

या प्रकाशनासाठी चर्चा, आकडेवारी आणि लेखकांचे प्रोफाइल येथे पहा: <https://www.researchgate.net/publication/357824634>

स्मार्ट शेतीबद्दल तुम्हाला जे काही जाणून घ्यायचे होते ते सर्व

प्रीप्रिट · जानेवारी २०२२

DOI: 10.48550/arXiv.2201.04754

उद्धरणे

३

वाचतो

४,४४४

७ लेखक, ज्यात समाविष्ट आहे:



अलकनंद मित्र

नेब्रारका विद्यापीठ-लिंकन

२५ प्रकाशने २८० उद्धरणे

[प्रोफाइल पहा](#)



लक्ष्मी सुक्रता तिरुमला वांगीपुरम

उत्तर टेक्सास विद्यापीठ

११ प्रकाशने ५२ उद्धरणे

[प्रोफाइल पहा](#)



आनंद बापटला

उत्तर टेक्सास विद्यापीठ

१७ प्रकाशने २०६ उद्धरणे

[प्रोफाइल पहा](#)



Venkata Karthik Vishnu Vardhan Bathalapalli

उत्तर टेक्सास विद्यापीठ

१३ प्रकाशने ८५ उद्धरणे

[प्रोफाइल पहा](#)

स्मार्ट बदल तुम्हाला जे काही जाणून घ्यायचे होते ते सर्व

शेती

एक प्रीप्रिट

③ अलकनंद मित्रा संगणक विज्ञान

आणि अभियांत्रिकी विभाग, उत्तर टेक्सास विद्यापीठ, यूएसए

सुकृता एलटी वांगीपुरम संगणक विज्ञान आणि

अभियांत्रिकी विभाग उत्तर टेक्सास विद्यापीठ, यूएसए

③ आनंद के. बापटला संगणक

विज्ञान आणि अभियांत्रिकी विभाग, उत्तर टेक्सास विद्यापीठ,
यूएसए

वैंकट केव्हीदी बाथलापल्ली संगणक विज्ञान आणि

अभियांत्रिकी विभाग उत्तर टेक्सास विद्यापीठ, यूएसए

③ सरजू पी. मोहंती संगणक विज्ञान

आणि अभियांत्रिकी विभाग, उत्तर टेक्सास विद्यापीठ, यूएसए

③ एलियास कौरियानोस

इलेक्ट्रिकल अभियांत्रिकी विभाग, उत्तर
टेक्सास विद्यापीठ

चित्ररंजन रे नागरी आणि पर्यावरण

अभियांत्रिकी विभाग नेब्रास्का-लिंकन विद्यापीठ, यूएसए

१२ जानेवारी २०२२

सारांश

२०५० पर्यंत जगाची लोकसंख्या जवळजवळ २ अब्ज वाढेल आणि त्यामुळे अन्नाची मागणी झापाव्याने वाढेल असा अंदाज आहे . अलिकडच्या एका अंदाजानुसार, काही प्रगती असूनही, जग "शून्य उपासमार" ध्येय साथ करण्यात मागे आहे. सामाजिक-आर्थिक आणि कल्याणकारी परिणामांचा अन्न सुरक्षेवर परिणाम होईल. लोकांचे असुक्षित गट कुपोषणाला बळी पडतील. वाढत्या लोकसंख्येच्या गरजा पूर्ण करण्यासाठी, कृषी उद्योगाचे आधुनिकीकरण, स्मार्ट आणि स्वयंचलित होणे आवश्यक आहे. विद्यमान तंत्रज्ञानाचा अवलंब करून पारंपारिक शेती कार्यक्षम, शाश्वत, पर्यावरणपूरक स्मार्ट शेतीमध्ये बदलता येते. या सर्वेक्षण पेपरमध्ये लेखक अनुप्रयोग, तांत्रिक ट्रॅड, उपलब्ध डेटासेट, नेटवर्किंग पर्याय आणि स्मार्ट शेतीमधील आव्हाने सादर करतात. इंटरनेट-ऑफ-थिंग्जवर औप्पी सायबर फिजिकल सिस्टम्स कशा तयार केल्या जातात यावर विविध ऑफिकेशन फील्ड्सरे चर्चा केली जाते. औप्पीकल्चर ४.० वर देखील संपूर्णपणे चर्चा केली जाते. आम्ही कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआय) आणि मशीन लर्निंग (एमएल) सारख्या तंत्रज्ञानावर लक्ष केंद्रित करतो जे ऑटोमेशनला समर्थन देतात, तसेच डेटा अखंडता आणि सुरक्षा प्रदान करणारे डिस्ट्रियुटेड लेजर टेक्नॉलॉजी (डीएलटी) देखील आहे. वेगवेगळ्या आर्किटेक्चर्सचा सखोल अभ्यास केल्यानंतर, आम्ही एक स्मार्ट कृषी चौकट देखील सादर करतो जी डेटा प्रोसेसिंगच्या स्थानावर अवलंबून असते. आम्ही भविष्यातील संशोधन कार्य म्हणून स्मार्ट शेतीच्या खुल्या संशोधन समस्यांना दोन गटांमध्ये विभागले आहे - तांत्रिक दृष्टिकोनातून आणि नेटवर्किंग दृष्टिकोनातून.

एआय, एमएल, ब्लॉकचेन म्हणून डीएलटी आणि फिजिकल अनक्लोनेबल फंक्शन्स (पीयुएफ) आधारित हार्डवेअर सुरक्षा तंत्रज्ञान गटात येतात, तर नेटवर्की संबंधित कोणतेही हल्ले, बनावट डेटा इंजेक्शन आणि तत्सम धोके नेटवर्क संशोधन समस्या गटात येतात.

कीवर्ड: स्मार्ट औद्योगिकलचर, इंटरनेट-ऑफ-थिंग्ज (आयओटी), सायबर-फिजिकल सिस्टीम्स (सीपीएस), औद्योगिकलचर सायबर-फिजिकल सिस्टम्स (ए-सीपीएस), इंटरनेट-ऑफ-जॉग-थिंग्ज (आयओएटी), फिजिकल अनकलोनेबल फंकशन (पीयूएफ), डिस्ट्रिब्युटेड लेजर तंत्रज्ञान (डीएलटी), ब्लॉकचेन

१ परिचय

२०५० पर्यंत जगाची लोकसंख्या ९.७ अब्ज पर्यंत पोहोचेल असा अंदाज आहे आणि या शतकाच्या अखेरीस ११ अब्ज पर्यंत पोहोचू शकते [१]. या अंदाजांना पाहता, जगभरातील अन्नाचा वापर वेगाने वाढेल असा अंदाज आहे. भविष्यातील लोकसंख्येला सेवा देण्यासाठी अन्न उत्पादनात आवश्यक वाढ करणे हे एक प्रचंड काम आहे. शाश्वत आणि स्मार्ट शेतीद्वारेच अन्न पुरवठा उत्पादन वाढवणे शक्य आहे. २०३० पर्यंत जगभरातील उपासमार संपर्काचे ध्येय निश्चित करण्यात आले आहे. परंतु सध्या, आपण त्या ध्येयापर्यंत पोहोचण्याच्या मार्गावर नाही आहोत [२, ३]. आज जगभरात ८०० दशलक्ष लोक कुपोषित आहेत. वाढत्या लोकसंख्येची या समस्येत महत्वपूर्ण भूमिका आहे. अधिक लोक म्हणजे अधिक अन्न. २०५० पर्यंत, जगातील लोकसंख्येला पुढे से अन्न पुरवण्यासाठी ७०% अधिक अन्न उत्पादन आवश्यक आहे [४]. इतर अनेक घटक ही परिस्थिती विकट करत आहेत:

- शहरीकरणामुळे खाण्याच्या सवयी बदलत आहेत. लोक अधिक प्राणी प्रथिने वापरत आहेत. १९९७-१९९९ मध्ये वार्षिक प्राणी दरडॉई प्रथिनांचा वापर ३६.४ किलो होता जो २०३० पर्यंत ४५.३ किलोपर्यंत वाढेल.
- नैसर्गिक संसाधनांचा नाश होत आहे. शेतीयोग्य जमिनी शेतीसाठी अयोग्य बनत आहेत. सध्याच्या शेतीयोग्य जमिनीपैकी २५% जमीन अत्यंत अयोग्य आहे आणि ४४% जमीन मध्यम प्रमाणात अयोग्य आहे. पाण्याच्या कमतरतेमुळे ४०% शेतीयोग्य जमीन नापीक बनली आहे. • शहरी विस्तार आणि नवीन शेतजमिनीसाठी जंगलतोड केल्याने भूजल झापाट्याने कमी होत आहे. • जास्त शेतीमुळे कमी पडीक कालावधी, पीक रोटेशनचा अभाव आणि पशुधनाच्या अतिचराईमुळे माती निर्माण होत आहे.

धूप.

- हवामान बदल वेगाने होत आहे. त्याचा परिणाम अन्नधान्याच्या लागवडीच्या प्रत्येक पैलूवर होत आहे. गेल्या ५० वर्षांत, हरितगृह वायूचे उत्सर्जन दुप्पट झाले आहे ज्यामुळे अप्रत्याशित पर्जन्यवृद्धी आणि दुष्काळ किंवा पूर येण्याच्या घटनांमध्ये वाढ झाली आहे.

- अन्नाची नासाडी हा आणखी एक घटक आहे. जगभरात उत्पादित होणाऱ्या अन्नापैकी ३३% ते ५०% अन्न वाया जाते.

या समस्या दूर करण्यासाठी, अन्न आणि कृषी उद्योग "कृषी ४.०" चे स्वागत करतात, जी विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाच्या केंद्रस्थानी असलेली एक हिरवी, स्मार्ट क्रांती आहे. आकृती १ मध्ये स्मार्ट शेतीचा आढावा दाखवला आहे.

जर आपण औद्योगिक क्रांतीचा आढावा घेतला तर आपल्याला दिसून येईल की ती प्रत्यक्षात नवपाणाण आणि ताप्रयुगात सुरु झाली जेव्हा प्राचीन लोकांनी लाकूड आणि दगडांचा वापर साधने म्हणून केला आणि नंतर शेतीसाठी धारूंचा वापर केला. परंतु उद्योग १.० ने वाफेच्या इंजिनच्या वापराने सुरुवात केली. मोठ्या प्रमाणात उत्पादन आणि विद्युत उर्जेचा वापर उद्योग २.० ला सुरुवात करतो. उद्योग ३.० मध्ये ऑटोमेशन आणि नोड्स जोडणे समाविष्ट आहे. [५]. समांतर कृषी क्रांती देखील घडली - कृषी ४.० मध्ये स्वदेशी अवजारांसह सुरुवात, कृषी २.० मध्ये ट्रॅक्टर आणि खतांचा वापर, कृषी ३.० मध्ये निर्णय आणि देखरेख प्रणाली आणि कृषी ४.० मध्ये स्मार्ट शेती किंवा स्मार्ट शेती [५].

कृषी ४.० ही विविध तंत्रज्ञानाच्या एकत्रीकरणाद्वारे परिभाषित केली आहे, जसे की आयओटी, एआय, ब्लॉकचेन, मानवरहित हवाई वाहनांचा (यूएची) वापर, नॅनोटेक्नॉलॉजी आणि रोबोटिक्स, जसे की आकृती २ मध्ये दाखवले आहे.

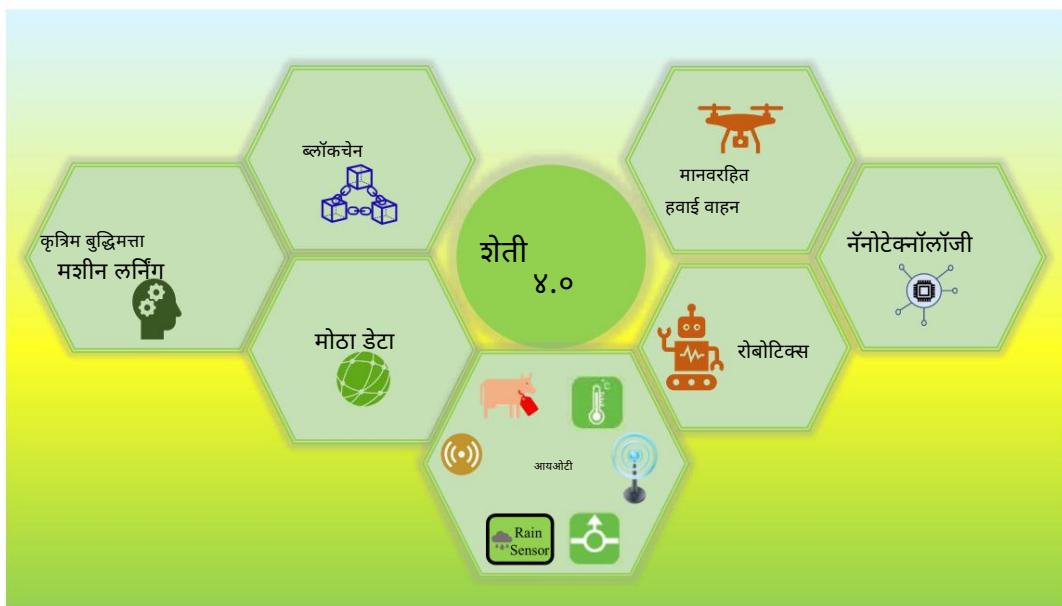
या सर्वेक्षणाचा उवरित भाग आठ विभागांमध्ये विभागलेला आहे. विभाग २ स्मार्ट शेतीचे महत्व मांडतो. विभाग ३ स्मार्ट शेती वास्तुकला मांडतो. विभाग ४ मध्ये इंटरनेट-ऑफ-ऑप्टो-थिंग्ज (IoAT) आधारित कृषी सायबर फिजिकल सिस्टीम्स (A-CPS) ची चर्चा केली आहे. विभाग ५ मध्ये स्मार्ट शेतीच्या विविध अनुप्रयोगांचे वर्णन केले आहे. विभाग ६ मध्ये उद्योगासमोरील आव्हाने दर्शविली आहेत. विभाग ७ मध्ये स्मार्ट शेतीमध्ये रूपांतरित केलेल्या विविध तंत्रज्ञानाचे वर्णन केले आहे, तर विभाग ८ मध्ये कृषी उद्योगात उपलब्ध डेटासेटची चर्चा केली आहे. विभाग ९ भविष्यातील खुल्या संशोधन समस्यांबद्दल बोलतो आणि शेवटी विभाग १० पेपरचा शेवट करतो. पेपरमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या संक्षिप्त शब्दांची यादी पेपरच्या शेवटी जोडली आहे.

२ स्मार्ट शेती आणि आपल्याला त्याची गरज का आहे?

आकृती २ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे तंत्रज्ञानाचा वापर करून, अंगमेहनती आणि कमी उत्पादकता असलेली पारंपारिक शेती शाश्वत, बुद्धिमान, कार्यक्षम आणि पर्यावरणपूरक शेतीमध्ये रूपांतरित होत आहे. दीर्घकाळपासून स्थापित, जुन्या काळातील शेती "स्मार्ट" शेतीमध्ये रूपांतरित होत आहे. नवीन संज्ञा उदयास येत आहेत - "स्मार्ट शेती", "डिजिटल शेती", "प्रिसिजन शेती". "स्मार्ट शेती" हे "स्मार्ट शेती" चे दुसरे नाव आहे. "स्मार्ट शेती" मध्ये डेटा मिळवणे आणि मानवी श्रम कमी करण्याबरोबरच उत्पादनाचे गुणवत्ता मानके आणि उत्पन्न वाढवण्यासाठी एक जटिल प्रणाली ऑप्टिमाइझ करण्यासाठी त्या डेटाचा वापर करणे यावर लक्ष केंद्रित केले आहे.



आकृती १: स्मार्ट शेतीचा आढावा.

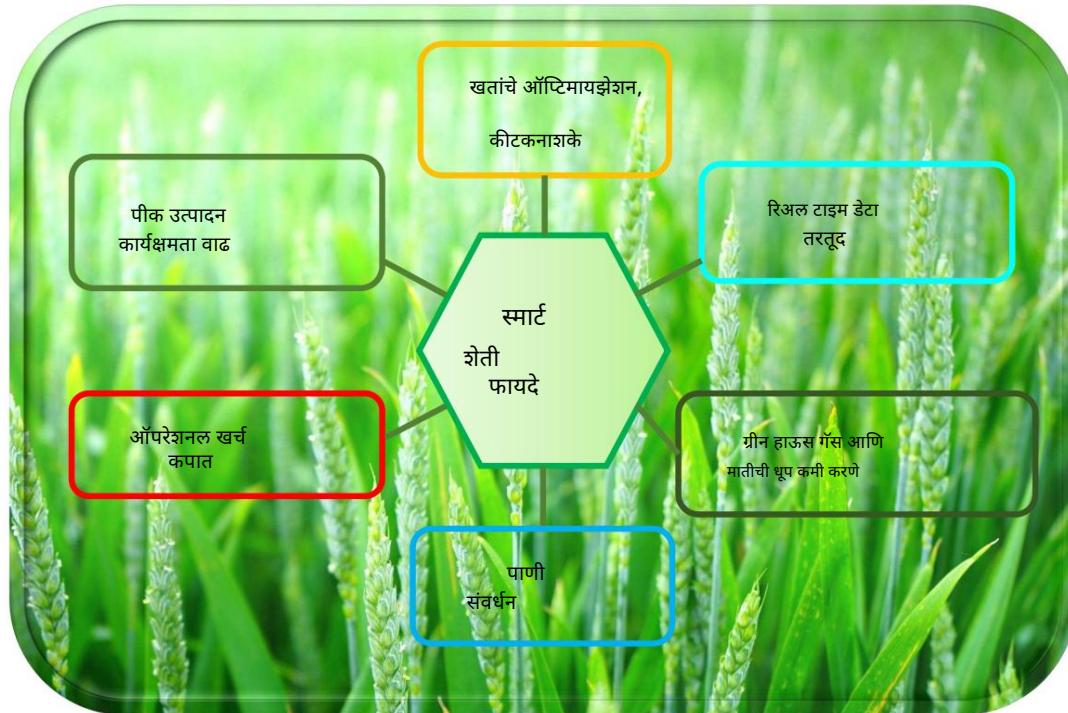


आकृती २: शेतीचे घटक ४.०.

