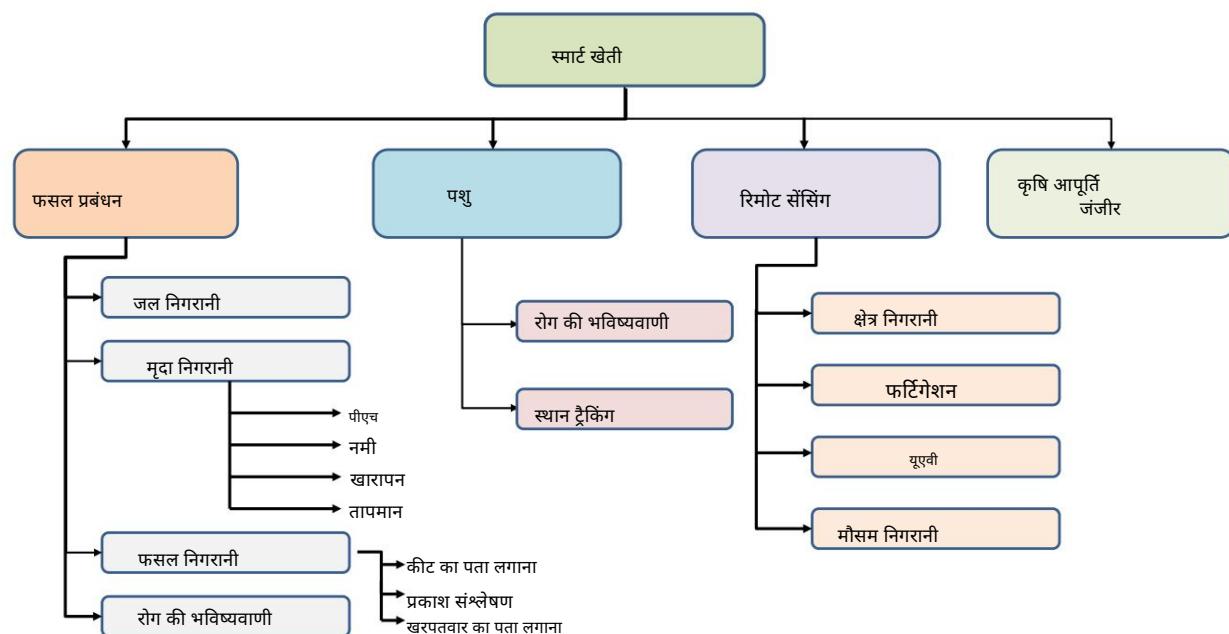
स्मार्ट खेती की अवधारणा को दर्शाने वाला फ्लोचार्ट चित्र 9 में विस्तृत रूप से दर्शाया गया है।

5.2 मृदा निगरानी

मिट्टी की नमी समग्र खेती की प्रक्रिया में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। यह पौधे की वृद्धि प्रक्रिया के दौरान प्रकाश संश्लेषण, श्वसन, वाष्पोत्सर्जन और खनिजों के परिवहन के लिए जिम्मेदार है [38]। मिट्टी की निगरानी खेत के निर्णय लेने में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। फसल के पैटर्न पानी की उपलब्धता, मिट्टी की लवणता, कीट, नमी, पीएच और आर्द्रता जैसे विभिन्न कारकों पर निर्भर करते हैं। ये कारक मिट्टी के स्वास्थ्य का आकलन करने में मदद करते हैं। खेत पर सेंसर मिट्टी के तापमान और आर्द्रता की निगरानी करते हैं और विश्लेषण किए गए डेटा को कलाउड पर भेजा जाता है। किसानों को कई कारकों पर अलर्ट प्राप्त होगा और लवणता सामग्री और मिट्टी के पोषक तत्व स्तर, आर्द्रता और तापमान के आधार पर फसल पैटर्न का विश्लेषण और निर्णय लिया जाएगा। मिट्टी की नमी पौधे की वृद्धि प्रक्रिया में एक महत्वपूर्ण पहलू है क्योंकि पानी प्रकाश संश्लेषण में एक महत्वपूर्ण घटक है, तापमान को नियंत्रित करता है और पौधे की वृद्धि के लिए भोजन और आवश्यक पोषक तत्वों के बाहक के रूप में कार्य करता है। आर्द्रता पोषक तत्वों की आपूर्ति को नियंत्रित करती है और इष्टतम पौधे के विकास के लिए वाष्पोत्सर्जन की दर को नियंत्रित करती है। सबजी के लिए आर्द्रता आर्द्रता



चित्र 8: स्मार्ट कृषि के अनुप्रयोग - फसल प्रबंधन, कीट नियंत्रण, स्मार्ट सिंचाई, पशुधन निगरानी [36].



चित्र 9: स्मार्ट कृषि के अनुप्रयोग।

पौधों की खेती 50% से 60% है [39]। पौधों की जड़ के अंदर रखे गए मुद्रा नमी सेंसर जल संसाधनों के इष्टतम उपयोग की सुविधा के लिए मिट्टी की नमी के स्तर के मूल्यों का विश्लेषण करते हैं [40, 41]।

5.3 स्मार्ट सिंचाई

स्मार्ट सिंचाई नवीनतम तकनीकों का उपयोग करके पानी के इष्टतम उपयोग के साथ उपज की गुणवत्ता और मात्रा में सुधार करने की प्रक्रिया है। यह पौधों को इष्टतम रूप से पानी देकर पानी का संरक्षण करता है। सिंचाई प्रणाली दो प्रकार की होती है - मौसम आधारित और मिट्टी की नमी सेंसर आधारित। मौसम आधारित सिंचाई प्रणाली स्थानीय मिट्टी मौसम स्टेशन से तापमान और वर्षा के आंकड़े प्राप्त करती हैं और एक नियंत्रक सिंचाई को नियंत्रित करता है। मिट्टी की नमी सेंसर आधारित सिंचाई प्रणालियों में, पेड़ों की टर्फ के अंदर लगाए गए सेंसर, मिट्टी की नमी की मात्रा को सटीक रूप से निर्धारित करते हैं। इस प्रकार की सिंचाई में खेत की सिंचाई के लिए मौसम की निगरानी और फसल पैटर्न के साथ-साथ आद्रित और हवा के तापमान के सटीक मूल्यों की आवश्यकता होती है। डेटा क्लाउड पर भेजा जाता है और स्थिकलर जैसे एक्ट्यूएटर सक्रिय होते हैं [42]। मिट्टी की नमी सेंसर के मान खेत के प्रति इकाई क्षेत्र में सिंचाई कार्यक्रम का मार्गदर्शन करते हैं। स्वचालित सिंचाई के लिए स्मार्टफोन आधारित मोबाइल एप्लीकेशन का उपयोग करके विश्लेषण के लिए क्लाउड से जोड़ा गया है, जहां किसान खेतों में पानी देने के लिए सिंचाई पंपों को सक्षम करके क्रियान्वयन कर सकते हैं।

5.4 पशुधन निगरानी

पशुधन प्रबंधन स्मार्ट कृषि का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है। IoT सक्षम पशुधन स्वास्थ्य निगरानी प्रणाली किसानों को मरवेशियों के झूंड के स्वास्थ्य की निगरानी करने, चरने वाले जानवरों पर नज़र रखने और प्रजनन प्रथाओं को अनुकूलित करने में सक्षम बनाती है। मरवेशियों के स्वास्थ्य की निगरानी पहनने योग्य कॉलर या RFID टैग का उपयोग करके हृदय गति, रक्तचाप या श्वसन दर जैसे शरीर के महत्वपूर्ण अंगों को मापकर स्वचालित रूप से की जा सकती है। इसके दो गुना लाभ हैं - मानव शक्ति की बचत और पशु को समय के प्रति संवेदनशील उपचार प्रदान करना जो बदले में वीमारियों के प्रसार को रोकता है। इस उद्देश्य के लिए, ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम (GPS) ट्रैकिंग का उपयोग किया जाता है [42]। यह पशुओं को होने वाली दुर्घटनाओं को भी रोक सकता है। RFID टैग का उपयोग पशु पहचान और ट्रैकिंग में भी किया जाता है [45]।

5.5 रिमोट सेंसिंग

कृषि में रिमोट सेंसिंग से किसानों को फसल के बारे में वास्तविक समय पर डेटा प्राप्त करने में मदद मिल सकती है, ड्रोन का उपयोग करके जो खेत के खेतों का नक्शा बनाने के लिए उच्च गुणवत्ता वाली तस्वीरें रिकॉर्ड करते हैं। फसल की सेहत और खेत की स्थिति की जानकारी का उपयोग करके फसल की पैदावार की जांच करने के लिए भी इनका उपयोग किया जा सकता है। रिमोट सेंसिंग का उपयोग मिट्टी की स्थिति का नक्शा बनाने और किसानों को यह तय करने में सक्षम बनाने के लिए किया जा सकता है कि किसी विशेष फसल के लिए किस प्रकार की मिट्टी बेहतर है। खरपतवार और कीटों का पता लगाया जा सकता है और उचित कीट नियंत्रण तंत्र को अपनाया जा सकता है।

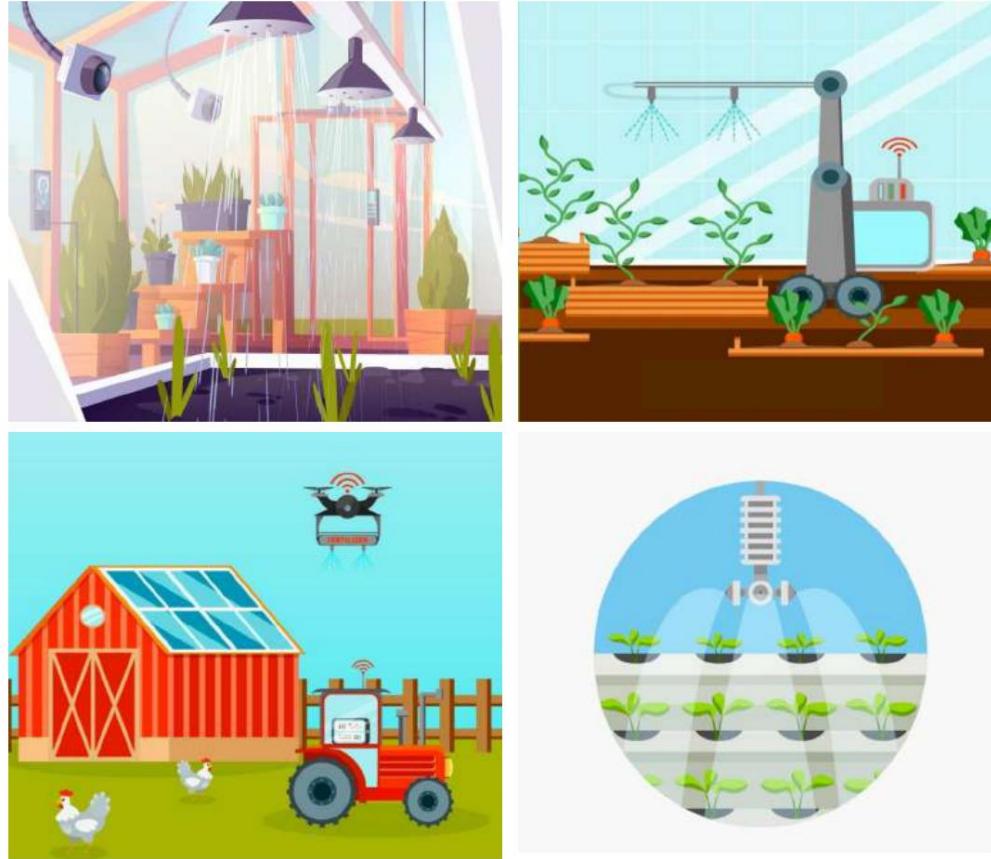
रिमोट सेंसिंग का सबसे महत्वपूर्ण अनुप्रयोग मौसम का पूर्वानुमान और निगरानी है। इसका उपयोग वर्षा, सूखे की स्थिति को ट्रैक करने और जल संसाधनों की पहचान करने में किया जा सकता है, जिससे किसानों को पानी की उपलब्धता और मौसम के बारे में पहले से ही सचेत किया जा सके ताकि पूंजी और फसल की योजना पहले से बनाई जा सके [46]। सामान्यीकृत अंतर वनस्पति सूचकांक (एनवीडीआई) मान, जो फसल की खेती की प्रक्रिया को मापने के लिए सबसे महत्वपूर्ण मापदंडों में से एक है, का उपयोग उपज की भवित्ववाणी और पौधों की वृद्धि को सूचित करने के लिए किया जाता है [47]। खेत पर रिमोट सेंसिंग उपकरणों का उपयोग सर्वोत्तम संभव स्थानिक रिज़ॉल्यूशन के साथ अजैविक तनाव कारकों की निगरानी के लिए किया जाता है [48]।

5.6 स्मार्ट ग्रीनहाउस

वैश्विक जलवायु परिवर्तन और घटते प्राकृतिक संसाधनों के मद्देनजर कृषि उद्योग प्रौद्योगिकी समर्थित खेती तकनीकों का स्वागत करता है। स्मार्ट ग्रीनहाउस उनमें से एक है। यह पौधों के लिए अनुकूलित एक इनडोर नियंत्रित वातावरण है। यह IoT और AI/ML तकनीकों के साथ एकीकृत एक स्व-प्रृथक खेत निगरानी पारिस्थितिकी तंत्र है। यह खेत को हवा, तूफान और बाढ़ से बचाता है। यह बिना किसी मानवीय हस्तक्षेप के उत्पादकता की दक्षता बढ़ाता है।

सौर ऊर्जा से चलने वाले IoT सेंसर को सञ्जियों, फलों और अन्य बागवानी फसलों की महत्वपूर्ण निगरानी के लिए ग्रीनहाउस के अंदर रखा जाता है। चेड़ की जड़ के अंदर रखे गए मिट्टी की नमी सेंसर का उपयोग करके स्वचालित ड्रिप सिंचाई का उपयोग किया जा सकता है। यदि एक सीमा मान तक पहुँच जाता है, तो इन-फौल्ड एक्ट्यूएटर खेत को उसी के अनुसार पानी देता है। एलईडी लाइटिंग का उपयोग पौधों की ज़रूरतों को बेहतर ढंग से पूरा कर सकता है। विशेष तरंग दैर्घ्य और तीव्रता के साथ एक नियंत्रित रोशनी पौधे की वृद्धि और पूरे वर्ष की उपज को पुनर्जीवित कर सकती है।

ड्रिप फर्टिंगेशन तकनीक का उपयोग पौधों की इष्टतम वृद्धि और अच्छे स्वास्थ्य के लिए आवश्यक पोटेशियम, फास्फोरस और अन्य खनिजों जैसे खनिजों की पर्याप्त मात्रा में छिड़काव करने के लिए किया जा सकता है। स्मार्ट ग्रीनहाउस खेती बढ़ रही है क्योंकि तकनीक किसानों के पास हैं और स्मार्ट ग्रीन तकनीकों का उपयोग करके जैविक फलों और सञ्जियों की मांग बढ़ रही है [49]। गुलाब के पौधों की उत्पादकता बढ़ाने के लिए [50] में एक निर्णय समर्थन आधारित IoT अनुकूल स्मार्ट ग्रीनहाउस प्रणाली प्रस्तुत की गई है।



चित्र 10: स्मार्ट कृषि के अनुप्रयोग - स्मार्ट ग्रीनहाउस, कृषि रोबोट, यूएवी और स्वायत्त ट्रैक्टर, हाइड्रोपोनिक सिस्टम [36]।

5.7 मानव रहित हवाई वाहन

वर्तमान कृषि उद्योग में, यूएवी, उर्फ़ ड्रोन का उपयोग लगातार बढ़ रहा है। इनका उपयोग फसल मानचित्रण, क्षेत्र निगरानी, रिमोट सॉसिंग, फर्टिगेशन और खरपतवार का पता लगाने के लिए किया जा रहा है। बड़े कृषि क्षेत्रों, पहाड़ी क्षेत्रों या दूरदराज के क्षेत्रों में तस्वीरें लेने के लिए ड्रोन एक रक्षक हो सकते हैं। फसल के स्वास्थ्य का आकलन करने के लिए ड्रोन द्वारा ली गई छवियों से एनवीडीआई की गणना की जाती है। यह जल स्तर, तनाव की स्थिति, पौधे के पोषण और कीट संक्रमण का निर्धारण करता है। यह पूरी फसल की खेती की प्रक्रिया का मार्गदर्शन कर सकता है [51, 52, 53]।

5.8 स्वायत्त ट्रैक्टर

अत्यधिक तकनीके कृषि उद्योग को बदल रही हैं। औद्योगिक इंटरनेट ऑफ़ थिंग्स (IIoT) ने फसल प्रबंधन, मृदा निगरानी, स्मार्ट सिंचाई से लेकर कीट नियंत्रण, पशुधन प्रबंधन या कृषि विपणन तक को आगे बढ़ाया है। हम निकट भविष्य में स्वायत्त, बुद्धिमान और स्मार्ट उपकरणों के साथ खेती की उमीद कर सकते हैं। एक स्वायत्त ट्रैक्टर इन उपकरणों का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है। यह एक प्रोग्राम करने योग्य स्व-चालित वाहन है। यह जुलाई और उर्वरकों का छिड़काव कर सकता है। वे जीपीएस, लेजर और कैमरों से लैस हैं और किसानों की निगरानी के बिना अपने आप काम कर सकते हैं। इन स्मार्ट ट्रैक्टरों के साथ स्वायत्त ड्रोन का उपयोग किया जाता है और इनका उपयोग खरपतवार का पता लगाने, कीटनाशक का छिड़काव, क्षेत्र की निगरानी और टिकाऊ कृषि के लिए निगरानी में किया जाता है [54]। बागों में छिड़काव और घास काटने के लिए उपयोग किए जाने वाले स्वायत्त ट्रैक्टरों में कृषि कार्यों को करने के लिए बाधाओं और दूरस्थ सहायता प्राप्त गाइड का पता लगाने के लिए धारणा प्रणाली होती है। धारणा प्रणाली ज्यामिति आधारित बाधा का पता लगाने और पथ पहचान के लिए कैमरों का उपयोग करती है [55, 56]।

5.9 शहरी खेती

शहरीकरण की बढ़ती दर धनी आबादी वाले शहरों में चिंताजनक स्थिति पैदा करती है। उन क्षेत्रों में टिकाऊ खेती के समाधान की पेशकश करने के लिए खेती का एक नया तरीका सामने आया है। इसलिए शहरी या ऊर्ध्वाधर खेती की प्रथा ने शहरी आबादी के बीच प्रमुखता हासिल कर ली है। यह नियंत्रित पानी, पोषक तत्वों के साथ खेती के लिए 3-डी स्पेस लेता है,



चित्र 11: स्मार्ट ग्रीनहाउस.

न्यूनतम कीटनाशकों और कृत्रिम प्रकाश स्रोतों का उपयोग। ऊर्ध्वाधर खेती प्रणाली की व्यावहारिक सीमा पौधों की वृद्धि के लिए कृत्रिम प्रकाश स्रोतों की पीढ़ी और इसमें शामिल बड़ी लागत है [57]।

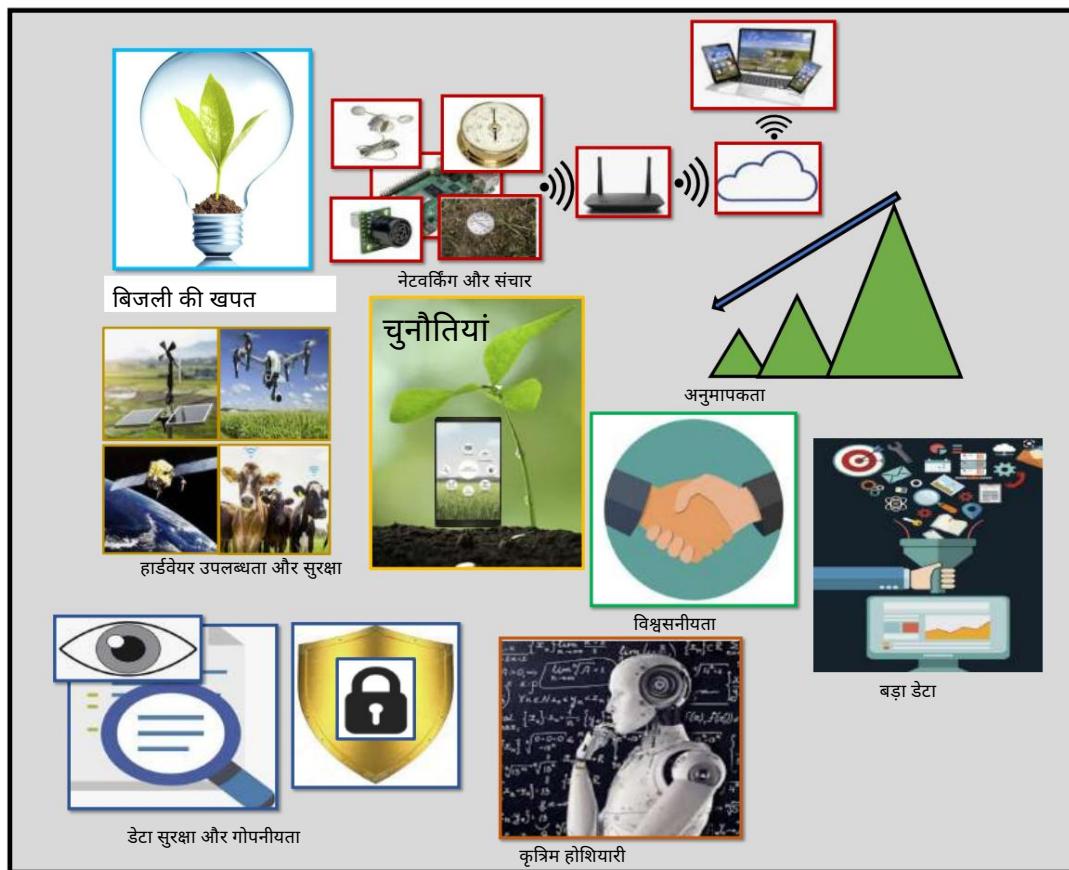
- जैसा कि नाम से पता चलता है, हाइड्रोपोनिक्स एक जल आधारित प्रणाली है जहाँ पौधों को पोषक तत्वों से भरपूर पानी के घोल से सभी पोषक तत्व मिलते हैं [58]। हाइड्रोपोनिक सिस्टम में पोषक तत्वों की आपूर्ति नियंत्रित होनी चाहिए। इन प्रणालियों को मोबाइल ऐप के माध्यम से संचालित किया जा सकता है। [59] में ऐसा मोबाइल ऐप हाइड्रोपोनिक सिस्टम को प्रबंधित करने के लिए पौधों को पानी देने के लिए एक Arduino नियंत्रक को नियंत्रित करता है।
- एरोपोनिक्स एक ऐसी ही प्रणाली है, लेकिन जड़ों को पानी में डुबाने के बजाय, जड़ों पर पानी डाला जाता है। शोध से पता चलता है कि एरोपोनिक्स पौधों में हाइड्रोपोनिक्स पौधों की तुलना में अधिक पोषक तत्व होते हैं [60]। अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन में, इस तकनीक का उपयोग पौधों को उगाने के लिए किया जाता है।
- एक और हालिया कृषि प्रणाली एकवापोनिक्स है जो अनिवार्य रूप से एक हाइड्रोपोनिक प्रणाली है, लेकिन पोषक तत्व (फॉस्फोरस, नाइट्रोजन) बाहर से नहीं मिलाए जाते हैं। एक ही टैंक में मछली उन पोषक तत्वों को उत्पन्न करती है।

5.10 कृषि विपणन

उपज का उचित विपणन समाज के आर्थिक विकास का एक महत्वपूर्ण पहलू है। विचालियों की मौजूदगी से महंगाई बढ़ती है और उपभोक्ता और किसान दोनों को नुकसान होता है। स्मार्ट कृषि इस परिदृश्य को बदल देती है। किसान विभिन्न कृषि-विपणन ऐप का उपयोग करके सीधे उपभोक्ताओं को उत्पाद बेच सकते हैं। किसानों और अंतिम उपभोक्ताओं के बीच व्यापार वार्ता के लिए एक मंच के रूप में एथेरियम आधारित ब्लॉकचेन का उपयोग किया गया है [61]। ब्लॉकचेन की मदद से खाद्य आपूर्ति श्रृंखला को लागू किया गया है [62] उत्पादन चरण में वितरित खाता बही को अद्यतन करने से लेकर अंतिम वितरण चरण तक।

6 स्मार्ट कृषि: चुनौतियाँ

स्मार्ट एग्रीकल्चर प्रक्रियाओं द्वारा पारंपरिक कृषि को आधुनिक बनाया गया है और इसे आसान बनाया गया है। लेकिन प्रौद्योगिकियों को बड़े पैमाने पर अपनाने के लिए अभी भी कई चुनौतियों का समाधान किया जाना बाकी है। ये मुद्दे विभिन्न पहलुओं से जुड़े हैं जिनकी चर्चा वर्तमान अनुभाग में की गई है। चित्र 12 स्मार्ट एग्रीकल्चर की कुछ प्रमुख चुनौतियों को दर्शाता है।



चित्र 12: स्मार्ट कृषि में प्रमुख चुनौतियाँ।

6.1 बिजली संबंधी समस्याएं

अधिकांश स्मार्ट कृषि गतिविधियाँ बड़ी मशीन स्वचालन का उपयोग करती हैं जिन्हें संचालित करने के लिए उच्च मात्रा में बिजली की आवश्यकता होती है। चूंकि खेत आम तौर पर क्षेत्र में विशाल होते हैं और कई इलेक्ट्रॉनिक घटकों की आवश्यकता होती है, इसलिए बहुत अधिक बिजली की आवश्यकताएं होना असामान्य नहीं है। बड़े खेतों में इस तरह की स्वचालन प्रक्रियाओं को व्यापक रूप से अपनाने में यह एक अङ्गठन रही है। कुछ समाधान सौर, पवन और जल जैसे नवीकरणीय स्रोतों से स्वच्छ ऊर्जा के उपयोग का प्रस्ताव करते हैं और मशीनरी को निरंतर निर्बाध बिजली प्रदान करते हैं [63]। यह कई शोधकर्ताओं के लिए रुचि का क्षेत्र रहा है और स्मार्ट खेती के लिए ऐसे नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों को लागू करने और सुधारने के लिए शोध जारी है [64, 65]। इन वैकल्पिक बिजली विकल्पों के साथ कुछ मुद्दे बिजली का भंडारण और संचरण हैं, साथ ही खेत के विभिन्न स्थानों पर असमान ऊर्जा आवश्यकताएं हैं।

6.2 बिजली की खपत

स्मार्ट कृषि के निर्बाध, विश्वसनीय और टिकाऊ संचालन के लिए, चूंकि IoT उपकरणों को वैकल्पिक ऊर्जा स्रोतों द्वारा संचालित करने की आवश्यकता होती है, इसलिए तैनात मॉडलों को कम बिजली की खपत करने की आवश्यकता होती है। उन्हें कम संसाधन सेटिंग में काम करने में सक्षम होना चाहिए।

6.3 हार्डवेयर उपलब्धता

स्मार्ट कृषि में विभिन्न पर्यावरणीय और प्रणाली मापदंडों को समझाने के लिए अलग-अलग सेंसर और उपकरणों की आवश्यकता होती है। डेटा प्राप्त करने के बाद, डिवाइस उन संकेतों पर काम करते हैं ताकि बेहतर पूर्वानुमानित परिणाम मिल सके। इस परिदृश्य में विशिष्ट हार्डवेयर की उपलब्धता एक बाधा है।

6.4 हार्डवेयर सुरक्षा

2020 तक, IoT से जुड़े उपकरणों की संख्या 50 बिलियन [68] होने का अनुमान है। इन IoT उपकरणों को विभिन्न हमलों के खिलाफ मजबूत और लचीला होना चाहिए। लेकिन कम कीमत वाले सरल हार्डवेयर सुरक्षा से समझौता करती है। हार्डवेयर ट्रोजन और साइड चैनल हमले IoT उपकरणों के लिए सबसे आम हार्डवेयर सुरक्षा खतरे हैं, जिसके परिणामस्वरूप महत्वपूर्ण अनुप्रयोगों में IoT नेटवर्क के व्यापक उपयोग को सीमित किया जाता है। हार्डवेयर ट्रोजन विरोधी द्वारा दुर्भावनापूर्ण हार्डवेयर संशोधनों का उपयोग करते हैं जिसका उपयोग सिस्टम को नियंत्रित करने और हमले करने के लिए पिछले दरवाजे के रूप में किया जा सकता है।

इनका पता लगाना बहुत मुश्किल है और कुछ तरीकों में डी-मेटलाइज्ड चिप्स पर इलेक्ट्रॉनिक माइक्रोस्कोप स्कैनिंग करना [69] और सर्किट के भीतर बिजली और देरी का अध्ययन करना और PUF का निरीक्षण करना शामिल है जो इन इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के हस्ताक्षर के रूप में कार्य करता है [70]। साइड चैनल अटैक एक और आम हार्डवेयर सुरक्षा खतरा है जो क्रिप्टोग्राफी कुंजियों जैसी गोपनीय जानकारी को पुनः प्राप्त करने के लिए साइड चैनल सिग्नल का उपयोग करता है। इनमें से कुछ साइड चैनल सिग्नल में इलेक्ट्रॉमेग्नेटिक इमेनेशन, पावर प्रोफाइलिंग और टाइमिंग एनालिसिस [71] शामिल हैं। चूंकि IoT नेटवर्क इन मुद्दों से अधिक ग्रस्त हैं, इसलिए [72, 73, 74] में कई समाधान प्रस्तावित किए गए हैं।