"प्रिसिजन फार्मिंग किंवा ऑप्रीकल्चर" आणि "डिजिटल फार्मिंग" हे बहुतेक "स्मार्ट ऑप्रीकल्चर" चे पूर्ववर्ती आहेत [6]. जेव्हा शेतीचे उद्दिष्ट म्हणजे विशिष्ट शेत किंवा पिकासाठी ऑप्रिटायझेशन, अचूकता आणि सानुकूलित उपायांच्या मदतीने वेगवेगळ्या तंत्रज्ञानाचा वापर करून, ते "प्रिसिजन फार्मिंग किंवा ऑप्रीकल्चर" या लेबलखाली येते. "डिजिटल फार्मिंग" हे संयोजन आहे या दोघांपैकी. या पेपरमध्ये, आपण "कृषी ४.०" आणि त्याच्या भविष्याबद्दल "स्मार्ट शेती" वर चर्चा करू.

आकृती ३ मध्ये पारंपारिक शेतीच्या तुलनेत स्मार्ट शेतीचे प्रचंड फायदे दाखवले आहेत. ते आहेत:

- जलसंधारण.
- खते आणि कीटकनाशकांचा वापर अधिक चांगल्या प्रकारे करणे. परिणामी, उत्पादन अधिक विषमुक्त आणि पोषक तत्वांनी समृद्ध होते.
- पीक उत्पादन कार्यक्षमता वाढली.
- ऑपरेशनल खर्चात कपात.
- शहरे, वाळवटांमध्ये अपारंपारिक शेती क्षेत्र खुले करणे.
- हरितगृह वायू उत्सर्जन कमी करणे.
- मातीची धूप कमी झाली.
- शेतकऱ्यांना रिअल टाइम डेटा उपलब्धता.



आकृती ३: पारंपारिक शेतीपेक्षा स्मार्ट शेतीचे फायदे.

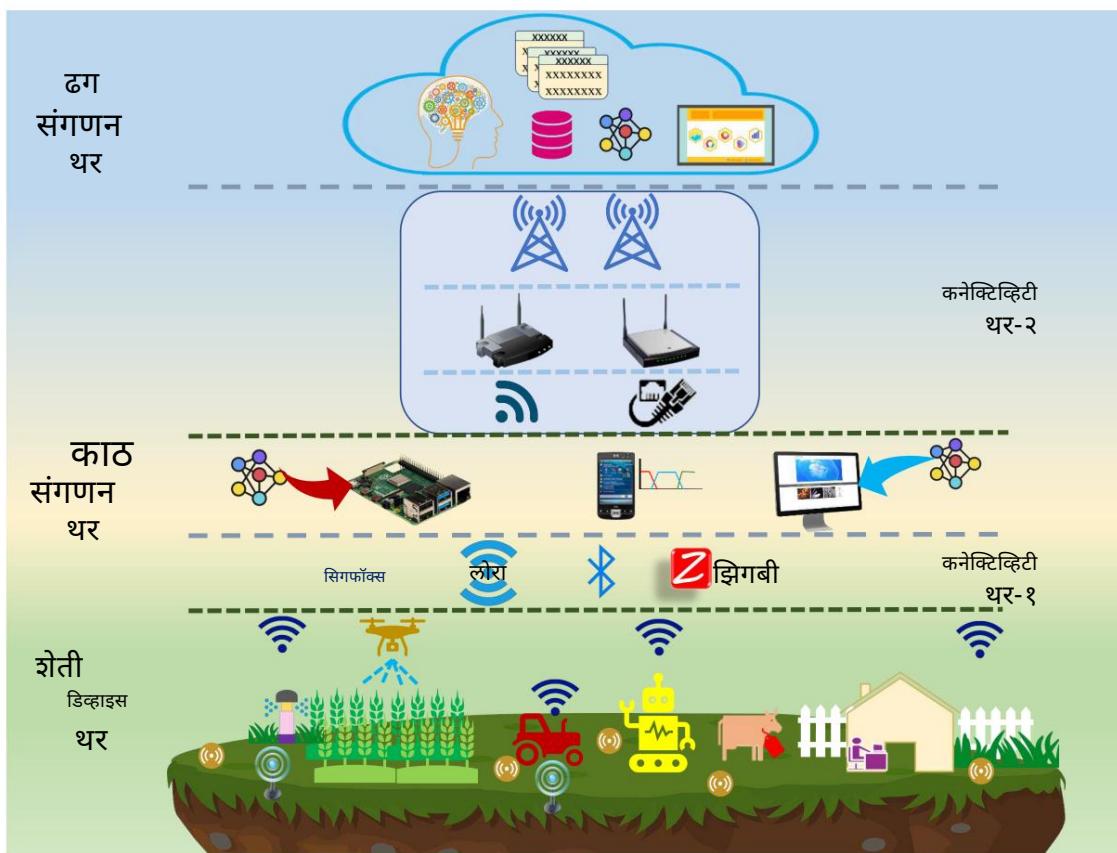
३ स्मार्ट कृषी वास्तुकला

आयओटी अलिकडेच कृषी उद्योगाला चालना देत आहे. वेगवेगळे तंत्रज्ञान, प्रोटोकॉल आणि मानके तयार केली जात आहेत . वापरला जातो. अनुप्रयोगावर अवलंबून, अंमलबजावणी आर्किटेक्चरमध्ये संबंधित स्तरांची संख्या बदलते.

तीन थरांसह स्मार्ट कृषी आर्किटेक्चर [७, ८, ९], चार थर [१०, ११], पाच थर [१२], सहा थर [१३] आणि सात साहित्यात थर [१४] सादर केले गेले आहेत. त्या वास्तुकलेमध्ये वेगवेगळी नावे आणि दृष्टिकोन वापरले गेले आहेत. आम्ही एक सामान्य आर्किटेक्चर स्वीकारतो, जिथे थरांचे स्थान (घटनेच्या जवळ) यावर अवलंबून परिभाषित केले जातात.

त्यांची प्रक्रिया आणि ते कसे जोडलेले आहेत. ही स्मार्ट कृषी रचना आकृती ४ मध्ये दाखवली आहे.

आम्ही आर्किटेक्चरचे तीन मुख्य थरांसह चित्रण करतो. हे थर दोन कनेक्टिव्हिटी थरांद्वारे जोडलेले आहेत. आम्ही दोन्ही कनेक्टिव्हिटी लेर्यर्स वेगवेगळ्या तंत्रज्ञानाचा वापर करून वेगवेगळ्या लेर्यर्सना जोडतात मणून त्यांना दोन उप-लेर्यर्समध्ये विभागा. कनेक्टिव्हिटी लेर्यर सर्व स्तरांमध्ये एक पूल स्थापित करतो, हा स्मार्ट कृषी आर्किटेक्चरचा मुख्य स्तर आहे ज्यामध्ये सर्व थर एकमेकांशी सुरंगतपणी काम करतात.



आकृती ४: स्मार्ट शेतीची रचना.

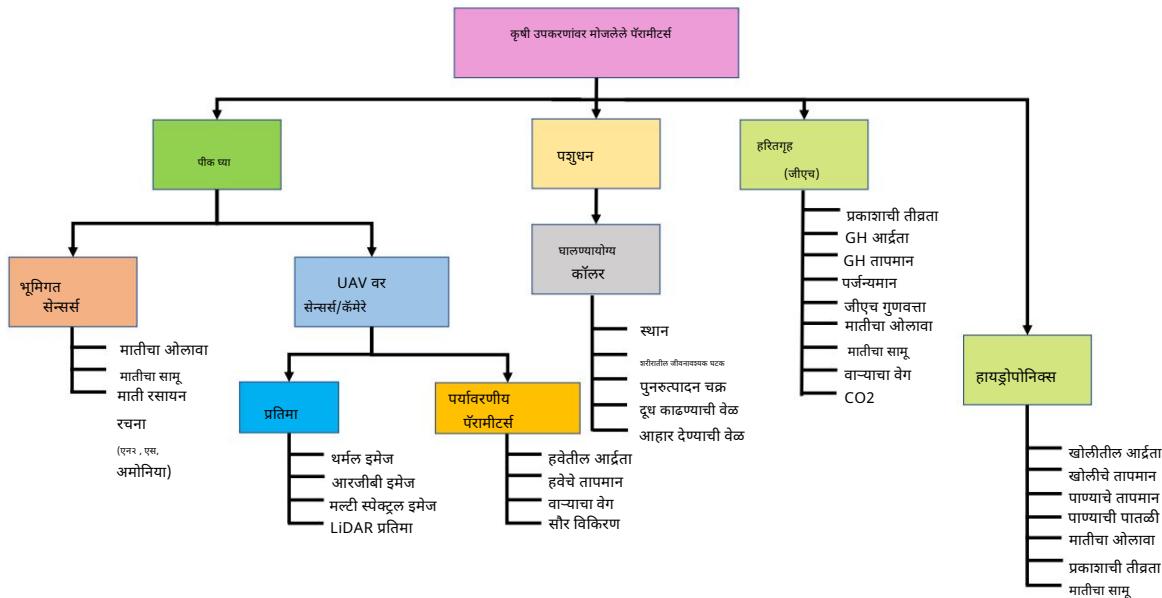
- थर-१: कृषी उपकरण थर हा स्मार्ट कृषी वास्तुकलेचा पायाभूत थर आहे. त्यात शेतीच्या जमिनीत बसवलेले सेन्सर्स, प्राण्यांचे वाडे, ग्रीन हाऊस, हायड्रोपोनिक सिस्टीम, टँग केलेले पशुधन, मानवरहित हवाई वाहने, कृषी रोबोट, स्वयंचलित कुंपण आणि ट्रॅक्टर [१५, १६] अजा विविध गोषींचा समावेश आहे.

ही उपकरणे किंवा वितरित स्रोत नोड्स भौतिक पॅरामीटर्स ओळखतात, रिअल-टाइममध्ये चोरीस तास डेटा गोळा करतात आणि कनेक्टिव्हिटी लेयरद्वारे पुढील लेयरवरील गेटवे नोडवर पाठवतात, जे मुळात वायरलेस सेन्सर नेटवर्क (WSN) आहे. आकृती ५ मध्ये स्मार्ट शेतीच्या विविध क्षेत्रात वैगवेगळ्या सेन्सर/कॅमेरांद्वारे जाणवलेला डेटा दर्शविला आहे. उदाहरणार्थ, भात पिकाच्या शेतात, भूमिगत माती सेन्सर आणि ऑन-यूएकी सेन्सर आणि कॅमेरे डेटा गोळा करतात आणि पुढील प्रक्रियेसाठी त्यांना काठावर पाठवतात.

- लेयर-२: हा एज कॉम्प्युटिंग लेयर आहे. यामध्ये अनेक एज नोड्स असतात. नोड्सची संख्या विशेष स्मार्ट कृषी प्रणालीवर अवलंबून असते. लेयर-२ वर गोळा केलेला डेटा येथे प्रक्रिया, फिल्टर आणि एन्क्रिप्ट केला जातो. पूर्वी, एज लेयरवरील संसाधनांच्या मर्यादांमुळे पुढील लेयरमध्ये भविष्यसूचक आणि द्रावण भाग केले जात होते. परंतु अलिकडच्या काळात हार्डवेअर आणि एआय ॲट द एज उपक्रमांच्या प्रगतीमुळे, प्रशिक्षित मशीन लर्निंग मॉडेल्स या लेयरवर भविष्यसूचकता करू शकतात आणि उपाय सुचवू शकतात. तथापि, जर काम संसाधन महाग असेल किंवा वेळेच्या दृष्टीने संवेदनशील नसेल, तर पुढील लेयरमध्ये भविष्यसूचक आणि अनुमान दोन्ही करता येतात. उदाहरणार्थ, जर गाय पशुधन फार्ममध्ये तिच्या कथित क्षेत्राबाबूरे असेल किंवा तिला दूध काढण्याची आवश्यकता असेल, तर आवश्यक उपाययोजना एज कंप्युटिंग लेयरवर केल्या जातात आणि शेतकऱ्याला सूचित केले जाते.

हार्डवेअर बोर्डचा वापर एज डिव्हाइसेस म्हणून केला जात आहे [17]. काही सामान्य बोर्ड आणि अनुप्रयोगांचा उल्लेख करायचा झाला तर, Arduino UNO, [18] मध्ये ग्रीनहाऊस मॉनिटरिंग आणि कंट्रोलिंग सिस्टमसाठी, रास्पबेरी पाई हायड्रोपोनिक सिस्टमसाठी [19], ESP8266 हे सभोवतालच्या घटकांचे व्यवस्थापन करण्यासाठी स्मार्ट कृषी घटकांना जोडण्यासाठी [20], स्मार्ट सिंचनासाठी ESP32 [21], उभ्या कृषी गोदामांसाठी इंटेल एडिसन [22] आणि कृषी रासायनिक प्रक्रियांचे निरीक्षण करण्यासाठी बीगलबोन [23] वापरले गेले आहे.

- लेयर-३: क्लाउड कॉम्प्युटिंग लेयर हा स्मार्ट कृषी प्रणालीच्या तळाशी असलेल्या आर्किटेक्चरचा तिसरा किंवा सर्वांत वरचा थर आहे. हा व्हर्च्युअल लेयर सहसा डेटा सेटरमध्ये असतो आणि इंटरनेटद्वारे जगातील कोठूनही त्यावर प्रवेश केला जाऊ शकतो [11]. कृषी शेतांमध्ये सेन्सर्स किंवा कॅमेरांद्वारे गोळा केलेल्या प्रचंड डेटाची आवश्यकता असते



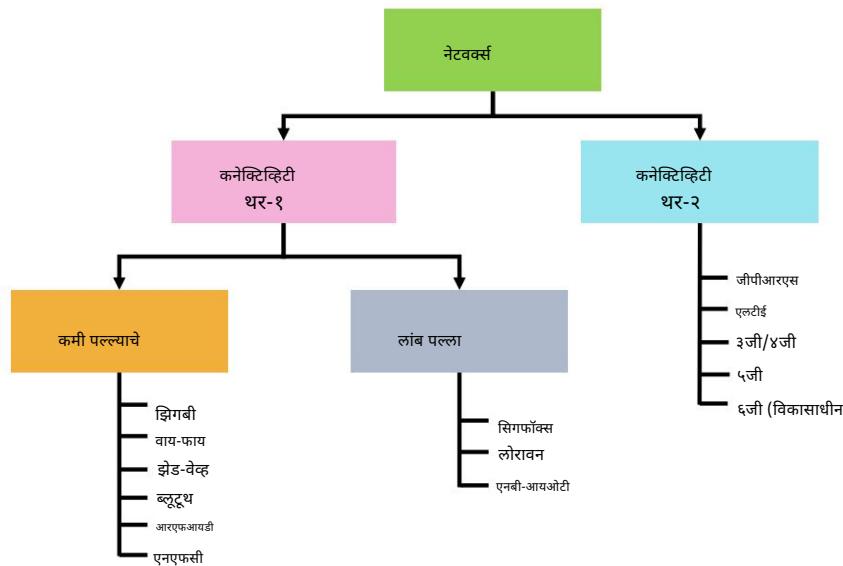
आकृती ५: स्मार्ट शेतीच्या विविध क्षेत्रांमध्ये सेन्सर पॅरामीटर्स.

प्रक्रिया, विश्लेषण आणि जतन करणे, अलिकडेपर्यंत, बहुतेक विश्लेषण आणि निर्णय घेणे क्लाउडवर प्रवंड डेटा सेट [7, 8, 24] साठवण्यासोबतच केले जात होते. क्लाउडची उच्च संगणकीय शक्ती त्याला वाजवी वेळेत विविध जटिल कामे करण्यास अनुमती देते. परंतु क्लाउड संगणनाच्या काही मर्यादा आहेत ज्यासाठी नवीन संगणकीय प्रतिमान उदयास येण्याची आवश्यकता आहे. विलंब, उच्च बँड रुंदी इंटरनेट आवश्यकता, डेटाची सुरक्षा आणि गोपनीयता हे काही मर्यादित घटक आहेत जे स्मार्ट शेतीच्या वेळेस संवेदनशील देखरेख आणि व्यवस्थापनाला प्रतिबंधित करतात.

एआय, हाईवैअर बोर्डमधील अलिकडच्या विकास आणि 5G नेटवर्कमुळे एज एआय हा एक नवीन नमुना तयार झाला आहे. तो डेटाची सुरक्षा आणि गोपनीयता वाढवतो कारण तो त्याच्या मूळ विद्युजवळ डेटा प्रक्रिया करतो. त्यामुळे डेटा क्लाउडवर प्रवास करत नाही किंवा सेंट्रलाइझ क्लाउडवर शेअर केला जात नाही. एज एआयने इंटरनेटवरील विलंब आणि अवलंबित कमी केले आहे.

- कनेक्टिव्हिटी लेयर्स: ते विविध लेयर्सना जोडतात. कनेक्टिव्हिटी लेयर-१ हा लेयर-१ मधील भौतिक पॅरामीटर डेटा मिळवतो आणि त्यांना लेयर-२ मध्ये पाठवतो. लेयर-२ मधील प्रक्रिया केलेला डेटा कनेक्टिव्हिटी लेयर-२ द्वारे लेयर-३ मध्ये पाठवला जातो. आकृती ६ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे जोडायच्या क्षेत्रानुसार या लेयरमध्ये विविध ट्रान्समिशन रेज कम्युनिकेशन नेटवर्क वापरले जातात. जेव्हा डेटा कृषी उपकरण लेयरमधून एज कंप्युटिंग लेयरमध्ये हस्तांतरित केला जातो, तेव्हा जवळच्या रेज ZigBee, Wi-Fi, Z-Wave, Bluetooth, Radio Frequency Identification (RFID) आणि जवळच्या फील्ड कम्युनिकेशन (NFC) सामान्यत: वापरले जातात, तर लांब रेंजसाठी SigFox, LoRaWan आणि Narrowband IoT (NB-IoT) वापरले जातात [17]. उदाहरणार्थ, दूरच्या गावात असलेल्या लहान शेतासाठी जिथे नेटवर्क बँडविड्थ मर्यादित आहे कमी बँटरी वापरणारे Z-Wave हा एक चांगला पर्याय आहे. परंतु मोठ्या शेतांसाठी, LoRaWan त्याच्या कमी ऊर्जा वापरासाठी आणि लांब अंतराच्या ट्रान्समिशन क्षमतेसाठी योग्य आहे. [25] मध्ये ब्लूटूथ लो पॉवरचा वापर माती आणि हवेच्या देखरेखीसाठी आणि [26] मध्ये सिंचन प्रणाली व्यवस्थापित करण्यासाठी डिग्रीवाचा वापर केला गेला आहे. स्मार्ट कृषी उद्योगात RFID चा मोठ्या प्रमाणात वापर केला जातो [27, 28, 29, 30, 31, 32]. [33] मध्ये पाणी व्यवस्थापनासाठी LoRa चा वापर केला गेला आहे.

जेव्हा प्रक्रिया केलेला डेटा एज कंप्युटिंग लेयरमधून क्लाउड लेयरवर प्राठवला जातो तेव्हा ग्राउंड पेनेट्रेटिंग रडार सर्विसेस (GPRS), लॉन्ग-टर्म इव्होल्यूशन (LTE), 3G/4G आणि 5G सारख्या सेल्युलर तंत्रज्ञानाचा वापर केला जातो. अलीकडील 5G तंत्रज्ञानामध्ये कमी विलंब, उच्च विश्वसनीयता, मोठे कहरेज क्षेत्र, उच्च डेटा रेट आणि नवीन फ्रिक्वेन्सी बँड आहेत [9]. हे स्मार्ट शेतीला प्रगती करण्यास मोठ्या प्रमाणात मदत करू शकते. [24] मध्ये सिंचनासाठी GPRS चा वापर केला जात आहे. 5G वापराच्याचे नवीन उपक्रम सुरु झाले आहेत [34, 35]. 5G नेटवर्कचा उत्तराधिकारी 6G सेल्युलर तंत्रज्ञान आहे जे विकासाधीन आहे. ते विद्यमान मोबाइल नेटवर्कपेक्षा खूप वेगवान असेल. लवचिक विकेंट्रिट मॉडेल एज कंप्युटिंग, एआय आणि ब्लॉकचेन सारख्या विविध क्षेत्रांना चालना देतील जे स्मार्ट शेतीच्या वाढीस चालना देतील.



आकृती ६: स्मार्ट शेतीसाठी विविध नेटवर्क्स.

४ इंटरनेट ऑफ ऑप्झो-थिंग्ज (आयओएटी) आधारित ऑप्प्रीकलचरल सायबर-फिजिकल सिस्टम्स (ए-सीपीएस)

आयओटी म्हणजे परस्परसंबंधित भौतिक गोष्टी, उपकरणे, वस्तुंचे नेटवर्क आहे ज्यांचा इंटरनेटद्वारे इतर उपकरणे आणि प्रणालींशी डेटा जोडण्यासाठी आणि सामायिक करण्यासाठी अद्वितीय आयडी असतो. भौतिक प्रणालीमध्ये आयओटीची अंमलबजावणी सायबर-फिजिकल सिस्टम्स (सीपीएस) ला जन्म देते. सीपीएस ही भौतिक घटक आणि सॉफ्टवेअर किंवा संगणकीय क्षमतांची संकरित प्रणाली आहे.

उद्योगाची व्याख्या करण्याचा हा एक आधुनिक मार्ग आहे. स्मार्ट शहरे आणि स्मार्ट गवांमध्ये स्मार्ट आरोग्य, स्मार्ट शेती, स्मार्ट ऊर्जा, स्मार्ट वाहतूक, स्मार्ट नागरिक, अक्षय ऊर्जा इत्यादी एक किंवा अधिक सीपीएस समाविष्ट आहेत. ए-सीपीएस हा स्मार्ट शेतीचा गाभा आहे. तो कृषी उद्योगात क्रांती घडवतो. इंटरनेट ऑफ मेडिकल थिंग्ज (आयओएमटी) हेल्थकेअर सायबर-फिजिकल सिस्टम्स (एच-सीपीएस) बनवते, आयओएटी ए-सीपीएस बनवते [6].

आयओएटी ही डेटा चालविणारी प्रणाली आहे. कार्यप्रणाली अत्यंत कार्यक्षम करण्यासाठी सतत डेटा संकलन, प्रक्रिया आणि उपाययोजना केल्या जातात. आकृती ७(अ) अशी पुनरावृत्ती प्रणाली कार्यप्रणाली दर्शवते जी शेतकऱ्यांना कोणतीही समस्या आढळल्यास त्वरित कारवाई करण्यास अनुमती देते. या चक्रात पाच टप्पे आहेत:

- डेटा संकलन: प्रथम, इंटरनेटद्वारे जोडलेल्या विविध गोष्टी ("T") किंवा सेन्सर ("I") सेन्सर स्तरावर किंवा अंतिम स्तरावर डेटा गोळा करतात.

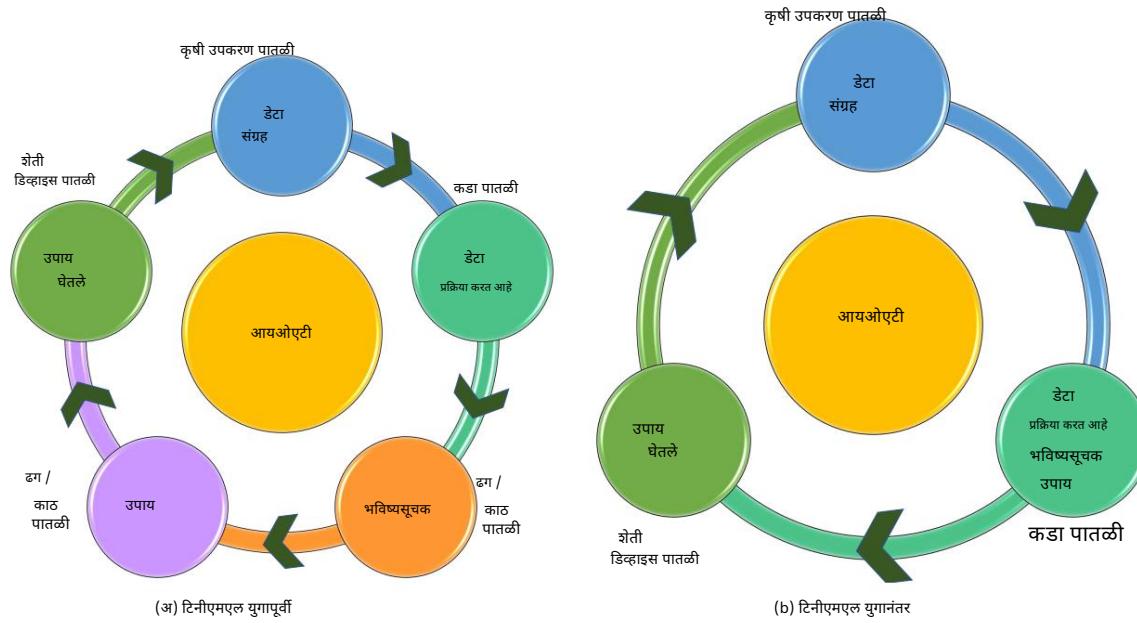
- डेटा प्रोसेसिंग: दुसरे म्हणजे, जर डेटा मॉडेलशी सुसंगत करण्यासाठी कोणत्याही डेटा प्रोसेसिंगची आवश्यकता असेल, तर ते या टप्प्यात एज लेवलवर केले जाते. उदाहरणार्थ, जर सेन्सर डेटा रेंजमध्ये नसेल किंवा UAV द्वारे घेतलेले फोटो ग्रे स्केलमध्ये बदलण्याची आवश्यकता असेल किंवा क्लाउडवर पाठवण्यापूर्वी डेटाचे कोणतेही एन्क्रिप्शन आवश्यक असेल, तर ते येथे केले जातात.

- भविष्यवाणी: हे बहुतेक विट्यामान तंत्रज्ञानासाठी क्लाउडमध्ये केले जाते. काठावर प्रक्रिया केलेल्या डेटाचे विश्लेषण येथे पूर्वनिर्धारित नियम किंवा मॉडेल्सवरून केले जाते (बहुतेक ML, फजी लॉजिक (FL) आणि आर्टिफिशियल न्यूरल नेटवर्क्स (ANN) आधारित). येथे भविष्यातील वापरासाठी डेटा संग्रहित केला जातो. काठावर AI उपक्रम परिस्थिती बदलत आहे.

- उपाय: क्लाउड प्लॅटफॉर्ममध्ये समस्या आढळल्यानंतर, उपाय सुचवला जातो. हा टप्पा ढगात किंवा काठावर करता येतो. उदाहरणार्थ, जर शेतजमिनीचा काही भाग कोरडा असेल, तर हा टप्पा सिंचन प्रणालीच्या कोणत्या झाडपांना कोरड्या भागाला चांगल्या प्रकारे पाणी देण्यासाठी किती वेळ आणि किती वेळ सोडावा लागेल हे सूचित करतो. • घेतलेले उपाय: हा चक्राचा शेवटचा टप्पा आहे जिथे द्रावणाची अंमलबजावणी केली जाते.

हे IoT उपकरणांद्वारे केले जाते. पूर्वी नमूद केलेल्या उदाहरणात, सिंचन प्रणालीच्या झाडपाचे उघडणे येथे केले जाते.

हे चक संपूर्ण शेती प्रक्रियेला चांगल्या प्रकारे सेवा देत राहते. आकृती ७(अ) दर्शविते की जेव्हा एमएल आधारित कार्ये क्लाउड आणि एज सेटिंग्जमध्ये केली जातात, तेव्हा निर्णय किंवा उपाय आयओटी डिव्हाइसवर तेथे घेतलेल्या उपाययोजनांसाठी पाठवला जातो. परंतु, टिनीएमएल औज-अ-सर्विस एमएल आणि एम्बेडेड जगाना जोडत आहे. आयओटी डिव्हाइसवर निर्णय "आउटसोर्स" करण्याऐवजी, एमएल आधारित कार्ये केवळ मर्यादित संसाधन आयओटी डिव्हाइसवर केले जात आहे. या नवीन युगात, आकृती ७(अ) आकृती ७(ब) मध्ये बदलत आहे.



आकृती ७: आयओटी आधारित स्मार्ट कृषी चक्र.

५ स्मार्ट शेती: अनुप्रयोग

या विभागात, स्मार्ट शेतीच्या अनुप्रयोग क्षेत्रांची चर्चा केली आहे. आकृती ८ मध्ये स्मार्ट शेतीच्या काही अनुप्रयोग क्षेत्रे दाखवल्या आहेत, उदा. पीक व्यवस्थापन, स्मार्ट सिंचन, पशुधन देखरेख आणि कीटक नियंत्रण आणि आकृती ९० मध्ये काही अधिक अनुप्रयोग दाखवल्या आहेत, उदा. स्मार्ट ग्रीनहाऊस, यूएची आणि स्वायत्र ट्रॅक्टर आणि हायड्रोपोनिक प्रणाली.

५.१ पीक व्यवस्थापन

पीक व्यवस्थापन ही पीक निवड, लागवड आणि विपणनात महत्त्वाचा भाग असलेल्या आर्थिक, पर्यावरणीय आणि सामाजिक पैलूंचे विश्लेषण करण्याची प्रक्रिया आहे .

पिकांची वाढ, जलसंपत्तीची उपलब्धता, कामगार, विमा आणि पर्यावरणीय घटक पीक पद्धतींचे मार्गदर्शन करतात. पर्यावरणीय घटक पीक पद्धतींमध्ये बदल घडवून आणतात. उदाहरणार्थ, रोपांच्या वाढीवर परिणाम करण्याच्या कीटक आणि कीटकांच्या उपस्थितीचे निरीक्षण करण्यासाठी शेतात अल्ट्रासोनिक सेन्सर बसवले जातात. उदाहरणार्थ, रोपांच्या वाढीवर कीटकांची उपस्थिती ओळखल्यानंतर, कीटक काढून टाकण्यासाठी उच्च वारंवारता ध्वनी लहरी निर्माण केल्या जातात आणि पुढील मदतीसाठी शेतकऱ्याला कीटकांच्या उपस्थितीबदल देखील सूचित केले जाते [37].

एकदा पीक निवडल्यानंतर पीक लागवड हा पुढचा महत्त्वाचा पैलू असतो.

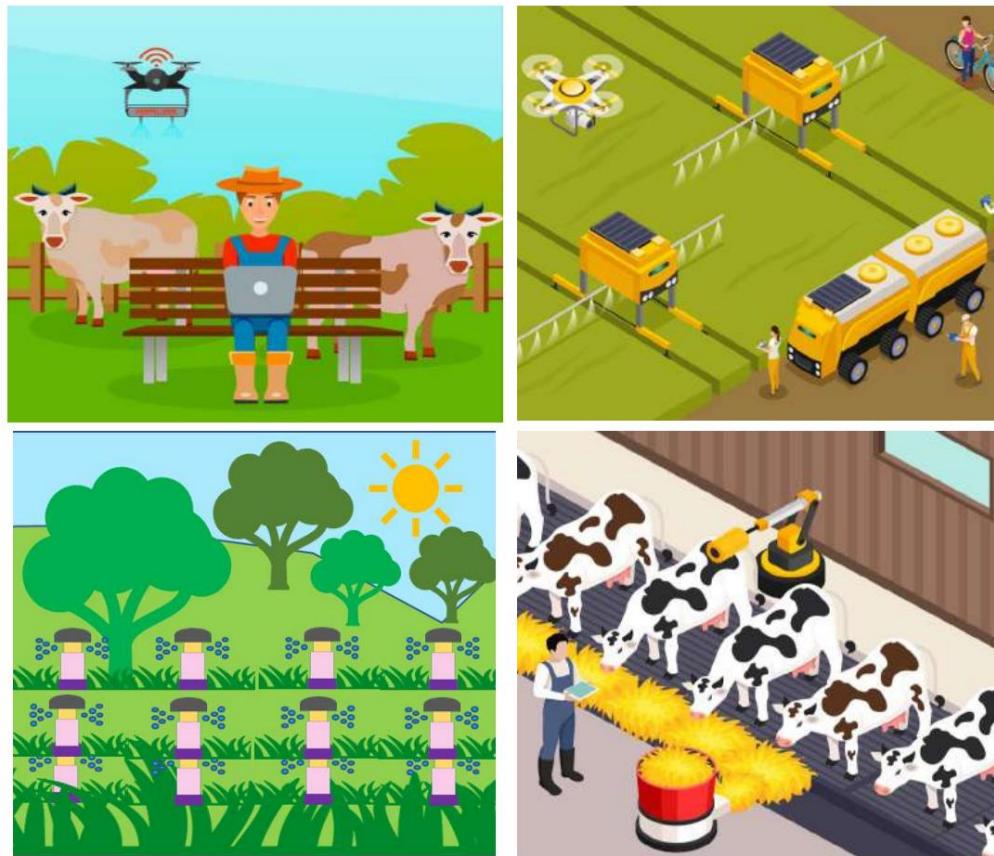
आयओटी वापरून, शेतकरी नवीनतम तंत्रज्ञानाने सुसज्ज आहेत आणि शेतात रोपांच्या वाढीचे निरीक्षण करणारे सेन्सर बसवले जातात. उदाहरणार्थ, रोपांच्या वाढीवर परिणाम करण्याच्या कीटक आणि कीटकांच्या उपस्थितीचे निरीक्षण करण्यासाठी शेतात अल्ट्रासोनिक सेन्सर बसवले जातात.

कीटकांची उपस्थिती ओळखल्यानंतर, कीटक काढून टाकण्यासाठी उच्च वारंवारता ध्वनी लहरी निर्माण केल्या जातात आणि पुढील मदतीसाठी शेतकऱ्याला कीटकांच्या उपस्थितीबदल देखील सूचित केले जाते [37].

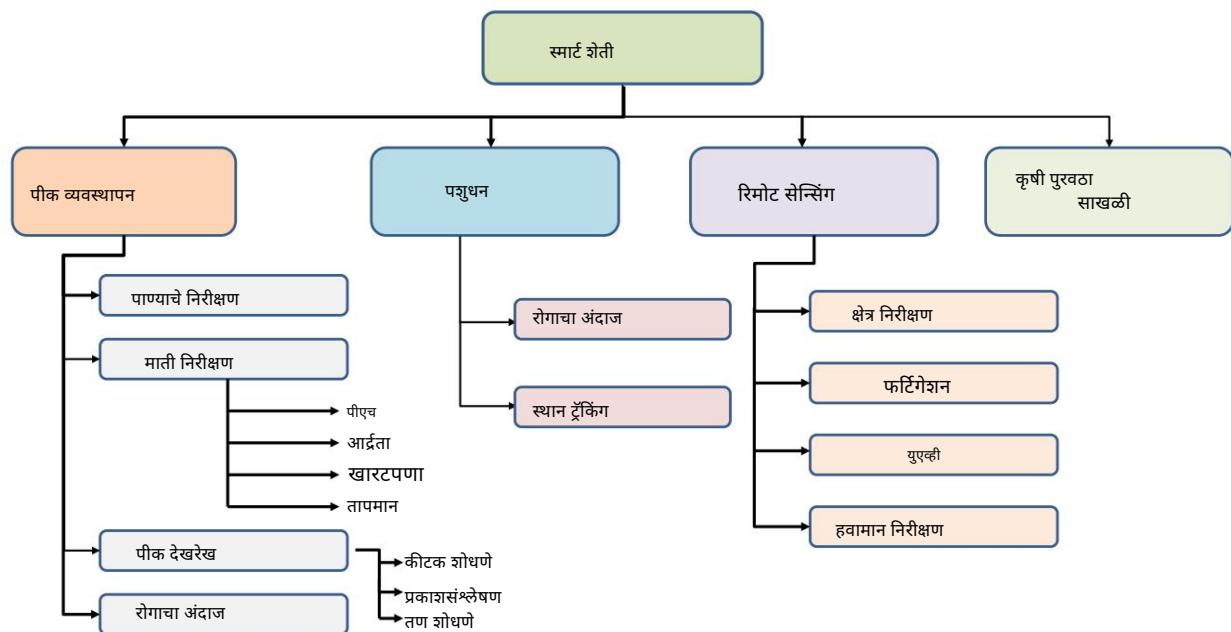
स्मार्ट शेतीची संकल्पना स्पष्ट करणारा फ्लोचार्ट आकृती ९ मध्ये तपशीलवार दिला आहे.