6.5 नेटवर्किंग और संचार

स्मार्ट कृषि में मशीन-टू-मशीन (M2M) इंटरेक्शन सबसे आम पहलुओं में से एक है। यह डेटा साझा करने और एक सामान्य कार्य के लिए सहयोगात्मक रूप से काम करने के लिए विभिन्न नेटवर्क और संचार प्रोटोकॉल का उपयोग करता है। अधिकांश अनुप्रयोग ज़िगबी, वाई-फाई, लोरा, सिगफॉक्स और जीपीआरएस जैसे कई अलग-अलग संचार नेटवर्क का उपयोग करते हैं।

इस तरह के विशाल नेटवर्क को स्थापित करना और बनाए रखना महंगा है और भौतिक क्षति और खतरों के कारण बड़े, खुले खेतों में व्यवहार्य विकल्प नहीं हैं। शोध दिशाओं का पता लगाया गया है और कुशल संचार नेटवर्क के लिए कुछ समाधान प्रस्तावित किए गए हैं [75, 76, 77]। इसके अतिरिक्त, कुछ शोधों ने संचार उपकरणों को अन्य स्मार्ट उपकरणों के साथ एकीकृत किया है, जिससे सोर कीटनाशक लैप (एसआईएल) और डब्ल्यूएसएन जैसे निर्बाध संचार के लिए व्यवहार्य हो गया है, जिससे एक नई कृषि चीज, एसआईएल-आईओटी [78] बनाई गई है। स्मार्ट कृषि अनुप्रयोगों में अधिक सुरक्षित और मजबूत संचार की आवश्यकता बहुत अधिक है और इसके लिए आगे के शोध और नई स्तरीय तकनीकों की आवश्यकता है।

6.6 कनेक्टिविटी संबंधी समस्याएं

दुनिया भर के कई ग्रामीण इलाकों में विश्वसनीय हार्ड बैंडविड्थ इंटरनेट कनेक्शन उपलब्ध नहीं है, जो मौजूदा क्लाउड आधारित कंप्यूटिंग को रोकता है और स्मार्ट कृषि की उत्तरि को रोकता है। ऊंचे पेड़ या पहाड़ियाँ भी लाइन-ऑफ-विज़न GPS संचार को रोक सकती हैं [79]।

6.7 डेटा सुरक्षा और गोपनीयता

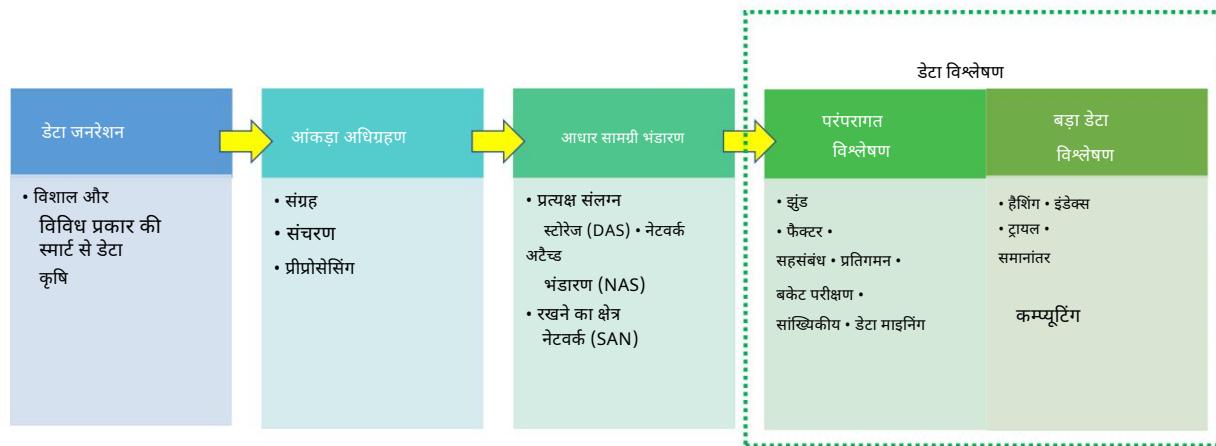
डेटा ट्रांसमिशन के दौरान डेटा की गोपनीयता और सुरक्षा बनाए रखने के लिए, मजबूत क्रिप्टोग्राफी तकनीक और सुरक्षा उपायों की आवश्यकता होती है। हालाँकि, IoT सेंसर नोड्स और अंतर्निहित प्रोटोकॉल के न्यूनतम डिज़ाइन के कारण वे संसाधन गहन नहीं हैं। आज की मौजूदा तकनीकों में संसाधन सीमित डिवाइस में सुरक्षा उपायों का अभ्यास करना मुश्किल है। इस प्रकार डेटा गोपनीयता और सुरक्षा स्मार्ट कृषि में एक गंभीर चुनौती बन गई है। चूंकि स्मार्ट कृषि में अधिकांश प्रक्रियाएँ स्वचालित हैं, इसलिए कोई विरोधी इन प्रक्रियाओं में हेरफेर करके नेटवर्क में अराजकता पैदा कर सकता है। इससे उपज और खेत के उत्पादन की समग्र गुणवत्ता पर बहुत गंभीर परिणाम हो सकते हैं।

6.8 मापनीयता और विश्वसनीयता

कृषि फार्मों का आकार अलग-अलग होता है, छोटे व्यक्तिगत फार्म से लेकर बड़े वाणिज्यिक फार्म तक। उन्हें अलग-अलग मात्रा में फील्ड सेंसर की आवश्यकता होती है। ये सेंसर अलग-अलग मात्रा में डेटा उत्पन्न करते हैं। इसलिए, किसी भी कृषि तकनीक को स्केलेबल होना चाहिए। उपकरणों को विश्वसनीय होना चाहिए, ताकि दोष सहनशीलता को समायोजित करने के लिए अनावश्यक उपकरणों की संख्या कम हो सके। इससे लागत में कमी कमी आएगी।

6.9 बिंग डेटा चैलेंज

स्मार्ट कृषि में सेंसर नोड्स या कैमरों द्वारा भारी मात्रा में विषम डेटा एकत्र किया जाता है। इस विशाल मात्रा में डेटा को संसाधित करने के पारंपरिक तरीके अपर्याप्त हैं और बीडी विश्लेषण काम आता है। बड़े डेटा में बड़े डेटासेट का पता लगाने की क्षमता है। यह स्मार्ट कृषि प्रणालियों में एंड-टू-एंड आपूर्ति श्रृंखला की दक्षता में सुधार करता है, खाद्य सुरक्षा के मुद्दों को कम करता है [80], पूर्वनुमानित विश्लेषण, वास्तविक समय निर्णय प्रदान करता है, और नए व्यापार मॉडल पेश करता है [81, 82]। दूध उत्पादन श्रृंखला सुरक्षा के लिए बड़े डेटा प्लेटफॉर्म को एकीकृत करने के लिए सपोर्ट वेक्टर मशीन (एसवीएम) और एनएन का उपयोग किया गया है [83]। चित्र 13 [80, 82] पर आधारित स्मार्ट कृषि प्रणालियों में बड़े डेटा वर्कफ्लो को दर्शाता है।



चित्र 13: स्मार्ट कृषि के संदर्भ में बिंग डेटा कार्य प्रवाह।

6.10 एआई की चुनौतियाँ

यद्यपि AI टिकाऊ, कुशल और लागत प्रभावी खेती के लिए स्मार्ट कृषि की दिशा में एक तार्किक कदम है, फिर भी कुछ ऐसे बाधक कारक हैं जो कृषि उद्योग में AI को लागू करने में बड़ी चुनौतियाँ पेश करते हैं :

- कृषि उद्योग और एआई शोध क्षेत्र के बीच संबंध का अभाव है। इसलिए, किसानों के सामने आने वाली समस्याओं के बारे में एआई शोधकर्ताओं को अच्छी तरह से पता नहीं है और इसी तरह किसान मौजूदा एआई तकनीकों से भी अच्छी तरह वाकिफ नहीं हैं। इस दोहरी समस्या को हल करने के लिए अधिक अंतःविषय सहयोग की आवश्यकता है।
- जैसे-जैसे कृषि में एआई अनुपयोग उभर रहे हैं, कोई अच्छी तरह से स्थापित नीतियाँ और नियम नहीं हैं। इस प्रकार, स्मार्ट खेती के कई कानूनी पहलू अनुत्तरित हैं। हाल ही में, अधिकांश मौजूदा AI-IoT समाधान क्लाउड आधारित थे और इसलिए साइबर हमले, डेटा सुरक्षा और गोपनीयता संबंधी चिंताओं ने किसानों को AI तकनीकों को अपनाने से दूर रखा। इस समस्या को कम करने के लिए, एक नई IoT सेटिंग "एज AI" सामने आई है। एज AI स्थानीय स्तर पर सेंसर डेटा को प्रोसेस करता है, और यह कम विलंबता और लागत के साथ-साथ डेटा में उच्च सुरक्षा और गोपनीयता प्रदान करता है।
- कृषि में एआई के लिए एक और चुनौती डेटा की कमी है। एआई एक डेटा-संचालित तकनीक है। विभिन्न एआई तकनीकों को लागू करने में उचित डेटा एक बाधा है।
- सुदूर ग्रामीण क्षेत्रों में जहाँ उच्च बैंडविडथ वाले मोबाइल नेटवर्क उपलब्ध नहीं हैं, लेकिन कृषि मुख्य उद्योग है, एज एआई वहाँ गेम चेंजर साबित हो सकता है। यह स्मार्ट कृषि की संभावनाओं का विस्तार करता है। सेंसर इमेज डेटा को संपीड़ित करने के लिए एज लेयर पर [84] में कन्वल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क (CNN) का उपयोग किया गया है और फिर संपीड़ित डेटा को लो-पावर वाइड एरिया नेटवर्क (LPWAN) तकनीक का उपयोग करके फँग लेयर पर भेजा गया है।

6.11 तकनीकी खराबी

तकनीकी खराबी, जैसे कि सेंसर का खराब होना, तकनीक को बाधित कर सकता है। उपकरणों के गलत निर्णय लेने से होने वाला भारी नुकसान मल्टी डोमेन नुकसान का कारण बन सकता है। धान के खेत के लिए, यदि सेसर ओलों से क्षतिग्रस्त हो जाते हैं, तो वे मिट्टी की जल सामग्री का सही अनुमान नहीं लगा पाएंगे, जिससे फसलों को नुकसान हो सकता है, खाद्य आपूर्ति श्रृंखला प्रभावित हो सकती है और चावल की कीमत में असंतुलन हो सकता है।

6.12 प्रारंभिक पूँजी निवेश का अभाव

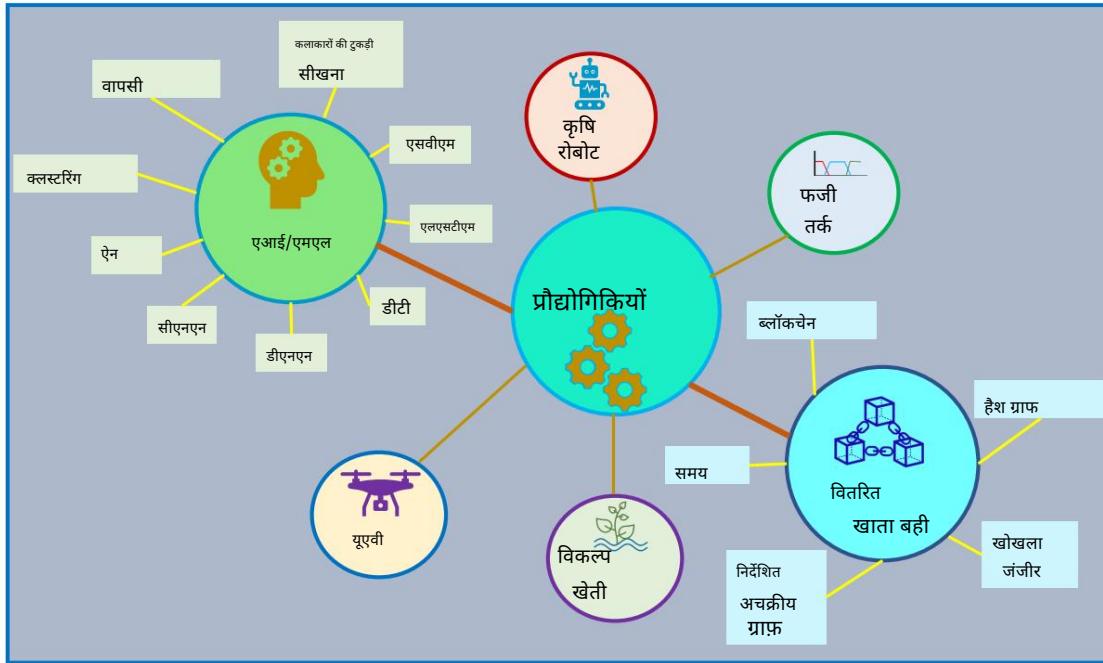
विकासशील देशों के ग्रामीण क्षेत्रों में जहाँ किसान बहुत कम लाभ मार्जिन पर काम करते हैं, उन्नत तकनीकों के लिए शुरुआती निवेश हमेशा उपलब्ध नहीं होता है। यह स्मार्ट तकनीकों के बड़े पैमाने पर उपयोग को धीमा कर सकता है।

6.13 एकसमान मानकों की अनुपलब्धता

विभिन्न देश इकाइयों और प्रौद्योगिकियों के विभिन्न मानकों का उपयोग करते हैं जो अनुकूलित समाधान की मांग करते हैं। इससे कीमत बढ़ जाती है। दुनिया भर में एक समान मानक समस्या का समाधान करेगा [79]।

स्मार्ट कृषि के लिए 7 प्रौद्योगिकियाँ

2021 को उद्योग 5.0 युग की शुरुआत के रूप में चिह्नित किया गया है। यह सही समय पर आया है जब विभिन्न उद्योग क्षेत्र कोविड-19 चुनौतियों से निपटने के लिए डिजिटल, स्मार्ट, हरित और टिकाऊ पारिस्थितिकी तंत्र का स्वागत कर रहे हैं। यह "मनुष्य" और "मशीन" के बीच के रिश्ते को फिर से परिभाषित करता है [85]। कृषि में, उद्योग 5.0 युग कृषि 5.0 के आगमन को गति देगा। मुख्य रूप से AI/ML और DLT FL, UAV, कृषि रोबोटिक्स और वैकल्पिक खेती के साथ उन्नति का संचालन करेंगे, जैसा कि वित्र 14 में दिखाया गया है। इस खंड में दो मुख्य तकनीकों पर चर्चा की गई है।



वित्र 14: स्मार्ट कृषि में प्रौद्योगिकियाँ।

7.1 कृत्रिम बुद्धिमत्ता और मशीन लर्निंग

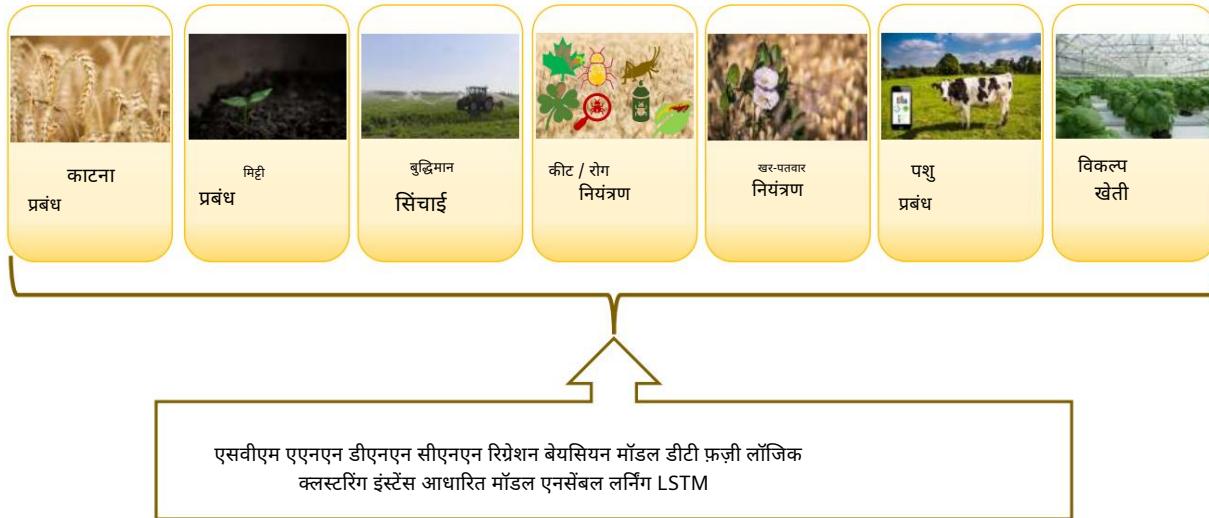
कृत्रिम बुद्धिमत्ता मशीनों द्वारा प्रदर्शित की जाने वाली बुद्धिमत्ता है जो मानव बुद्धिमत्ता से मिलती जुलती है। AI और ML में उन्नति ने ई-कॉमर्स और मार्केटिंग [86], मानव संसाधन [87], कंप्यूटर विज़न [88], मल्टीमीडिया फोरेंसिक [89, 90], हेल्पलेस्टेक्यर [91], सोशल मीडिया [92, 93], मैरिंग [94, 95], ऑटोमेबाइल और कृषि जैसे विभिन्न क्षेत्रों में बहुत सारे वादे किए हैं। कृषि में, AI का उपयोग दक्षता बढ़ाने, फसल की उपज और लाभप्रदता, फसल के स्वास्थ्य की निगरानी, जलवाय की निगरानी और पूर्वानुमान, आपूर्ति श्रृंखला को अनुकूलित करने, सिंचाई प्रणालियों के प्रबंधन, कीटनाशक और उर्वरक प्रबंधन, खरपतवार नियंत्रण, स्मार्ट सेंसिंग और मैरिंग, पशुधन ट्रैकिंग और जियोफेंसिंग में किया जाता है। शोधकर्ता फ़ज़ी लॉजिक, वर्गीकरण और लॉजिस्टिक रियेशन के साथ-साथ न्यूरो-फ़ज़ी लॉजिक सहित विभिन्न AI/ML तकनीकों को कृषि पूर्वानुमान विश्लेषण, निर्णय लेने की प्रणाली, कृषि रोबोटिक्स और मोबाइल विशेषज्ञ प्रणालियों [96] में लागू कर रहे हैं।

वित्र 15 स्मार्ट कृषि पर विभिन्न साहित्यिक कारों में प्रस्तुत एआई उपकरणों को दर्शाता है।

7.1.1 फसल प्रबंधन

फसल प्रबंधन में फसल उत्पादन या उपज का पूर्वानुमान, आकलन और फसल आपूर्ति श्रृंखला प्रबंधन शामिल है।

फसल प्रबंधन के विभिन्न क्षेत्रों में विभिन्न एमएल उपकरणों का उपयोग किया गया है। कॉफी के पौधे की शाखा पर कॉफी के फलों की संख्या गिनने [98] और हरे अपरिपक्व खट्टे फलों की पहचान करने के लिए [99], एसवीएम का उपयोग किया गया है। चावल की फसल की उपज की भविष्यवाणी के लिए भी एसवीएम का उपयोग किया गया है [100]। चेरी से भरी शाखाओं का अनुमान गॉसियन नैवे बैयस [101] के साथ लगाया गया है। चरागाह बायोमास [102] और गेहूं की उपज की भविष्यवाणी का मूल्यांकन करने के लिए एनएन का उपयोग किया गया है [103]। प्रतिगमन मॉडल की तुलना में बेहतर सटीकता के साथ एनएन का उपयोग करके मकई और सोयाबीन की उपज की भविष्यवाणी [104] की गई है। मिट्टी के मापदंडों से पैदावार की भविष्यवाणी करने के लिए बैक प्रोप्रेशन वाले एनएन का भी उपयोग किया गया है [105]। एनएन का उपयोग मकई की उपज [106], पहाड़ी क्षेत्र में चावल की उपज [107], कपास की उपज [108], गेहूं की उपज [109], मकई की फसल की उपज [110], चाय की उपज [111], और सामान्य फसल की उपज [112] का अनुमान लगाने के लिए भी किया गया है। एनएन का उपयोग फसलों के लिए पोषण संबंधी विकार का पता लगाने [113] और मिट्टी की लवणता और पानी की मात्रा पर फसलों की प्रतिक्रिया का अनुमान लगाने में भी किया गया है [114]। यूएवी इमेजरी से, क्लस्टरिंग का उपयोग करके टमाटर का पता लगाया गया है [115]। फसल की वृद्धि की निगरानी [116] में की गई है।



चित्र 15: स्मार्ट कृषि के लिए एआई उपकरण [97]।

7.1.2 मृदा प्रबंधन

मृदा गुण प्रबंधन जैसे मृदा नमी, तापमान और पोषक तत्व सामग्री स्मार्ट कृषि प्रणालियों का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है। इसके दो लाभ हैं - फसल की पैदावार बढ़ाना और मृदा संसाधनों को संरक्षित करना [117]। लेकिन यह प्रक्रिया समय लेने वाली और महंगी है। इसलिए, एक विश्वसनीय मृदा प्रबंधन प्रणाली के लिए विभिन्न संस्कृति और स्वायत्त एमएल तकनीकों का प्रस्ताव किया जा रहा है [97]। अधिकतर, सेंसर, उपग्रह चित्रों या यूएवी द्वारा ली गई छवियों के डेटा का उपयोग एमएल मॉडल के इनपुट के रूप में किया जाता है। एएनएन, एसवीएम और ऑटोएन्कोडर का उपयोग भविष्य कहनेवाला विश्लेषण में किया गया है। मृदा मूल्यांकन की उपयुक्तता के लिए एएनएन और मल्टी - लेयर परसेप्ट्रॉन (एमएलपी) का उपयोग किया गया है [118]। विभिन्न एमएल मॉडल का उपयोग करके मिट्टी में फायफोरस का पूर्वानुमान लगाया गया है यूएवी द्वारा ली गई छवियों [121] और [122] में एएनएन के साथ बूस्टेड रिग्रेशन ट्रीज (बीआरटी) के साथ मिट्टी की नमी का भी अनुमान लगाया जाता है। नैवे बैंपस वर्गीकरण [123] का उपयोग करके गिरावट के चरण के साथ-साथ एसवीएम का उपयोग करके मिट्टी की नमी सेंसर के स्वास्थ्य और स्थिति का अनुमान लगाया गया है। सैटेलाइट छवियों [124] से मिट्टी की लवणता का अनुमान लगाने के लिए ऑटोएनकोडर और एसवीएम का उपयोग किया गया है।

7.1.3 स्मार्ट सिंचाई

जल प्रबंधन स्मार्ट कृषि प्रणालियों का एक अभिन्न अंग है। जलवायु परिवर्तन के कारण दुनिया भर में वर्षा के पैटर्न बदल रहे हैं। जल संसाधनों का आकलन करने के लिए वाष्पोत्सर्जन एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। स्मार्ट जल प्रबंधन में विभिन्न AI विधियों का उपयोग किया गया है। फसल के खेत में स्मार्ट जल प्रबंधन के लिए डीप रीइनफोर्समेंट लर्निंग का उपयोग किया गया है [125]। ग्रीनहाउस ऑर्गेनिक फसलों के लिए आवश्यक पानी की गणना करने के लिए एक मल्टीपल लीनियर रिग्रेशन एल्गोरिदम लागू किया गया है और फिर लोरा पॉइंट-टू-पॉइंट (P2P) नेटवर्क के साथ पानी के बाल्व स्वचालित रूप से संचालित किए गए हैं [126]। देहरादून, भारत में एक अध्ययन करके वाष्पोत्सर्जन की भविष्यवाणी करने के लिए [127] में एक ANN प्रणाली प्रस्तावित की गई है। दैनिक वाष्पोत्सर्जन की भविष्यवाणी करने के लिए ANN और पेनमैन-मोटेथ समीकरण का उपयोग किया गया है [128]। एज-फॉग-क्लाउड सेटिंग में लॉन्श शॉर्ट-टर्म मेमोरी (LSTM) और गेटेड रिकर्ट यूनिट (GRU) आधारित मॉडल का उपयोग करके एक स्मार्ट सिंचाई प्रणाली प्रस्तावित की गई है [129]। न्यूरो-ड्रिप सिंचाई प्रणाली के लिए [130] में एएनएन के साथ स्थानिक जल वितरण की भविष्यवाणी की गई है।

7.1.4 कीट/रोग नियंत्रण

फसल के खेत से इष्टम उपज प्राप्त करने के लिए रोग, कीट और खरपतवार नियंत्रण आवश्यक हैं। एक स्वचालित कुशल प्रणाली समय और लागत बचा सकती है। उस दृष्टिकोण से, विभिन्न प्रकाशनों में AI तकनीकों का प्रस्ताव किया जा रहा है। उन्नति पिछले दशक में एक नियम आधारित प्रणाली [131, 132, 133, 134, 135] से शुरू हुई और FL प्रणालियों [136, 137, 138, 139] के माध्यम से विकसित हुई। विभिन्न फसलों में विभिन्न रोगों के लिए विभिन्न ANN का उपयोग किया गया है [140, 141, 142, 143]। या कीटों का पता लगाने के लिए, उदाहरण के लिए, एक वैनल-स्थानिक ध्यान मॉड्यूल, एक बैकबोन CNN और एक क्षेत्र प्रस्ताव नेटवर्क (RPN) के साथ एकीकृत किया गया है, जिसका उपयोग फसल के खेत में विभिन्न कीटों का पता लगाने के लिए किया गया है [144] और सेब के पत्ते की बीमारी का पता लगाया गया है [145]।

चाय के पौधे में कीटों का पता लगाने के लिए सहसंबंध-आधारित फ़िरचर चयन (सीएफएस) के साथ उपयोग किया गया है। सीएनएन आधारित ऑब्जेक्ट डिटेक्शन मॉडल योलोव3 का उपयोग कीट टेसाराटोमा पेपिलोसा को स्थानीयकृत करने के लिए किया गया है और एलएसटीएम द्वारा पर्यावरणीय जानकारी का विश्लेषण करके, कीट की उपस्थिति का 90% सटीकता के साथ अनुमान लगाया गया है [146]। योलोव3 और योलोव3-डेंस मॉडल का उपयोग सेब के बगीचे में सेब की सतह पर एंथ्रेक्स का पता लगाने के लिए भी किया गया है [147]। सिंगल सीड डिसेंट (एसएसडी) को कीटों का पता लगाने में 84% सटीकता के साथ और कीटों को वर्गीकृत करने में 86% सटीकता के साथ लागू किया गया है [148]। कीट का पता लगाने और पहचान करने का काम के-मीन्स क्लस्टरिंग और पत्राचार फ़िल्टर [149] के जरिए किया गया है। सीएनएन आधारित मॉडल का इस्तेमाल [150] और [151] में फसल रोग का पता लगाने में किया गया है।

7.1.5 खरपतवार नियंत्रण

खरपतवार उपज को नकारात्मक रूप से प्रभावित करते हैं। इसलिए, स्मार्ट कृषि में खरपतवार नियंत्रण एक और महत्वपूर्ण क्षेत्र है। खरपतवारों को कभी-कभी फसलों से अलग करना मुश्किल होता है। खरपतवार नियंत्रण में एआई का उपयोग 2000 के दशक की शुरुआत में शुरू हुआ। खरपतवारों को फसलों से अलग करने के लिए हेल्बियन सिनैटिक संशोधन के साथ एनएन का उपयोग किया गया है [152] और उस समय उपलब्ध हार्डवेयर के आधार पर प्राप्त सटीकता उचित थी। [153] में कम लागत वाले सटीक खरपतवार प्रबंधन के लिए YOLOv3 का उपयोग किया गया है। खरपतवारों का पता लगाने के लिए मल्टी-स्पेक्ट्रल इमेज [154] और ऑटो एनकोडर और एसीएम के संयोजन के साथ काउंटर प्रोपेगेशन (सीपी)-एनएन [155] का उपयोग किया गया है। घास के मैदानों में खरपतवारों का पता लगाने के लिए एसवीएम का उपयोग [156] में किया गया है।

7.1.6 पशुधन प्रबंधन

पशुधन प्रबंधन में एआई/एमएल तकनीकों का उपयोग दो तरीकों से किया गया है: पशु कल्याण और पशुधन उत्पादन [97]। पशु कल्याण, या पशुओं की भलाई को मरवेशियों के लिए [157] में बैरिंग एन्सेम्बल लर्निंग का उपयोग करते हुए, बछड़े के लिए निर्णय वृक्ष और सी4.5 एल्गोरिदम [158] का उपयोग करते हुए, और सूअरों के लिए गॉर्सियन मिश्रण मॉडल [159] का उपयोग करके संबोधित किया गया है। एआई पशुधन उत्पादन की दक्षता को अनुकूलित करने में मदद करता है। दृथ के फैटी एसिड से मरवेशियों के रुमेन किण्वन पैटर्न की भविष्यवाणी करने के लिए बैक प्रोपेगेशन के साथ एनएन का इस्तेमाल [160] में किया गया है। सूअरों के चेहरों का पता सीएनएन से 97% सटीकता के साथ लगाया गया है [161]। एसवीएम का इस्तेमाल वाणिज्यिक मुर्गी उत्पादन के लिए अंडे के उत्पादन में समर्प्या का पता लगाने और चेतावनियों के लिए, विकास के लिए मरवेशियों के वजन के प्रक्षेप पथ का अनुमान लगाने [163], और गोमांस मरवेशियों के काकाल के वजन की भविष्यवाणी करने के लिए किया गया है [164]। [166] में गाय की बीमारियों की भविष्यवाणी करने के लिए एक पूरी तरह से जुड़े तंत्रिका नेटवर्क का उपयोग किया गया है।

7.1.7 वैकल्पिक खेती

वैकल्पिक खेती में ग्रीनहाउस खेती और हाइड्रोपोनिक्स शामिल हैं। कम जनशक्ति के साथ बेहतर और सटीक नियंत्रण के लिए उन प्रणालियों में एमएल और डीप लर्निंग तकनीकों का उपयोग किया जाता है। ग्रीनहाउस वायु तापमान का पूर्वनुमान पूरी तरह से जुड़े एनएन और रूट मीन स्क्वायर एरर (आरएमएसई) [167] का उपयोग करके लगाया जाता है। एनएन का उपयोग ग्रीनहाउस टामाटर की उपज और विकास [168], ग्रीनहाउस तुलसी की उपज [169], ग्रीनहाउस गैस उत्पर्जन और गेहूं की उपज [170] और तरबूज [171] की ऊर्जा खपत के लिए किया गया है। सौर ऊर्जा द्वारा संचालित ग्रीनहाउस की आद्रता और तापमान की भविष्यवाणी करने के लिए बैक प्रोपेगेशन के साथ एक आवर्तक तंत्रिका नेटवर्क (आर्एनएन) का उपयोग किया गया है [172] और जलवायु (आद्रता, तापमान और CO₂) भविष्यवाणी के लिए [173] में आरएनएन-एलएसटीएम

गणना के स्थान के आधार पर विभिन्न एआई तकनीकें प्रस्तावित की जाती हैं। एज एआई सेटिंग्स के लिए, जहाँ एआई मॉडल सीमित संसाधन एम्बेडेड सिस्टम पर ही चलता है, डीप न्यूरल नेटवर्क मॉडल डिज़ाइन करने के लिए शोध चल रहा है जिसमें उच्च सटीकता है लेकिन प्रशिक्षण के लिए कम पैरामीटर हैं [174]। मोबाइलनेट [175], स्कवीज़नेट [176], एफ़िशिएटनेट [177] ऐसे नेटवर्क हैं जहाँ क्रमशः गहराई से कनवल्शन, डेटा का डाउन-सैंपलिंग और मॉडल का एक समान स्केलिंग किया जाता है। डीएनएन आकार को कम करने के लिए व्हांटिज़ेशन [178, 179, 180, 181] और प्रूनिंग [182, 183, 184, 185, 186, 187, 188] का उपयोग किया जाता है। एल्गोरिदम की तरह ही हार्डवेयर का उचित चुनाव भी उतना ही महत्वपूर्ण है।

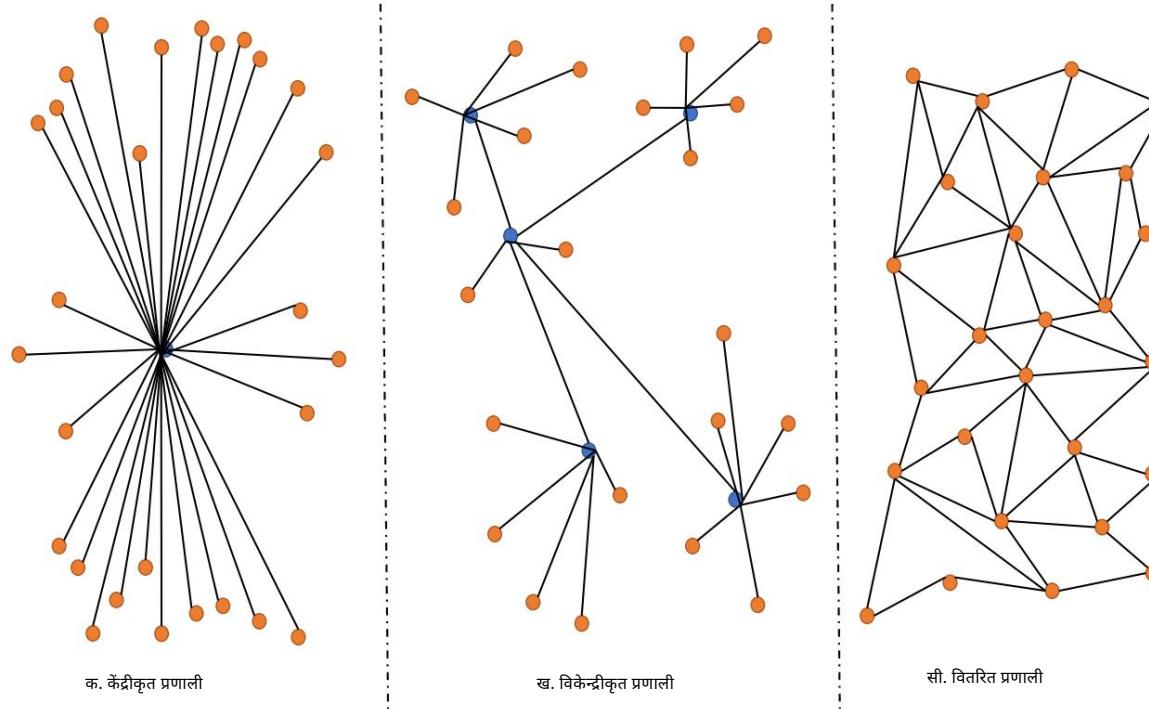
7.2 ब्लॉकचेन और वितरित खाता प्रौद्योगिकी

7.2.1 डिजिटल प्रौद्योगिकी के रूप में ब्लॉकचेन

ब्लॉकचेन विभिन्न क्षेत्रों में आशाजनक अनुप्रयोगों के साथ हालिया तकनीकों में से एक है जिसमें पीयर-टू-पीयर वित्तीय प्रणाली [189] [190], रियल-टाइम सिक्योर IoT सिस्टम [191], स्मार्ट गवर्नेंस एप्लिकेशन [192, 193], डिजिटल एमेट कॉर्पोरेइट तकनीक [194, 195], स्मार्ट हेल्थकेयर [196, 197], स्मार्ट एग्रीकल्चर और कई अन्य उद्योग शामिल हैं।

ब्लॉकचेन को सरल शब्दों में एक पीयर-टू-पीयर वितरित खाता बही के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जो आने वाले लेनदेन डेटा को संसाधित करता है और साझा खाता बही को नियमों के एक सेट के आधार पर कालानुक्रमिक रूप से अपडेट करता है जिसे सर्वसम्मिति तंत्र के रूप में जाना जाता है जिसे पूरे नेटवर्क में साथियों द्वारा स्वीकार किया जाता है। इस तरह के पीयर-टू-पीयर नेटवर्क बनाने के पीछे मुख्य विचार अविश्वसनीय संस्थाओं के बीच एक विश्वसनीय और सत्यापन योग्य संचार और डेटा स्टोरेज बनाना है जिन्हें डेटा साझा करने और एक ही सिस्टम के रूप में सामूहिक रूप से काम करने की आवश्यकता होती है। पिछले कुछ दशकों में सबसे अधिक इस्तेमाल की जाने वाली विकेन्द्रीकृत प्रिवेटेशन संरचना है

क्लाइंट-सर्वर मॉडल, जिसमें डेटा को एक ही केंद्रीय इकाई पर रखने के बजाय इसे कई सर्वरों पर दोहराया और विभाजित किया जाता है, जिन्हें क्लाइंट कई स्थानों से आसानी से एक्सेस कर सकते हैं। हालाँकि इस मॉडल ने केंद्रीकृत सिस्टम समस्याओं को सफलतापूर्वक संबोधित किया है, फिर भी यह सुरक्षा और गोपनीयता हमलों के लिए प्रवण है, जिन्हें वितरित नेटवर्क का उपयोग करके कुशलतापूर्वक संबोधित किया जा सकता है। चित्र 16 विभिन्न नेटवर्क कॉन्फिगरेशन दिखाता है।

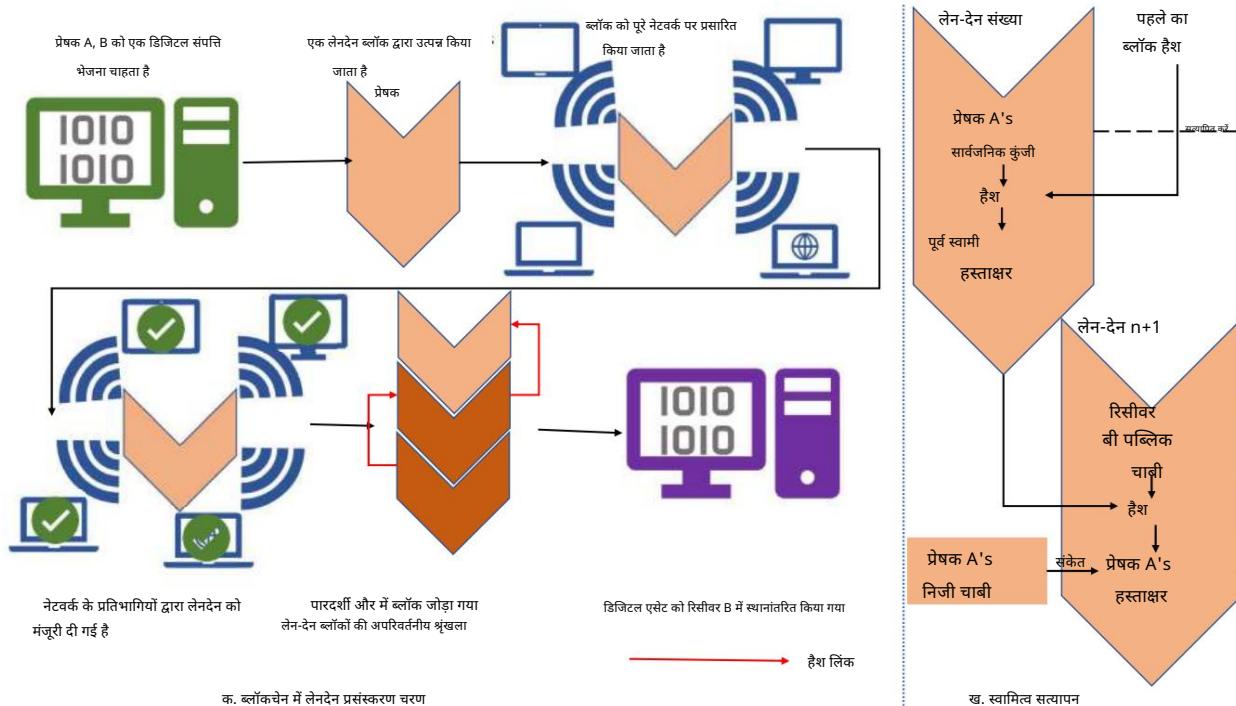


चित्र 16: नेटवर्क के प्रकार (ए) केंद्रीकृत नेटवर्क जिसमें सूचना साझा करने का एकल बिंदु होता है जिसे नीले रंग के गोले द्वारा दर्शाया जाता है और कई क्लाइंट को नारंगी रंग के गोले द्वारा दर्शाया जाता है (बी) विकेन्द्रीकृत नेटवर्क जिसमें कई प्रतिकृति केंद्रीय नोड्स होते हैं जिन्हें नीले रंग के गोले द्वारा दर्शाया जाता है और कई क्लाइंट को नारंगी रंग के गोले द्वारा दर्शाया जाता है (सी) वितरित नेटवर्क जहां कई केंद्रीय इकाई नहीं होती है

केंद्रीकृत सिस्टम में सभी नेटवर्क डेटा एक ही स्थान पर रखे जाते हैं, जिसे नेटवर्क स्वामी द्वारा नियंत्रित और बनाए रखा जाता है। इस सिस्टम की मुख्य कमियाँ सिंगल पॉइंट-ऑफ-फ्ल्यूर (SPOF) और लंबी दूरी से डेटा एक्सेस करने में देरी हैं। इन कमियों को एक विकेन्द्रीकृत सिस्टम शुरू करके टाला जा सकता है, जहाँ डेटा को कई केंद्रीय सर्वरों के बीच दोहराया जाता है, जो अलग-अलग स्थानों पर प्रभावी ढंग से सेवा करते हैं, भले ही केंद्रीय नोड्स में से किसी एक में फैलता हो। हालाँकि इससे अधिकांश समस्याएँ हल हो गई हैं, फिर भी डेटा को तीसरे पक्ष के स्वामी द्वारा नियंत्रित किया जाता है, जो क्लाइंट की जानकारी को बनाए रखने और संग्रहीत करने और उनके साथ बातचीत करने के लिए जिम्मेदार है, जिससे कई सुरक्षा और गोपनीयता समस्याएँ हो सकती हैं। इस तरह की वास्तुकला का एक और नुकसान डेटा सामिक्ष की कमी और ऐसे विकेन्द्रीकृत सिस्टम के साथ बातचीत करते समय क्लाइंट से डेटा पर नियंत्रण की कमी है। वितरित नेटवर्क ट्रैफिक की नियरानी और सत्यापन के लिए केंद्रीय अधिकारियों की आवश्यकता को हटाकर इन मुद्दों को हल कर सकते हैं। IoT में सेंसर और एज डिवाइस हैं जो एक वितरित नेटवर्क बनाते हैं। ब्लॉकचेन तकनीक द्वारा ऐसे उपकरणों के डेटा शेयरिंग और सामूहिक कामकाज में सुधार किया जा सकता है। ब्लॉकचेन के मुख्य घटकों में साझा खाता बही, नोड, लेन-देन और सहमति तंत्र शामिल हैं।

ब्लॉकचेन साझा खाता स्वीकृत लेनदेन के ब्लॉक का कालानुक्रमिक रूप से जुड़ा हुआ अनुक्रम है। प्रत्येक ब्लॉक में मेटाडेटा के साथ लेनदेन होते हैं जिनका उपयोग लेनदेन की जानकारी की अखंडता और प्रामाणिकता को सत्यापित करने के लिए किया जा सकता है। नेटवर्क में भाग लेने वाले प्रत्येक नोड के पास खाता बही की अपनी प्रति हाँगी जिसे समय-समय पर अपडेट किया जाएगा और नेटवर्क के लिए सत्य के एकल बिंदु के रूप में कार्य करने में मदद करेगा। डिजिटल परिसंपत्तियों के दोहरे खर्च से बचने के लिए नेटवर्क में नोड्स में खाता बही की प्रतिकृति बनाई जाती है। नोड्स नेटवर्क के प्रतिकृति बनाई हैं जो लेनदेन करने में सक्षम हैं और नेटवर्क संचालन में भी भाग लेते हैं। उनके द्वारा निभाई जाने वाली भूमिकाओं के आधार पर नोड्स पीयर नोड्स, पूर्ण नोड्स और माइनर्स हो सकते हैं। पीयर नोड्स कम कम्प्यूटेशनली सक्षम होते हैं और मुख्य रूप से ऐसे लेनदेन उत्पन्न करने के लिए जिम्मेदार होते हैं। पूर्ण नोड्स बड़े भंडारण वाले नोड होते हैं और लेनदेन के पूरे निशान को संग्रहीत करने के लिए जिम्मेदार होते हैं। पूर्ण नोड्स के साथ कोई प्रोत्साहन जुड़ा नहीं है लेकिन ये नोड्स आने वाले लेनदेन को सत्यापित करने के लिए पूरा खाता बही बनाए रखते हैं। माइनर नोड्स सर्वसम्मति तंत्र को निष्पादित करने के लिए जिम्मेदार होते हैं जहाँ उत्पन्न ब्लॉक को पूर्ण-निर्धारित सेट के आधार पर सत्यापित किया जाता है।

नियमों का एक समूह जिसे सर्वसम्मति तंत्र कहा जाता है। ये नोड कम्प्यूटेशनल रूप से सक्षम हैं और प्रत्येक ब्लॉक के लिए प्रोत्साहन दिए जाते हैं नोड द्वारा उत्पन्न। सबसे लोकप्रिय सहमति तंत्र प्रूफ-ऑफ-वर्क (PoW) और प्रूफ-ऑफ-स्टेक (PoS) हैं, जिनमें से PoW माइनर का चयन करने के लिए कम्प्यूटेशनल रूप से कठिन क्रिप्टोग्राफी पहलियों का उपयोग करता है जबकि PoS उपयोग करता है नए ब्लॉक बनाने के लिए माइनर का चयन करते समय स्टेकिंग की अवधि और स्टेकिंग की आयु को ध्यान में रखना चाहिए। चित्र 17 दिखाता है लेनदेन के चरण और डिजिटल परिसंपत्ति सत्यापन प्रक्रिया के बारे में विस्तार से बताया जाएगा।



चित्र 17: ब्लॉकचेन लेनदेन चरण और डिजिटल परिसंपत्ति स्वामित्व सत्यापन।

7.2.2 स्मार्ट कृषि में ब्लॉकचेन प्रौद्योगिकी की प्रासंगिकता

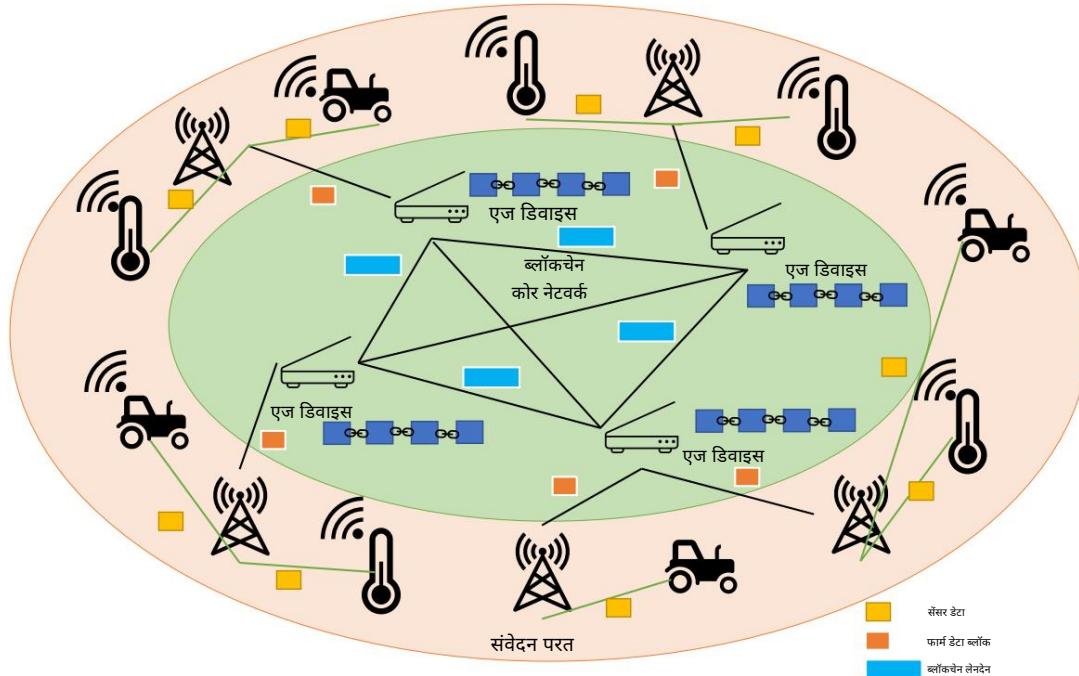
कृषि क्षेत्र ने कृषि पद्धतियों को कुशल बनाने के लिए विभिन्न नई प्रौद्योगिकियों को अपनाकर विकास किया है। और फसलों की बेहतर उपज [5]। ऐसी ही एक सक्षम तकनीक IoT है जो कई चीजों को स्वचालित करने के लिए समाधान प्रदान करती है खेती में मानव केंद्रित कार्य। कृषि में IoT वातावरण में उपयोग की जाने वाली स्तरित वास्तुकला में, परत-2 या एज कंप्यूटिंग परत में कई एज डेटा सेंटर (EDC) शामिल होते हैं, जो वितरित नेटवर्क बनाते हैं जिनकी महत्वपूर्ण आवश्यकता होती है। एक दूसरे के बीच संचाव करने और डेटा साझा करने के लिए सामूहिक रूप से काम करना [198], जैसा कि चित्र 18 में दिखाया गया है। मशीन-से-मशीन संचाव को अधिक सुरक्षित बनाने के लिए, डेटा की निगरानी करने और डेटा को सुरक्षित रखने के लिए केंद्रीय प्राधिकारियों की आवश्यकता है। डेटा की अखंडता और गोपनीयता बनाए रखने के लिए कुछ क्रिप्टोग्राफी तकनीकें। यह कई तरह की चुनौतियों के साथ एक चुनौतीपूर्ण कार्य हो सकता है। कंप्यूटिंग एज डिवाइस जो एक बड़े पार्स की निगरानी और नियंत्रण करते समय आवश्यक हैं। इसके अलावा, ऐसे केंद्रीय उपकरणों का उपयोग करना निगरानी प्रणाली में गड़बड़ी से केंद्रीकरण और अन्य समस्याएं जैसे विफलता का एकल बिंदु और विलंबता संबंधी समस्याएं हो सकती हैं। ये मुद्दे खेतों पर प्रतिकूल प्रभाव डाल सकते हैं क्योंकि स्वचालित प्रणालियाँ अपेक्षा के अनुरूप कार्य नहीं करेंगी और परिणामस्वरूप उपज में कमी आएगी या फसल की गुणवत्ता।

7.2.3 कृषि में ब्लॉकचेन अनुप्रयोग

ब्लॉकचेन का स्मार्ट कृषि में बहुत बड़ा अनुप्रयोग है और यह कृषि गतिविधियों के विभिन्न पहलुओं से निपटता है। कुछ प्रमुख अनुप्रयोगों और संबंधित समाधानों पर नीचे चर्चा की गई है।

7.2.3.1 सुरक्षित वास्तविक समय डेटा साझाकरण

स्मार्ट कृषि में डेटा सुरक्षा और गोपनीयता एक महत्वपूर्ण पहलू है जिस पर कुशल तरीके से ध्यान देने की आवश्यकता है। स्वायत्त प्रक्रियाओं का कामकाज। ब्लॉकचेन क्रिप्टोग्राफी तकनीकों का उपयोग करता है और लेनदेन को संसाधित करता है। डेटा की अखंडता बनाए रखने और डेनियल-ऑफ-सर्विस (DoS) और अन्य जैसे प्रतिकूल हमलों से बचने के लिए कालानुक्रमिक क्रम में



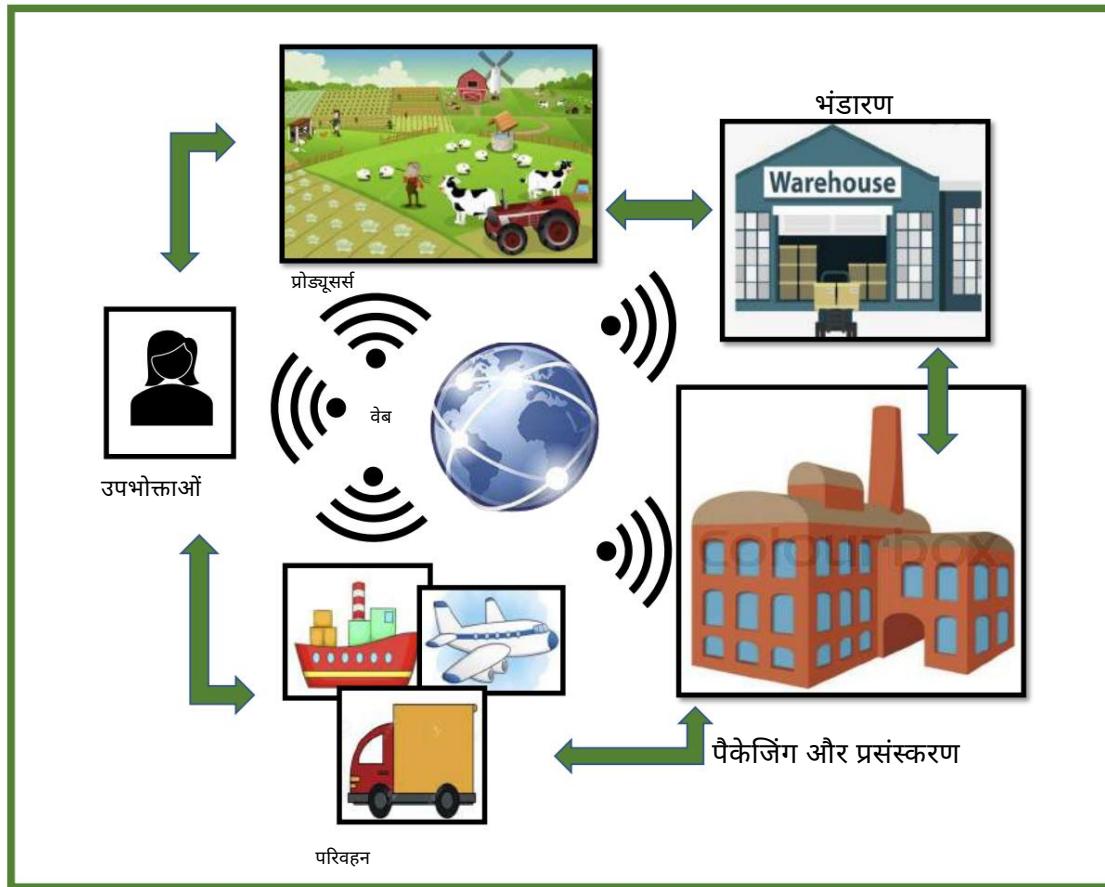
चित्र 18: स्मार्ट कृषि IoT नेटवर्क और ब्लॉकचेन के बीच सादृश्य।

गलत डेटा इंजेक्शन। डेटा गोपनीयता के अलावा, डेटा स्वामित्व और मुद्रीकरण भी समस्याएँ हैं। केंद्रीकृत अनुप्रयोगों के विपरीत जहाँ डेटा का मुद्रीकरण एक केंद्रीय प्राधिकरण द्वारा किया जाता है, ब्लॉकचेन आधारित अनुप्रयोग किसानों को डेटा एक्सेस को बारीक स्तरों पर नियंत्रित करने में मदद कर सकते हैं। एक विशिष्ट IoT आर्किटेक्चर में एक क्लाउड लेयर होती है जहाँ एज लेयर से डेटा संग्रहीत और स्वचालित कार्यों को करने के लिए संसाधित किया जाता है। ऐसे नेटवर्क के साथ मुख्य कमियों में से एक यह है कि विलंबता और पहुँच समय नेटवर्क की उपलब्धता और स्वचालित कार्यों की संख्या के आधार पर भिन्न होते हैं। यौंकि वास्तविक समय संचालन निर्णय लेने में महत्वपूर्ण है, इसलिए ब्लॉकचेन एक कुशल वास्तविक समय डेटा साझाकरण मॉडल विकसित करने में मदद कर सकता है। सुरक्षित डेटा साझाकरण के लिए ब्लॉकचेन का उपयोग करने वाले कुछ सुरक्षित मॉडल [199, 200, 201, 202] में प्रस्तावित हैं। [199] ने एक पहचान प्रबंधित प्रमाणीकरण तंत्र स्थापित किया जो निजी ब्लॉकचेन का उपयोग करता है और वितरित डेनियल-ऑफ़-सर्विस (DDoS) हमलों को समाप्त करने वाला एक सुरक्षित सूचना साझाकरण तंत्र प्रदान करता है। [200] ने एक ऐसी प्रणाली प्रस्तावित की है जो IoT वातावरण में हमलों का पता लगाने और उन्हें रोकने के लिए ब्लॉकचेन के साथ सॉफ्टवेयर-परिभाषित नेटवर्किंग (SDN) तकनीक का एक संयोजन है, जिसमें केवल न्यूनतम ओवरहेड है। यह IoT जैसे संसाधन विवश वातावरण में एक इष्टतम समाधान हो सकता है। [201] एन्क्रिप्टेड डेटा पर होमोमोर्फिक कंप्यूटेशन का उपयोग करता है और प्रैक्टिकल बीजान्टिन फॉल्ट टॉलरेंस (PBFT) के समान दृष्टिकोण का पालन करता है और यह सर्वर से सही प्रतिक्रियाओं की सीमा संख्या पर आधारित है, जिससे संबंधित स्मार्ट कॉन्ट्रैक्ट चलाए जाएंगे। कार्यान्वयन के लिए, एथेरियम ब्लॉकचेन का उपयोग किया गया था और प्रतिक्रिया समय की गणना 22 सेकंड की गई थी क्योंकि एथेरियम का ब्लॉक निर्माण समय 15 सेकंड पर तय किया गया है और इसे छोटे ब्लॉक समय के साथ दूसरी पीढ़ी के ब्लॉकचेन को अपनाकर और बेहतर बनाया जा सकता है। [202] ने एक नई कुंजी प्रबंधन वास्तुकाला प्रस्तावित की है जो स्केलेबिलिटी और विश्वसनीयता को बढ़ाते हुए ब्लॉकचेन का उपयोग करके केंद्रीकृत प्रणालियों के मुद्दों को संबोधित कर सकती है। [203] ने पारंपरिक ब्लॉकचेन के बजाय वितरित लेजर का उपयोग किया जो स्मार्ट एग्रीकल्चर सिस्टम में स्केलेबिलिटी और वास्तविक समय डेटा उपलब्धता को बढ़ाने के लिए संसाधन गणन हैं।