५.२ माती निरीक्षण

एकूण शेती प्रक्रियेत मातीची आर्द्रता महत्त्वाची भूमिका बजावते. वनस्पतींच्या वाढीच्या प्रक्रियेत ती प्रकाशसंश्लेषण, श्वसन, बाष्पोत्सर्जन आणि खनिजांच्या वाहतुकीसाठी जबाबदार असते [38]. शेतीच्या निर्णयांमध्ये मातीचे निरीक्षण महत्त्वाची भूमिका बजावते. पीक पद्धती पाण्याची उपलब्धता, मातीची क्षारता, कीटक, ओलावा, पीएच आणि आर्द्रता यासारख्या विविध घटकांवर अवलंबून असतात. हे घटक मातीच्या आरोग्याचे मूल्यांकन करण्यास मदत करतात. शेतातील सेन्सर्स मातीचे तापमान आणि आर्द्रतेचे निरीक्षण करतात आणि विश्लेषण केलेला डेटा क्लाउडवर पाठवला जातो. शेतकऱ्याना विविध घटकांबदल सूचना मिळेल आणि क्षारतेचे प्रमाण आणि मातीतील पोषक पातळी, आर्द्रता आणि तापमानाच्या आधारे पीक पद्धतींचे विश्लेषण केले जाते आणि ते ठावले जातात . वनस्पतींच्या वाढीच्या प्रक्रियेत मातीची आर्द्रता ही एक महत्त्वाची बाब आहे कारण प्रकाशसंश्लेषणात पाणी हा एक महत्त्वाचा घटक आहे, तापमान नियंत्रित करतो आणि वनस्पतींच्या वाढीसाठी अन्न आणि आवश्यक पोषक तत्वांचा वाहक म्हणून काम करतो. आर्द्रता पोषक तत्वांचा पुरवठा नियंत्रित करते आणि वनस्पतींच्या चांगल्या वाढीसाठी बाष्पोत्सर्जनाचा दर नियंत्रित करते. भाज्यांसाठी आदर्श आर्द्रता



आकृती ८: स्मार्ट शेतीचे उपयोग - पीक व्यवस्थापन, कीटक नियंत्रण, स्मार्ट सिंचन, पशुधन देखरेख [36].



आकृती ९: स्मार्ट शेतीचे उपयोग.

वनस्पतींची लागवड ५०% ते ६०% आहे [39]. वनस्पतींच्या मुळांमध्ये ठेवलेले मातीचे आद्रता सेन्सर जलसंपत्तीचा इटम वापर सुलभ करण्यासाठी मातीतील आद्रता पातळी मूळ्यांचे विश्लेषण करतात [40, 41].

५.३ स्मार्ट सिंचन

स्मार्ट सिंचन म्हणजे नवीनतम तंत्रज्ञानाचा वापर करून वनस्पतींचा इटम वापर करून उत्पादनाची गुणवत्ता आणि प्रमाण सुधारण्याची प्रक्रिया . ती झाडांना इटम पाणी देऊन पाण्याचे संवर्धन करते. सिंचन प्रणालीचे दोन प्रकार आहेत - हवामान आधारित आणि मातीतील आद्रता सेन्सर आधारित. हवामान आधारित सिंचन प्रणाली स्थानिक लघु हवामान केंद्राकड्हान तापमान आणि पावसाचा डेटा प्राप्त करतात आणि एक नियंत्रक सिंचनाचे नियमन करतो. मातीतील आद्रता सेन्सर आधारित सिंचन प्रणालींमध्ये, झाडांच्या गवताच्या आत ठेवलेले सेन्सर मातीतील आद्रतेचे प्रमाण अनूकपणे निधारित करतात. या प्रकारच्या सिंचनामध्ये, शेताला सिंचन करण्यासाठी हवामान निरीक्षण आणि पीक पद्धतीसह आद्रता आणि हवेच्या तापमानाचे अचूक मूळ्ये आवश्यक असतात . डेटा क्लाउडवर पाठवला जातो आणि स्थिकलरसारखे ऑफ्युएटर सक्रिय केले जातात [42]. मातीतील आद्रता सेन्सर मूळ्ये शेतीच्या प्रति युनिट क्षेत्राच्या सिंचन वेळापत्रकाचे मार्गदर्शन करतात. सुम पातळी विश्लेषण आणि सिंचनाचे वेळापत्रक आणि कार्यक्षम ऑफ्युएटर इटम पीक वाढ आणि पाण्याच्या वापरात 100% कार्यक्षमता सुनिश्चित करते [43]. शेतकरी स्मार्टफोन आधारित मोबाइल अॅप्लिकेशनवरून सिंचन प्रणाली चालवू शकतात . ही सिंचन प्रणाली शेतात ठेवलेल्या तापमान, आद्रता, मातीतील आद्रता आणि अल्ट्रासोनिक सेन्सरच्या डेटावर आधारित आहे [44]. स्वयंचलित सिंचनासाठी स्मार्टफोन आधारित मोबाइल अॅप्लिकेशन वापरून वापरले जाते जिथे शेतकरी शेतीला पाणी देण्यासाठी सिंचन पंप सक्षम करून क्रियाशीलता करू शकतात.

५.४ पशुधन देखरेख

पशुधन व्यवस्थापन हा स्मार्ट शेतीचा एक महत्वाचा भाग आहे. आयओटी सक्षम पशुधन आरोग्य देखरेख प्रणाली शेतकऱ्यांना गुरुंयांच्या कळपांच्या आरोग्यावर लक्ष ठेवण्यास, चरणाच्या प्राण्यांचा मागोवा घेण्यास आणि प्रजनन पद्धती अनुकूल करण्यास सक्षम करते.

घालण्यायोग्य कॉलर किंवा RFID टँग वापरून हृदय गती, रक्तदाब किंवा श्वसन गती यासारख्या शरीरातील महत्वाच्या घटकांचे मोजमाप करून गुरुंयांच्या आरोग्याचे स्वयंचलितपणे निरीक्षण केले जाऊ शकते . याचा दुहेरी फायदा आहे - मनुष्यबळाची बचत आणि प्राण्यांना वेळेवर उपचार प्रदान करणे ज्यामुळे रोगांचा प्रसार थांबतो. या उद्देशासाठी, ग्लोबल पोझिशनिंग सिस्टम (GPS) ट्रॉकिंग वापरले जाते [42]. ते प्राण्यांना होणारे अपघात देखील टाळू शकते. प्राण्यांची ओळख आणि ट्रॉकिंगमध्ये देखील RFID टँग वापरले जातात [45].

५.५ रिमोट सेंसिंग

शेतीमध्ये रिमोट सेंसिंगमुळे शेतकऱ्यांना पिकांचा रिअल टाइम डेटा ड्रोन वापरून मिळू शकतो, जे शेतातील शेतांचे मैरिंग करण्यासाठी उच्च दर्जाच्या प्रतिमा रेकॉर्ड करतात. पिकांचे आरोग्य आणि शेतजमिनीची स्थिती या माहितीचा वापर करून पीक उत्पादन तपासण्यासाठी देखील त्यांचा वापर केला जाऊ शकतो. रिमोट सेंसिंगचा वापर मातीची स्थिती मैप करण्यासाठी केला जाऊ शकतो आणि शेतकऱ्यांना विशिष्ट पिकासाठी कोणत्या प्रकारची माती चांगली आहे हे ठरवण्यास मदत करतो. तण आणि कीटक शोधात येतात आणि योग्य कीटक नियंत्रण यंत्रणा अनुकूलित करता येतात.

रिमोट सेंसिंगचा सर्वात महत्वाचा वापर म्हणजे हवामान अंदाज आणि देखरेख. याचा वापर पाऊस, दुष्काळाची परिस्थिती आणि जलसेतांची ओळख पठविण्यासाठी केला जाऊ शकतो, ज्यामुळे शेतकऱ्यांना पाण्याची उपलब्धता आणि हवामानाबदल आधीच सर्वक केले जाऊ शकते जेणेकरून भांडवल आणि पीक नियोजन आगाज करता येईल [46]. पीक लागवड प्रक्रियेचे प्रमाण निश्चित करण्यासाठी सर्वात महत्वाचे पैरामीटर्सपैकी एक असलेले नॉर्मलाइज्ड फिरन्स्स व्हेजिटेशन इंडेक्स (NVDI) मूळ्ये उत्पादन अंदाज आणि वनस्पती वाढ सूचित करण्यासाठी वापरली जातात [47]. शेतातील रिमोट सेंसिंग उपकरणे सर्वोत्तम स्थानिक रिहोल्यूशनसह अजैविक तांग घटकांचे निरीक्षण करण्यासाठी वापरली जातात [48].

५.६ स्मार्ट ग्रीनहाऊस

जागतिक हवामान बदल आणि घटत्या नैसर्विक संसाधनांच्या पार्श्वभूमीवर, कृषी उद्योग तंत्रज्ञानाद्वारे समर्थित शेती तंत्रांचे स्वागत करतो. स्मार्ट ग्रीनहाऊस त्यापैकी एक आहे. हे वनस्पतींसाठी तयार केलेले एक घरातील नियंत्रित वातावरण आहे . हे IoT आणि AI/ML तंत्रज्ञानासह एकत्रित केलेले एक स्वयं-पृथक शेती देखरेख परिसंस्था आहे . ते मॅन्युअल हस्तक्षेपाशिवाय उत्पादकतेची कार्यक्षमता वाढवते.

भाज्या, फळे आणि इतर बागायती पिकांच्या जीवनावश्यक घटकांचे निरीक्षण करण्यासाठी ग्रीनहाऊसमध्ये सौरऊर्जेवर चालणारे आयओटी सेन्सर बसवलेले आहेत . झाडाच्या मुळांमध्ये बसवलेल्या मातीच्या आद्रतेचे सेन्सर वापरून स्वयंचलित ठिबक सिंचन वापरले जाऊ शकते . जर एका विशिष्ट मूळ्यापर्यंत पोहोचले तर, शेतातील ऑफ्युएटर त्यानुसार शेताला पाणी देतो. एर्लडी लाइटिंगचा वापर वनस्पतींच्या गरजा चांगल्या प्रकारे पूर्ण करू शकतो. विशिष्ट तरंगलाबी आणि तीव्रतेसह नियंत्रित प्रकाशयोजना वनस्पतींची वाढ आणि वर्षभर उत्पादन सुधारू शकते.

ठिबक फर्टिगेशन तंत्रांचा वापर करून वनस्पतींच्या चांगल्या वाढीसाठी आणि आरोग्यासाठी आवश्यक असलेले पौटेशियम, फॉस्फरस आणि इतर खनिजे पुरेशा प्रमाणात शिंपदता येतात. तंत्रज्ञान शेतकऱ्यांच्या हाती असल्याने स्मार्ट ग्रीनहाऊस लागवड वाढत आहे आणि स्मार्ट ग्रीन तंत्रांचा वापर करून सेंद्रिय फळे आणि भाज्यांची मागणी वाढत आहे [49]. गुलाबाच्या रोपांची उत्पादकता वाढवण्यासाठी नियंत्रित प्रमाण वर्षभर उत्पादन सुधारू शकते.



आकृती १०: स्मार्ट शेतीचे उपयोग - स्मार्ट ग्रीनहाऊस, कृषी रोबोट, यूएची आणि स्वायत्र ट्रॅक्टर, हायड्रोपोनिक प्रणाली [36].

५.७ मानवरहित हवाई वाहन

सध्याच्या कृषी उद्योगात, UAV म्हणजेच ड्रोनचा वापर सातत्याने वाढत आहे. पीक मॅर्पिंग, शेताचे निरीक्षण, रिमोट सेन्सिंग, फर्टिगेशन आणि तण शोधण्यासाठी त्यांचा वापर केला जात आहे. मोठ्या शेती क्षेत्रांमध्ये, डॉगराळ प्रदेशांमध्ये किंवा दुर्गम भागात फोटो काढण्यासाठी ड्रोन एक तारणहार ठरू शकतात. पिकांच्या आरोग्याचे मूल्यांकन करण्यासाठी ड्रोनने घेतलेल्या प्रतिमावरून NVDI ची गणना केली जाते . ते पाण्याची पातळी, ताणाची स्थिती, वनस्पतीचे पोषण आणि कीटकांचा प्रादुर्भाव निश्चित करते. ते संपूर्ण पीक लगावड प्रक्रियेचे मार्गदर्शन करू शकते [51, 52, 53].

५.८ स्वायत्र ट्रॅक्टर

अत्याधुनिक तंत्रज्ञान शेती उद्योगात बदल घडवून आणत आहे. इंडस्ट्रियल इंटरनेट ऑफ थिंग्ज (IIoT) ने पीक व्यवस्थापन, माती निरीक्षण, स्मार्ट सिंचनापासून ते कीटक नियंत्रण, पशुधन व्यवस्थापन किंवा कृषी विपणनापर्यंत प्रगती केली आहे . नजीकच्या भविष्यात आपण स्वायत्र, बुद्धिमान आणि स्मार्ट उपकरणांसह शेतीची अपेक्षा करू शकतो. स्वायत्र ट्रॅक्टर हा या उपकरणांचा एक महत्वाचा भाग आहे. हे एक प्रोग्राम करण्यायोग्य स्वयं-चालणारे वाहन आहे. ते मशागत करू शकते आणि खते फवारू शकते . ते GPS, लेसर आणि कॅमेर्यांनी सुसज्ज आहेत आणि शेतकन्यांना त्यांने निरीक्षण करण्याची आवश्यकता न पडता ते स्वतःहून कार्य करू शकतात . या स्मार्ट ट्रॅक्टरसह स्वायत्र ड्रोन वापरले जातात आणि शाश्वत शेतीसाठी तण शोधणे, कीटकनाशक फवारणी, शेताचे निरीक्षण आणि देखरेख करण्यासाठी वापरले जातात [54]. बागांमध्ये फवारणी आणि कापणी करण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या स्वायत्र ट्रॅक्टरमध्ये अडथळे शोधण्यासाठी धारणा प्रणाली आणि कृषी कामे करण्यासाठी दूरस्थ सहाय्यक मार्गदर्शक असतात . धारणा प्रणाली भूमिती आधारित अडथळा शोधण्यासाठी आणि मार्ग ओळखण्यासाठी कॅमेरे वापरते [55, 56].

५.९ शहरी शेती

वाढत्या शहरीकरणाच्या दरामुळे दाट लोकवस्ती असलेल्या शहरांमध्ये चिंताजनक परिस्थिती निर्माण झाली आहे. त्या भागात शाश्वत शेती उपाय देण्यासाठी शेतीसाठी एक नवीन दृष्टिकोन उदयास आला आहे. म्हणूनच शहरी लोकसंख्येमध्ये शहरी किंवा उभ्या शेतीची पद्धत महत्वाची ठरली आहे. नियंत्रित पाणी, पोषक तत्वांसह शेतीसाठी ते ३-डी जागा घेते,



आकृती ११: स्मार्ट ग्रीनहाऊस.

कमीत कमी कीटकनाशके आणि कृत्रिम प्रकाश स्रोत. उभ्या शेती पद्धतीची व्यावहारिक मर्यादा म्हणजे वनस्पतींच्या वाढीसाठी कृत्रिम प्रकाश स्रोतांची निर्मिती आणि त्यासाठी लागणारा मोठा खर्च [57].

- नावाप्रमाणेच, हायड्रोपोनिक्स ही एक पाण्यावर आधारित प्रणाली आहे जिथे वनस्पतींना पोषक तत्वांनी समृद्ध असलेल्या पाण्याच्या द्रावणातून सर्व पोषक तत्वे मिळतात [58]. हायड्रोपोनिक्स प्रणालींमध्ये, पोषक तत्वांचा पुरवठा सतत असणे आवश्यक आहे. या प्रणाली मोबाइल अॅप्सद्वारे चालवल्या जाऊ शकतात. [59] मध्ये असे मोबाइल अॅप हायड्रोपोनिक प्रणाली व्यवस्थापित करण्यासाठी वनस्पतींना पाणी देण्यासाठी आईडीनो कंट्रोलर नियंत्रित करते.
- एरोपोनिक्स ही एक समान प्रणाली आहे परंतु मुळांना पाण्यात बुडवण्याएवजी, मुळे धुके केली जातात. संशोधनातून असे दिसून आले आहे की एरोपोनिक्स वनस्पतींमध्ये हायड्रोपोनिक्स वनस्पतींपेक्षा जास्त पोषक असतात [60]. आंतरराष्ट्रीय अंतराळ स्थानकात, ही तंत्रज्ञान वनस्पतींची वाढवण्यासाठी वापरली जाते. • आणखी एक अलीकडील शेती प्रणाली म्हणजे ऑक्वापोनिक्स जी मूळत:
- हायड्रोपोनिक्स प्रणाली आहे परंतु पोषक तत्वे (फॉस्फरस, नायट्रोजन) बाहेरून मिसळली जात नाहीत. त्याच टाकीतील मासे ते पोषक तत्वे निर्माण करतात.