7.2.3.2 सामुदायिक खेती और स्थानीय बाजार

सामुदायिक खेती के लिए सामुहिक बुद्धिमत्ता और मौसम, फसल रोग या उत्पाद मांग डेटा के पारदर्शी साझाकरण की आवश्यकता होती है ताकि फसल का चयन करने और बेहतर उपज प्राप्त करने में मदद मिल सके। इसके साथ ही, स्थानीय बाजार किसानों को अधिक लाभ के साथ अपने उत्पाद को अधिक कुशलता से मुद्रीकृत करने में सक्षम बनाएंगे।

ब्लॉकचेन किसानों के लिए ऐसे अनुप्रयोगों को व्यवस्थित और प्रबंधित करने में मदद कर सकता है ताकि वे बेहतर उत्पादन और बेहतर लाभप्रदता दोनों प्राप्त कर सकें। इस क्षेत्र की ओर कुछ कार्य [204] में प्रस्तुत किए गए हैं, जिसमें नैतिक आपूर्ति श्रृंखला स्थापित करने और किसानों को योग्य लाभ प्रदान करने के लिए बिचौलियों को हटाने के लिए एथेरियम प्लेटफॉर्म का उपयोग किया गया है। चित्र 19 आपूर्ति श्रृंखला ट्रेसिबिलिटी में मौजूद लॉजिस्टिक्स को दर्शाता है।



चित्र 19: स्मार्ट कृषि में आपूर्ति-शृंखला ट्रेसेबिलिटी।

7.2.3.3 आपूर्ति-शृंखला ट्रेसेबिलिटी

वैश्विकरण एक ऐसा चलन है जिसने दूरदराज के स्थानों पर भी उत्पाद की उपलब्धता को सक्षम बनाया है। इसने पूरी प्रक्रिया में एक साथ काम करने वाली कई संस्थाओं को शामिल करके वैश्विक खाद्य आपूर्ति शृंखलाओं को और अधिक जटिल बना दिया है। ऐसी जटिल खाद्य आपूर्ति शृंखलाओं में से एक बड़ी समस्या ट्रेसेबिलिटी और उपभोक्ता विश्वास है। खाद्य जनित रोग प्रकोप देखना बहुत आम है। ऐसे परिदृश्यों में, सबसे आम तरीका पूरे इन्वेंट्री का निपटान करना है क्योंकि संक्रमण के लिए प्रत्येक उत्पाद का परीक्षण करना संभव नहीं है। इसके बजाय, उत्पाद को उस खेत में वापस ट्रेस करना जहाँ से इसे उत्पादित किया गया था, यह निर्धारित करने में मदद कर सकता है कि कौन से उत्पाद प्रभावित हैं और खाद्य अपव्यय को कम कर सकते हैं। अंतिम उपयोगकर्ता के रूप में, एक स्पष्ट और पारदर्शी आपूर्ति शृंखला भोजन की प्रामाणिकता में ग्राहक विश्वास बनाने में मदद कर सकती है। ब्लॉकचेन पारदर्शी आपूर्ति शृंखलाओं का निर्माण करके इस पहलू में मदद कर सकता है जहाँ भोजन की ट्रेसेबिलिटी और प्रामाणिकता को आसानी से सत्यापित किया जा सकता है। कई शोध कार्य प्रस्तावित किए गए हैं। [205, 206] ब्लॉकचेन आधारित आपूर्ति शृंखला पर केस स्टडी करने के लिए हाइपरलैजर फैब्रिक ब्लॉकचेन का उपयोग करता है और सीमाओं पर चर्चा करता है। [207] में ब्लॉकचेन के साथ एकीकृत RFID तकनीक पर आधारित एक समाधान प्रस्तावित किया गया है। [208] ने पारंपरिक एंटरप्राइज रिसोर्स प्लानिंग (ईआरपी) सिस्टम में एसपीओएफ के मुद्दे को हल करने में मदद करने के लिए आपूर्ति शृंखलाओं में एक स्मार्ट अनुबंध आधारित वित्तीय समाधान का प्रस्ताव दिया। [209] ने आपूर्तिकर्ताओं के प्रति उपभोक्ता से विश्वास और आत्मविश्वास बनाने के लिए जैविक खाद्य पदार्थों में आपूर्ति शृंखला का पता लगाने के लिए एथेरियम आधारित विकेन्ड्रीकृत अनुप्रयोगों का प्रस्ताव दिया है। [210] ने इलेक्ट्रॉनिक उत्पाद कोड सूचना सेवाओं (ईपीसीआईएस) के साथ ब्लॉकचेन को एकीकृत करने और एथेरियम स्मार्ट कॉन्ट्रैक्ट्स का उपयोग करने वाली एक कुशल आपूर्ति शृंखला ट्रैकिंग प्रणाली का प्रस्ताव दिया।

7.2.3.4 कृषि बीमा

खेत मौसम परिवर्तन के प्रति अधिक संवेदनशील होते हैं और मौसम की स्थिति के कारण होने वाले नुकसान से किसानों के लिए वित्तीय अस्थिरता पैदा होती। कृषि बीमा इस बात पर आधारित है कि किसान फसल चक्र शुरू होने से पहले एक निश्चित राशि का प्रीमियम अदा करता है और मौसम की स्थिति के कारण होने वाले नुकसान के आधार पर भुगतान प्राप्त करता है। समर्पया तब उत्पन्न होती है जब

तुकसान की मात्रा की गणना करने के लिए कोई सूचकांक उपलब्ध नहीं है, इसलिए मौसम के आंकड़ों का उपयोग और बीमा प्रदाता द्वारा एक सूचकांक का मूल्यांकन करने के लिए विश्लेषण किया जाता है जो किसानों के लिए आधार रेखा बनाता है और इन कृषि बीमाओं को संसाधित करना आसान बनाता है। सबसे आम सेटअप बीमा प्रदाता के लिए दूर से रिकॉर्ड किए गए मौसम स्टेशन डेटा का उपयोग करना और किसानों को प्रस्तुत करना है। ब्लॉकचेन अवधारणा का उपयोग करके किसान से प्रीमियम भुगतान का आकलन करने और स्वीकार करने में मदद कर सकता है। इसके साथ ही, मौसम सूचकांक डेटा भी अधिक विश्वसनीयता के साथ किसानों को उपलब्ध कराया जा सकता है। [211] बीमा में धीखाधड़ी से बचने के लिए ब्लॉकचेन आधारित समाधान का प्रस्ताव करता है। [212] ने स्मार्ट अनुबंधों का उपयोग करके बीमा सेवाओं के लिए एथेरियम ब्लॉकचेन और हाइपरलेजर निजी ब्लॉकचेन आधारित समाधान का प्रस्ताव दिया।

7.2.4 ब्लॉकचेन की सीमाएँ

भले ही ब्लॉकचेन में डेटा सुरक्षा और अखंडता को बढ़ाने के लिए स्मार्ट कृषि में कई संभावित अनुप्रयोग हैं, फिर भी ऐसी चुनौतियाँ हैं जिन्हें कृषि क्षेत्र में इस तकनीक को व्यापक रूप से अपनाने से पहले संबोधित करने की आवश्यकता है। स्मार्ट कृषि में उपयोग की जाने वाली IoT तकनीक शक्ति और संगणना दोनों के संदर्भ में संसाधन विवश है जबकि ब्लॉकचेन के सहमति तंत्र और क्रिप्टोग्राफी घटकों को बड़ी मात्रा में शक्ति और संगणना की आवश्यकता होती है। ब्लॉकचेन इस तरह का एक कुशल समाधान नहीं हो सकता है, इसलिए विभिन्न कुशल सहमति तंत्रों का प्रस्ताव करने के लिए शोध किया जा रहा है, जिन्हें स्मार्ट कृषि जैसे संसाधन विवश वातावरण में लागू किया जा सकता है। [213] ने क्रिप्टोग्राफिक प्रमाणीकरण और मीडिया एक्सेस कंट्रोल (MAC) पता सत्यापन पर आधारित एक सहमति तंत्र प्रस्तावित किया है, जिसने सहमति तंत्र की कम्प्यूटेशनल आवश्यकताओं को कम कर दिया है।

चूंकि ब्लॉकचेन में प्रत्येक ब्लॉक का आकार पूर्वनिर्धारित और सीमित है, इसलिए छावियों जैसी बड़ी मात्रा में डेटा को ऑन-चेन संग्रहीत करना व्यवहार्य नहीं है। इसलिए, कई शोधकर्ता डेटा को ऑफ-चेन संग्रहीत करने पर काम कर रहे हैं, जबकि लेनदेन और पहुंच की जानकारी डेटा के साथ सुरक्षित पहुंच और अखंडता के लिए ऑफ-चेन संग्रहीत की जाती है। [215] ने एक ऐसी प्रणाली का प्रस्ताव दिया है जो COVID-19 से संबंधित रोगी डेटा को साझा करने के लिए एथेरियम स्मार्ट कॉन्ट्रैक्ट्स के साथ इंटरलेनेटी फाइल सिस्टम (IPFS) का उपयोग करता है जो सामाजिक दूरी प्रथाओं को लागू करने में मदद कर सकता है। डेटा के बड़े हिस्से के भंडारण के लिए इसे स्मार्ट कृषि में अपनाया जा सकता है। बहु स्तरीय पहुंच प्रबंधन भी एक महत्वपूर्ण पहलू है जिस पर ध्यान देने की आवश्यकता है। [216] ने एक ब्लॉकचेन प्रणाली का प्रस्ताव दिया।

स्मार्ट कृषि अनुसंधान के लिए 8 डेटासेट

स्मार्ट कृषि फसल की पैदावार, पशुधन प्रबंधन और आपूर्ति से संबंधित अर्थशास्त्र का विश्लेषण करने के लिए डेटा एकत्र करने के लिए बुद्धिमान उपकरणों का उपयोग करती है। संग्रहीत डेटा अगली पीढ़ियों के लिए खेती में संसाधनों की उपलब्धता के बारे में आगे के शोध में मदद कर सकता है। तालिका 1 में कई प्रारूपों के विभिन्न डेटासेट दिखाए गए हैं जिनका हमने वर्तमान के लिए अध्ययन और संग्रह किया है। सर्वेक्षण पत्र।

8.1 फसल उपज और उत्पादन

सेंसर का उपयोग एकड़, फसल की स्थिति और उपज से संबंधित डेटा एकत्र करने के लिए किया जाता है। फसल की उपज की मात्रा काटे गए क्षेत्र में उत्पादन की मात्रा को विभाजित करके गणना की जा सकती है। फसल उत्पादन को प्रति हेक्टेयर टन के संदर्भ में मापा जा सकता है। अमेरिकी कृषि विभाग (यूएसडीए) वार्षिक रिपोर्ट तैयार करता है जिसमें कृषि की जनगणना के साथ-साथ फसलों, पौधों, पशुधन और जानवरों के लिए उपज, एकड़ और उत्पादन के डेटा शामिल होते हैं। चित्र 20 संयुक्त राज्य अमेरिका में विभिन्न वर्षों के लिए कृषि का उपयोग के लिए ग्राफ़ दिखाता है। इसके अतिरिक्त, खेती, श्रम, उत्पादन और भूमि मूल्यों की कीमतें मासिक और वार्षिक रूप से एकत्र की जाती हैं। [217]।

8.2 फसल की स्थिति और मिट्टी की नमी

मिट्टी की नमी का ज्ञान फसलों की उपज और उत्पादन के लिए एक महत्वपूर्ण कारक है। विभिन्न कृषि कार्यों को आसानी से निष्पादित करने के लिए, किसान के निर्णय लेने के लिए मिट्टी से संबंधित डेटा आवश्यक है। फसल की स्थिति और मिट्टी की नमी विश्लेषण (फसल-CASMA) एक वेब-आधारित भू-स्थानिक अनुप्रयोग है जिसका उपयोग मिट्टी की नमी और वनस्पति की स्थिति को मापने के लिए किया जाता है। एकत्र किया गया डेटा भौगोलिक सूचना प्रणाली मानवित्रण प्रारूप (.gis) [218] के रूप में है। चित्र 21 (ए) और 21 (बी) दो अलग-अलग तिथियों पर संयुक्त राज्य अमेरिका में फसल की स्थिति और मिट्टी की नमी का विश्लेषण दिखाते हैं।

8.3 पौधों के रोग

जब कोई पौधा रोग से संक्रमित होता है, तो उसके महत्वपूर्ण कार्य संशोधित और क्षतिग्रस्त हो जाते हैं, जिससे व्यक्तियों के लिए हानिकारक उपभोग होता है। प्रत्येक पौधे की प्रजाति का अपना अठूठा सिंड्रोम होता है। कागल विभिन्न पौधों की बीमारियों के बारे में विभिन्न डेटासेट का एक अच्छा स्रोत है। चित्र 22 में प्लांट डिजीज डेटासेट [219] से कुछ नमूना चित्र दिखाए गए हैं। संग्रह करना और

तालिका 1: स्मार्ट एग्रीकल्चर के लिए डेटासेट।

डेटासेट	स्रोत	डेटासेट	जोड़ना
			प्रारूप
फसल उपज एवं उत्पादन	यूएसडीए और NASS .php		
फसल की स्थिति और मिट्टी की नमी फसल-CASMA		.जीआईएस	
पौधों के रोग	कागले		.सीएसवी
मृदा स्वास्थ्य एवं लक्षण वर्णन एनसीएसएस		.एमडीबी	
कृषि में कीटनाशक का उपयोग	यूएसजीएस	.php, .txt	
कृषि में जल का उपयोग	यूएसजीएस	चित्रकारी	
भूजल नाइट्रेट संतुष्टण	यूएसजीएस		.जोपीईजी
आपदा विश्लेषण	यूएसडीए और एनएसएस .png, .pdf		

इन आंकड़ों को संग्रहीत करने से फसलों में होने वाली बीमारियों को सुधारने और रोकने के लिए अध्ययन, प्रशिक्षण और परीक्षण में मदद मिल सकती है। पौधों की बीमारियों की भविष्यवाणी करना फसल की पैदावार और उत्पादकता बढ़ा सकते हैं। चित्र 8.3 अनार फल डेटासेट [220] से कुछ नमूना छवियाँ दिखाता है।

चित्र 24 चीनी गोभी रोग डेटासेट [221] से कुछ नमूना छवियाँ दिखाता है।

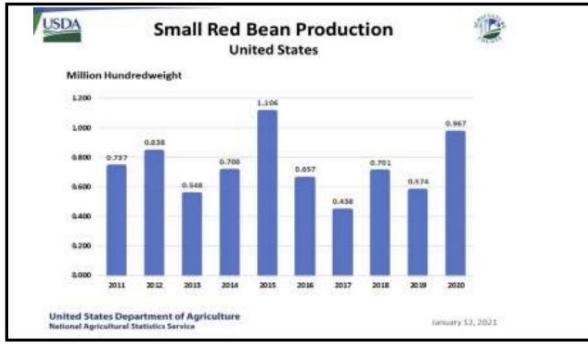
8.4 मृदा स्वास्थ्य एवं लक्षण वर्णन

मृदा लक्षण सर्वेक्षण का उपयोग किसी विशेष क्षेत्र में मृदा के गुणों और विशेषताओं के बारे में जानकारी देने के लिए किया जाता है। क्षेत्र। सर्वेक्षण में विस्तृत विवरण और मिट्टी की सीमाएँ शामिल हो सकती हैं जो किसानों, एस्टेट एजेंटों के लिए फायदेमंद हैं, और इंजीनियर।

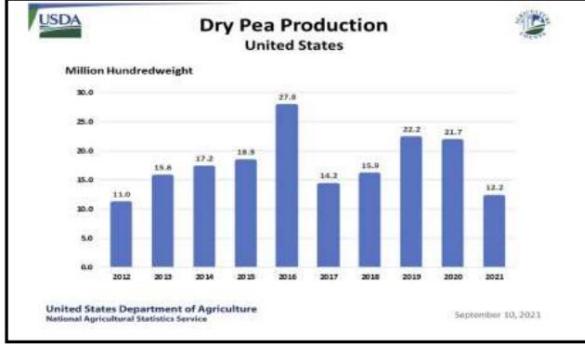
राष्ट्रीय सहकारी मृदा सर्वेक्षण (एनसीएसएस) मृदा वर्गीकरण [222] के साथ-साथ डेटाबेस रिपोर्ट भी प्रदान करता है। मृदा वर्गीकरण के लिए पेड़ॉन संख्या। पेड़ॉन मृदा की एक त्रि-आयामी संरचना है जो मृदा की संरचना को समझाने के लिए पर्याप्त है। मिट्टी की आंतरिक संरचना और प्रयोगशाला विश्लेषण के लिए नमूने एकत्र करने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है। प्रत्येक क्षेत्र में मिट्टी के गुण, जैसे उपलब्ध चट्ठान के टुकड़े, थोक घनत्व, नमी, पानी की मात्रा, कार्बन, नमक, पीएच, कार्बोनेट, फॉस्फोरस, मिट्टी, रेत और गाद खनिज विज्ञान, मिट्टी के प्राथमिक डेटा लक्षण वर्णन से प्राप्त किया जा सकता है। रिपोर्ट देखी जा सकती है। प्राथमिक देश, राज्य और काउंटी विवरण देकर ऑन-स्क्रीन या टेक्स्ट फ़ाइलों में डाउनलोड किया जा सकता है [222]।

8.5 कृषि में कीटनाशक का उपयोग

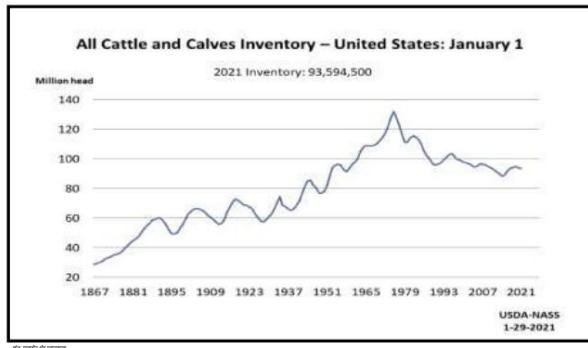
कृषि में कीटनाशकों का प्राथमिक उपयोग खरपतवारों, कीटों के संक्रमण और फ़ूंद को नियंत्रित करने के लिए होता है। हालांकि, अत्यधिक कीटनाशकों का उपयोग खरपतवारों, कीटों के संक्रमण और फ़ूंद को नियंत्रित करने के लिए किया जाता है। कीटनाशकों के प्रयोग से मृदा स्वास्थ्य के लिए आवश्यक अन्य सूक्ष्मजीव नष्ट हो सकते हैं तथा भूजल की गुणवत्ता खराब हो सकती है। अमेरिकी भूरैजानिक सर्वेक्षण (यूएसजीएस) अमेरिका में प्रतिवर्ष उपयोग किए जाने वाले कीटनाशक की मात्रा के आंकड़े एकत्र करता है। तालिकाओं, रेखांकन और मानवित्रों के रूप में [223]। यह मानवित्र कीटनाशकों के अनुमानित उपयोग की अधिक परिष्कृत तस्वीर प्रदान करता है। कृषि भूमि का क्षेत्रफल प्रति वर्ग मील पाउंड में है, तथा ग्राफ में अनुमानित उपयोग को लाखों पाउंड में दर्शाया गया है। प्रत्येक वर्ष प्रत्येक फसल।



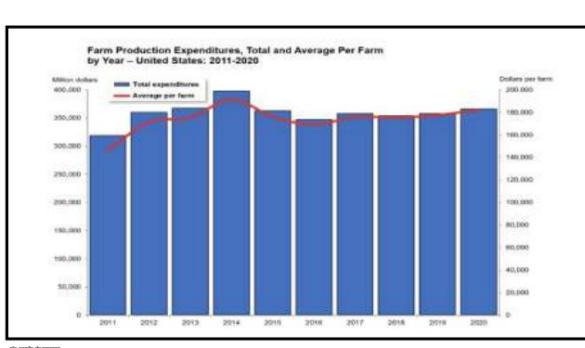
(क) लघु लाल बीन उत्पादन.



(ख) शुष्क मटर उत्पादन.



(ग) सभी गायों और बछड़ों की सूची।



(घ) कृषि उत्पादन व्यव्य.

चित्र 20: फसल उपज और उत्पादन दिखाने वाले ग्राफ [217].

8.6 कृषि में जल का उपयोग

कृषि के लिए पानी बहुत ज़रूरी है। सतही और भूजल दोनों ही महत्वपूर्ण हैं और खेती में इनका उपयोग किया जाता है [224]। सतही पानी प्राकृतिक नदियों और झीलों से बनता है; भूजल पृथ्वी की सतह के नीचे चट्टान, मिट्टी और रेत की दरारों के बीच पाया जाता है। यूएसजीएस हर पाँच साल में कुल जल उपयोग एकत्र करता है और प्रतिदिन अरबों गैलन में आँकड़ों को अपडेट करता है।

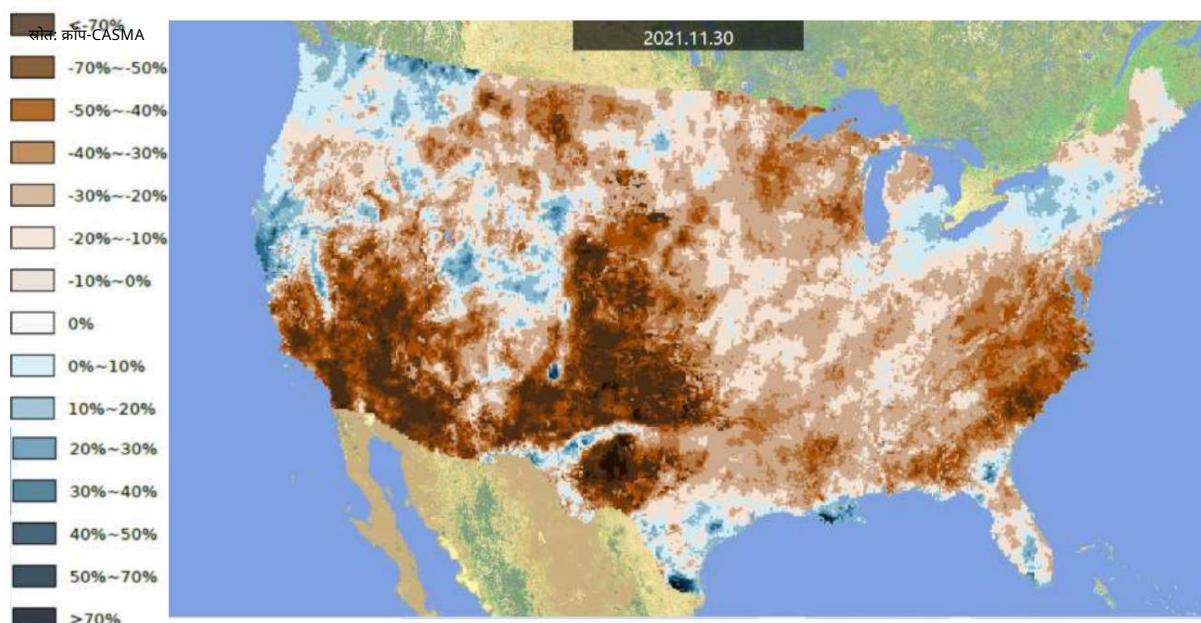
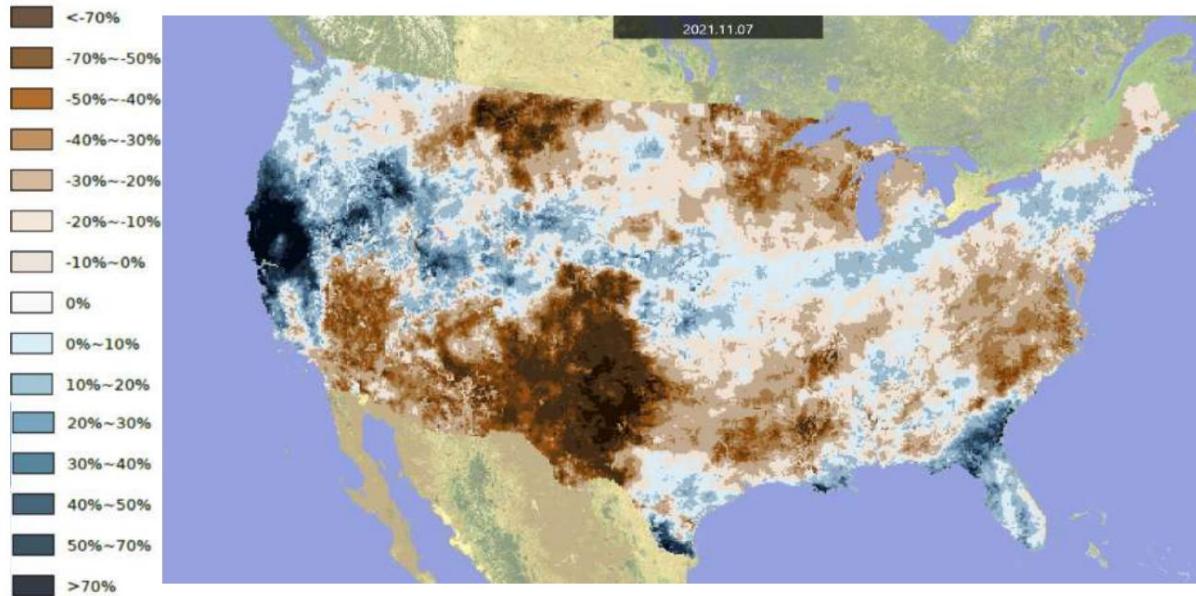
डेटा से पता चलता है कि सिंचाई, पशुधन और जलीय कृषि सहित कृषि क्षेत्रों में पानी का उपयोग अधिक है [225]।

8.7 भूजल नाइट्रेट संदूषण

नाइट्रेट पौधों और फसलों की वृद्धि का प्राथमिक स्रोत है। यह नाइट्रोजन का ऑक्सीकृत रूप है, जो धरती में प्राकृतिक रूप से पाया जाता है, लेकिन व्यापक खेती के कारण यह नष्ट हो सकता है। मिट्टी को आवश्यक पोषक तत्वों से भरने के लिए, खेती करते समय नाइट्रोजन उर्वरकों का उपयोग किया जाता है। फिर भी, ये नाइट्रेट मुख्य रूप से तब जहरीले हो सकते हैं जब वे भोजन, भूजल और सतही जल में प्रवेश करते हैं। चित्र 25 पूरे संयुक्त राज्य अमेरिका में भूजल के संदूषण का नक्शा दिखाता है। देश भर में डेटा एकत्र करते हुए, यूएसजीएस ने भूजल नाइट्रेट संदूषण का अनुमान लगाने के लिए एक मॉडल विकसित किया है [226]।

8.8 आपदा विश्लेषण

कृषि को अनिश्चित जोखिमों और बदलते परिदृश्यों और तापमानों से खतरों का सामना करना पड़ रहा है। इन खतरों की तीव्रता जानने के लिए आपदाओं का पूर्वानुमान लगाना आवश्यक है ताकि किसान सबसे खराब स्थिति के लिए तैयार रह सकें और उसके अनुसार योजना बना सकें। यूएसडीए और राष्ट्रीय कृषि संस्थिकी सेवा (एनएएसएस) ने लगभग वास्तविक समय में आपदा विश्लेषण आकलन के लिए एक शोध अध्ययन लागू किया है। डेटासेट एकत्र करने के लिए, आपदाओं का अनुमान लगाने की प्रक्रिया में भू-स्थानिक तकनीकों और सेंसर का उपयोग किया जाता है [227]। सेंटिनल-1, सिंथेटिक एपर्चर रडार की मदद से बाढ़ की निगरानी के लिए एक उदाहरण अध्ययन [228] में दिया गया है।



चित्र 21: संयुक्त राज्य अमेरिका में फसल की स्थिति और भिट्ठी की नमी [218]।



(ए) स्वस्थ पौधे की पत्तियाँ - सेब, आलू और आड़ु (बाएं से दाएं)



(बी) संक्रमित पौधे की पत्तियाँ - स्कैब से संक्रमित सेब, लेट ब्लाइट से संक्रमित आलू, और बैक्टीरियल स्पॉट से संक्रमित आड़ु (बाएं से दाएं)

चित्र 22: पादप रोग डेटासेट से नमूना छवियाँ [219]।



(ए) विभिन्न गुणवत्ता ग्रेड 1 के अनार (बाएं से दाएं - ग्रेड 1, ग्रेड 2, ग्रेड 3)

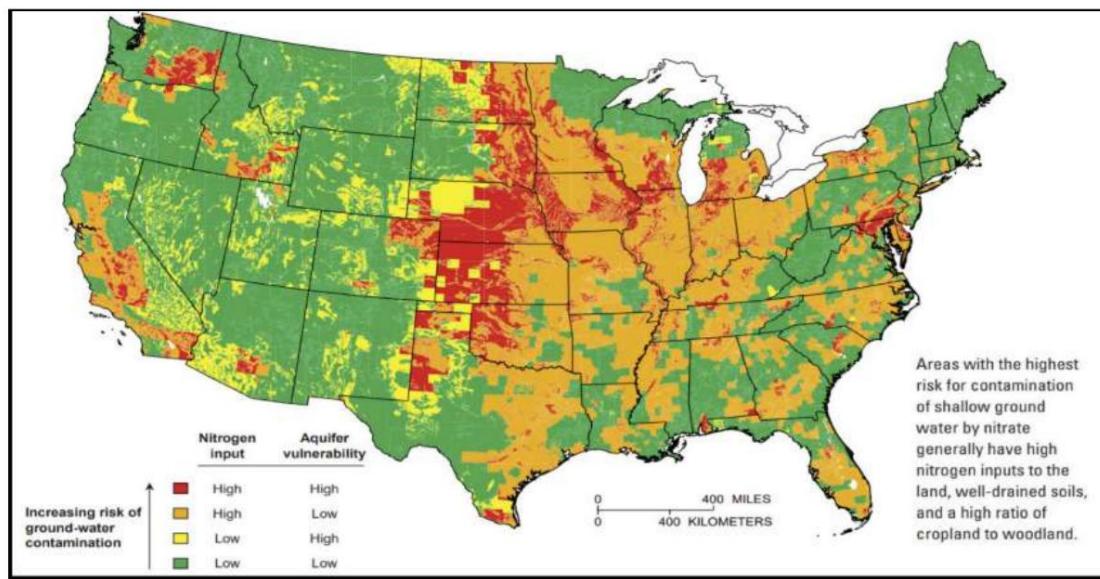


(बी) विभिन्न गुणवत्ता ग्रेड के अनार 4 (बाएं से दाएं - ग्रेड 1, ग्रेड 2, ग्रेड 3)

चित्र 23: अनार फल डेटासेट [220]।



चित्र 24: चीनी गोभी रोग डेटासेट [221]।



स्रोत: संयुक्त राज्य भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण (गूगलजीएस)

चित्र 25: भूजल संदूषण [226].

9 स्मार्ट कृषि ओपन रिसर्च समस्याएं

इस खंड में हम कृषि 4.0 और कृषि 5.0 की खुली शोध समस्याओं पर चर्चा करेंगे। हम उन्हें शोध फोकस के आधार पर दो मुख्य उप-समूहों में विभाजित कर सकते हैं।

9.1 प्रौद्योगिकी परिप्रेक्ष्य

जैसा कि पहले बताया गया है, स्मार्ट कृषि को कई चुनौतियों का सामना करना पड़ता है। इन चुनौतियों का समाधान नई और मौजूदा तकनीकों को अपनाकर किया जाना चाहिए। अब तक अधिकांश स्मार्ट कृषि AI मॉडल क्लाउड आधारित, क्लाउड-एज आधारित या क्लाउड-फॉग-एज आधारित थे। हार्डवेयर उन्नति ने कंप्यूटिंग प्रतिमान बदलाव को बढ़ावा दिया है। IoT उपकरणों में इंटेलिजेंस को जोड़ना नया चलन है [229]। नेटवर्क उपलब्धता, विलंबता और बैंडविड्थ अब सफल, निर्बाध कृषि प्रणाली संचालन में बाधा नहीं हैं। इससे शोध के लिए एक नया रास्ता खुलता है। स्मार्ट कृषि में एज AI एक व्यापक क्षेत्र है जो निकट भविष्य में एक गर्म विषय होगा। चित्र 26 एक प्रौद्योगिकी संदर्भ में विभिन्न खुली शोध समस्याओं को दर्शाता है। निम्नलिखित क्षेत्रों में शोध बहुत आशाजनक है:

- कम शक्ति वाले और सौर ऊर्जा से चलने वाले, कम विलंबता वाले TinyML उपकरण। • कम शक्ति वाले IoT उपकरणों के लिए उपयुक्त कम कम्प्यूटेशनल निर्णय विधियाँ। • अत्यधिक तापमान में संचालित होने वाली सेंसर तकनीकें। • डेटा संपीड़न के लिए डेटा विश्लेषणात्मक विधियाँ। • AI/ML मॉडल के लिए परिमाणीकरण और छंटाई तकनीकें। • अपर्याप्ति और अधिकांश विधियाँ। • वास्तविक समय डेटा विश्लेषण और निर्णय। • सेंसर डेटा के साथ सार्वजनिक डेटासेट निर्माण।

- यूएवी द्वारा ली गई छवि डेटासेट। • फसल क्षेत्र के लिए थर्मल और इन्फ्रारेड छवि डेटासेट।

शोध क्षेत्र के बारे में यहीं तक सीमित नहीं हैं। ब्लॉकचेन आधारित डेटा गोपनीयता और अखंडता तथा सेवा आधारित स्मार्ट कृषि अनुप्रयोग अन्य क्षेत्र हैं जिन पर काम किया जा सकता है:

- ब्लॉकचेन द्वारा उन्नत IoT अनुप्रयोग अपरिवर्तनीय डेटा भंडारण तंत्र पर ध्यान केंद्रित करते हैं। • कम्प्यूटेशनल संसाधन, डिज़ाइन समय और ऊर्जा दक्षता का अनुकूलन।

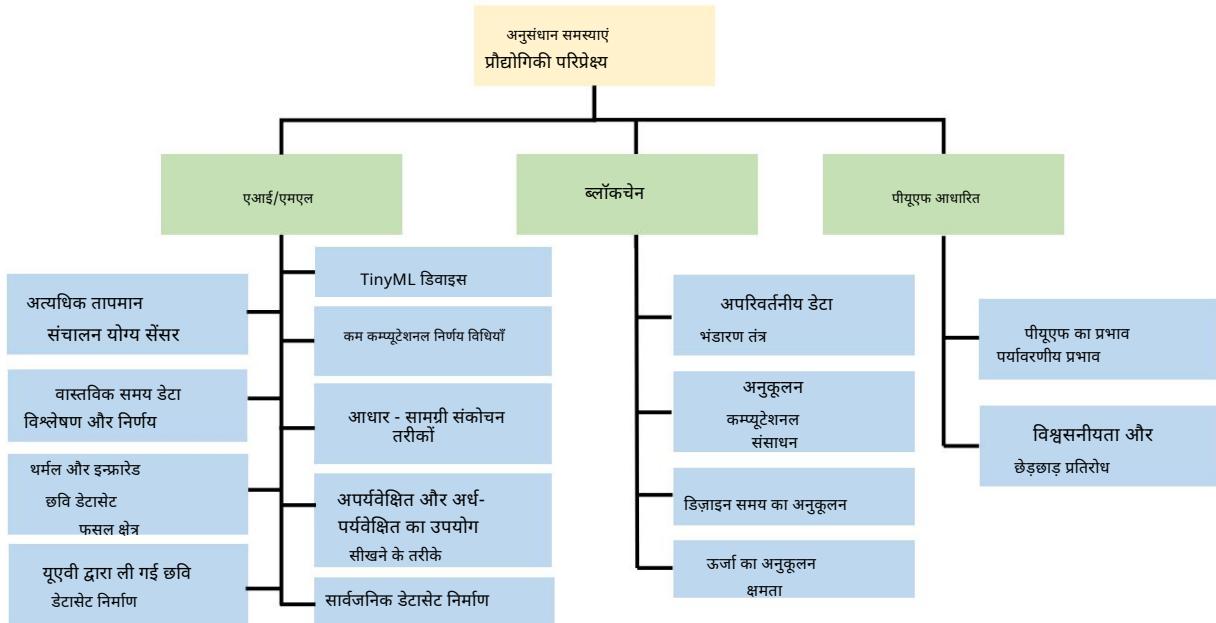
हार्डवेयर सुरक्षा टिकाऊ स्मार्ट कृषि के लिए अनुसंधान का एक और व्यापक क्षेत्र है। कृषि में प्रत्येक IoT डिवाइस की कार्यक्षमता और अनुप्रयोग अद्वितीय हैं। PUF पर शोध, जो एक हार्डवेयर फिंगरप्रिंट है [230, 231] अनुसंधान का एक महत्वपूर्ण क्षेत्र है :

- वर्षा, कीटनाशकों, उर्वरकों और रसायनों जैसे पर्यावरणीय प्रभावों के प्रति PUF की संवेदनशीलता। • इन हार्डवेयर सुरक्षा मॉड्यूल की विश्वसनीयता और छेड़छाड़ प्रतिरोध।

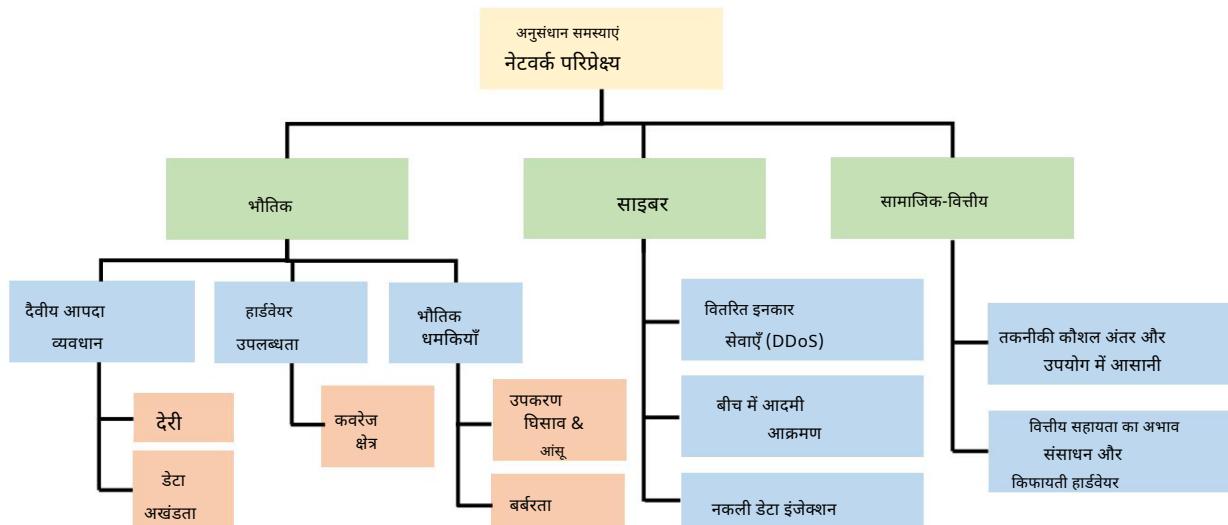
9.2 नेटवर्क परिप्रेक्ष्य

नेटवर्क घटक स्मार्ट कृषि का एक बहुत ही महत्वपूर्ण पहलू है जो दूरस्थ उपकरणों को आपस में जोड़ने और डेटा ट्रांसफर को संभव बनाने के लिए विभिन्न सूचना और संचार प्रौद्योगिकियों (ICT) का उपयोग करता है। सीमित संसाधन IoT उपकरणों के लिए उभरते चरण के असुरक्षित नेटवर्क लेयर प्रोटोकॉल ने विभिन्न सुरक्षा खतरों को जन्म दिया है। शोध समस्याओं का एक वर्गीकरण जिसे संबोधित करने की आवश्यकता है, चित्र 27 में दिया गया है।

- वैकल्पिक नेटवर्किंग पथ प्रदान करना जो प्राकृतिक आपदाओं के दौरान काम कर सके। • नेटवर्क में भीड़भाड़ के कारण वास्तविक समय डेटा संचालन को बढ़ाने की तकनीकें लेनदेन की उच्च मात्रा।
- डेटा गोपनीयता और सुरक्षा चुनौतियों का प्रबंधन करने के लिए अभी भी मजबूत और संसाधन कुशल तकनीकों की आवश्यकता है। • उपलब्ध हार्डवेयर के उपयोग को अधिकतम करने और ब्लाइंड स्पॉट से बचने के लिए कवरेज क्षेत्र को बढ़ाने के लिए कुशल नेटवर्क टोपोलॉजी की आवश्यकता है। • कम से कम टूट-फूट रखरखाव के लिए लागत-कुशल तरीके अपनाए जा सकते हैं। चुनौतीपूर्ण।



चित्र 26: स्मार्ट कृषि पर नेटवर्क और संचार चुनौतियाँ।



चित्र 27: स्मार्ट कृषि की नेटवर्क और संचार चुनौतियाँ।

- विरोधियों द्वारा की गई बर्बरता जैसी भौतिक क्षति से निपटने के लिए निवारक तकनीकों की बहुत आवश्यकता है।
 - DDoS जैसे नेटवर्क खतरों से बचने के लिए नेटवर्क में उचित रूटिंग तकनीक पर काम करना रुचि का क्षेत्र हो सकता है।
 - कुशल अन्किष्णन तकनीक और प्रमाणीकरण तंत्र जैसे हार्डवेयर सहायता प्राप्त प्रमाणीकरण विभिन्न सुरक्षा खतरों से बचने के लिए इन्हें नेटवर्क परत में शामिल किया जाना बहुत आवश्यक है।
 - उपयोग में आसानी और समस्या निवारण तंत्र शोधकर्ताओं के लिए रुचि के क्षेत्र हो सकते हैं क्योंकि यह तकनीक किसानों के लिए विकसित किया गया।
 - नेटवर्क उपकरण महंगे हैं, इसलिए नेटवर्किंग हार्डवेयर को सस्ता बनाकर तकनीक को और अधिक उपयोगी बनाया जा सकता है।
- स्मार्ट कृषि में व्यापक अनुप्रयोगों के लिए अपनाया गया।**

10 निष्कर्ष और भविष्य की दिशाएँ

आज की दुनिया में, हम पहले से कहीं ज्यादा “भोजन को अपनी दवा बनाओ” को महत्व देते हैं क्योंकि गुणवत्तापूर्ण भोजन हमारी रोग प्रतिरोधक क्षमता को बढ़ाता है। कृषि, खाद्य सुरक्षा और खाद्य आपूर्ति श्रृंखला के बारे में जानकारी अधिक प्राप्तिक गई है। यह लेख कृषि, खाद्य सुरक्षा और खाद्य आपूर्ति श्रृंखला के बारे में विस्तृत सर्वेक्षण प्रदान करता है। स्मार्ट कृषि में चल रहे अनुसंधान रझान। इसमें चुनौतियों और खुले अनुसंधान के लिए हाल ही में प्रौद्योगिकी रझानों पर चर्चा की गई है। इस क्षेत्र में समस्याओं का समाधान। लेखकों का मानना है कि यह कार्य प्रौद्योगिकियों, चुनौतियों और अनुसंधान पर समग्र विचार देगा स्मार्ट कृषि में समस्याएं।

तकनीकी उन्नति और आईसीटी के तीव्र विकास ने पारंपरिक कृषि को स्मार्ट, टिकाऊ और टिकाऊ कृषि में बदल दिया है। बुद्धिमान, स्वचालित कृषि। स्मार्ट कृषि टिकाऊ, हरित खेती को अपनाकर कार्बन पुटप्रिट को कम करती है। खेती में कीटनाशकों और उर्वरकों के उपयोग को कम करना, तथा प्राकृतिक संसाधनों का अनुकूलन करना। जल्द ही कृषि उद्योग कृषि 5.0 [232] का स्वागत करेगा। यह प्रणाली को पर्यावरण की दृष्टि से टिकाऊ बनाए रखते हुए पैदावार बढ़ाएगा। विकासशील देश भी विकसित देशों की तरह ही चलन अपनाएंगे। मानवता उत्पादन को अपनाएंगी और भोजन का वितरण आर्थिक और पारिस्थितिक रूप से कुशल तरीके से पहले कभी नहीं किया गया [233]।

संक्षिप्त शब्दों की सूची

ए-सीपीएस कृषि साइबर-भौतिक प्रणालियां.	7
एएनएन कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क.	7
एआई कृत्रिम बुद्धिमत्ता.	1
बीटी बिग डेटा बीआरटी	2
बूस्टेड रियेशन ट्री सीएनएन कन्वॉल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क्स।	17
	15
सीएफएस सहसंबंध-आधारित सुविधा चयन.	18
फसल-CASMA फसल की स्थिति और मृदा नमी विश्लेषण ...	23
सीपीएस साइबर-फिजिकल सिस्टम्स.	7
डीडीओएस वितरित सेवा अस्वीकारा.	21
डीएलटी वितरित खाता प्रौद्योगिकी.	1
डीएनएन डीप न्यूरल नेटवर्क.	17
DoS सेवा अस्वीकार..	20
ईडीसी एज डेटा सेंटर..	20
ईपीसीआईएस इलेक्ट्रॉनिक उत्पाद कोड सूचना सेवाएं.....	22
ईआरपी उद्यम संसाधन योजना.	22
एफएल फ़ज़ी लॉजिक	7
जीपीआरएस ग्राउंड पेनेट्रेटिंग रडार सेवाएं.	6
जीपीएस ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम.	10
जीआरयू गेटेड रिकरंट थूनिट.	17
एच-सीपीएस हेल्थकेयर साइबर-फिजिकल सिस्टम्स.	7
आईसीटी सूचना और संचार प्रौद्योगिकी.	29
IIoT औद्योगिक इंटरनेट ऑफ थिंग्स.	11
आईओएटी इंटरनेट ऑफ एग्रो-थिंग्स.	7
IoMT इंटरनेट ऑफ मेडिकल थिंग्स.	7
IoT इंटरनेट ऑफ थिंग्स..	2

आईपीएफएस इंटरप्लेनेटरी फाइल सिस्टम.	23
एलपीडब्ल्यूएन कम-शक्ति वाइड एरिया नेटवर्क.	15
एलएसटीएम दीर्घ अल्पकालिक स्मृति.	17
एलटीई दीर्घकालिक विकास.	6
एम2एम मशीन-टू-मशीन	14
मैक मीडिया एक्सेस नियंत्रण.	23
एमएल मशीन लर्निंग..	1
एमएलपी मल्टी-लेयर परसेप्ट्रॉन.	17
एनबी-आईओटी नैटोवैड IoT	6
NASS राष्ट्रीय कृषि सांख्यिकी सेवा.	25
एनसीएसएस राष्ट्रीय सहकारी मृदा सर्वेक्षण.	24
एनएफटी निकट क्षेत्र संचार.	6
एनवीडीआई सामान्यकृत अंतर वनस्पति सूचकांक	10
पी2पी पॉइंट-टू-पॉइंट	17
पीबीएफटी व्यावहारिक बीजान्टिन दोष सहिष्णुता पीओएस प्रूफ-ऑफ-	21
स्टेक....	20
PoW कार्य-प्रमाण. ।।।	20
PUF भौतिक अनवलोन करने योग्य कार्य	1
आरएफआईडी रेडियो फ्रीक्वेंसी पहचान	6
आरएमएसई रूट माध्य वर्ग त्रुटि	18
आरएनएन आवरक त्रिका नेटवर्क.	18
आरपीएन क्षेत्र प्रस्ताव नेटवर्क.	17
एसडीएन सॉफ्टवेयर-परिभाषित नेटवर्किंग.	21
एसआईएल सौर कीटनाशक लैंप.	14
एसपीओएफ सिंगल पॉइंट-ऑफ-फेल्योर एसएसडी	19
सिंगल सीड डिसेंट एसवीएम सपोर्ट वेक्टर मशीन	18
यूएची मानव रहित हवाई याहन।	14
यूएसडीए अमेरिकी कृषि विभाग.	23
यूएसजीएस अमेरिकी भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण.	24
डब्ल्यूएसएन वायरलेस सेंसर नेटवर्क.	5

संदर्भ

- [1] संयुक्त राष्ट्र रिपोर्ट. <https://www.un.org/devFelopment/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>
- [2] एक रिपोर्ट: भोजन। <https://www.un.org/en/global-issues/food>.
- [3] यूनिसेफ डब्ल्यूएफपी एफएओ, आईएफएडी और डब्ल्यूएचओ। किफायती स्वस्थ आहार के लिए खाद्य प्रणालियों में बदलाव। 2020।
- [4] विश्व सरकार शिखर सम्मेलन. <https://www.worldgovernmentsummit.org/api/publications/document?id=95df8ac4-e97c-6578-b2f8-ff0000a7ddb6>.
- [5] ये लियू शियाओयुआन मा, लई शू गेरहार्ड पेट्रस हैंके, और अदनान एम. अबू-महफूज़। उद्योग 4.0 से कृषि 4.0: वर्तमान स्थिति, सक्षम प्रौद्योगिकियां, और अनुसंधान चुनौतियाँ। IEEE औद्योगिक लेनदेन सूचना विज्ञान, 17(6):4322-4334, जून 2021. doi:10.1109/tni.2020.3003910.
- [6] सरजू पी मोहंती। इंटरनेट-ऑफ-एग्रो-थिंग्स (आईओएटी) स्मार्ट कृषि बनाता है। आईईई कंज्यूमर इलेक्ट्रॉनिक्स मैगज़ीन, 10(4):4-5, 2021.
- [7] अहमद खत्ताब, अहमद अब्देलगावाद और कुमार येलमार्थी। क्लाउड-आधारित आईओटी का डिजाइन और कार्यान्वयन परिशुद्ध कृषि के लिए योजना। माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक्स (ICM) पर 28वें अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में, पृष्ठ 201-204, 2016. doi:10.1109/ICM.2016.7847850.
- [8] अब्दुल्ला ना और विलियम इसाक। आईओटी वातावरण में मानव-केंद्रित कृषि मॉडल विकसित करना। इंटरनेट ऑफ थिंग्स एंड एप्लीकेशन (आईओटीए) पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही, पृष्ठ 292-297, 2016। doi:10.1109/IOTA.2016.7562740.

- [9] एन्ड्रेस विला-हेनरिक्सन, गैरेथ टीसी एडवर्ड्स, लिइसा ए पेसोनेन, ओले ग्रीन, और क्लॉस एज ग्रोन सोरेनसेन। कृषि योग्य खेती में इंटरनेट ऑफ थिंग्स: कार्यान्वयन, अनुप्रयोग, चुनौतियाँ और संभावनाएँ। बायोसिस्टम इंजीनियरिंग, 191:60-84, 2020।
- [10] फ्रांसिस्को जेवियर फेरांडेज़-पादरी, जुआन मैनुअल गार्सिया-चामिज़ो, मारियो नीटो-हिडाल्गो, जेरोनिमो मोरा-पास्कुअल, और जोस मोरा-मार्टिनेज़। इंटरनेट ऑफ थिंग्स का उपयोग करके सर्वव्यापी सेंसर नेटवर्क प्लेटफॉर्म विकसित करना: सटीक कृषि में अनुप्रयोग। सेंसर, 16(7):1141, 2016।
- [11] माणक गुप्ता, महमूद अब्देलसलाम, सज्जाद खोरसंदू और सुदीप मित्र। स्मार्ट खेती में सुरक्षा और गोपनीयता : चुनौतियाँ और अवसर। IEEE एक्सेस, 8:34564-34584, 2020. doi:10.1109/ACCESS.2020.2975142.
- [12] फ्रांसिस्को जेवियर फेरांडेज़-पादरी, जुआन मैनुअल गार्सिया-चामिज़ो, मारियो नीटो-हिडाल्गो, और जोस मोरा-मार्टिनेज़। इंटरनेट ऑफ थिंग्स के संदर्भ में वितरित कंप्यूटिंग वास्तुकला का उपयोग करते हुए सटीक कृषि डिजाइन विधि। सेंसर, 18(6):1731, 2018।
- [13] पार्थ प्रतिम रे। स्मार्ट कृषि के लिए इंटरनेट ऑफ थिंग्स: तकनीकें, अभ्यास और भविष्य की दिशा। जर्नल ऑफ एम्बिएट इंटेलिजेंस एंड स्मार्ट एनवायरनमेंट, 9(4):395-420, 2017। [14] आ कोकसाल और बेदिर टेकिनेरडोगन। IoT-आधारित कृषि प्रबंधन सूचना प्रणालियों के लिए
- आर्किटेक्चर डिज़ाइन दृष्टिकोण। प्रेसिजन एग्रीकल्चर, 20(5):926-958, 2019।
- [15] पशुधन सेंसर। <https://www.precisionag.com/in-field-technologies/sensors/using-iot-to-increase-efficiency-throughput-and-pashudhan>.
- [16] फसल क्षेत्र सेंसर। <https://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g2296/build/g2296.htm>.
- [17] ओथैन फ़िहां, मोहम्मद अमीन फ़ेराग, लेई शू, लिआंड्रोस मैगालारस और ज़ियाओचन वांग। स्मार्ट कृषि के भविष्य के लिए इंटरनेट ऑफ थिंग्स: उभरती प्रौद्योगिकियों का एक व्यापक सर्वेक्षण। IEEE/CAA जर्नल ऑफ ऑटोमेटिका सिनिका, 8(4):718-752, 2021. doi:10.1109/JAS.2021.1003925.
- [18] डीओ शिरसाठ, पुनम कांबले, रोहिणी माने, अधिनी कोलाप और आरएस मोरे। Arduino का उपयोग करके IoT आधारित स्मार्ट ग्रीनहाउस स्वचालन। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ इनोवेटिव रिसर्च इन कंप्यूटर साइंस एंड टेक्नोलॉजी, 5 (2):234-238, 2017।
- [19] मानव मेहरा, समीर सवसेना, सुरेश शंकरनारायणन, रिजो जैवसन टॉम और एम वीरमणिकादन। डीप न्यूरल नेटवर्क का उपयोग करके IoT आधारित हाइड्रोपोनिक्स सिस्टम। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 155:473-486, 2018।
- [20] ट्रान एन खोआ, माई मिन्ह मैन, टैन-वाई गुयेन, वंडुग गुयेन, और गुयेन होआंग नाम। IoT मल्टी-सेंसर का उपयोग करके स्मार्ट कृषि: एक नया जल प्रबंधन सिस्टम। जर्नल ऑफ सेंसर और एक्ट्यूएटर नेटवर्क, 8(3): 45, 2019।
- [21] शतादु बिपाशा बिस्वास और एम तारिक इकबाल। कम लागत वाले ईएसपी32 माइक्रोकंट्रोलर का उपयोग करके सौर जल पंपिंग सिस्टम नियंत्रण। IEEE कनाडाई कॉन्फ्रेंस ऑन इलेक्ट्रिकल एंड कंप्यूटर इंजीनियरिंग (CCECE) की कार्यवाही में, पृष्ठ 1-5। IEEE, 2018।
- [22] सुतन्त्री भौमिक, विक्रम विश्वास, मंदिरा विश्वास, अनुप डे, सुभाशीष रोंय, और सुवीर कुमार सरकार। वर्टिकल फ़ार्मिंग में IoT-सक्षम स्मार्ट कृषि का अनुप्रयोग। एडवांस इन कम्युनिकेशन, डिवाइसेस एंड नेटवर्किंग, पेज 521-528। स्प्रिंगर, 2019।
- [23] टेरेटिल ए.ए. अली, विराज चौकसी, और मधुकर वी. पोतदार। ग्रीन इंटरनेट ऑफ थिंग्स (जी-आईओटी) का उपयोग करके सटीक कृषि निगरानी प्रणाली। इलेक्ट्रॉनिक्स और सूचना विज्ञान में रुझानों पर दूसरे अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन (आईसीओईआई) की कार्यवाही में, पृष्ठ 481-487। आईईईई, 2018।
- [24] जेए लोपेज़-रिकेल्स, एन पावोन-पुलिडो, एच नवारो-हेलिन, एफ सोटो-बेल्स, और आर टोरेस-सांचेज़। परिशुद्ध कृषि के लिए फर्मवेयर क्लाउड पर आधारित एक सॉफ्टवेयर आर्किटेक्चर। कृषि जल प्रबंधन, 183:123-135, 2017.
- [25] डिक्सिस एल हर्नडेज़-रोजास, टियागो एम फर्नार्डीज़-कारामे, पाउला फ्रैगा-लामास और कालोस जे एस्कुडेरो। IoT टेलीमेट्री अनुप्रयोगों में BL बीकन के माध्यम से विषम संवेदन के लिए हल्के प्रोटोकॉल के एक परिवार का डिज़ाइन और व्यावहारिक मूल्यांकन। सेंसर, 18(1):57, 2018।
- [26] मिलियन माफुटा, मार्को ज़ेनारो, एंटोनी बागुला, ग्राहम ऑल्ट, हैरी गोम्बाचिका, और टिमोथी चाइज़ा। मलावी में सटीक कृषि के लिए वायरलेस सेंसर नेटवर्क की सफल तैनाती। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ डिस्ट्रिब्यूटेड सेंसर नेटवर्क, 9(5):150703, 2013।
- [27] रवि किशोर कोडाली, विशाल जैन, और सुमित करगवाल। IoT आधारित स्मार्ट ग्रीनहाउस। IEEE की कार्यवाही में
- क्षेत्र 10 मानवीय प्रौद्योगिकी सम्मेलन (R10-HTC), पृष्ठ 1-6. IEEE, 2016।
- [28] ताकोई के हविता और एरिच क्रिस हॉफकर। आरएफआईडी तकनीक का उपयोग करके एक “स्मार्ट” वायरलेस मृदा निगरानी सेंसर प्रोटोटाइप का विकास। एप्लाइड इंजीनियरिंग इन एग्रीकल्चर, 21(1):139-143, 2005।