५.१० कृषी विपणन

उत्पादनाचे योग्य विपणन हे समाजाच्या आर्थिक विकासाचा एक महत्वाचा पैलू आहे. मध्यस्थांच्या उपस्थितीमुळे महागाई होते आणि ग्राहक आणि शेतकरी दोघांचेही नुकसान होते. स्मार्ट शेती ही परिस्थिती बदलते. शेतकरी विविध कृषी-विपणन अॅप्स वापरून ग्राहकांना थेट उत्पादन विकू शकतात. शेतकरी आणि अंतिम ग्राहकांमधील व्यापार वाटाघाटीसाठी इथरियम आधारित ब्लॉकचेनचा वापर एक व्यासपीठ झणून केला गेला आहे [61]. ब्लॉकचेनच्या मदतीने अन्न पुरवठा साखळी [62] लागू करण्यात आली आहे जी उत्पादन टप्प्यात वितरित खातेवही अद्यतनित करण्यापासून ते अंतिम वितरण टप्प्यापर्यंत आहे.

६ स्मार्ट शेती: आव्हाने

स्मार्ट शेती प्रक्रियेमुळे पारंपारिक शेतीचे आधुनिकीकरण आणि सुलभीकरण झाले आहे. परंतु तंत्रज्ञानाचा वापर वाढविण्यासाठी अजूनही अनेक आव्हानांना तोंड द्यावे लागेल. हे मुद्दे विविध पैलूंशी संबंधित आहेत ज्यांची चर्चा सध्याच्या विभागात केली आहे. आकृती १२ मध्ये स्मार्ट शेतीच्या काही प्रमुख आव्हाने दाखवण्यात आली आहेत.



आकृती १२: स्मार्ट शेतीमधील प्रमुख आव्हाने.

६.१ वीज समस्या

बहुतेक स्मार्ट शेती उपक्रमांमध्ये मोठ्या प्रमाणात मशीन ऑटोमेशनचा वापर केला जातो ज्यासाठी मोठ्या प्रमाणात वीज लागते. शेतजमिनी सामान्यतः क्षेत्रफळाने विस्तीर्ण असतात आणि त्यांना अनेक इलेक्ट्रॉनिक घटकांची आवश्यकता असते, त्यामुळे खूप जास्त वीज आवश्यकता असणे असामान्य नाही. मोठ्या शेतजमिनीमध्ये अशा ऑटोमेशन प्रक्रियांचा व्यापक अवलंब करण्यासाठी हे एक अडथळा ठरले आहे. काही उपायांमध्ये सौर, पवन आणि जलविद्युत यासारखा अक्षय स्रोतांमधून स्वच्छ ऊर्जेचा वापर करणे आणि यंत्रसामग्रीला सतत अखंड वीज प्रदान करणे समाविष्ट आहे [63]. हे अनेक संशोधकांसाठी मनोरंजक क्षेत्र आहे आणि स्मार्ट शेतीसाठी अशा अक्षय ऊर्जा स्रोतांची अंमलबजावणी आणि सुधारणा करण्यासाठी संशोधन चालू आहे [64, 65]. या पर्यायी वीज पर्यायांमधील काही समस्या म्हणजे शेताच्या वेगवेगळ्या ठिकाणी असमान ऊर्जा आवश्यकतांसह वीज साठवूक आणि प्रसारण . अशा समस्यांवर मात करण्यासाठी एक कार्यक्रम मायक्रोप्रिड आर्किटेक्चर आवश्यक आहे आणि [66, 67] मध्ये अक्षय ऊर्जा स्रोतांसह कार्यक्रम स्मार्ट मायक्रोप्रिड प्रस्तावित करण्यासाठी या क्षेत्रात संशोधन केले गेले आहे.

६.२ वीज वापर

स्मार्ट कृषी फार्मच्या अखंड, विश्वासार्ह आणि शाश्वत अॉपरेशनसाठी, पर्यायी उर्जा स्रोतांद्वारे ऑपरेट करण्यासाठी आयओएटी उपकरणे आवश्यक असल्याने, तैनात केलेले मॉडेल कमी उर्जा उपभोगी असले पाहिजेत. ते कमी संसाधन सेटिंगमध्ये काम करण्यास सक्षम असले पाहिजेत.

६.३ हार्डवेर उपलब्धता

स्मार्ट ऑप्रीकलचरला वेगवेगळ्या पर्यावरणीय आणि प्रणाली पैरामीटर्सचे संवेदन करण्यासाठी वेगवेगळे सेन्सर्स आणि उपकरणे आवश्यक असतात. डेटा मिळवल्यानंतर, उपकरणे त्या सिग्नलवर कार्य करतात जेपेकरून चांगले अंदाजे उत्पन्न मिळते. या परिस्थितीत विशिष्ट हार्डवेरची उपलब्धता ही एक अडचण आहे.

६.४ हार्डवेअर सुरक्षा

२०२० पर्यंत, आयओटी कनेक्टेड डिव्हाइसेसची संख्या ५० अब्ज [68] असेल असे मानले जाते. विविध हल्ल्यांविरुद्ध मजबूत आणि लवचिक होण्यासाठी या आयओटी डिव्हाइसेसची आवश्यकता आहे. परंतु कमी किमतीच्या साध्या हार्डवेअरची मागणी हार्डवेअर सुरक्षेशी तडजोड करते. हार्डवेअर ट्रोजन आणि साइड चॅनेल अटॅक हे आयओटी डिव्हाइसेसाठी सर्वात सामान्य हार्डवेअर सुरक्षा थोके आहेत, ज्यामुळे गंभीर अनुप्रयोगांमध्ये आयओटी नेटवर्कचा व्यापक वापर मर्यादित होतो. हार्डवेअर ट्रोजन शत्रुद्वारे दुर्भावनापूर्ण हार्डवेअर बदलांचा वापर करतात ज्याचा वापर सिस्टम नियंत्रित करण्यासाठी आणि हल्ले करण्यासाठी मागील दरवाजा म्हणून केला जाऊ शकतो.

हे शोधणे खूप कठीण आहे आणि काही पद्धतींमध्ये डी-मेटलाइज्ड चिप्सवर इलेक्ट्रॉनिक मायक्रोस्कोप स्कॅनिंग करणे [69] आणि सर्किटमधील पॉवर आणि विलंबांचा अभ्यास करणे आणि या इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांचे स्वाक्षरी म्हणून काम करणाऱ्या PUF चे निरीक्षण करणे समाविष्ट आहे [70]. साइड चॅनेल अटॅक हा आणखी एक सामान्य हार्डवेअर सुरक्षा थोका आहे जो क्रिप्टोग्राफी की सारखी गोपनीय माहिती पुनर्प्राप्त करण्यासाठी साइड चॅनेल सिग्नलपैकी काहींमध्ये इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक उत्सर्जन, पॉवर प्रोफाइलिंग आणि वेळेचे विश्लेषण समाविष्ट आहे [71]. IoT नेटवर्क या समस्यांना अधिक प्रवण असल्याने, [72, 73, 74] मध्ये अनेक उपाय प्रस्तावित केले आहेत.

६.५ नेटवर्किंग आणि कम्युनिकेशन

स्मार्ट शेतीमध्ये मशीन-टू-मशीन (M2M) परस्परसंवाद हा सर्वात सामान्य पैलूपैकी एक आहे. यामध्ये डेटा शेअर करण्यासाठी आणि एका सामान्य कार्यासाठी सहकायने काम करण्यासाठी वेगवेगळ्या नेटवर्कचा वापर केला जातो. बहुतेक ऑफिलेजन्स ZigBee, Wi-Fi, LoRa, SigFox आणि GPRS सारख्या अनेक वेगवेगळ्या कम्युनिकेशन नेटवर्कचा वापर करतात.

मोठ्या, खुल्या शेतात भौतिक नुकसान आणि धोक्यांमुळे इतके मोठे नेटवर्क स्थापित करणे आणि देखभाल करणे महाग आहे आणि व्यवहार्य पर्याय नाही. संशोधन दिशानिर्देशांचा शोध घेण्यात आला आहे आणि कार्यक्षम संप्रेषण नेटवर्कसाठी काही उपाय प्रस्तावित केले आहेत [75, 76, 77]. याव्यतिरिक्त, काही संशोधनांमध्ये संप्रेषण उपकरणे इतर स्मार्ट उपकरणांसह एकत्रित केली आहेत ज्यामुळे ते सौर कीटकनाशक दिवे (SIL) आणि WSN सारख्या अखंड संप्रेषणासाठी व्यवहार्य बनतात जेपीकरून एक नवीन शेती वस्तु, SIL-IoT [78] तयार होईल. स्मार्ट कृषी अनुप्रयोगांमध्ये अधिक सुरक्षित आणि मजबूत संप्रेषणाची आवश्यकता खूप जास्त आहे आणि त्यासाठी पुढील संशोधन आणि नवीन परवडणाऱ्या तंत्रज्ञानाची आवश्यकता आहे.

६.६ कनेक्टिव्हिटी समस्या

जगभरातील अनेक ग्रामीण भागात विश्वासार्ह उच्च बँडविड्थ इंटरनेट कनेक्शन उपलब्ध नाही, ज्यामुळे विद्यमान क्लाउड आधारित संगणन थांबते आणि स्मार्ट शेतीच्या प्रगतीला अडथळा येतो. उच्च झाडे किंवा टेकड्या देखील लाइन-अॅफ-साईट जीपीएस कम्युनिकेशन थांबवू शकतात [79].

६.७ डेटा सुरक्षा आणि गोपनीयता

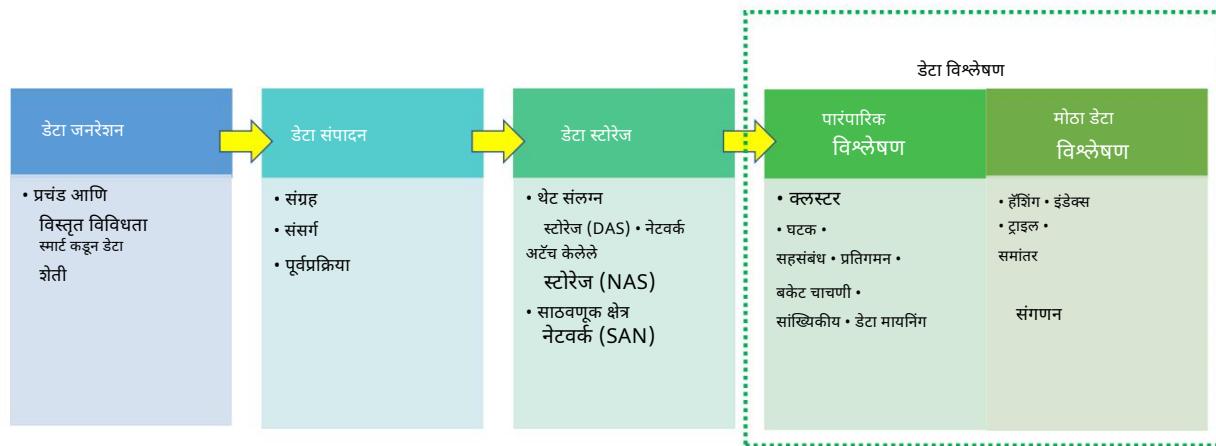
डेटा ट्रान्समिशन दरम्यान डेटा गोपनीयता आणि सुरक्षितता राखण्यासाठी, मजबूत क्रिप्टोग्राफी तंत्रे आणि सुरक्षा उपायांची आवश्यकता आहे. तथापि, IoAT सेन्सर नोड्स आणि अंतर्निहित प्रोटोकॉलच्या किमान डिझाइनमुळे ते संसाधन -केंद्रित नाहीत. आजच्या विद्यमान तंत्रज्ञानात संसाधन-मर्यादित उपकरणात सुरक्षा उपायांचा सराव करणे कठीण आहे. अशा प्रकारे स्मार्ट शेतीमध्ये डेटा गोपनीयता आणि सुरक्षा एक गंभीर आव्हान बनले आहे. स्मार्ट शेतीमधील बहुतेक प्रक्रिया स्वयंचलित असल्याने, शत्रू नेटवर्कमध्ये अराजकता निर्माण करण्यासाठी या प्रक्रियांमध्ये फेरफार करू शकतो. यामुळे उत्पन्न आणि शेती उत्पादनाच्या एकूण गुणवत्तेवर खूप गंभीर परिणाम होऊ शकतात.

६.८ स्केलेबिलिटी आणि विश्वासार्हता

लहान वैयक्तिक शेतांपासून ते मोठ्या व्यावसायिक शेतांपर्यंत कृषी शेतांचा आकार वेगवेगळा असतो. त्यांना वेगवेगळ्या प्रमाणात फील्ड सेन्सर्सची आवश्यकता असते. हे सेन्सर्स विविध प्रमाणात डेटा तयार करतात. म्हणूनच, कोणतेही कृषी तंत्रज्ञान स्केलेबल असणे आवश्यक आहे. उपकरणे विश्वासार्ह असणे आवश्यक आहे, जेणेकरून फॉल्ट टॉलरन्स समायोजित करण्यासाठी अनावश्यक उपकरणांची संख्या कमी होऊ शकेल. यामुळे खर्चात लक्षणीय घट होईल.

६.९ बिग डेटा चॅलेंज

स्मार्ट शेतीमध्ये सेन्सर नोड्स किंवा कॅमे-न्यांद्वारे मोठ्या प्रमाणात विषम डेटा गोळा केला जातो. या प्रचंड प्रमाणात डेटा प्रक्रिया करण्याचे पारंपारिक मार्ग पुरेसे नाहीत आणि बीडी विश्लेषण कार्यान्वयित होते. मोठ्या डेटामध्ये मोठ्या प्रमाणात डेटासेट एक्सप्लोर करण्याची क्षमता असते. ते स्मार्ट कृषी प्रणालींमध्ये एंड-टू-एंड पुरवठा साखळीची कार्यक्षमता सुधारते, अन्न सुरक्षा समस्या कमी करते [80], भाकित विश्लेषण, रिजल टाइम निर्णय प्रदान करते आणि नवीन व्यवसाय मॉडेल साठर करते [81, 82]. दूध उत्पादन साखळी सुरक्षेसाठी मोठ्या डेटा प्लॅटफॉर्म एकत्रित करण्यासाठी सपोर्ट व्हेक्टर मशीन्स (SVM) आणि ANN चा वापर केला गेला आहे [83]. आकृती 13 [80, 82] वर आधारित स्मार्ट कृषी प्रणालींमध्ये मोठ्या डेटा वर्कफ्लो दर्शविते. ते विविध सेन्सर नोड्सवरील डेटा संकलनापासून सुरु होते आणि पारंपारिक आणि मोठ्या डेटा विश्लेषणासह विविध डेटा



आकृती १३: स्मार्ट शेतीच्या संदर्भात मोठा डेटा कार्यप्रवाह.

६.१० एआयची आव्हाने

जरी एआय हे शाश्वत, कार्यक्षम आणि किफायतशीर शेतीसाठी स्मार्ट शेतीकडे एक तार्किक पाऊल आहे, तरी कृषी उद्योगात एआय लागू करण्यासाठी काही अडचणी निर्माण करणारे घटक आहेत:

- कृषी उद्योग आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता संशोधन क्षेत्र यांच्यात संबंधांचा अभाव आहे. त्यामुळे, शेतकऱ्यांना भेडसावणाऱ्या समस्या कृत्रिम बुद्धिमत्ता संशोधकांना चांगल्या प्रकारे माहिती नाहीत आणि त्याचप्रमाणे शेतकऱ्यांना विद्यमान कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्रज्ञानाची चांगली माहिती नाही. या दुहेरी समस्येचे निराकरण करण्यासाठी अधिक आंतरविद्याशाखीय सहकार्याची आवश्यकता आहे.
- शेतीमध्ये एआय अनुप्रयोग उदयास येत असताना, कोणतीही सुस्थापित धोरणे आणि नियम नाहीत. अशाप्रकारे, स्मार्ट शेतीचे अनेक कायदेशीर पैलू अनुकूलीत आहेत. अलिकडेपर्यंत, बहुतेक विद्यमान एआय-आयओटी उपाय क्लाउड-आधारित होते आणि म्हणूनच सायबर हल्ले, डेटा सुरक्षा आणि गोपनीयतेच्या चिंतामुळे शेतकरी एआय तंत्रांचा स्वीकार करण्यापासून दूर राहिले. ही समस्या कमी करण्यासाठी, "एज एआय" ही एक नवीन आयओटी सेटिंग उदयास आली आहे. एज एआय स्थानिक पातळीवर सेन्सर डेटावर प्रक्रिया करते आणि ते कमी विलंब आणि खर्चसह डेटामध्ये उच्च सुरक्षा आणि गोपनीयता प्रदान करते.
- शेतीमध्ये एआयसमोरील आणखी एक आव्हान म्हणजे डेटाचा अभाव. एआय ही डेटा-चालित तंत्रज्ञान आहे. विविध एआय तंत्रे लागू करायात योग्य डेटा हा एक अडथळा आहे.
- दुर्मिंग ग्रामीण भागात जिथे जास्त बँडविड्थ असलेले मोबाइल नेटवर्क उपलब्ध नाहीत परंतु शेती हा मुख्य उद्योग आहे, तिथे एज एआय एक गेम चॅंजर ठरू शकते. ते स्मार्ट शेतीच्या शक्यता वाढवते. सेन्सर इमेज डेटा कॉम्प्रेस करण्यासाठी [84] मध्ये एज लेयरवर कन्होल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क्स (CNN) चा वापर केला गेला आहे आणि नंतर लो-पॉवर वाईड एरिया नेटवर्क (LPWAN) तंत्रज्ञानाचा वापर करून कॉम्प्रेस केलेला डेटा फॉग लेयरवर पाठवला गेला आहे.

६.११ तांत्रिक बिघाड

तांत्रिक बिघाड, उदा. सेन्सरचे नुकसान, तंत्रज्ञानात व्यत्यय आणू शकते. उपकरणांच्या चुकीच्या निर्णयामुळे मोठ्या प्रमाणात नुकसान झाल्यास बहु-डोमेन नुकसान होऊ शकते. भातशेतीसाठी, जर सेन्सर गारपिटीमुळे खराब झाले तर ते मातीतील पाण्याचे प्रमाण योग्यरित्या अंदाज लावू शकते नाहीत ज्यामुळे पिकांचे नुकसान होऊ शकते, अन्न पुरवठा साखळीवर परिणाम होऊ शकतो आणि तांदळाच्या किमतीत असंतुलन निर्माण होऊ शकतो.