- [29] स्वेच्छा गैसपेरिन, डीडब्ल्यूके ब्लैकबर्न, और आरजे गॉडविन। कृषि रसायनों की पहचान और सत्यापन के लिए आरएफआईडी टैग खाद्य ट्रेसिबिलिटी सिस्टम में। प्रेसिजन एग्रीकल्चर, 10(5):382-394, 2009।
- [30] लुइस रुड़ज़-गासिंया और लोरेडाना लुनादेई। कृषि में आरएफआईडी की भूमिका: अनुप्रयोग, सीमाएँ और चुनौतियाँ। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 79(1):42-50, 2011।
- [31] ए.जे. शॉलैंडर, जे.ए. थॉमसन, रुड़विसउ सुई, और वाई.जी. कपास मॉड्यूल की वायरलेस ट्रैकिंग। भाग 2: स्वचालित मशीन पहचान और सिस्टम परीक्षण। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 75(1):34-43, 2011।
- [32] जॉर्ज वेलिडिस, माइकल टकर, केल्विन पेरी, क्रेग विवेन और सी बेडनार्ज़। सिंचाई शेड्यूल करने के लिए एक वास्तविक समय वायरलेस स्मार्ट सेंसर सरणी। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 61(1):44-50, 2008।
- [33] वेन्जू झाओ, शेंगवेई लिन, जीवेन हान, रोगताओ जू और लू होउ। लोरा पर आधारित स्मार्ट सिंचाई प्रणाली का डिजाइन और कार्यान्वयन। IEEE ग्लोबकॉम वर्कशॉप (GC Wkshps) की कार्यवाही में, पृष्ठ 1-6। IEEE, 2017।
- [34] घूसेप फरासी, एंजेलो रेसिटी, सैंसी रिज़ो और जियोवानी शोम्मा। ग्रामीण क्षेत्रों में मानव रहित हवाई निगरानी के लिए 5जी प्लेटफॉर्म: डिजाइन और प्रदर्शन संबंधी मुद्दे। नेटवर्क सॉफ्टवेयराइजेशन और वर्कशॉप (नेटसॉफ्ट) पर 4वें IEEE सम्मेलन की कार्यवाही में, पृष्ठ 237-241। IEEE, 2018।
- [35] अहमद अलहमदी, तामी अलवाजीह, वासुकी मोहनन और रहमत बुदिआर्टो। खेती के इंटरनेट के लिए हमेशा सबसे अच्छा कनेक्शन वाला वायरलेस सेंसर नेटवर्क। 5G नेटवर्क के साथ इंटरनेट ऑफ थिंग्स को सशक्त बनाना, पृष्ठ 176-201। आईजीआई ग्लोबल, 2018। [36] छवि: Freepik.com।
- [37] गिउलिआनो विटाली, माटेओ अन्नासिया, माटेओ गोल्फारली और मौरिजियो कैनावरी। IoT के साथ फसल प्रबंधन: एक अंतःविषय सर्वेक्षण। एग्रोनॉमी, 11(1):181, जनवरी 2021। doi:10.3390/agronomy11010181।
- [38] के बालकृष्ण, एस.एन. नेत्रवती और के. हर्षिता। कृषि के अनुप्रयोग के लिए वास्तविक समय मिट्टी निगरानी प्रणाली। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ इंजीनियरिंग साइंस एंड कंप्यूटिंग, 6(5):2016, 2016।
- [39] झू याओ-लिन, झांग गाओ-कियांग, झू लैई और जू जिन। nRF24I01 पर आधारित वायरलेस मल्टी-पॉइंट तापमान ट्रांसमिशन सिस्टम का डिजाइन। 2011 में बिजेनेस मैनेजमेंट और इलेक्ट्रॉनिक सूचना पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन। IEEE, मई 2011। doi:10.1109/icbmei.2011.5920375।
- [40] झूंग मा और जिंग पैन। वायरलेस सेंसर पर आधारित कृषि पर्यावरण सूचना संग्रह प्रणाली। नेटवर्क। 2012 IEEE ग्लोबल हाई टेक कांगेस ऑन इलेक्ट्रॉनिक्स, पृष्ठ 24-28, 2012।
- [41] एन राधा और आर स्वाधिका। एक पॉलीहाउस: सी.एन.एन. का उपयोग करके पौधों की निगरानी और रोगों का पता लगाना। आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस और स्मार्ट सिस्टम (आईसीएआईएस) पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में, पृष्ठ 966-971, 2021। doi:10.1109/ICAIIS50930.2021.9395847।
- [42] कंचना एस. कृषि में IoT: स्मार्ट खेती। कंप्यूटर विज्ञान, इंजीनियरिंग और सूचना प्रौद्योगिकी में वैज्ञानिक अनुसंधान के अंतर्राष्ट्रीय जर्नल, पृष्ठ 181-184, नवंबर 2018। doi:10.32628/cseit183856।
- [43] सुधीर कुमार नागथु। मृदा सेंसर और जीएसएम का उपयोग करके मौसम आधारित स्मार्ट वार्टरिंग सिस्टम। सामाजिक कल्याण के लिए अनुसंधान और नवाचार में भविष्य के रुझानों पर विश्व सम्मेलन की कार्यवाही में (स्टार्टअप कॉन्क्लेव), पृष्ठ 1-3, 2016। doi: 10.1109/STARTUP.2016.7583991।
- [44] ओलुबॉगा कायोडे ओगिदान और कैनेडी रिचमंड अफिया। एंड्रॉइड के साथ स्मार्ट सिंचाई प्रणाली-IEEE AFRICON की कार्यवाही में। IEEE, सितंबर 2019। आधारित रिमोट लॉगिंग और नियंत्रण। doi:10.1109/africon46755.2019.9133953।
- [45] यू.वांग, शी योंग, झाओफेंग चेन, हैयुआन झूंग, जियायू झूआंग और जियाजिया लियू। एक बुद्धिमान पश्चिम उत्पादन निगरानी और प्रबंधन प्रणाली का डिजाइन। IEEE 7वें डेटा ड्रिवेन कंट्रोल एंड लर्निंग सिस्टम कॉन्फ्रेंस (DDCLS) की कार्यवाही में। IEEE, मई 2018। doi:10.1109/ddcls.2018.8516021।
- [46] राजेंद्र पी. सिशोदिया, राम एल. रे, और सुधीर के. सिंह। सटीक कृषि में रिमोट सेंसिंग के अनुप्रयोग: एक समीक्षा। रिमोट सेंसिंग, 12(19):3136, सितंबर 2020। doi:10.3390/rs12193136।
- [47] जैस्पर टेबोह, ब्रैंडा ट्रिबाना, यियो उडेवे, येवेस एमैंडेक और जोश लॉप्टन। उप सहारा अफ्रीका में फसल प्रबंधन के लिए जमीन आधारित रिमोट सेंसर की प्रयोज्यता। जर्नल ऑफ एग्रीकल्चरल साइंस, 4:175-, जनवरी 2012। doi:10.5539/jas.v4n3p175।
- [48] थॉमस जैक्सन। मृदा जल मॉडलिंग और रिमोट सेंसिंग। IEEE ट्रांजेक्शन ऑन जियोसाइंस एंड रिमोट सेंसिंग, GE-24(1):37-46, जनवरी 1986। doi:10.1109/tgrs.1986.289586।
- [49] रवि किशोर कोडाली, विशाल जैन और सुमित करगवाल। IoT आधारित स्मार्ट ग्रीनहाउस। IEEE क्षेत्र 10 मानवीय प्रौद्योगिकी सम्मेलन (R10-HTC) की कार्यवाही में, पृष्ठ 1-6, 2016। doi:10.1109/R10-HTC.2016.7906846।
- [50] प्रद्युमन के त्रिपाठी, अजया के त्रिपाठी, अदिति अग्रवाल, और सरजू पी मोहनी। माईग्रीन: टिकाऊ कृषि के लिए एक आईओटी-सक्षम स्मार्ट ग्रीनहाउस। आईईईई कंज्यूमर इलेक्ट्रॉनिक्स मैगज़ीन, 2021।

[51] पनागियोटिस राडोग्लू-ग्रामपैटिकिस, पनागियोटिस सारिगियानिडिस, थॉमस लागकास और इयोनिस मोस्कोलियोस। स्मार्ट कृषि के लिए यूएवी अनुप्रयोगों का संकलन। कंप्यूटर नेटवर्क, 172:107148, मई 2020। doi:10.1016/j.comnet.2020.107148।

[52] ओथेन फ्रिहा, मोहम्मद अमीन फ़ेराग, लेर्ड शू, लिआंड्रोस मैग्लारस और जियाओचन वांग। स्मार्ट कृषि के भविष्य के लिए इंटरनेट ऑफ थिंग्स: उभरती प्रौद्योगिकियों का एक व्यापक सर्वेक्षण। IEEE/CAA जर्नल ऑफ ऑटोमिका सिनिका, 8(4):718-752, अप्रैल 2021। doi:10.1109/jas.2021.1003925।

[53] आनंदवल्ती मुनियासामी। स्मार्ट खेतों के लिए मशीन लर्निंग: रेगिस्टानी कृषि पर ध्यान। 2020 के अंतर्राष्ट्रीय कंप्यूटिंग और सूचना प्रौद्योगिकी सम्मेलन (ICCIT-1441) में। IEEE, सितंबर 2020। doi:10.1109/iccit-144147971.2020.9213759।

[54] रवि गोरली और सहायक प्रोफेसर। इंटरनेट ऑफ थिंग्स के साथ स्मार्ट खेतों का भविष्य। जर्नल ऑफ इन्फॉर्मेशन टेक्नोलॉजी एंड इट्स एप्लीकेशन, 2, अप्रैल 2017।

[55] स्टीवर्ट जे मूरहेड, कार्ल के वैलिंगटन, ब्रायन जे गिलमोर और कार्लोस वैलेस्टी। बागों को स्वचालित करना: बागों के रखरखाव के लिए स्वायत्त ट्रैक्टरों की एक प्रणाली। IEEE इंटरनेशनल कॉन्फ्रेंस ऑफ इंटेलिजेंट रोबोट्स एंड सिस्टम्स की कार्यवाही में, कृषि रोबोटिक्स पर कार्यशाला, 2012।

[56] अहमद विर्क, महमूद अली नूर, साजिद फियाज, सदाम हुसैन, हाफिज हुसैन, मुजम्मल रहमान, मुहम्मद अहसान और वेर्ड मा। स्मार्ट खेती: एक अवलोकन, पृष्ठ 191-201, 02 2020। आईएसवीएन 978-3-030-37793-9, डोइ:10.1007/978-3-030-37794-6_10।

[57] इसाकोविक हारिस, अलेक्सेंडर फाशिंग, तुकास पुंजेनबर्ग और रादू गोसु। सीपीएस/आईओटी इकोसिस्टम: इनडोर वर्टिकल फ्लार्मिंग सिस्टम। 2019 IEEE 23वें इंटरनेशनल सिम्पोजियम ऑन कंज्यूमर टेक्नोलॉजीज (ISCT) में। IEEE, जून 2019। doi:10.1109/isce.2019.8900974।

[58] मसाफिरी मबागा। ओमान में खाद्य सुरक्षा में सुधार के लिए टिकाऊ रेगिस्टानी कृषि की संभावनाएँ। कॉन्सिलिएंस:

जर्नल ऑफ सटेनेबल डेवलपमेंट, 13:44-59, जनवरी 2015।

[59] आर. विद्या और के. वलरमाथी। IoT का उपयोग करके हाइड्रोपोनिक्स खेतों की स्वचालित निगरानी पर सर्वेक्षण। संचार और इलेक्ट्रोनिक्स सिस्टम (ICCES) पर तीसरे अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में। IEEE, अक्टूबर 2018। doi:10.1109/cesys.2018.8724103।

[60] वर्टिकल फार्मिंग. <https://mbc.studentlife.umich.edu/2021/04/23/urban-farming-the-introduction-of-vertical-farming/>.

[61] एस. रेवती और एस. सत्या प्रिया। किसानों के लिए ब्लॉकचेन आधारित उत्पादक-उपभोक्ता मॉडल। कंप्यूटर, संचार और सिम्बल प्रोसेसिंग (ICCCSP) पर 4वें अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में। IEEE, सितंबर 2020। doi:10.1109/icccsp49186.2020.9315214।

[62] मिगुएल पिन्चेरा कैरो, मुहम्मद सालेक अली, मास्सिमो वेक्विचो और राफेल जियाफ्रेडा। कृषि-खाद्य आपूर्ति श्रृंखला प्रबंधन में ब्लॉकचेन-आधारित ट्रेस-एबिलिटी: एक व्यावहारिक कार्यान्वयन। IoT वर्टिकल और कृषि पर शीर्ष शिखर सम्मेलन - टस्कनी (IOT टस्कनी) की कार्यवाही में। IEEE, मई 2018। doi:10.1109/iot-tuscany.2018.8373021।

[63] जुनयोग लियू, यानकिसन चाई, यू जियांग, शेन झांग, सी गो, यूबो लियू, और एस. रेवती। स्मार्ट कृषि की दिशा में बिजली प्रणालियों की स्वच्छ ऊर्जा खपत: रोडमैप, अडचनें और प्रौद्योगिकियाँ। सीएसई जर्नल ऑफ पावर एंड एनर्जी सिस्टम्स, 4(3):273-282, सितंबर 2018। doi:10.17775/cseejpes.2017.01290।

[64] सास्वत कुमार राम, सौभाग्य रंजन साहू, बानी बंदाना दास, कमलाकांत महापात्रा, और सरजू पी. मोहंती। इंटरनल-थिंग: टिकाऊ IoT के लिए एक सुरक्षित एजिंग-अवेयर सोलर-एनर्जी हार्डवर सिस्टम। IEEE ट्रांजेक्शन ऑन सटेनेबल कंप्यूटिंग, 6(2):320-333, अप्रैल 2021। doi:10.1109/tsusc.2020.2987616।

[65] काई हुआंग, लेर्ड शू, कैलियांग ली, फैन यांग, गुआंगजी हान, शियाओचन वांग और साइमन पियर्सन। स्मार्ट खेतों की अगली पीढ़ी को साकार करने की दिशा में फोटोवोल्टिक कृषि इंटरनेट ऑफ थिंग्स। IEEE एक्सेस, 8:76300- 76312, 2020। doi:10.1109/access.2020.2988663।

[66] अल्पेश देसाई, इंद्रजीत मुख्योपाध्याय और अभिजीत रे। कृषि समुदाय में स्थानी ग्रामीण विद्युतीकरण के लिए सौर पीवी स्मार्ट माइक्रोग्रिड का तकनीकी-आर्थिक-पर्यावरण विश्लेषण। IEEE 48वें फोटोवोल्टिक विशेषज्ञ सम्मेलन (PVSC), 2021 की कार्यवाही में। doi:10.1109/pvsc43889.2021.9518454।

[67] मासूम इब्राहिमी, एमलेसेट केलाटी, एम्मा एनकोनोकी, एस्न कोडोरो, डायना रवेगासिरा, इमेड बेन धी, विले ताजमा, और हनू तेनहुनेन। सीईआरआईडी का निर्माण: चुनौती, शिक्षा, अनुसंधान, नवाचार और तैनाती "स्मार्ट माइक्रोग्रिड के संदर्भ में"। IST-अफ्रीका वीक कॉन्फ्रेंस (IST-अफ्रीका), 2019 की कार्यवाही में। doi:10.23919/istafrica.2019.8764845।

[68] डेव इवांस। इंटरनेट का अगला विकास कैसे सब कुछ बदल रहा है। 2011।

[69] फ्रेंक कॉर्बन, फिलिप लूवेट-मौडी, जैक्स जे फोरनियर और असिया ट्रिया। तेज़ SEM इमेजिंग पर आधारित एक उच्च दक्षता वाली हार्डवेयर ड्रोजन डिवेलपमेंट। यूरोप कॉन्फ्रेंस और प्रदर्शनी (DATE) में डिजाइन, ऑटोमेशन और टेस्ट की कार्यवाही में। IEEE कॉन्फ्रेंस प्रकाशन, 2015। doi:10.7873/date.2015.1104।

[70] श्रीराम शंकरन, एस. शिवशंकर, और के. निम्मी। एलएचपीयूएफ़: इंटरनेट ऑफ़ थिंग्स में बेहतर सुरक्षा के लिए लाइटवेट हाइब्रिड पीयूएफ़। स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम (आईएसईएस) (पूर्व में आईएनआईएस) पर आईईईई इंटरनेशनल सिम्पोजियम की कार्यवाही में, 2018। doi:10.1109/ises.2018.00066।

[71] मिंग तांग, मैक्सिंग लुओ, जुनफेंग झोउ, जेन यांग, जियेंग गुओ, की यान और लियांग लियू। वास्तविक परिदृश्य में साइड-चैनल हमले। सिंघुआ विज्ञान और प्रौद्योगिकी, 23(5):586-598, अक्टूबर 2018. doi:10.26599/tst.2018.9010047।

[72] हॉगिल जू, योगसुंग जियोन और जियोगनेयो किम। स्मार्ट डिवाइस के लिए हाईवेयर-आधारित सुरक्षा समाधानों पर एक अध्ययन। कम्प्यूटेशनल साइंस और कम्प्यूटेशनल इंटेलिजेंस (सीएससीआई) पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में, 2015। doi:10.1109/csci.2015.105।

[73] रजत सुभा चक्रवर्ती और स्वरूप भुविया। डिज़ाइन ऑफ़फ़सेक्शन के एक नए अनुप्रयोग के माध्यम से हाईवेयर ट्रोजन के खिलाफ़ सुरक्षा। कंप्यूटर-एडेंड डिज़ाइन पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में - ICCAD। ACM प्रेस, 2009. doi:10.1145/1687399.1687424।

[74] ई. कौगियानोस वीपी यानंबका बीके बनिया वीकेवीवी बाथलापल्ली, एसपी मोहंती और बी. राजत। स्मार्ट कृषि में स्थायी साइबर सुरक्षा के लिए पीयूएफ़-आधारित दृष्टिकोण। सूचना प्रौद्योगिकी पर ओआईटीएस अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन (ओसीआईटी), 2021 की कार्यवाही में, स्वीकृत, प्रेस में।

[75] एबेल रोड़िग्ज डे ला कॉन्सेप्शियन, रिकार्डो स्टेफ़नेली और डेनियल ट्रिंचरो। टिकाऊ कृषि में उच्च परिभाषा निगरानी के लिए अनुकूली वायरलेस सेंसर नेटवर्क। वायरलेस सेंसर और सेंसर नेटवर्क (WiSNet) पर IEEE टॉपिकल कॉन्फ़ेंस की कार्यवाही में, 2014. doi:10.1109/wisnet.2014.6825511।

[76] मिंग झांग। वायरलेस सेंसर नेटवर्क के नोड सिस्टम का डिज़ाइन और डिजिटल कृषि में इसका अनुप्रयोग। कंप्यूटर वितरित नियंत्रण और बुद्धिमान पर्यावरण निगरानी पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में, 2011. doi:10.1109/cdciem.2011.371।

[77] जी. साहित्य, एन. बालाजी, और सी.डी. नायडू। स्मार्ट कृषि के लिए वायरलेस सेंसर नेटवर्क। एप्लाइ एंड थियोरेटिकल कंप्यूटिंग एंड कम्युनिकेशन टेक्नोलॉजी (iCATccT) पर दूसरे अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में, 2016. doi:10.1109/icatcct.2016.7912049।

[78] फैन यांग, लेई शू, काई हुआंग, कैलियांग ली, गुआंगजी हान और ये लियू। सौलर कीटनाशक लैप इंटरनेट ऑफ़ थिंग्स में विभाजन-आधारित नोड परिनियोजन रणनीति। IEEE इंटरनेट ऑफ़ थिंग्स जर्नल, 7(11):11223-11237, नवंबर 2020. doi:10.1109/jiot.2020.2996514।

[79] सटीक कृषि चुनौतियाँ।

[80] मिन चेन, शिवेन माओ और युन्हाओ लियू। बड़ा डेटा: एक सर्वेक्षण। मोबाइल नेटवर्क और अनुप्रयोग, 19(2):171-209, 2014।

[81] किजन पोप, जैक्स वोल्फर्ट, सी.एन. वेरडोउ, और एलन रेनविक। बड़े डेटा के अर्थशास्त्र पर एक यूरोपीय परिप्रेक्ष। फार्म पॉलिसी जर्नल, 12(1):11-19, 2015।

[82] साजाक वोल्फर्ट, लैन जीई, कॉर वेरडोउ, और मार्क-जेरोइन बोगार्ड। स्मार्ट खेती में बड़ा डेटा-एक समीक्षा। कृषि सिस्टम, 153:69-80, 2017।

[83] सी केम्पनार, सी लोकहर्स्ट, ईंजेबी ब्लूमर, आरएफ वीरकैप, थ बीन, एफके वैन एवर्ट, एमजे बूगार्ड, एल जीई, जे वोल्फर्ट, सीएन वेरडोव, एट अल। स्मार्ट खेती के लिए बड़ा डेटा विश्लेषण: खाद्य सुरक्षा विषय पर TO2 परियोजना के परिणाम। तकनीकी रिपोर्ट, वेरेनिंग विश्वविद्यालय एवं अनुसंधान, 2016।

[84] टी गुपेन जिया, ली किंगकिंग, जे पेना क्वेरल्टा, झूओ जू, हक्कू तेनहुनेन, और टोमी वेस्टरलंड। स्मार्ट फ्रार्मिंग आईओटी में एज एआई: एज पर सीएनएन और लोरा के साथ क्लॉग कंप्यूटिंग। IEEE AFRICON की कार्यवाही में, पृष्ठ 1-6। आईईईई, 2019।

[85] <https://blog.isa.org/whats-the-difference-between-industry-40-industry-501>

[86] विशाल दिनेशकुमार सोनी। ईकॉमर्स में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस की उभरती भूमिकाएँ। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ़ ट्रेनिंग वैज्ञानिक अनुसंधान और विकास में, 4(5):223-225, 2020।

[87] स्टीफ़न स्ट्रोहमेयर और फ्रैंका पियाज़ा। मानव संसाधन प्रबंधन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता तकनीके - एक वैचारिक अन्वेषण। इंजीनियरिंग प्रबंधन में बुद्धिमान तकनीकें, पृष्ठ 149-172। स्प्रिंगर, 2015।

[88] अलकनंदा मित्रा, सरजू पी. मोहंती, पीटर कोरकोरन और एलियास कौगियानोस। मजबूत स्वचालित चेहरे की पहचान प्रणाली बनाने के लिए डीप-मॉडल डीपफेक छवियों का पता लगाना। सूचना प्रौद्योगिकी पर 19वें ओआईटीएस अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन (ओसीआईटी), 2021 की कार्यवाही में।

[89] अलकनंदा मित्रा, सरजू पी. मोहंती, पीटर कोरकोरन और एलियास कौगियानोस। ईजीडीप: सोशल मीडिया में गैन जनरेटेड डीपफेक इमेज के लिए एक IoT फ्रेंडली मजबूत पहचान विधि। 4th FIP इंटरनेशनल इंटरनेट ऑफ़ थिंग्स (IoT) कॉन्फ़ेंस (IFIP-IoT), 2021 की कार्यवाही।

[90] अलकनंदा मित्रा, सरजू पी. मोहंती, पीटर कोरकोरन और एलियास कौगियानोस। आईफेस: स्मार्ट शहरों के लिए एक डीपफेक लचीला डिजिटल पहचान ढांचा। स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम (आईएसईएस) (पूर्व में आईएनआईएस) पर आईईईई इंटरनेशनल सिम्पोजियम की कार्यवाही में, 2021, स्वीकृत, प्रेस में।

- [91] फी जियांग, योंग जियांग, हुई झी, धी डोंग, हाओ ली, सुर्केंग मा, यिलोंग वांग, कियांग डोंग, हैयेंग शेन और योंगजुन वांग। स्वास्थ्य सेवा में कृत्रिम बुद्धिमत्ता: अतीत, वर्तमान और भविष्य। स्ट्रोक और संवहनी न्यूरोलॉजी, 2 (4), 2017.
- [92] अलकनंदा मित्रा, सरजू पी. मोहंती, पीटर कोरकोरन और एलियास कौमियानोस। सोशल मीडिया में डीपफेक वीडियो का पता लगाने के लिए एक नई मशीन लर्निंग आधारित विधि। IEEE इंटरनेशनल सिम्पोजियम ऑन स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम्स (ISES) (पूर्व में iNIS) की कार्यवाही में, पृष्ठ 91-96, 2020। doi:10.1109/ISES50453.2020.00031।
- [93] अलकनंदा मित्रा, सरजू पी. मोहंती, पीटर कोरकोरन और एलियास कौमियानोस। मुख्य वीडियो क्रेम निष्कर्षण के माध्यम से सोशल मीडिया में डीपफेक का पता लगाने के लिए मशीन लर्निंग आधारित दृष्टिकोण। एसएन कंप्यूटर साइंस, 2(2):98, 2021। doi:10.1007/s42979-021-00495-x।
- [94] मार्क पलाउस, एलेना एम मैरोन, रकेल विएजो-सोबेरा, और डिएगो रेडोलर-रिपोल। वीडियो गेमिंग का तंत्रिका आधार: एक व्यवस्थित समीक्षा। प्रॉटियर्स इन ह्यूमन न्यूरोसाइंस, 11:248, 2017।
- [95] ज्योफ स्किनर और टोबी वाल्म्स्ट्रैट। वीडियो गेम में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस और डीप लर्निंग एक संक्षिप्त समीक्षा। IEEE 4th इंटरनेशनल कॉन्फ्रेंस ऑन कंप्यूटर एंड कम्युनिकेशन सिस्टम्स (ICCCS) की कार्यवाही में, पृष्ठ 404-408, 2019। doi:10.1109/CCOMS.2019.8821783।
- [96] ये लियू, शियाओयुआन मा, लेर्ड शु, गोरहार्ड पेट्रस हैंके, और अदनान एम. अब्दु-महमूज़ा। उद्योग 4.0 से कृषि 4.0 तक: वर्तमान स्थिति, सक्षम प्रौद्योगिकियाँ और अनुसंधान चुनौतियाँ। IEEE ट्रांजेक्शन ऑन इंडस्ट्रियल इंफॉर्मेटिक्स, 17(6):4322-4334, 2021। doi:10.1109/TII.2020.3003910।
- [97] कॉन्ट्रैटिनो जी लियाकोस, पैट्रिजिया बुसाटो, दिमित्रियोस मोशौ, साइमन पियर्सन और डायोनिसिस बोचटिस। मशीन कृषि में सीखना: एक समीक्षा। सेसर, 18(8):2674, 2018।
- [98] पीजे रामोस, पलेवियो अॅगस्टो प्रीतो, ईसी मॉटोया, और कालोस यूजेनियो ओलिवरोस। कंप्यूटर विज्ञन का उपयोग करके कॉफ़ी शाखाओं पर स्वचालित फल गणना। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 137:9-22, 2017।
- [99] सुभाजीत सेनगुप्ता और बोन सुक ली। विभिन्न परिवेश प्रकाश स्थितियों के तहत एक छतरी में अपरिपक्व हरे खट्टे फलों की संख्या की पहचान और निर्धारण। बायोसिस्टम इंजीनियरिंग, 117:51-61, 2014।
- [100] यिंग-ज़ु सु, हुआन ज़ु, और ली-जियाओ यान। सपोर्ट वेक्टर मशीन-आधारित ऑपन क्रॉप मॉडल (एसबीओसीएम): चीन में चावल उत्पादन का मामला। सऊदी जर्नल ऑफ बायोलॉजिकल साइंसेज, 24(3):537-547, 2017।
- [101] सूरज अमात्य, मोज जार्को, एलेना गोगल, किन झांग और मैथू डी डिटिंग। स्वचालित मीठी चेरी कटाई के लिए प्लेनर आर्किटेक्चर में पूर्ण पते वाली चेरी के पेड़ की शाखाओं का पता लगाना। बायोसिस्टम इंजीनियरिंग, 146:3-15, 2016।
- [102] इस्पित्खार अली, फियोना काकवेल, एडवर्ड इवायर और स्टुअर्ट ग्रीन। मल्टीटेम्पोरल रिमोट सेंसिंग डेटा का उपयोग करके प्रबंधित घास के मैदान बायोमास अनुमान का मॉडलिंग - एक मशीन लर्निंग दृष्टिकोण। IEEE जर्नल ऑफ सेलेक्टेड टॉपिक्स इन एप्लाइड अर्थ ऑब्जर्वेशन एंड रिमोट सेंसिंग, 10(7):3254-3264, 2016।
- [103] जैंथोला डारिना पेट्रोजी, दिमित्रियोस मोशौ, धॉमस एलेक्जेंड्रिडिस, रेबेका एल व्हेटन, और अब्दुल मौज़ेन। मशीन लर्निंग और उन्नत सेंसिंग तकनीकों का उपयोग करके गेहूं की उपज का पूर्वानुमान। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 121:57-65, 2016।
- [104] मोनिशा कौल, रॉबर्ट एल हिल और चालर्स वाल्थॉल। मवका और सोयाबीन की उपज की भविष्यवाणी के लिए कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क। कृषि प्रणाली, 85(1):1-18, 2005।
- [105] गैंग लियू, जुएहोंग यांग, और मिजान ली। मिट्टी के मापदंडों पर प्रतिक्रिया करने वाली फसल की उपज के लिए एक कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल। न्यूरल नेटवर्क पर अंतर्राष्ट्रीय संगोष्ठी की कार्यवाही में, पृष्ठ 1017-1021। स्प्रिंगर, 2005।
- [106] वाई ऊनो, एसओ प्रशर, आर लैकोइक्स, पीके गोयल, वाई करीमी, और विआउ और आरएम पटेल। कॉम्पैक्ट एयरबोर्न स्पेक्ट्रोग्राफिक इमेजर डेटा से मकई की उपज का अनुमान लगाने के लिए कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 47(2): 149-161, 2005।
- [107] बियाओजुन जी, वाई सन, एस यांग, और जे वान। पहाड़ी क्षेत्रों में चावल की उपज की भविष्यवाणी के लिए कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क। जर्नल ऑफ एग्रीकल्चरल साइंस, 145(3):249-261, 2007.
- [108] जून झांग, यिमिंग वांग, जिनविंग ली और पिंग यांग। कपास की पैदावार की भविष्यवाणी के लिए एक तंत्रिका नेटवर्क मॉडल। अंतर्राष्ट्रीय सूचना प्रसंस्करण महासंघ-प्रकाशन-आईएफआईपी, 259:1321, 2008.
- [109] जॉर्ज रुस, रुडोफ क्रूस, मार्टिन श्राइडर और पीटर वैगनर। गेहूं की उपज की भविष्यवाणी के लिए न्यूरल नेटवर्क के साथ डेटा माइनिंग। डेटा माइनिंग पर औद्योगिक सम्मेलन की कार्यवाही में, पृष्ठ 47-56। स्प्रिंगर, 2008।
- [110] राम कृष्ण सिंह व अन्य। मवका फसल की उपज के मॉडलिंग और पूर्वानुमान के लिए कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क पद्धति। कृषि अर्थशास्त्र अनुसंधान समीक्षा, 21(347-2016-16813):5-10, 2008।
- [111] फरशाद सोहेली-फर्द और सईद बाबाक साल्वाटियन। कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क का उपयोग करके ऊर्जा इनपुट के आधार पर चाय की उपज का पूर्वानुमान (एक केस स्टडी: ईरान का गुडलान प्रांत)। बायोलॉजिकल फोरम की कार्यवाही में, खंड 7, पृष्ठ 1432। रिसर्च ट्रेंड, 2015।