६.१२ सुरुवातीच्या भांडवली गुंतवणुकीचा अभाव

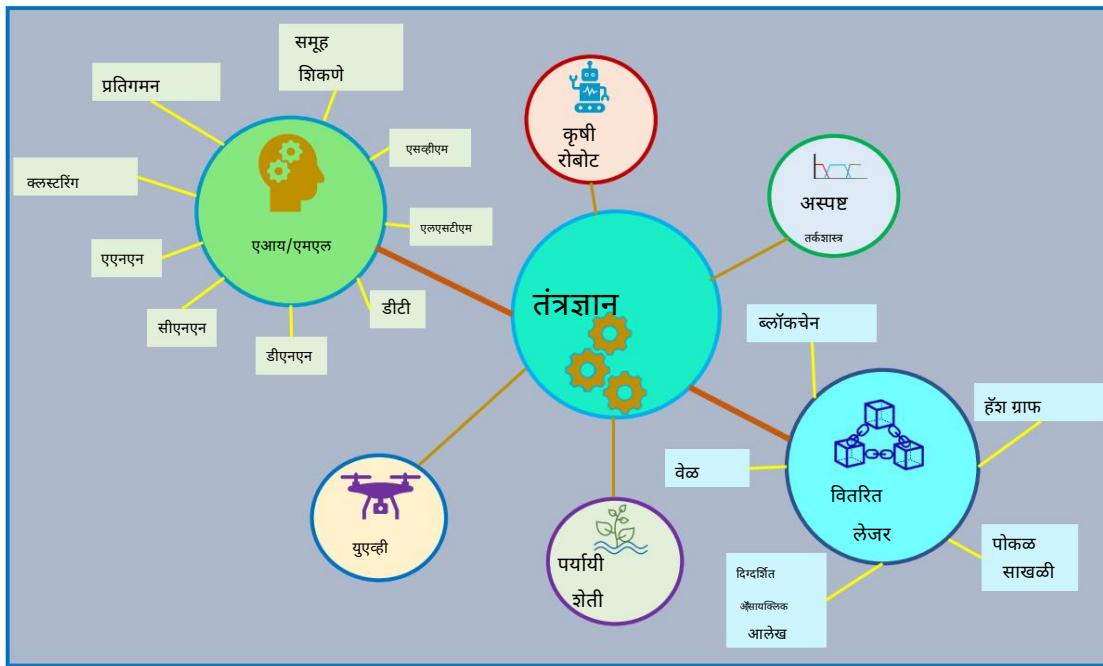
विकसनशील देशांच्या ग्रामीण भागात जिथे शेतकरी खूप कमी नफ्यावर काम करतात, तिथे प्रगत तंत्रज्ञानासाठी सुरुवातीची गुंतवणूक नेहमीच उपलब्ध नसते. त्यामुळे स्मार्ट तंत्रज्ञानाचा मोठ्या प्रमाणात वापर कमी होऊ शकतो.

६.१३ एकसमान मानकांची अनुपलब्धता

वैगवेगाले देश युनिट्स आणि तंत्रज्ञानाचे वैगवेगाले मानक वापरतात ज्यासाठी कस्टमाइझ सोल्यूशनची आवश्यकता असते. यामुळे किंमत वाढते. जगभरात एकसमान मानक ही समस्या सोडवेल [79].

स्मार्ट शेतीसाठी ७ तंत्रज्ञान

२०२१ हे वर्ष उद्योग ५.० युगाची सुरवात म्हणून चिन्हांकित केले गेले आहे. कोविड-१९ आव्हानानंतर तोंड देण्यासाठी विविध उद्योग क्षेत्रे डिजिटल, स्मार्ट, हरित आणि शाश्वत परिसंस्थांचे स्वागत करत असताना हे योग्य क्षणी आले आहे. ते "माणूस" आणि "यंत्र" यांच्यातील संबंध पुन्हा परिभाषित करते [85]. शेतीमध्ये, उद्योग ५.० युग कृषी ५.० च्या आगमनाला गती देईल. आकृती १४ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे, प्रामुख्याने एआय/एमएल आणि डीएलटी एफएल, यूपर्ही, कृषी रोबोटिक्स आणि पर्यायी शेतीसह प्रगतीचे आयोजन करतील. या विभागात दोन मुख्य तंत्रज्ञानाची चर्चा केली आहे.



आकृती १४: स्मार्ट शेतीमधील तंत्रज्ञान.

७.१ कृत्रिम बुद्धिमत्ता आणि मशीन लर्निंग

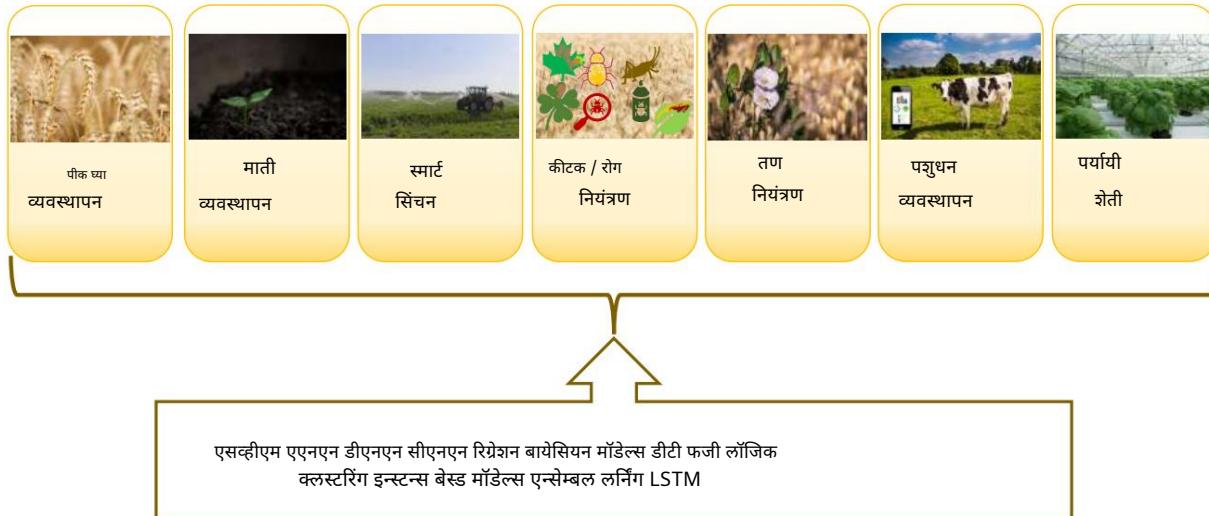
कृत्रिम बुद्धिमत्ता म्हणजे मानवी बुद्धिमत्तेसारखी दिसणारी यंत्रे दाखवणारी बुद्धिमत्ता. एआय आणि एमएलमधील प्रगतीने ई-कॉमर्स आणि मार्केटिंग [86], मानव संसाधने [87], संगणक दृटी [88], मल्टीमीडिया फोरेन्सिक्स [89, 90], आरोग्यसेवा [91], सोशल मीडिया [92, 93], गेमिंग [94, 95], ऑटोमोबाईल्स आणि शेती अशा विविध क्षेत्रात बरीच आशादायक कामगिरी दाखवली आहे. शेतीमध्ये, एआयचा वापर कार्यक्षमता वाढवणे, पीक उत्पादन आणि नफा वाढवणे, पीक आरोग्याचे निरीक्षण करणे, हवामानाचे निरीक्षण आणि अंदाज लावणे, पुरवठा साखळी अनुकूल करणे, सिंचन प्रणाली व्यवस्थापित करणे, कीटकनाशके आणि खत व्यवस्थापन, तण नियंत्रण, स्मार्ट सेन्सिंग आणि मैरिंग, पशुधन ट्रॉकिंग आणि जिओफेनेसिंगमध्ये केला जातो. संशोधक फजी लॉजिक, वर्गीकरणासह विविध एआय/एमएल तंत्रे आणि लॉजिस्टिक रिग्रेशन तसेच न्यूरो-फजी लॉजिक कृषी भविष्यसूचक विश्लेषण, निर्णय घेण्याच्या प्रणाली, कृषी रोबोटिक्स आणि मोबाइल तज प्रणालीमध्ये वापरत आहेत [96].

आकृती १५ मध्ये स्मार्ट शेतीबरील विविध साहित्यकृतीमध्ये सादर केलेली एआय साधने दाखवली आहेत.

७.१.१ पीक व्यवस्थापन

पीक व्यवस्थापनामध्ये पीक उत्पादन किंवा उत्पन्नाचा अंदाज, अंदाज आणि पीक पुरवठा साखळी व्यवस्थापन यांचा समावेश होतो.

पीक व्यवस्थापनाच्या विविध क्षेत्रांमध्ये विविध ML साधने वापरली गेली आहेत. कॉफी वनस्पतीच्या फांदीबरील कॉफी फलांची संख्या मोजण्यासाठी [98] आणि हिरवी अपरिपक्व लिंबुवर्गीय फले ओळखण्यासाठी [99], SVM वापरली गेली आहेत. भात पिकाच्या उत्पन्नाच्या अंदाजासाठी [100] देखील SVM वापरली गेली आहेत. चेरींनी भरलेल्या फांद्या गॉसियन नेव्ह बेज [101] वापरून अंदाजित केल्या गेल्या आहेत. गवतातल प्रदेशातील बायोमास [102] आणि गहू उत्पन्नाच्या अंदाजाचे मूल्यांकन करण्यासाठी ANN वापरण्यात आले आहे [103]. [104] मध्ये ANN वापरून कॉर्न आणि सोयाबीन उत्पन्नाचा अंदाज प्रतिगमन मॉडलपेक्षा चांगल्या अचूकतेने केला गेला आहे. मातीच्या पॅरामीटर्सवरून उत्पन्नाचा अंदाज लावण्यासाठी बॅक प्रोपोजेशनसह ANN देखील वापरण्यात आला आहे [105]. कॉर्न उत्पन्नाचा अंदाज लावण्यासाठी [106], डोंगराळ प्रदेशातील भाताचे उत्पन्न [107], कापूस उत्पन्न [108], गहू उत्पन्न [109], मका पिकाचे उत्पन्न [110], चहाचे उत्पन्न [111] आणि सामाच्य पीक उत्पन्न [112] देखील वापरके गेले आहेत. पिकांसाठी पोषण विकार शोधण्यासाठी [113] आणि मातीच्या क्षारता आणि पाण्याच्या प्रमाणावरील पिकाच्या प्रतिक्रियेचा अंदाज लावण्यासाठी [114] ANN चा वापर केला गेला आहे. UAV प्रतिमांवरून, क्लस्टरिंग वापरून टोमैटो शोधले गेले आहेत [115]. [116] मध्ये पिकांच्या वाढीचे निरीक्षण केले गेले आहे.



आकृती १५: स्मार्ट शेतीसाठी एआय टूल्स [97].

७.१.२ माती व्यवस्थापन

मातीतील ओलावा, तापमान आणि पोषक घटकांचे प्रमाण यासारख्या मातीच्या गुणधर्माचे व्यवस्थापन हे स्मार्ट कृषी प्रणालीचा एक महत्वाचा भाग आहे. याचे फायदे दुहेरी आहेत - पीक उत्पादन वाढवणे आणि माती संसाधनांचे जतन करणे [117]. परंतु ही प्रक्रिया वेळखाऊ आणि महाग आहे. म्हणून, विश्वासाहं माती व्यवस्थापन प्रणाली असण्यासाठी विविध स्वरूप आणि स्वायत्त ML तंत्रे प्रस्तावित केली जात आहेत [97]. बहुतेकदा, सेन्सर्स, उपग्रह प्रतिमा किंवा UAV द्वारे घेतलेल्या प्रतिमांमधील डेटा ML मॉडेल्सच्या इनपुट म्हणून वापरला जातो. ANN, SVM आणि ऑटोएन्कोडरचा वापर भविष्यसूचक विश्लेषणात केला गेला आहे. माती मूल्यांकनाच्या योग्यतेसाठी ANN आणि मल्टी-लेयर पर्सोनेट्रॉन (MLP) वापरले गेले आहेत [118]. मातीतील फॉस्फरसचा अंदाज विविध ML मॉडेल्स वापरून घेण्यात आला आहे [119]. उच्च रिझोल्यूशन प्रतिमांमधून भू-पार्सल काढण्यासाठी डीप न्यूरल नेटवर्क्स (DNN) चा वापर करण्यात आला आहे आणि फॉस्फरस सामग्रीचा अंदाज घेण्यासाठी MLP चा वापर करण्यात आला आहे. ब्राझिलियन किनारी भागात मातीची पाणी धारणा क्षमता अंदाजण्यासाठी रेडियल बेस फंक्शन न्यूरल नेटवर्क लागू करण्यात आले आहे [120]. UAV-ने घेतलेल्या प्रतिमा [121] वरून बूस्टेड रिग्रेशन ट्रीज (BRT) आणि [122] मधील ANN द्वारे मातीतील ओलावा देखील अंदाजित केला जातो. नेव्ह बेयस वर्गीकरण [123] वापरून SVM वापरून मातीतील ओलावा सेन्सर्सचे आरोय आणि स्थिती निकृष्टतेच्या टप्प्यासह अंदाजित केली गेली आहे. उपग्रह प्रतिमा [124] वरून मातीच्या क्षारतेचा अंदाज घेण्यासाठी ऑटोएन्कोडर आणि SVM वापरले गेले आहेत.

७.१.३ स्मार्ट सिंचन

पाणी व्यवस्थापन हा स्मार्ट कृषी प्रणालीचा अविभाज्य भाग आहे. हवामान बदलामुळे जगभरात पावसाचे स्वरूप बदलत आहे. जलसंपत्तीचे मूल्यांकन करण्यासाठी बाष्पवाहिनी महत्वपूर्ण भूमिका बजावते. स्मार्ट पाणी व्यवस्थापनात विविध एआय पद्धती वापरल्या गेल्या आहेत. पीक शेतात स्मार्ट पाणी व्यवस्थापनासाठी सखोल मजबूतीकरण शिक्षण वापरले गेले आहे [125]. हरितगृह सेंट्रिय पिकांसाठी आवश्यक असलेल्या पाण्याची गणना करण्यासाठी एकाधिक रेषीय प्रतिगमन अलगोरि�थम लागू केले गेले आहे आणि नंतर LoRa पॉइंट-टू-पॉइंट (P2P) नेटवर्कसह वॉटर हॉल्वर्स स्वयंचलितपणे चालवले गेले आहेत [126]. भारतातील डेहरादून येथे एक अभ्यास करून बाष्पवाहिनीचा अंदाज लावण्यासाठी [127] मध्ये एक ANN प्रणाली प्रस्तावित करण्यात आली आहे. दैनंदिन बाष्पवाहिनीचा अंदाज लावण्यासाठी ANN आणि पेनमन-मॉन्टेथ समीकरण वापरले गेले आहे [128]. एज-फॉग-क्लाउड सेटिंगमध्ये लॅग शॉट्ट-टर्म मेमरी (LSTM) आणि गेटेड रिकर्नट युनिट (GRU) आधारित मॉडेल्स वापरून एक स्मार्ट सिंचन प्रणाली प्रस्तावित करण्यात आली आहे [129]. न्यूरो-ड्रिप सिंचन प्रणालीसाठी [130] मध्ये ANN सह अवकाशीय पाण्याचे वितरण अंदाजित केले गेले आहे.

७.१.४ कीटक/रोग नियंत्रण

पिकांच्या शेतातून जास्तीत जास्त उत्पादन मिळविण्यासाठी रोग, कीटक आणि तण नियंत्रण आवश्यक आहे. स्वयंचलित कार्यक्षम प्रणाली वेळ आणि खर्च वाचवू शकते. त्या दृष्टिकोनातून, विविध प्रकाशनमध्ये एआय तंत्रांचा प्रस्ताव दिला जात आहे. गेल्या दशकात नियम आधारित प्रणाली [१३१, १३२, १३३, १३४, १३५] ने प्रगती सुरु झाली आणि FL प्रणाली [१३६, १३७, १३८, १३९] द्वारे विकसित झाली. वेगवेगळ्या पिकांमधील वेगवेगळ्या रोगासाठी विविध ANN वापरले गेले आहेत [१४०, १४१, १४२, १४३] किंवा कीटक शोधण्यासाठी, उदा., एका चैनेल-स्पेशियल अटेशन मॉड्यूलचा वापर केला गेला आहे, जो बॅकबोन CNN आणि रीजन प्रपोजल नेटवर्क (RPN) सह एकत्रित केला गेला आहे, जो पिकांच्या शेतात विविध कीटक शोधण्यासाठी वापरला गेला आहे [१४४] आणि गुगलनेट इन्सेप्शन नेटवर्क आणि रेनबो कॉन्केटेनेशन वापरून [१४५] मध्ये सफरचंदाच्या पानांचा रोग आढळतो. वाढीचा बॅक प्रसार नेटवर्कमध्ये

चहाच्या रोपातील कीटक शोधण्यासाठी सहसंबंध-आधारित वैशिष्ट्य निवड (CFS) वापरून वापरण्यात आले आहे. CNN आधारित ऑब्जेक्ट डिटेक्शन मॉडेल YOLOv3 चा वापर टेस्टरोमा पॅपिलोसा या कीटाचे स्थानिकीकरण करण्यासाठी केला गेला आहे आणि LSTM द्वारे पर्यावरणीय माहितीचे विश्लेषण करून, कीटकांच्या घटनेचा अंदाज 90% अचूकतेने लावला जातो [146]. सफरचंद बागेत सफरचंदाच्या पृष्ठभागावर अऱ्यॅक्स शोधण्यासाठी YOLOv3 आणि YOLOv3-डेन्स मॉडेल्सचा वापर देखील करण्यात आला आहे [147]. कीटक शोधण्यात 84% अचूकतेसह आणि कीटाचे वर्गीकरण करण्यात 86% अचूकतेसह सिंगल सीड डिसेंट (SSD) लागू केले गेले आहे [148]. कीटक शोधणे आणि ओळखणे k-means क्लस्टरिंग आणि पत्रव्यवहार फिल्टर [149] द्वारे केले गेले आहे. CNN आधारित मॉडेल्स [150] आणि [151] मध्ये पीक रोग शोधण्यात वापरले गेले आहेत.