[112] स्वेहल एस दहीकर और संदीप वी रोडे। कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क दृष्टिकोण का उपयोग करके कृषि फसल उपज की भविष्यवाणी। इलेक्ट्रॉनिक्स, इंस्ट्रुमेंटेशन और कंट्रोल इंजीनियरिंग में अभिनव अनुसंधान के अंतर्राष्ट्रीय जर्नल, 2(1):683-686, 2014।

[113] हैयान सॉन्ग और योंग हे। कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क पर आधारित फसल पोषण निदान विशेषज्ञ प्रणाली। सूचना प्रौद्योगिकी और अनुप्रयोगों पर तीसरे अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन (ICITA'05) की कार्यवाही में, खंड 1, पृष्ठ 357-362। IEEE, 2005।

[114] जियाओकिन दाई, जैलिन हुओ, और हुडमिन वांग। मृदा नमी और लवणता के प्रति फसल उपज की प्रतिक्रिया का अनुकरण कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क के साथ। फोल्ड क्रॉप्स रिसर्च, 121(3):441-449, 2011।

[115] जयवेल सैथिलनाथ, आकांक्षा डोकानिया, मनसा कंदुकुरी, केएन संसेध, गौतम आनंद और एसएन आँकार। यूएवी द्वारा कैप्चर की गई दूर से संवेदी आरजीबी छियों में स्पेक्ट्रल-स्थानिक विधियों का उपयोग करके टमाटर का पता लगाना। बायोसिस्टम इंजीनियरिंग, 146:16-32, 2016।

[116] सिद्धांत कुमार, गौरव चौधरी, वेंकट उदुलालपल्ली, देवांगन दास और सरजू पी मोहती। जीक्रॉप्स: स्मार्ट कृषि में फसलों की वृद्धि की निगरानी के लिए इंटरनेट-ऑफ-लीफ-थिंग्स (आईओएलटी)। स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम (आईएसईएस) पर आईईईई इंटरनेशनल सिम्पोजियम की कार्यवाही में, पृष्ठ 53-56। आईईईई, 2019।

[117] नगोजी कलारा एली-चुधु। कृषि में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोग: एक समीक्षा। इंजीनियरिंग, प्रौद्योगिकी और अनुप्रयुक्त विज्ञान अनुसंधान, 9(4):4377-4383, 2019।

[118] दुर्व्वा राज विसेट, नटराजन दीपा, दिव्या इलावरसन, कथिरावन श्रीनिवासन, सज्जाद हुसैन चौधरी और सेलेस्टाइन इवेंटी। भूमि उपयुक्तता का आकलन करने के लिए सेंसर संचालित एआई-आधारित कृषि अनुशंसा मॉडल। सैंसर, 19(17):3667, 2019।

[119] वेन डॉग, तियानजून वू, यिंगवेई सन और जियानचंग लुओ। स्टीक कृषि के लिए एआई तकनीक द्वारा समर्थित मिट्टी में उपलब्ध फॉस्फोरस की डिजिटल मैपिंग। एग्रो-जियोइफोर्मेटिक्स (एग्रो-जियोइफोर्मेटिक्स) पर 7वें अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में, पृष्ठ 1-5। IEEE, 2018।

[120] जीआरएन कार्वल्हो, डीएन ब्रैड्डो, डीबी हदाद, वीएल डो फोर्ट और एमबी सेडिया। ब्राजील के टट पर मिट्टी क्षेत्र क्षमता और स्थायी विल्टिंग पॉइंट की भविष्यवाणी करने के लिए एक आरबीएफ न्यूरल नेटवर्क लागू किया गया। न्यूरल नेटवर्क पर अंतर्राष्ट्रीय संयुक्त सम्मेलन (आईजेसीएनएन) की कार्यवाही में, पृष्ठ 1-5, 2015। doi: 10.1109/IJCNN.2015.7280628।

[121] सैमुअल एन. अराया, अन्ना प्राइडाऊ-हंग, एंड्रियास एंडरसन, जोशुआ एच. वियर्स, और टीमरत ए. गेझेजेही। मानव रहित विमान प्रणाली मल्टीस्पेक्ट्रल रिमोट सेंसिंग से मशीन लर्निंग आधारित मिट्टी की नमी पुनर्प्राप्ति। IEEE इंटरनेशनल जियोसाइंस एंड रिमोट सेंसिंग सिम्पोजियम (IGARSS 2020) की कार्यवाही में, पृष्ठ 4598-4601, 2020। doi:10.1109/IGARSS39084.2020.9324117।

[122] चुसनुल आरिफ, मसारूल मिजोगुची, बुदी इंद्र सेतियावान, और अन्य। धान के खेतों में मिट्टी की नमी का अनुमान कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क। arXiv प्रीप्रिट arXiv:1303.1868, 2013।

[123] प्राचीन जैन, स्वागतम बोस चौधरी, प्रकृति भट्ट, सनत सारंगी, और श्रीनिवासु पपुला। परिशुद्ध कृषि अनुप्रयोगों के लिए मितव्ययी मृदा नमी सेंसरों के मूल्य को अधिकतम करना। IEEE / ITU इंटरनेशनल कॉर्नेस ऑन आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस फॉर गुड (AI4G) की कार्यवाही में, पृष्ठ 63-70, 2020। doi: 10.1109/AI4G50087.2020.9311008।

[124] सलीम किलबी, कैस टॉसी, जौहैर बेन रेबाह, बेसल सोलेमान, और इमेड रियाद फराह। हाइपरस्पेक्ट्रल सैटेलाइट इमेज के माध्यम से मशीन लर्निंग दृष्टिकोण का उपयोग करके मिट्टी की लवणता की भविष्यवाणी। सिएनल और इमेज प्रोसेसिंग (ATSIP) के लिए उत्तर प्रौद्योगिकियों पर 5वें अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में, पृष्ठ 1-6, 2020। doi:10.1109/ATSIPI49331.2020.9231870।

[125] फान्यू बु और शिन वांग। डीप रीड्नोर्मेट लर्निंग पर आधारित एक स्मार्ट एग्रीकल्चर आईओटी सिस्टम। फ्यूचर जेनरेशन कंप्यूटर सिस्टम, 99:500-507, 2019।

[126] यू-चुआन चांग, टिंग-वेई हुआंग, और नेन-फू हुआंग। लोरा पी2पी नेटवर्क के साथ मशीन लर्निंग आधारित स्मार्ट सिंचाई प्रणाली। 20वें एशिया-पौसिफिक नेटवर्क ऑपरेशंस एंड मैनेजमेंट सिम्पोजियम (एपीएनओएमएस) की कार्यवाही में, पृष्ठ 1-4, 2019। doi:10.23919/APNOMS.2019.8893034।

[127] मनीष केमा, दीपक खरे, और सुरेन्द्र के चंदनिहा। उप-आईटी दून घाटी में संदर्भ वाष्पोत्सर्जन का अनुमान लगाने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता का अनुप्रयोग। एप्लाइड वाटर साइंस, 7(7):3903-3910, 2017।

[128] वासिलिस जेड एंटोनोपोलोस और अथानासियोस वी एंटोनोपोलोस। सीमित इनपुट जलवाया चर का उपयोग करके कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क तकनीक और अनुभवजन्य समीकरणों द्वारा दैनिक संदर्भ वाष्पोत्सर्जन अनुमान। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 132:86-96, 2017।

[129] ए. दहांगे, आर. बेनामुर, वी. केचर, और ए. बेन्यामिना। मशीन लर्निंग का उपयोग करके एक आईओटी आधारित स्मार्ट खेती प्रणाली। नेटवर्क, कंप्यूटर और संचार (आईएसएनसीसी) पर अंतर्राष्ट्रीय संगोष्ठी की कार्यवाही में, पृष्ठ 1-6, 2020। doi:10.1109/ISNCC49221.2020.9297341।

- [130] ए.सी. हिनेल, एन. लाज़रोविच, ए. फुरमैन, एम. पॉल्टन, और ए.डब्ल्यू. वारिक। न्यूरो-डिप: उपसतह का अनुमान तंत्रिका नेटवर्क का उपयोग करके डिप सिंचाई के लिए गोलेपन के पैटर्न। सिंचाई विज्ञान, 28(6):535-544, 2010।
- [131] शिखर कुमार शर्मा, केएच रॉबिन्सोन सिंह और अभिजीत सिंह। चावल के पौधे में रोगों के निदान के लिए एक विशेषज्ञ प्रणाली। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस, 1(1):26-31, 2010।
- [132] कलिउदय बल्लेदा, डी. सत्यनवेश, एनवीएसएसपी संपत, केएन वर्मा और पीके बरुआ। एपेस्ट: चावल और गेहूं की फसलों के कीट रोगों को रोकने के लिए एक कुशल नियम-आधारित विशेषज्ञ प्रणाली। IEEE 8वें इंटरनेशनल कॉन्फ्रेंस ऑन इंटेलिजेंट सिस्टम्स एंड कंट्रोल (ISCO) की कार्यवाही में, पृष्ठ 262-268। IEEE, 2014।
- [133] जी.एम. पास्कल और जे. मैन्सफील्ड। कीटों की पहचान और नियंत्रण के लिए एक प्रोटोटाइप विशेषज्ञ प्रणाली का विकास। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 2(4):263-276, 1988।
- [134] गौरवमय बनर्जी, उदितेन्दु सरकार और इंद्रजीत धोप। चयनित चाय कीटों का पता लगाने के लिए रेडियल बेसिस फंक्शन नेटवर्क आधारित कलासिफायर। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ एडवांस्ड रिसर्च इन कंप्यूटर साइंस एंड सॉफ्टवेयर इंजीनियरिंग, 7(5):665-669, 2017।
- [135] बी.डी. महामन, एच. क्रिस्टोफर पासम, ए.बी. साइडरिडिस और सी.पी. यियालोरिस। डायरेस-आईपीएम: सोलेनेसियस फसल प्रणालियों में एकीकृत कीट प्रबंधन के लिए एक नैदानिक सलाहकार नियम-आधारित विशेषज्ञ प्रणाली। कृषि प्रणालियाँ, 76 (3):1119-1135, 2003।
- [136] विदिता तिलवा, जिनेश पटेल और चेतन भट्ट। फ़ज़ी लॉजिक का उपयोग करके मौसम आधारित पौधों की बीमारियों का पूर्वानुमान। निरमा यूनिवर्सिटी इंटरनेशनल कॉन्फ्रेंस ऑन इंजीनियरिंग (NUiCONE) की कार्यवाही में, पृष्ठ 1-5। IEEE, 2013।
- [137] फदज़िला सिराज और नूरीज़ अरबर्ड। फ़ज़ी विशेषज्ञ प्रणाली का उपयोग करके एकीकृत कीट प्रबंधन प्रणाली। 2006।
- [138] मैग्डा एस पेक्सोटो, लैसियो सी बैरोस, रॉडनी सी बासनेजी, और ओडेयर ए फर्नांडीस। सोयाबीन एफिड की गतिशीलता और नियंत्रण के लिए फ़ज़ी सिस्टम के माध्यम से एक दृष्टिकोण। 2015।
- [139] हायो एमजी वैन डेर वेर्फ और क्रिस्टोफ़ ज़िमर। कीटनाशकों के पर्यावरणीय प्रभाव का एक संकेतक फ़ज़ी विशेषज्ञ प्रणाली। केमोस्फीयर, 36(10):2225-2249, 1998।
- [140] एल.जे. फ्रैंकल और एस. पाणिग्रही। गेहूं की पत्ती के गीलेपन के कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल। कृषि और वन मौसम विज्ञान, 88(1-4):57-65, 1997।
- [141] विकास चंद्र कर्मोकर, मोहम्मद समावत उल्लाह, मोहम्मद किब्रिया सिद्दीकी, और काजी मोहम्मद रोकिबुल आलम। तंत्रिका नेटवर्क समूह का उपयोग करके चाय पत्ती रोगों की पहचान। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ कंप्यूटर एप्लीकेशन, 114 (17), 2015।
- [142] सर्ड्जान स्लाडोजेविक, मार्को आर्सोविक, एंड्रास एंडरला, डबरावको कुलिब्रिक और डार्को स्टेफनोविक। पत्ती छवि वर्गीकरण द्वारा पौधों की बीमारियों की पहचान करने वाले डीप न्यूरल नेटवर्क। कम्प्यूटेशनल इंटेलिजेंस और न्यूरोसाइंस, 2016, 2016।
- [143] फ़ेडेरिको हैन, इरिनियो लोपेज़, और ग्वाडालूप हर्नार्डेज़। लाल टमाटरों पर राइज़ोपस स्टोलोनिफ्र बीजानुओं का स्पेक्ट्रल डिटेक्शन और न्यूरल नेटवर्क भेदभाव। बायोसिस्टम इंजीनियरिंग, 89(1):93-99, 2004।
- [144] लियू लियू, रुजिंग वांग, चैंगजुन झी, पो यांग, फैंगयुआन वांग, सुद सुदीरमन और वानकै लियू। पेस्टनेट: बड़े पैमाने पर मलटी-क्लास पेस्ट का पता लगाने और वर्गीकरण के लिए एक एंड-टू-एंड डीप लर्निंग दृष्टिकोण। IEEE एक्सेस, 7: 45301-45312, 2019. doi:10.1109/ACCESS.2019.2909522.
- [145] पेंग जियांग, यूहान चेन, बिन लियू, डोंगजियान हैं, और चुनक्वान लियांग। बेहतर कन्वॉल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क पर आधारित डीप लर्निंग दृष्टिकोण का उपयोग करके सेब के पत्तों की बीमारियों का वास्तविक समय में पता लगाना। IEEE एक्सेस, 7:59069-59080, 2019।
- [146] चिंग-जू चेन, या-यू हुआंग, युआन-शुओ ली, चुआन-यू चांग, और यूह-मिन हुआंग। कीटों का पता लगाने के लिए एआईओटी आधारित स्मार्ट कृषि-सांस्कृतिक प्रणाली। IEEE एक्सेस, 8:180750-180761, 2020. doi:10.1109/ACCESS.2020.3024891.
- [147] कैयी वांग, शुइफा झांग, झिंकिन वांग, झोंगकियांग लियू और फेंग यांग। मोबाइल स्मार्ट डिवाइस-आधारित सब्जी रोग और कीट पहचान विधि। इंटेलिजेंट ऑटोमेशन और सॉफ्ट कंप्यूटिंग, 19(3):263-273, 2013।
- [148] विंसेंट मार्टिन और सबाइन मोइसन। ग्रीनहाउस में कीटों का प्रारंभिक पता लगाना। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ केमिकल एंड बायोटेक्नोलॉजी की कार्यवाही में पैटर्न पहचान पर सम्मेलन, 2008।
- [149] फेथप्रैस फ़िना, फिलिप बिर्च, रूपर्ट यांग, जे ओबू, बैसी फेथप्रैस और क्रिस चैटविन। के-मीन्स क्लस्टरिंग एल्गोरिदम और पत्राचार फ़िल्टर का उपयोग करके स्वचालित प्लांट कीट का पता लगाना और पहचानना। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ एडवांस्ड बायोटेक्नोलॉजी एंड रिसर्च, 4(2):189-199, 2013।
- [150] वेंकन्ना उदुतलापल्ली, सरजू पी मोहंती, विशाल पल्लगानी और वेदांत खंडेलवाल। स्क्रॉप: स्मार्ट कृषि के लिए इंटरनेट-ऑफ-एग्रो-थिंग्स में टिकाऊ स्वचालित रोग भविष्यवाणी, फसल चयन और सिंचाई के लिए एक नया उपकरण। IEEE सेंसर जर्नल, 2020।

[151] विशाल पल्लगानी, वेदांत खंडेलवाल, भरत चंद्रा, वैकन्ना उदुतलापल्ली, देवांजन दास और सरजू पी मोहंती। डीक्रॉप: स्मार्ट कृषि में फसलों की बीमारियों की सटीक भविष्यवाणी के लिए एक गहन-शिक्षण आधारित ढांचा। स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम (iSES) (पूर्व में iNiS) पर IEEE अंतर्राष्ट्रीय संगोष्ठी की कार्यवाही में, पृष्ठ 29-33। IEEE, 2019।

[152] एमजे एटकेनहेड, आईए डालगोटी, सीई मूलिंस, एलन जेम्स स्टुअर्ट मैकडोनाल्ड, और नॉर्वल जेम्स कॉलिन स्ट्रेचन। कृषि विश्लेषण और कृत्रिम बुद्धिमत्ता विधियों का उपयोग करके खरपतवार और फसल भेदभाव। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 39(3):157-171, 2003।

[153] विक्टर पार्टेल, श्री चरण काकरला और यियानिस अम्पान्जिडिस। कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग करके सटीक खरपतवार प्रबंधन के लिए कम लागत वाली और स्मार्ट तकनीक का विकास और मूल्यांकन। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 157:339-350, 2019।

[154] ज़ैथौला इरिनी पेंटाज़ी, एलेकजेंड्रा ए टैमीरिडी, टीके एलेकजेंड्रिडिस, अनास्तासिया एल लागोपोडी, जाविद काशेफी और दिमित्रियोस मोशो। यूएस मल्टीस्पेक्ट्रल इमेजरी का उपयोग करके खरपतवार मानवित्रण के लिए पदानुक्रमित स्व-संगठित मानवित्रों का मूल्यांकन। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 139:224-230, 2017।

[155] ज़ैथौला-एरीनी पेंटाज़ी, दिमित्रियोस मोशो, और सेंट्रिक ब्रावो। हाइपरस्पेक्ट्रल सेंसिंग पर आधारित खरपतवार प्रजातियों की पहचान के लिए सक्रिय शिक्षण प्रणाली। बायोसिस्टम इंजीनियरिंग, 146:193-202, 2016।

[156] एडम बिंच और सीडब्ल्यू फॉक्स। रूमेक्स और यूर्टिका का पता लगाने के लिए मशीन विज़न एल्गोरिदम की नियंत्रित तुलना घास के मैदान में। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 140:123-138, 2017।

[157] रीतावन दत्ता, डैनियल स्मिथ, रिचर्ड रॉन्स्ले, ग्रेग विश्वप-हर्ले, जेम्स हिल्स, ग्रेग टिम्स और डेव हेनरी। पर्यावरणीय समूह वर्गीकरणकर्ताओं का उपयोग करके गतिशील मवेशी व्यवहार वर्गीकरण। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 111:18-28, 2015।

[158] रिचर्ड्सन रिबेरो, फैबियो लुइज़ बर्टोटी, और टैगरियानी सिमियोनी असमन।

एफबीजी सेंसर और मशीन लर्निंग का उपयोग करके जुगाली करने वाले जानवरों में अंतर्ग्रहण व्यवहार का इन विवो पैटर्न वर्गीकरण। सेंसर, 15(11):28456-28471, 2015।

[159] स्टीफन जी मैथ्यूज, एमी एल मिरर, थॉमस प्लॉट्ज और डालियास काइरियाज़िकिस। मापदण्ड के लिए स्वचालित ट्रैकिंग स्वास्थ्य और कल्याण निगरानी के लिए सूअरों में व्यवहार परिवर्तन। वैज्ञानिक रिपोर्ट, 7(1):1-12, 2017।

[160] एम क्रैनिंग्स, वीरल फिएवेज, ब्रूनो ल्वामिनक और बर्नार्ड डी बेट्स। डेयरी मवेशियों में रुमेन किण्वन पैटर्न के कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 60(2):226-238, 2008।

[161] मार्क एफ हैनसेन, मेल्विन एल स्मिथ, लिंडन एन स्मिथ, माइकल जी साल्टर, एम्मा एम बैकस्टर, मैरिपन फ़ारिश और ब्रूस ग्रिवे। कन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क का उपयोग करके ऑन-फ़ार्म पिंग फैस रिकॉर्डिंग नियन्त्रण की ओर। कंप्यूटर इन इंडस्ट्री, 98:145-152, 2018।

[162] इवान रामिरेज़ मोरालेस, डैनियल रिवेरो सेंट्रियन, एनरिक फर्नार्डीज ब्लैंको, और एलेजांट्रो पाज़ोस सिएरा। व्यावसायिक मुर्मियों से अंडा उत्पादन वक्र में प्रारंभिक चेतावनी: एक एसवीएम दृष्टिकोण। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 121:169-179, 2016।

[163] जैमे अल्टोसो, अल्फोसो विला, और एंटोनियो बहामोंडे। गोजातीय वजन प्रक्षेप पथों का बेहतर अनुमान सपोर्ट वेक्टर मशीन वर्गीकरण। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 110:36-41, 2015।

[164] जैमे अल्टोसो, एंजेल रोड्रिगेज कास्टानॉन और एंटोनियो बहामोंडे। वध से पहले गोमांस मवेशियों में शव के वजन का अनुमान लगाने के लिए सपोर्ट वेक्टर रिग्रेशन। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 91:116-120, 2013।

[165] सिगाफेडो फुएंटेस, क्लाउडिया गोजालेज विएजो, ब्रेंडन कुलेन, ईडन टोंगसन, सुरिंदर एस चौहान और फ्रैंक आर डनशिया। गाय के डेटा और दैनिक पर्यावरणीय मापदण्डों के आधार पर दूध की उत्पादकता और गुणवत्ता को मॉडल करने के लिए रोबोटिक डेयरी फार्म पर कृत्रिम बुद्धिमत्ता का अनुप्रयोग। सेंसर, 20(10):2975, 2020।

[166] एनके रे पीएस चटर्जी और एसपी मोहंती। लाइवकेयर: पशुधन के लिए एक IoT आधारित हेल्थकेयर फ्रेमवर्क स्मार्ट एग्रीकल्चर। IEEE ट्रांजेक्शन ऑन कंज्यूमर इलेक्ट्रॉनिक्स (TCE), 2021 स्वीकृत, प्रेस में।

[167] गैया कोडेलुप्पी, एंटोनियो सिल्कोन, लुका डेवोली और जियानलुइना फेरारी। एआई पट द एज़: ग्रीनहाउस एयर टेम्परेचर फोरकास्टिंग के लिए एक स्मार्ट गेटवे। कृषि और वानिकी के लिए मेट्रोलॉजी पर IEEE इंटरनेशनल वर्कशॉप की कार्यवाही में (मेट्रोएग्रीफ़ोर), पृष्ठ 348-353, 2020। doi:10.1109/MetroAgriFor50201.2020.9277553।

[168] डेविड एल पहेट, बर्नार्ड डी हिल, टॉम हेल्मर और डायने आर एडवर्ड्स। स्वचालित फसल निगरानी डेटा से ग्रीनहाउस टमाटर की उपज, वृद्धि और पानी के उपयोग का न्यूरल नेटवर्क मॉडलिंग। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 79(1):82-89, 2011।

[169] रेजा पहलवान, महमूद ओमिद और असदुल्ला अकरम। ग्रीनहाउस तुलसी उत्पादन की भविष्यवाणी के लिए ऊर्जा इनपुट-आउटपुट विश्लेषण और कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क का अनुप्रयोग। ऊर्जा, 37(1):171-176, 2012।

- [170] बेन्यामिन खोशनेविसन, शाहीन रफ़ी, महमूद ओमिद, मरज़िये धूसुफ़ी और मेहरान मोवाहेदी। कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क का उपयोग करके ईरान के इस्फहान प्रांत में गेहूँ उत्पादन में ऊर्जा खपत और जीएचजी (ग्रीनहाउस गैस) उत्पर्जन का मॉडलिंग। ऊर्जा, 52:333-338, 2013।
- [171] अश्कन नबावी-पेलेसराय, रेजा आब्दी और शाहीन रफ़ी। तरबूज उत्पादन प्रणालियों के ऊर्जा उपयोग और ग्रीनहाउस गैस उत्पर्जन का न्यूरल नेटवर्क मॉडलिंग। जर्नल ऑफ द सऊदी सोसाइटी ऑफ एग्रीकल्चरल साइंसेज, 15(1):38-47, 2016।
- [172] वांग होंगकांग, ली ली, वू योंग, मैंग फैनजिया, वांग हैंहुआ और एनए सिग्रीमिस। सौर ग्रीनहाउस में सूक्ष्म जलवायु की भविष्यवाणी के लिए आवर्तक तंत्रिका नेटवर्क मॉडल। आईएफएसी-पेपर्सऑनलाइन, 51(17):790-795, 2018।
- [173] डे-ह्यून जंग, ह्यूंग सेक किम, चांगहो ज़िन, हक-ज़िन किम और सू-ह्यून पार्क। ग्रीनहाउस के अंदर जलवायु परिस्थितियों की भविष्यवाणी के लिए डीप न्यूरल नेटवर्क मॉडल का समय-सीरियल विश्लेषण। कृषि में कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक्स, 173:105402, 2020।
- [174] मास्सिमो मेरेंडा, कालों पोरकारो, और डेमेट्रियो आईरो। एआई-सक्षम आईओटी उपकरणों के लिए एज मशीन लर्निंग: एसमीक्षा। सैंसर, 20(9):2533, 2020।
- [175] एंड्रयू जी. हॉवर्ड, मैगलोग झू, बो चेन, दिमित्री कालेनियेंको, वेइजुन वांग, टोबियास वेंड, मार्कों आंड्रेट्टो और हार्टविंग एडम। मोबाइलनेट्स: मोबाइल विज़न अनुप्रयोगों के लिए कुशल कन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क। CoRR, abs/1704.04861, 2017. यूआरएल
- [176] फॉरेस्ट एन इयाञ्डोला, सॉन्ना हान, मैथ्यू डब्ल्यू मोर्स्केविक्ज़, खालिद अशरफ़, विलियम जे डेली, और कर्ट केउत्ज़र। स्क्वीज़नेट: 50x कम पैरामीटर और <0.5 एम्बी मॉडल आकार के साथ एलेक्सनेट-स्तर की सटीकता। arXiv प्रीप्रिट arXiv:1602.07360, 2016।
- [177] मिंगकिंग टैन और क्वोक ले। एफिशिएंटनेट: कन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क के लिए मॉडल स्केलिंग पर पुनर्विचार। मशीन लर्निंग पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में, पृष्ठ 6105-6114। पीएमएलआर, 2019।
- [178] थिरेन झोउ, सईद-मोहसेन मूसावी-डेज़फूली, न्याई-मैन चेउग, और पास्कल फ्रॉसार्ड। डीप न्यूरल नेटवर्क के लिए अनुकूली क्वांटिज़ेशन। आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस पर 32वें AAAI सम्मेलन की कार्यवाही में, 2018।
- [179] जिवेई यांग, जू शेन, जून जिंग, ज़िनमेर्ड तियान, होउकियांग ली, विंग डेंग, जियानकियांग हुआंग और जियान-शेंग हुआ। परिमाणीकरण नेटवर्क, कंप्यूटर विज़न और पैटर्न रिकॉर्डिंग पर IEEE/CVF सम्मेलन की कार्यवाही में, पृष्ठ 7308-7316, 2019।
- [180] यूजिन चोई, मुस्तफ़ा एल-खामी, और जंगवोन ली। नेटवर्क क्वांटिज़ेशन की सीमा की ओर। arXiv प्रीप्रिट arXiv:1612.01543, 2016।
- [181] किंग जिन, लिंजी यांग और झेन्यू लियाओ। एडाबिट्स: अनुकूली बिट-चौड़ाई के साथ न्यूरल नेटवर्क क्वांटिज़ेशन। कंप्यूटर विज़न और पैटर्न रिकॉर्डिंग पर IEEE/CVF सम्मेलन की कार्यवाही में, पृष्ठ 2146-2156, 2020।
- [182] शुओचाओ याओ, विरान झाओ, एस्टन झांग, लू सु, और तारेक अब्देलजाहर। डीपियोट: कंप्रेसर-क्रिटिक फ्रेमवर्क के साथ सॉसिंग सिस्टम के लिए डीप न्यूरल नेटवर्क संरचनाओं को संपीड़ित करना। एम्बेडेड नेटवर्क सेंसर सिस्टम पर 15वें एसीएम सम्मेलन की कार्यवाही में, पृष्ठ 1-14, 2017।
- [183] पावलो मोलचानोव, स्टीफ़न टायरी, टेरो कर्सा, टिमो ऐला, और जान कौत्ज़ा। कन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क की छंटाई संसाधन कुशल अनुमान के लिए। arXiv प्रीप्रिट arXiv:1611.06440, 2016।
- [184] साजिद अनवर और वोन्होंग सुंग। मोटे छंटाई के साथ कॉम्पैक्ट डीप कन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क। arXiv प्रीप्रिट arXiv:1610.09639, 2016।
- [185] टीएन-जू यांग, पू-स्ट्रिन चेन, और विविन सेज़। ऊर्जा-जागरूक छंटाई का उपयोग करके ऊर्जा-कुशल कन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क डिजाइन करना। कंप्यूटर विज़न और पैटर्न रिकॉर्डिंग पर IEEE सम्मेलन की कार्यवाही में, पृष्ठ 5687-5695, 2017।
- [186] यिवेन गुओ, अनबांग याओ, और युरोग चेन। कुशल डीएनएस के लिए गतिशील नेटवर्क सर्जरी। arXiv प्रीप्रिट arXiv:1608.04493, 2016।
- [187] जोफ्री हिंटन, ओरिओल विनाल्स और जेफ डीन। न्यूरल नेटवर्क में ज्ञान का आसवन। arXiv प्रीप्रिट arXiv:1503.02531, 2015।
- [188] एस हान, एच माझो, और डब्ल्यूजे डेली। पूर्णिग, प्रशिक्षित क्वांटिज़ेशन और हफ़मैन के साथ गहरे तंत्रिका नेटवर्क को संपीड़ित करना कोडिंग। arXiv 2015. arXiv प्रीप्रिट arXiv:1510.00149।
- [189] सातोशी नाकामोटो। बिटकॉइन: एक पीयर-टू-पीयर इलेक्ट्रॉनिक कैश सिस्टम। क्रिप्टोग्राफ़ी मेलिंग सूची <https://metzdowd.com> पर, 03 2009।
- [190] विटालिक व्यूटिरिन। अगली पीढ़ी का स्मार्ट अनुबंध और विकेंट्रीकृत अनुप्रयोग प्लेटफॉर्म। 2015.
- [191] मधुसूदन सिंह, अभिराज सिंह और शिहो किम। ब्लॉकचेन: IoT डेटा को सुरक्षित करने के लिए एक गेम चेंजर। IEEE 4th वर्ल्ड फोरम ऑन इंटरनेट ऑफ थिंग्स (WF-IoT), 2018 की कार्यवाही में। doi:10.1109/wf-iot.2018.8355182।

[192] क्रोरिक पी. हेजलमर्सन, गुजराती के, हरेयर्सन, मोहम्मद हमदाका, और गिस्ली हेजलमटिसन। ब्लॉकचेन- आधारित ई-वोटिंग सिस्टम। IEEE 11वें इंटरनेशनल कॉन्फ्रेंस ऑन क्लाउड कंप्यूटिंग (CLOUD), 2018 की कार्यवाही में। doi:10.1109/cloud.2018.00151।

[193] किंग गेंग और यिंगगे द्वा। ब्लॉकचेन से डिजिटल दविन कम्प्युनिटी तक: स्मार्ट कम्प्युनिटी गवर्नेंस के लिए एक तकनीकी ढांचा। इंटरनेशनल कॉन्फ्रेंस ऑन पब्लिक मैनेजमेंट एंड इंटेलिजेंट सोसाइटी (पीएमआईएस), 2021 की कार्यवाही में। doi:10.1109/pmis52742.2021.00068।

[194] यापिंग ज़ेंग। ब्लॉकचेन पर आधारित डिजिटल संगीत संसाधन कॉपीराइट प्रबंधन तंत्र। स्मार्ट ब्लॉकचेन (स्मार्टब्लॉक) पर तीसरे अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में, 2020। doi:10.1109/smartblock52591.2020.00036।

[195] लिजुन जियाओ, वेडॉग हुआंग, योंग ज़ी, वेडॉग जियाओ और कुआन-चिंग ली। ब्लॉकचेन-आधारित ट्रेस करने योग्य कॉपीराइट सुरक्षा एल्गोरिदम। IEEE एक्सेस, 8:49532-49542, 2020. doi:10.1109/access.2020.2969990.