७.१.५ तण नियंत्रण

तणांचा उत्पन्नावर नकारात्मक परिणाम होतो. म्हणून, स्मार्ट शेतीमध्ये तण नियंत्रण हे आणखी एक महत्वाचे क्षेत्र आहे. तण कधीकधी पिकांपासून वेगळे करणे कठीण असते. तण नियंत्रणात एआयचा वापर २००० च्या दशकाच्या सुरुवातीला सुरु झाला. पिकांपासून तण वेगळे करण्यासाठी एनएनचा वापर हेबियन सिनेन्टिक मॉडिफिकेशनसह करण्यात आला होता [152] आणि त्वा वेळी उपलब्ध असलेल्या हाईडेरचेरचा आधारे मिळालेली अचूकता वाजवी होती. [153] मध्ये कमी किमतीच्या अचूक तण व्यवस्थापनासाठी YOLOv3 चा वापर करण्यात आला आहे. तण शोधण्यासाठी मल्टी-स्पेक्ट्रल प्रतिमांसह काउंटर प्रजनन (CP)-ANN [154] आणि ऑटो एन्कोडर आणि SVM चे संयोजन तसेच हायपर स्पेक्ट्रल प्रतिमा [155] वापरण्यात आल्या आहेत. गवताळ प्रदेशातील पिकांपासून तण शोधण्यासाठी [156] मध्ये SVM चा वापर करण्यात आला आहे.

७.१.६ पशुधन व्यवस्थापन

पशुधन व्यवस्थापनात एआय/एमएल तंत्रांचा वापर दोन प्रकारे केला गेला आहे: प्राणी कल्याण आणि पशुधन उत्पादन [97].

[157] मध्ये बॅगिंग एन्सेम्बल लर्निंग वापरणाऱ्या गुरुंसाठी, डिसीजन ट्री आणि C4.5 अल्गोरिथम वापरणाऱ्या वासरांसाठी [158] आणि गॉसियन मिक्सचर मॉडेल्स वापरणाऱ्या डुकरांसाठी [159] मध्ये प्राणी कल्याण किंवा प्राण्यांचे कल्याण यावर लक्ष केंद्रित केले आहे. AI पशुधन उत्पादनाची कार्यक्षमता और्टिमाइझ करण्यास मदत करते. [160] मध्ये दुधाच्या फॅटी अंसेडपासून गुरुंच्या रुमेन किंवन पद्धतीचा अंदाज लावण्यासाठी बॅक प्रोपॅक्शनसह ANN वापरण्यात आला आहे. [161] मध्ये 97% अचूकतेसह CNN सह डुकरांचे चेहरे शोधण्यात आले आहेत. व्यावसायिक कोंबडी उत्पादनात समस्या शोधण्यासाठी आणि चेतावणी देण्यासाठी SVM वापरले गेले आहेत [162], उत्कांतीसाठी गुरुंच्या वजनाच्या मार्गाचा अंदाज लावण्यासाठी [163] आणि गोमांसं गुरुंच्या सांगाड्याचे वजन अंदाज लावण्यासाठी [164]. बेयेजियन रेग्युलरायझेशनसह ANN चा वापर दर्जेदार दूध उत्पादनाचा अंदाज लावण्यासाठी आणि रोबोटिक गाय फार्ममध्ये गार्याच्या उष्णतेच्या ताणाची पातळी कमी करण्यासाठी केला गेला आहे [165]. [166] मध्ये गार्याच्या आजारांचा अंदाज लावण्यासाठी पूर्णपणे कनेक्टेड न्यूरल नेटवर्क वापरण्यात आले आहे.

७.१.७ पर्यायी शेती

पर्यायी शेतीमध्ये हरितगृह शेती आणि हायड्रोपोनिक्सचा समावेश आहे. कमी मनुष्यबळात चांगल्या आणि अचूक नियंत्रणासाठी त्या प्रणालींमध्ये एमएल आणि डीप लर्निंग तंत्रांचा वापर केला जातो. पूर्णपणे कनेक्टेड एनएन आणि रुट मीन स्वेच्छेअर एरर (आरएमएसई) [167] वापरून हरितगृह हवेचे तापमान अंदाजित केले जाते. हरितगृह टोमॅटोचे उत्पादन [168], हरितगृह तुळस उत्पादन [169], हरितगृह वायू उत्पासन आणि गृह उत्पादनाचे ऊर्जेचा वापर [170] आणि टरबूजाचे [171] यासाठी एनएनचा वापर करण्यात आला आहे. सौरऊर्जेंद्वारे चालणाऱ्या हरितगृहाच्या आर्द्रता आणि तापमानाचा अंदाज लावण्यासाठी [172] आणि हवामान (आर्द्रता, तापमान आणि CO₂) अंदाज लावण्यासाठी [173] मध्ये आरएनएन -एलएसएचीएमसह बॅक प्रजननासह एक रिकरंट न्यूरल नेटवर्क (आरएनएन) वापरण्यात आला आहे. आवश्यक कृतीचा अंदाज लावण्यासाठी हायड्रोपोनिक प्रणालींमध्ये एनएन आणि बायोसियन नेटवर्कचा वापर करण्यात आला आहे [19].

गणनेच्या स्थानानुसार विविध एआय तंत्रज्ञान प्रस्तावित आहेत. एज एआय सेटिंग्जसाठी, जिथे एआय मॉडेल मर्यादित संसाधन एम्बेडेड सिस्टमवर चालते, तेथे डीप न्यूरल नेटवर्क मॉडेल्स डिझाइन करण्यासाठी संशोधन चालू आहे ज्यांवी अचूकता जास्त आहे परंतु प्रशिक्षित करण्यासाठी कमी पॅरामीटर्स आहेत [174]. मोबाइलनेट [175], स्क्वीज्नेट [176], एफिशिएंटनेट [177] हे असे नेटवर्क आहेत जिथे अनुक्रमे डेथ्व वार कन्होल्यूशन, डेटाचे डाउन-सॅम्पलिंग आणि मॉडेलचे एकसमान स्केलिंग डाउन केले जाते. DNN आकार कमी करण्यासाठी क्वांटायझेशन [178, 179, 180, 181] आणि प्रूनिंग [182, 183, 184, 185, 186, 187, 188] वापरले जातात. अल्गोरिदमइतकेच हार्डवेअरची योग्य निवड देखील तितकीच महत्वाची आहे.

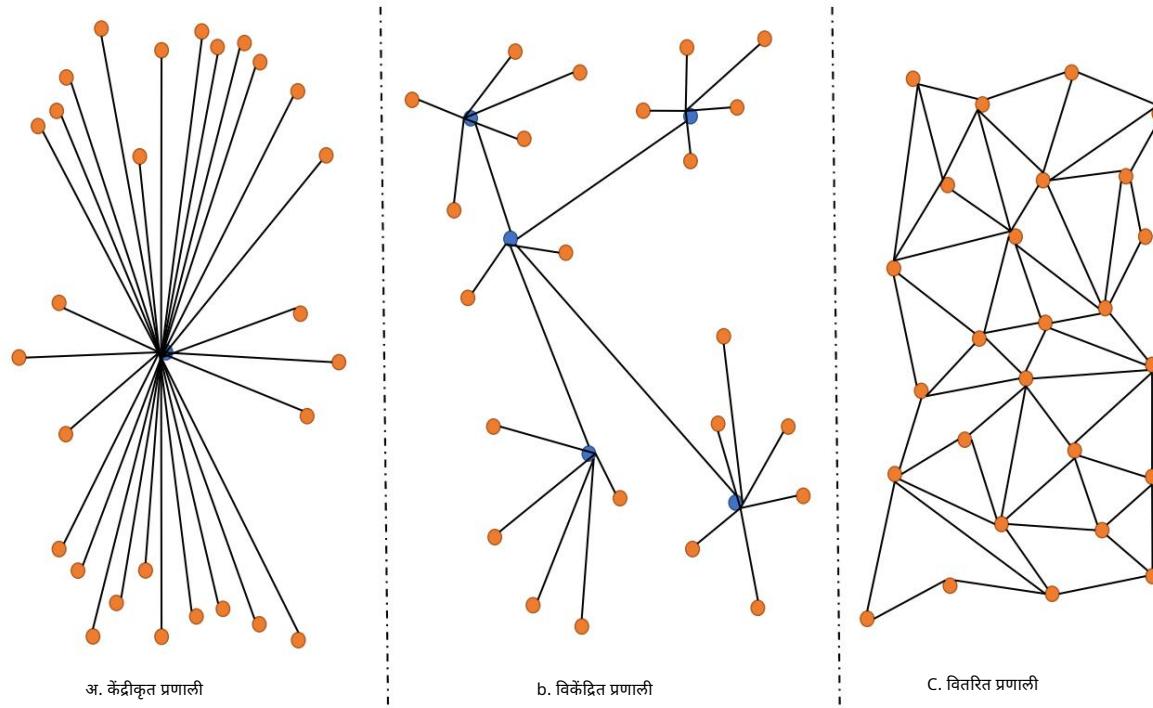
७.२ ब्लॉकचेन आणि वितरित लेजर तंत्रज्ञान

७.२.१ डिजिटल तंत्रज्ञान न्यूरल नेटवर्कचे

ब्लॉकचेन ही अलीकडील तंत्रज्ञानांपैकी एक आहे जी विविध क्षेत्रांमध्ये आशादायक अनुप्रयोगांसह आहे ज्यामध्ये पीअर-टू-पीअर वित्तीय प्रणाली [189][190], रिअल-टाइम सुरक्षित आयओटी प्रणाली [191], स्मार्ट गहर्नेस अनुप्रयोग [192, 193], डिजिटल मालमता कॉपीराइट तंत्रज्ञान [194, 195], स्मार्ट हेल्प्यूकेअर [196, 197], स्मार्ट कृषी आणि इतर अनेक उद्योगांचा समावेश आहे.

ब्लॉकचेनी सोांप्या भाषेत व्याख्या करता येईल ती म्हणजे पीअर-टू-पीअर वितरित लेजर जी येणारे व्यवहार डेटा प्रक्रिया करते आणि नेटवर्कमधील समवयस्कांनी स्वीकारलेल्या कन्सेन्स मेकेनिझम म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या नियमांच्या संचाच्या आधारे शेअर्ड लेजर कालक्रमानुसार अपडेट करते. अशा पीअर-टू-पीअर नेटवर्कस तयार करण्यामागील मुख्य कल्पना म्हणजे डेटा शेअर करण्यासाठी आणि एकत्रितपणे एकाच प्रणाली म्हणून काम करण्यासाठी आवश्यक असलेल्या अविश्वासनीय घटकांमध्ये एक विश्वासार्ह आणि पडताळणीयोग्य संप्रेषण आणि डेटा स्टोरेज तयार करणे. गेल्या काही दशकांमध्ये सर्वांत जास्त वापरली जाणारी विक्रित्रित अनुप्रयोग रचना आहे.

क्लायंट-सर्वर मॉडेल जिथे एकाच मध्यवर्ती घटकावर डेटा ठेवण्याएवजी तो अनेक सर्वरवर प्रतिकृत केला जातो आणि विभाजित केला जातो ज्यावर अनेक ठिकाणांहून क्लायंट सहजपणे प्रवेश करू शकतात. जरी या मॉडेलने केंद्रीकृत सिस्टम समस्या यशस्वीरित्या सोडवल्या आहेत, तरीही ते सुरक्षा आणि गोपनीयता हल्ल्यांना बळी पडते जे वितरित नेटवर्क वापरून कार्यक्षमतेने सोडवता येतात. आकृती १६ मध्ये वेगवेगळे नेटवर्क कॉन्फिगरेशन दाखवले आहेत.

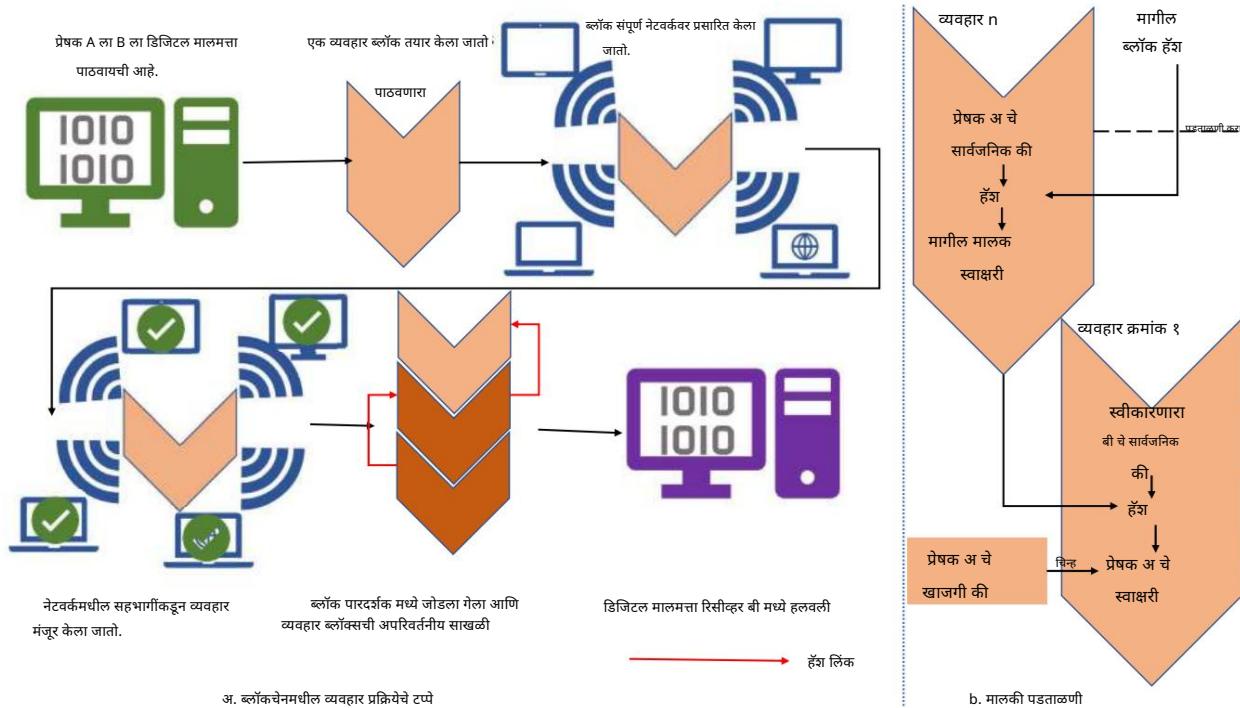


आकृती १६: नेटवर्कचे प्रकार (अ) केंद्रीकृत नेटवर्क ज्यामध्ये निव्या गोलाकाराने दर्शविलेले एकल माहिती सामायिकरण बिंदू आणि नारंगी गोलाकाराने दर्शविलेले अनेक क्लायंट असतात (ब) विकेंद्रीकृत नेटवर्क ज्यामध्ये निव्या गोलाकाराने दर्शविलेले अनेक प्रतिकृत मध्यवर्ती नोड्स आणि नारंगी गोलाकाराने दर्शविलेले अनेक क्लायंट असतात (क) वितरित नेटवर्क जिथे कोणतेही केंद्रीय अस्तित्व नसते.

केंद्रीकृत प्रणालीमध्ये सर्व नेटवर्क डेटा एकाच ठिकाणी ठेवला जातो जो नेटवर्क मालकाद्वारे नियन्त्रित आणि देखभाल केला जातो. या प्रणालीचे मुख्य तोटे म्हणजे सिंगल पॉइंट-ऑफ-फेलर (SPOF) आणि लांब अंतरावरून डेटा अंवेसेस करायात विलंब, विकेंद्रित प्रणाली सुरु करून या कमतरता टाळता येतात जिथे डेटा अनेक केंद्रीय पक्ष मालकाद्वारे नियन्त्रित केला जातो जो एका केंद्रीय नोडमध्ये प्रतिकृत केला जातो तसेच असताना देखील वेगवेगळ्या ठिकाणी प्रभावीपणे सेवा देतो. जरी यामुळे बहुतेक समस्या सोडवल्या गेल्या तरीही, डेटा अजूनीही तुरीय पक्ष मालकाद्वारे नियन्त्रित केला जातो जो क्लायंट माहिती राखण्यासाठी आणि त्यांच्याची संवाद साधण्यासाठी जबाबदार असतो यामुळे अनेक सुरक्षा आणि गोपनीयता समस्या उद्द्रुत शकतात. अशा आविंदेवरचा आणखी एक तोटा म्हणजे अशा विकेंद्रित प्रणालीची संवाद साधणताना डेटा मालकी आणि क्लायंटकडून डेटावर नियंत्रण नसणे. वितरित नेटवर्क नेटवर्क ट्रॉफिकचे नियंत्रण आणि पडताळणी करण्याची केंद्रीय अधिकाण्यांची आवश्यकता दूर करून या समस्या सोडवू शकतात. IoT मध्ये सेन्सर आहेत जे वितरित नेटवर्क तयार करतात. ब्लॉकचेन तंत्रज्ञानाद्वारे अशा डिव्हाइसेसचे डेटा ज्ञेअरिंग आणि सामूहिक कार्य सुधारते जाऊ शकते. ब्लॉकचेनच्या मुख्य घटकांमध्ये ज्ञेअर्ड लेजर, नोंद, व्यवहार आणि एकमत यंत्रणा समाविष्ट आहेत.