[196] लावण्या राचकोडा, आनंद के, बापटला, सरजू पी. मोहनी, और एलियास कौमियानोस। सायोपिलो: नींद की आदतों को ध्यान में रखते हुए तनाव प्रबंधन के लिए ब्लॉकचेन-एकीकृत गोपनीयता-आश्वासन वाला IoMT ढांचा। IEEE ट्रांजेक्शन ऑन कंज्यूमर इलेक्ट्रॉनिक्स, 67(1):20-29, फरवरी 2021। doi:10.1109/tce.2020.3043683।

[197] आसफ़ अज़ारिया, एरियल एक्बल्टा, थियागो विएरा और एंड्रयू लिपमैन। मेंडरेक: मेंडिकल डेटा एक्सेस और अनुमति प्रबंधन के लिए ब्लॉकचेन का उपयोग करना। ओपन एंड बिग डेटा (ओबीडी) पर दूसरे अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में। आईईई, अगस्त 2016. doi:10.1109/obd.2016.11.

[198] दीपक पुथल, सरजू पी. मोहनी, प्रियदर्शी नंदा, एलियास कौमियानोस और गौतम दास। संसाधन-विवरण वितरित प्रणालियों में स्केलेबल ब्लॉकचेन के लिए प्रमाण-पत्र। IEEE इंटरनेशनल कॉन्फ्रेंस ऑन कंज्यूमर इलेक्ट्रॉनिक्स (ICCE), 2019 की कार्यवाही में। doi:10.1109/icce.2019.8662009।

[199] हिसन-ते वू और चुन-वेई त्साई। निजी ब्लॉकचेन पर आधारित एक बुद्धिमान कृषि नेटवर्क सुरक्षा प्रणाली। जर्नल ऑफ़ कम्प्युनिकेशंस एंड नेटवर्क, 21(5):503-508, अक्टूबर 2019. doi:10.1109/jcn.2019.000043.

[200] प्रदीप कुमार शर्मा, सौरभ सिंह, योंग लियोंग और जोग हुक पार्क। डिस्ट्रॉब्लॉकचेन: IoT नेटवर्क के लिए एक वितरित ब्लॉकचेन-आधारित सुरक्षित SDN आर्किटेक्चर। IEEE कम्प्युनिकेशंस मैगज़ीन, 55(9):78-85, 2017. doi:10.1109/mcom.2017.1700041.

[201] लिजिंग झोउ, लिचेंग वांग, यिरु सन, और पिन लव। बीकीपर: सुरक्षित भंडारण और होमोरोफिक कम्प्यूटेशन के साथ एक ब्लॉकचेन-आधारित IoT प्रणाली। IEEE एक्सेस, 6:43472-43488, 2018. doi:10.1109/access.2018.2847632।

[202] मिंगविसन मा, गुजोंझेन शि, और फ़ैंगहुआ ली। IoT परिदृश्य में पदानुक्रमित पहुँच नियंत्रण के लिए गोपनीयता-उन्मुख ब्लॉकचेन-आधारित वितरित कुंजी प्रबंधन वास्तुकला। IEEE एक्सेस, 7:34045-34059, 2019. doi:10.1109/access.2019.2904042.

[203] ए.के.बापटला एट अल. एसफार्म: स्मार्ट खेती के लिए एक वितरित खाता बंही आधारित दूरस्थ फसल निगरानी प्रणाली। 4वें IFIP इंटरनेशनल इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IoT) कॉन्फ्रेंस (IFIP-IoT) की कार्यवाही में, 2021, 2021, स्टीक्ट, प्रेस में।

[204] शोवन पॉल, जुबैर इस्लाम ज़ॉय, शैला सरकार, अब्दुल्ला अल हारिस शाकिब, शरीफ अहमद और अमित कुमार दास। ब्लॉकचेन के माध्यम से बिचौलियों के बिना खेती का एक अपरंपरागत तरीका। उद्योग 4.0 (एसटीआई) के लिए सतत प्रौद्योगिकियों पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में। IEEE, दिसंबर 2019। doi:10.1109/sti47673.2019.9068007।

[205] हानकिंग वू, जियानॉ-ग काओ, यानी यांग, चेंग लियोंग तुंग, शान जियांग, बिन तांग, यांग लियू, शियाओकिंग वांग और युमिंग डेंग। ब्लॉकचेन का उपयोग करके आपूर्ति श्रृंखला में डेटा प्रबंधन: चुनौतियाँ और एक केस स्टडी। कंप्यूटर संचार और नेटवर्क (ICCCN) पर 28वें अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में। IEEE, जुलाई 2019. doi:10.1109/icccn.2019.8846964.

[206] सिदरा मलिक, बोलकन डेडेओग्लू, सलिल एस. कान्हेरे, और राजा जुरदक। ट्रस्टचेन: ब्लॉकचेन और IoT समर्थित आपूर्ति श्रृंखलाओं में ट्रस्ट प्रबंधन। ब्लॉकचेन पर IEEE अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन (ब्लॉकचेन) की कार्यवाही में।

आईईई, जुलाई 2019. doi:10.1109/blockchain.2019.000032.

[207] केंग तियान। चीन के लिए आरएफआई और ब्लॉकचेन तकनीक पर आधारित कृषि-खाद्य आपूर्ति श्रृंखला ट्रेसबिलिटी सिस्टम। सेवा प्रणाली और सेवा प्रबंधन (ICSSSM) पर 13वें अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में। IEEE, जून 2016. doi: 10.1109/icsssm.2016.7538424।

[208] डोना कैड और मैगेड एम. एलजाजर। सप्लाई चेन पार्टियों के बीच किस्तों के भूगतान को स्वचालित करने के लिए ब्लॉकचेन का उपयोग करना। 14वें अंतर्राष्ट्रीय कंप्यूटर इंजीनियरिंग सम्मेलन (ICENCO) की कार्यवाही में। IEEE, दिसंबर 2018. doi:10.1109/icenco.2018.8636131.

[209] बीएएल बसनायके और सी. राजपक्षे। जैविक खाद्य आपूर्ति श्रृंखला की पारदर्शिता सुनिश्चित करने के लिए ब्लॉकचेन-आधारित विकेंट्रीकृत प्रणाली। स्मार्ट कंप्यूटिंग और सिस्टम इंजीनियरिंग (एससीएसई) पर अंतर्राष्ट्रीय

अनुसंधान सम्मेलन की कार्यवाही में। IEEE, मार्च 2019. doi:10.23919/scse.2019.8842690.

[210] किजुन लिन, हुआइज़ेन वांग, शियाओपू धेई और जुन्यू वांग। ब्लॉकचेन और ईपीसीआईएस पर आधारित खाद्य सुरक्षा ट्रेसबिलिटी सिस्टम। आईईई एक्सेस, 7:20698-20707, 2019. doi:10.1109/access.2019.2897792।

- [211] इंद्रनील नाथ। ब्लॉकचेन पर बीमा धोखाधड़ी से लड़ने के लिए डेटा एक्सचेंज प्लेटफॉर्म। IEEE 16वीं की कार्यवाही में
डेटा माइनिंग वर्कशॉप पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन (ICDMW)। IEEE, दिसंबर 2016. doi:10.1109/icdmw.2016.0121.
- [212] टीक्यू गुयेन, ए.के. दास, और एल.टी. ट्रान। सूखा-आधारित बीमा के लिए एनईओ स्मार्ट अनुबंध। आईईई कनाडाइ इलेक्ट्रिकल और कंप्यूटर इंजीनियरिंग सम्मेलन (सीसीईसीई) की
कार्यवाही में। आईईई, मई 2019।
doi:10.1109/ccee.2019.8861571
- [213] वेनेटा अलेक्सिएवा, हिस्टो वलचानोव और एंटोन हुलियान। निजी और सार्वजनिक ब्लॉकचेन पर आधारित स्मार्ट कॉर्ड्रैक्ट
बीमा सेवाओं के उद्देश्य से। अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन और सूचना विज्ञान की कार्यवाही में
(आईसीएआई)। आईईई, अक्टूबर 2020. doi:10.1109/ici50593.2020.9311171.
- [214] दीपक पुथल और सरजू पी. मोहंती। प्रमाणीकरण का प्रमाण: IoT-अनुकूल ब्लॉकचेन। IEEE पोर्टेशियल, 38(1):
26-29, जनवरी 2019। doi:10.1109/mpot.2018.2850541।
- [215] सुकृता एलटी वंगीपुरम, सरजू पी. मोहंती, और एलियास कोगियानो। कोवीचेन: एक ब्लॉकचेन आधारित ढांचा
महामारी के प्रकारों के दौरान स्वास्थ्य सेवा साइबर-भौतिक प्रणालियों में गैर-अस्वीकार्य संपर्क अनुरोध के लिए। एसएन कंप्यूटर
विज्ञान, 2(5), जून 2021। doi:10.1007/s42979-021-00746-x।
- [216] Sujit Biswas, Kashif Sharif, Fan Li, Anupam Kumar Bairagi, Zohaib Latif, and Saraju P. Mohanty. GlobeChain:
स्वास्थ्य सेवा डेटा के वैश्विक साझाकरण के लिए एक अंतर-संचालनीय ब्लॉकचेन - एक COVID-19 परिप्रेक्ष्य। IEEE उपभोक्ता
इलेक्ट्रॉनिक्स मैगज़ीन, 10(5):64-69, सितंबर 2021। doi:10.1109/mce.2021.3074688।
- [217] संयुक्त राज्य अमेरिका का कृषि विभाग और NASS. कृषि जनगणना, 2021. यूआरएल
. अंतिम बार 30 अक्टूबर 2021 को एक्सेस किया गया।
- [218] यूएसडीए और एनएसएस। फसल की स्थिति और मृदा नमी विश्लेषण, 2021। यूआरएल अंतिम बार 30 अक्टूबर, 2021 को
. एक्सेस किया गया।
- [219] कागल डेटासेट। प्लांट डिजीज, अक्टूबर 2018। URL अंतिम बार 30 अक्टूबर,
2021 को एक्सेस किया गया।
- [220] अनार फल डेटासेट। यूआरएल
- [221] चीनी गोभी रोग डेटासेट। <https://www.kaggle.com/giane901/chinese-cabbage-disease-detection>.
- [222] राष्ट्रीय सहकारी मृदा सर्वेक्षण। मृदा लक्षण वर्णन डेटा, URL अंतिम बार 30 अक्टूबर 2021 को एक्सेस किया गया।
- [223] यू.एस. भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण. अनुमानित वार्षिक कृषि कीटनाशक उपयोग, . यूआरएल
. अंतिम बार 30 अक्टूबर 2021 को एक्सेस किया गया।
- [224] यू.एस. जियोलॉजिकल सर्वे. संयुक्त राज्य अमेरिका में कुल जल उपयोग, 2015. यूआरएल
. अंतिम अभिगम
30 अक्टूबर 2021 को।
- [225] यू.एस. जियोलॉजिकल सर्वे. अमेरिका में जल उपयोग, 2015. यूआरएल
. अंतिम बार 30 अक्टूबर 2021 को एक्सेस किया गया।
- [226] यू.एस. भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण. भूजल गुणवत्ता, . यूआरएल
. अंतिम बार 30 अक्टूबर 2021 को एक्सेस किया गया।
- [227] यूकृषि विभाग। आपदा विश्लेषण, 2021. यूआरएल
. अंतिम बार 30 अक्टूबर 2021 को एक्सेस किया गया।
- [228] क्लैयर जी. बोरयान, झोंगवेई यांग, एवरी सैंडबोर्न, पैट्रिक विलिस और बैरी हैक। ऑपरेशनल एग्रीकल्चरल
सेंट्रल-1 सिंथेटिक अपर्चर रडार से बाढ़ की निगरानी। IGARSS 2018 - 2018 IEEE इंटरनेशनल में
भूवैज्ञान और रिमोट सेंसिंग संगोष्ठी, पृष्ठ 5831-5834, 2018. doi:10.1109/IGARSS.2018.8519458।
- [229] गेन्रिल सिस्नोरेटी, मैरिएन सिल्वा, पेर्दो एंड्रेड, इवानोविच सिल्वा, एमिलियानो सिस्नो और पाओलो फेरारी। एक
डेटा सनकीपन के आधार पर आईओटी वातावरण के लिए टिनीएमएल संपीड़न एल्गोरिदम विकसित करना। सेंसर, 21(12):4153,
2021।
- [230] शीतल जोशी, सरजू पी. मोहंती, और एलियास कोगियानो। PUFs के बारे में वह सब कुछ जो आप जानना चाहते थे। IEEE
पोर्टेशियल, 36(6):38-46, 2017. doi:10.1109/MPOT.2015.2490261।
- [231] कार्सन लैब्रारी, हिमांशु थपलियाल, और सरजू पी. मोहंती। कम सुरक्षा के माध्यम से वाहनों की सुरक्षा को मजबूत करना
ओवरहेड शारीरिक रूप से अनक्लोन करने योग्य फँक्शन। जे. इमर्ज. टेक्नोलॉजी. कंप्यूट. सिस्टम, 18(1), 2021। आईएसएस 1550-4832.
डोइ:10.1145/3442443।
- [232] वेरोनिका सैज़-रूबियो और फ्रांसिस्को रोविरा-मास। स्मार्ट खेती से कृषि 5.0 तक: कटाई पर एक समीक्षा
डेटा प्रबंधन। एपोनॉमी, 10(2):207, 2020।
- [233] इवान डी.जी. फ्रेजर और मैल्कम कैम्पबेल। कृषि 5.0: ग्रहीय स्वास्थ्य के साथ उत्पादन का सामंजस्य। एक
पृष्ठी, 1(3):278-280, 2019।

लेखक



अलकनंदा मित्रा ने 2001 में कलकत्ता विश्वविद्यालय के प्रेसीडेंसी कॉलेज से भौतिकी में विज्ञान स्नातक (ऑनर्सी) और 2004 और 2006 में कलकत्ता विश्वविद्यालय के रेडियोफिजिक्स और इलेक्ट्रॉनिक्स संस्थान से रेडियोफिजिक्स और इलेक्ट्रॉनिक्स में प्रौद्योगिकी स्नातक और मास्टर ऑफ टेक्नोलॉजी की डिग्री प्राप्त की। वह वर्तमान में अमेरिका के डैटन में उत्तरी टेक्सास विश्वविद्यालय के कंप्यूटर विज्ञान और इंजीनियरिंग विभाग में स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम प्रयोगशाला (एसईएसएल) में अनुसंधान समूह में डॉक्टरेट की छात्रा है। अपने पाठ्यक्रम के साथ-साथ, वह विभाग में एक शिक्षण सहायक के रूप में भी काम करती है। उन्होंने 2006 से 2007 तक भारतीय सांख्यिकी संस्थान में उत्तर कंप्यूटिंग और माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक्स इकाई में एक परियोजना से जुड़े कार्यक्रम के रूप में काम किया है।

इंटेलिजेंस, मशीन लर्निंग, डीप लर्निंग, एज एआई, तथा मल्टी-मीडिया फोरेंसिक, स्मार्ट एग्रीकल्चर और स्मार्ट हेल्थकेयर में एआई/एमएल दृष्टिकोण का अनुप्रयोग।



सुकृथा एलटी वांगीपुरम ने 2012 में जवाहरलाल नेहरू प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, हैदराबाद से कंप्यूटर विज्ञान में मास्टर ऑफ टेक्नोलॉजी और 2007 में उस्मानिया विश्वविद्यालय, हैदराबाद से सूचना प्रौद्योगिकी में बैचलर ऑफ इंजीनियरिंग की डिग्री प्राप्त की। वर्तमान में, वह अमेरिका के डैटन में नॉर्थ टेक्सास विश्वविद्यालय में कंप्यूटर विज्ञान और इंजीनियरिंग में स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम प्रयोगशाला (एसईएसएल) में अनुसंधान समूह में डॉक्टरेट की छात्रा के रूप में नामांकित हैं। उन्होंने 2012-2015 तक हैदराबाद के मेथोडिस्ट कॉलेज ऑफ इंजीनियरिंग एंड टेक्नोलॉजी में कंप्यूटर साइंस इंजीनियरिंग विभाग में सहायक प्रोफेसर के रूप में और 2007-2009 तक भारत के हैदराबाद में स्वामी विवेकानंद इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी में सूचना प्रौद्योगिकी विभाग में शिक्षण सहायक के रूप में काम किया है।



आनंद कुमार बापटला ने 2014 में गायत्री विद्या परिषद कॉलेज ऑफ इंजीनियरिंग, विशाखापत्तनम, भारत से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में बैचलर ऑफ टेक्नोलॉजी (बी.टेक) की डिग्री प्राप्त की और 2019 में यूनिवर्सिटी ऑफ नॉर्थ टेक्सास, डैटन, TX में कंप्यूटर साइंस एंड इंजीनियरिंग में स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम्स लेबोरेटरी (SESL) में शोध समूह में पीएचडी उम्मीदवार हैं।

उनकी शोध रुचियों में स्मार्ट हेल्थकेयर और इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IoT) में ब्लॉकचेन अनुप्रयोग शामिल हैं।



वेंकट केवीवी बाथलापल्ली ने 2020 में श्री वेंकटेश्वर विश्वविद्यालय, तिरुपति, भारत से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार इंजीनियरिंग में बी.टेक. की डिग्री प्राप्त की। वह वर्तमान में स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम प्रयोगशाला, यूनिवर्सिटी ऑफ नॉर्थ टेक्सास, डैटन, TX, USA में कंप्यूटर विज्ञान और इंजीनियरिंग में पीएचडी कार्यक्रम कर रहे हैं। उनकी शोध रुचियाँ स्मार्ट हेल्थकेयर और स्मार्ट एग्रीकल्चर के लिए हार्डवेयर असिस्टेंट सिक्योरिटी और ब्लॉकचेन आधारित IoT डिवाइस सिक्योरिटी के क्षेत्रों में हैं।



सरजू. पी. मोहंटी ने 1995 में उड़ीसा कृषि एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, भुवनेश्वर से विद्युत इंजीनियरिंग में स्नातक की डिग्री (ऑफर्स), 1999 में भारतीय विज्ञान संस्थान, बोंगलुरु से सिस्टम विज्ञान एवं स्वचालन में मास्टर डिग्री तथा 2003 में साउथ फ्लोरिडा विश्वविद्यालय, टाम्पा से कंप्यूटर विज्ञान एवं इंजीनियरिंग में पीएच.डी. की डिग्री प्राप्त की। वे नॉर्थ टेक्सास विश्वविद्यालय में प्रोफेसर हैं।

उनका शोध "स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम" पर है, जिसे नेशनल साइंस फाउंडेशन (NSF), सेमीकंडक्टर रिसर्च कॉर्पोरेशन (SRC), यूएस एयर फोर्स, IUSSTF और मिशन इनोवेशन द्वारा वित्त पोषित किया गया है। उन्होंने 400 शोध लेख, 4 पुस्तकें और 7 स्वीकृत और लंबित पेटेट लिखे हैं। उनका Google Scholar h-index 45 है और i10-index 180 है, जिसमें 8500 उद्धरण हैं। उन्हें स्मार्ट सिटीज तकनीक पर एक दूरदर्शी शोधकर्ता के रूप में जाना जाता है, जिसमें उनका शोध सुरक्षा और ऊर्जा जागरूकता, और AI/ML-एकीकृत स्मार्ट घटकों से संबंधित है। उन्होंने 2004 में सिक्योरिटि डिजिटल कैमरा (SDC) पेश किया, जिसमें हार्डवेयर-असिस्टेड सिक्योरिटी (HAS) या सिक्योरिटी बाय डिज़ाइन (SbD) सिद्धांत का उपयोग करके डिज़ाइन की गई अंतर्निहित सुरक्षा सुविधाएँ थीं। उन्हें 2004 में पहली डिजिटल वॉटरमार्किंग विप और 2006 में पहली कम-पावर डिजिटल वॉटरमार्किंग विप के डिजाइन के रूप में व्यापक रूप से श्रेय दिया जाता है। वह 13 सर्वश्रेष्ठ ऐपर पुरस्कारों के प्राप्तकर्ता हैं, 2020 में फुलब्राइट स्पेशलिस्ट अवार्ड, 2020 में IEEE कंज्यूमर इलेक्ट्रॉनिक्स सोसाइटी उत्कृष्ट सेवा पुरस्कार, 2018 में IEEE-CS-TCVLSI प्रतिवित नेतृत्व पुरस्कार और 2016 में भौतिक विज्ञान और गणित श्रेणी में सर्वश्रेष्ठ पाठ्यपुस्तक के लिए PROSE पुरस्कार। उन्होंने 15 मुख्य भाषण दिए हैं और विभिन्न अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलनों में 13 पैनलों में काम किया है। वह कई सहकारी-समीक्षित अंतर्राष्ट्रीय लेनदेन/पत्रिकाओं के संपादकीय बोर्ड में काम कर रहे हैं, वे 2016-2021 के दौरान IEEE कंज्यूमर इलेक्ट्रॉनिक्स मैगज़ीन (MCE) के प्रधान संपादक (EiC) रहे हैं। उन्होंने 2014-2018 के दौरान IEEE कंज्यूमर सोसाइटी (IEEE-CS) में बहुत बड़े पैमाने पर एकीकरण (TCVLSI) पर तकनीकी समिति के अध्यक्ष के रूप में और 2019-2021 के दौरान IEEE कंज्यूमर टेक्नोलॉजी सोसाइटी के बोर्ड ऑफ गवर्नर्स में कार्य किया। वे कई अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलनों की संचालन, आयोजन और कार्यक्रम समितियों में कार्य करते हैं। वे IEEE इंटरनेशनल सिम्पोजियम ऑन स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम्स (IEEE-iSES), IEEE-CS सिम्पोजियम ऑन VLSI (ISVLSI), और OITS इंटरनेशनल कॉन्फरेंस ऑन इंफोर्मेशन टेक्नोलॉजी (OCIT) के लिए संस्थापक संचालन समिति के अध्यक्ष/उपाध्यक्ष हैं। उन्होंने 2 पोस्ट-डॉक्टरल शोधकर्ताओं का मार्गदर्शन किया है, और 13 पीएचडी शोध प्रबंध, 26 एमएस थीसिस और 11 स्नातक परियोजनाओं की देखरेख की है।



इलियास कोगियानोस ने 1985 में ग्रीस के पैट्रास विश्वविद्यालय से बीएसईई और 1987 में एमएस और 1997 में ईई में पीएचडी की डिग्री प्राप्त की, ये सभी लुडिसियाना स्टेट यूनिवर्सिटी से प्राप्त की। 1988 से 1998 तक वे ह्यूस्टन और डलास, टेक्सास में टेक्सास इंस्ट्रूमेंट्स, इंक. के साथ थे। 1998 में वे फ़िनिक्स, एरिजोना में अवंत! कॉर्प. (अब सिनोप्रिस) में वरिष्ठ अनुप्रयोग इंजीनियर के रूप में शामिल हुए और 2000 में वे डलास, टेक्सास में कैडेंस डिज़ाइन सिस्टम्स, इंक. में एनालॉग/मिश्रित-संकेत कर्टम आईसी डिज़ाइन में वरिष्ठ वास्तुकार के रूप में शामिल हुए। वे 2004 से यूएनटी में हैं।

वह यूनिवर्सिटी ऑफ नॉर्थ टेक्सास (यूएनटी), डैन्टन, टेक्सास में इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग विभाग में प्रोफेसर हैं। उनकी शोध रुचि एनालॉग/मिश्रित-सिग्नल/आरएफ आईसी डिज़ाइन और सिमुलेशन के क्षेत्र में और मल्टीमीडिया अनुप्रयोगों के लिए वीएलएसआई आर्किटेक्चर के विकास में है। वह 200 से अधिक सहकारी-समीक्षित जर्नल और सम्मेलन प्रकाशनों के लेखक हैं।



चित्तरंजन रे नेब्रास्का-लिंकन विश्वविद्यालय में सिविल और पर्यावरण इंजीनियरिंग के प्रोफेसर हैं, और नेब्रास्का विश्वविद्यालय में नेब्रास्का जल केंद्र के निदेशक हैं। उन्हें पानी की मात्रा और पानी की गुणवत्ता दोनों के मुद्दों के प्रबंधन के कई पहलुओं में व्यापक अनुभव है, विशेष रूप से भूजल की गुणवत्ता पर रासायनिक और रोगजनक प्रभावों के क्षेत्रों में; वडोज क्षेत्र में प्रवाह और परिवहन प्रक्रियाएँ, कम लागत वाली जल आपूर्ति के लिए तकनीकें, और कृषि-जल/ऊर्जा संबंध। उन्होंने पहले हवाई-मोनो विश्वविद्यालय में जल संसाधन अनुसंधान केंद्र के अंतरिम निदेशक के रूप में कार्य किया। रे विश्वविद्यालय के पर्यावरण केंद्र के निदेशक और हवाई विश्वविद्यालय में अमेरिकी नौसेना द्वारा प्रायोजित सुविधा एप्लाइड रिसर्च लेबोरेटरी के मुख्य पर्यावरण इंजीनियर भी थे। उन्होंने उद्योग और इलिनोइस राज्य जल सर्वेक्षण में पद संभाले हैं।