ब्लॉकचेन ज्ञेअर्ड लेजर हे मंजूर व्यवहारांच्या ब्लॉक्सचा कालक्रमानुसार जोडलेला क्रम आहे. प्रत्येक ब्लॉकमध्ये मेटाडेटासह व्यवहार असतात याचा वापर व्यवहार माहितीची अखंडता आणि सत्यता पडताळण्यासाठी केला जाऊ शकतो. नेटवर्कमध्ये सहभागी होणाऱ्या प्रत्येक नोडसमध्ये लेजरची स्वतःची प्रत असेल जी वेळोवेळी अपडेट केली जाईल. आणि नेटवर्कसाठी सत्याचा एक बिंदू म्हणून काम करण्यास मदत करेल. डिजिटल मालमतेचा दुहेरी खर्च टाळण्यासाठी नेटवर्कमधील नोड्समध्ये लेजरची प्रतिकृती तयार केली जाते. नोड्स हे नेटवर्कचे सहभागी आहेत जे व्यवहार करण्यास सक्षम आहेत आणि नेटवर्क ऑपरेशन्समध्ये देखील सहभागी होतात. ते या भूमिका बजावतात त्यावर आधारित नोड्स पीअर नोड्स, फुल नोड्स सांगणकीयदृष्ट्या कमी सक्षम असतात आणि ते प्रामुख्याने व्यवहार तयार करण्यासाठी जबाबदार असतात जे ब्लॉकचेन नेटवर्कचा वापर व्यवहार प्रक्रिया आणि हाताळण्यासाठी करतात. फुल नोड्स मोठ्या स्टोरेजसह नोड्स असतात आणि व्यवहारांच्या संपूर्ण ट्रॅल साठवण्यासाठी जबाबदार असतात. पूर्ण नोड्सची संबंधित कोणतेही प्रोत्साहन नाही परंतु हे नोड्स येणारे व्यवहार सत्यापित करण्यासाठी संपूर्ण लेजर राखतात. मायनर नोड्स एकमत यंत्रणा पार पाठण्यासाठी जबाबदार असतात जिथे तयार केलेले ब्लॉक पूर्व-परिभाषित संचाच्या आधारे प्रक्रिया केले जातात.

नियमांचे एकमत यंत्रणा म्हणतात. हे नोड्स संगणकीयदृष्ट्या सक्षम आहेत आणि प्रत्येक ब्लॉकसाठी प्रोत्साहन दिले जाते नोड्डारे निर्माण केलेले. वापरले जाणारे सर्वांत लोकप्रिय एकमत यंत्रणा म्हणजे प्रूफ-ऑफ-वर्क (PoW) आणि प्रूफ-ऑफ-स्टेक (PoS), ज्यामध्ये PoW खाण कामगार निवडण्यासाठी संगणकीयदृष्ट्या कठीण क्रिप्टोग्राफी कोडी वापरतो तर PoS वापरतो नवीन ब्लॉक्स तयार करण्यासाठी खाण कामगार निवडताना स्टेकिंगचे प्रमाण आणि स्टेकिंगचे वय विचारात घेतले जाते. आकृती १७ मध्ये दाखवले आहे की व्यवहारांचे टप्पे आणि डिजिटल मालमत्ता पडताळणी प्रक्रिया तपशीलवार.



आकृती १७: ब्लॉकचेन व्यवहाराचे टप्पे आणि डिजिटल मालमत्ता मालकी पडताळणी.

७.२.२ स्मार्ट शेतीमध्ये ब्लॉकचेन तंत्रज्ञानाची प्रासंगिकता

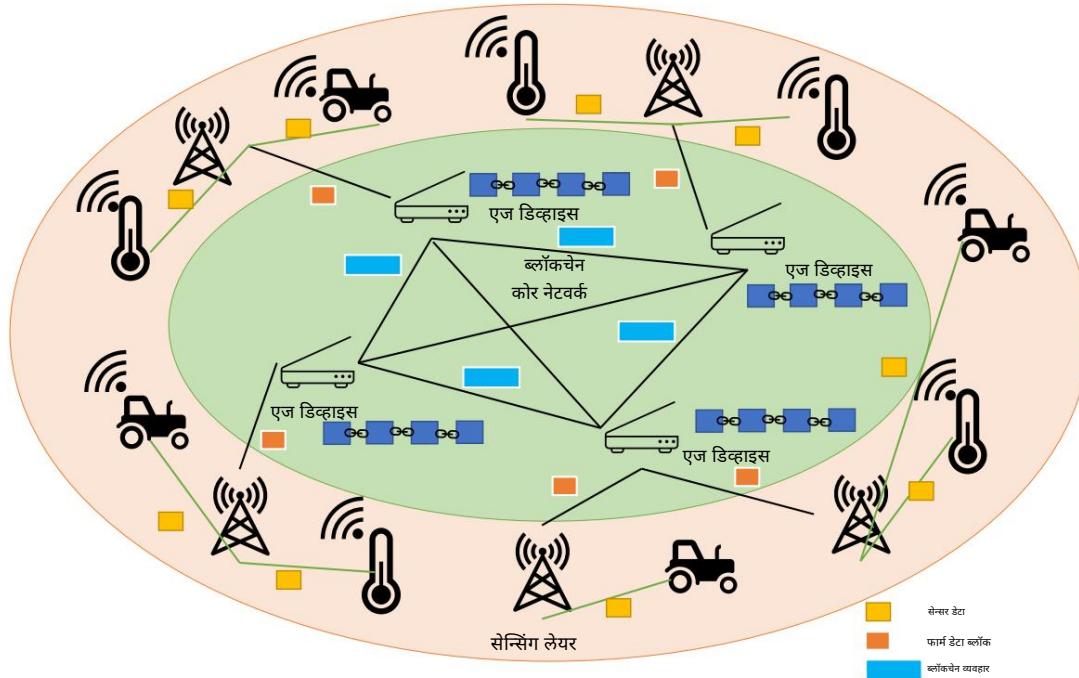
कार्यक्षमतेसाठी शेती पद्धतीमध्ये बदल करण्यासाठी विविध नवीन तंत्रज्ञानाचा अवलंब करून कृषी क्षेत्र विकसित झाले आहे. आणि पिकांचे चांगले उत्पादन [5]. अशीच एक सक्षम तंत्रज्ञान म्हणजे आयओटी जे अनेकांना स्वयंचलित करण्यासाठी उपाय प्रदान करते शेतीमध्ये मानवकेंद्रित कार्ये. शेतीमध्ये आयओटी वातावरणात वापरल्या जाणाऱ्या स्तरित आर्किटेक्चरमध्ये, स्तर-२ किंवा एज कंप्यूटिंग लेयरमध्ये अनेक एज डेटा सेंटर्स (EDC) असतात जे एका गंभीर गरजेसह वितरित नेटवर्क तयार करतात आकृती १८ मध्ये दाखवल्याप्रमाणे, एकत्रितपणे काम करण्यासाठी [१८] एकमेकांमध्ये संवाद साधणे आणि डेटा शेअर करणे. हे करण्यासाठी मशीन-टू-मशीन संप्रेषण अधिक सुरक्षित, केंद्रीय अधिकाऱ्यांनी डेटाचे निरीक्षण करणे आणि तैनात करणे आवश्यक आहे डेटा अखंडता आणि गोपनीयता राखण्यासाठी काही क्रिप्टोग्राफी तंत्रे. हे एक आवश्यक असू शकते कारण मोठ्या शेतीचे निरीक्षण आणि नियंत्रण करताना आवश्यक असलेली संगणकीय धार उपकरणे. शिवाय, अशा केंद्रीय उपकरणांचा वापर देखरेख प्रणालीमुळे कैंद्रीकरण आणि एकाच बिंदुच्या अपयश आणि विलंबाच्या समस्यांसारख्या इतर समस्या उद्दृत शकतात. या स्वयंचलित प्रणाली अपेक्षेप्रमाणे वागणार नाहीत आणि त्यामुळे उत्पन्न घट होईल, त्यामुळे शेतीवर विपरीत परिणाम होऊ शकतो. किंवा पिकाची गुणवत्ता.

७.२.३ शेतीमध्ये ब्लॉकचेन अनुपयोग

स्मार्ट शेतीमध्ये ब्लॉकचेनमध्ये मोठ्या प्रमाणात अनुप्रयोग आहेत आणि ते शेतीविषयक क्रियाकलापांच्या विविध पैलूंशी संबंधित आहेत. काही प्रमुख अनुप्रयोग आणि संबंधित उपायांची खाली चर्चा केली आहे.

७.२.३.१ सुरक्षित रिअल-टाइम डेटा शेअरिंग

स्मार्ट शेतीमध्ये डेटा सुरक्षा आणि गोपनीयता हा एक महत्वाचा पैलू आहे ज्याकडे कार्यक्षमतेसाठी लक्ष देणे आवश्यक आहे स्वायत्त प्रक्रियांचे कार्य. ब्लॉकचेन क्रिप्टोग्राफी तंत्रांचा वापर करते आणि व्यवहार प्रक्रिया करते डेटाची अखंडता राखण्यासाठी आणि सेवा नाकारण (DoS) सारखे शरूचे हल्ले टाळण्यासाठी कालक्रमानुसार आणि

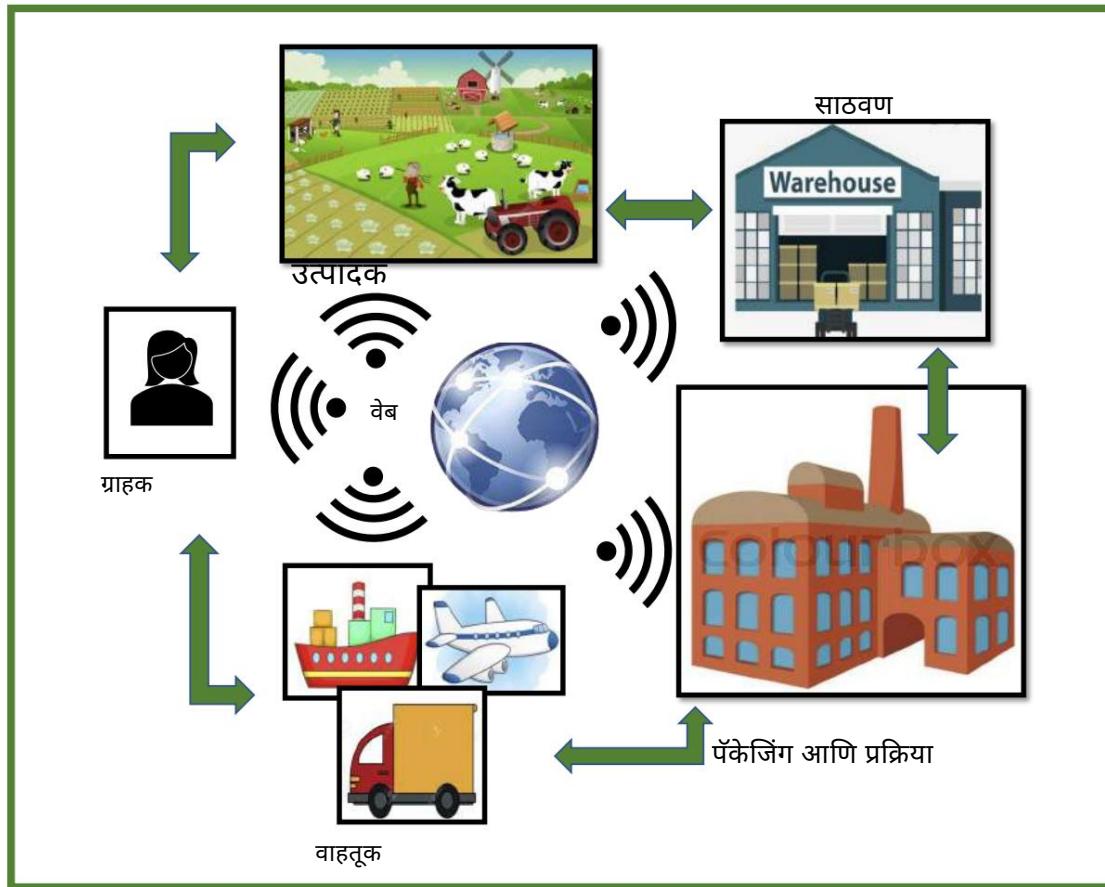


आकृती १८: स्मार्ट अॅग्रीकल्चर आयओटी नेटवर्क आणि ब्लॉकचेनमधील साप्य.

खोटे डेटा इंजेक्शन. डेटा गोपनीयतेव्यतिरिक्त, डेटा मालकी आणि मुद्रीकरण देखील समस्या आहेत. केंद्रीकृत अनुप्रयोगांप्रमाणे जेथे डेटा केंद्रीय प्राधिकरणाद्वारे कमाई केला जातो, ब्लॉकचेन आधारित अनुप्रयोग शेतकऱ्यांना बारीक पातळीवर डेटा प्रवेश नियंत्रित करण्यास मदत करू शकतात आणि स्वतः डेटा कमाई करण्यास मदत करू शकतात. एका सामान्य IoT आर्किटेक्चरमध्ये क्लाउड लेयर असते जिथे एज लेयरमधील डेटा स्वयंचलित कार्य करण्यासाठी संग्रहित आणि प्रक्रिया केला जातो. अशा नेटवर्कमधील मुख्य कमतरतांपैकी एक म्हणजे नेटवर्क उपलब्धता आणि दिलेल्या वेळी सर्वहरव जाणाऱ्या प्रवेश विनंत्यावर आधारित विलंब आणि प्रवेश वेळ बदलतो. निण्य घेण्यामध्ये रिअल-टाइम अॅपरेशन महत्वपूर्व असल्याने, ब्लॉकचेन एक कार्यक्षम रिअल-टाइम डेटा शीअरिंग मॉडेल विकसित करण्यात मदत करू शकते. सुरक्षित डेटा शीअरिंगसाठी ब्लॉकचेन वापरणारे काही सुरक्षित मॉडेल [199, 200, 201, 202] मध्ये प्रस्तावित आहेत. [199] ने एक ओल्ख व्यवस्थापित प्रमाणीकरण यंत्रणा प्रदान करते. [200] ने एक प्रणाली प्रस्तावित केली आहे जी सॉफ्टवेअर-डिफाइड नेटवर्किंग (SDN) तंत्रज्ञानावे संयोजन आहे आणि ब्लॉकचेनसह IoT वातावरणात हल्ले दूर करू शकते कमी औढऱ्हेडने शोधते आणि रोखते. IoT सारख्या संसाधन मर्यादित वातावरणात हे एक इष्टतम उपाय असू शकते. [201] एन्क्रिप्टेड डेटावर होमोमॉर्फिक गणना वापरते आणि प्रॅक्टिकल बायझॅटाईन फॉल्ट टॉलरन्स (PBFT) प्रमाणेच दृष्टिकोन अवलंबते आणि सर्वहरकडून योग्य प्रतिसादांच्या श्रेशोल्ड संख्येवर आधारित आहे जे संबंधित स्मार्ट कॉन्ट्रॅक्ट चालवले जातील. अंमलबजावणीसाठी, इथरियम ब्लॉकचेन वापरले गेले आणि प्रतिसाद वेळ 22 सेकंद म्हणून मोजण्यात आला कारण इथरियमचा ब्लॉक जनरेशन वेळ 15 सेकंदांवर निश्चित केला आहे आणि दुसऱ्या पिढीच्या ब्लॉकचेनला कमी ब्लॉक वेळासह अनुकूल करून तो आणखी सुधारित केला जाऊ शकतो. [202] ने एक नवीन की व्यवस्थापन आर्किटेक्चर प्रस्तावित केले आहे जे ब्लॉकचेन वापरून केंद्रीकृत प्रणालीच्या समस्यांचे निराकरण करू शकते आणि स्केलेबिलिटी आणि विश्वासार्हिता वाढवते. [203] ने स्मार्ट अॅग्रीकल्चर सिस्टममध्ये स्केलेबिलिटी आणि रिअल-टाइम डेटा उपलब्धता वाढवण्यासाठी पारंपारिक ब्लॉकचेनऐवजी वितरित लेजरचा वापर केला जे संसाधन केंद्रित आहेत.

७.२.३.२ सामुदायिक शेती आणि स्थानिक बाजारपेठा

पीक निवडण्यास आणि चांगले उत्पादन मिळविण्यास मदत करण्यासाठी सामुदायिक शेतीसाठी सामूहिक बुद्धिमत्ता आणि हवामान, पीक रोग किंवा उत्पादन मागणी डेटाचे पारशर्क सामायिकरण आवश्यक आहे. यासोबतच, स्थानिक बाजारपेठा शेतकऱ्यांना त्याच्या उत्पादनाचे अधिक कार्यक्षमतेने पैसे कमविण्यास आणि अधिक नफा मिळवू शकतील. या क्षेत्रातील काही कामे [204] मध्ये सादर केली गेली आहेत ज्यात नैतिक पुरवठा साखळी स्थापित करण्यासाठी आणि शेतकऱ्यांना योग्य नफा देण्यासाठी मध्यस्थांना काढून टाकण्यासाठी इथरियम प्लॅटफॉर्मचा वापर केला गेला. आकृती 19 पुरवठा साखळी ट्रेसेबिलिटीमध्ये उपस्थित असलेल्या लॉजिस्टिक्स दर्शविते.



आकृती १९: स्मार्ट शेतीमध्ये पुरवठा साखळी शोधण्यायोग्यता.

७.२.३.३ पुरवठा-साखळी शोधण्याची क्षमता

जागतिकीकरण ही एक अशी प्रवृत्ती आहे ज्यामुळे दुर्गम ठिकाणीही उत्पादनांची उपलब्धता शक्य झाली आहे. यामुळे जागतिक अन्न पुरवठा साखळी अधिक गुंतागुंतीची झाली आहे कारण संपूर्ण प्रक्रियेत अनेक घटक एकत्र काम करत आहेत. अशा गुंतागुंतीच्या अन्न पुरवठा साखळीमधील एक प्रमुख समस्या म्हणजे ट्रेसेबिलिटी आणि ग्राहकांचा आत्मविश्वास. अन्नजन्य रोगांचा प्रादुर्भाव पाहणे खूप सामान्य आहे. अशा परिस्थितीत, सर्वांत सामान्य दृष्टिकोन म्हणजे संपूर्ण इन्वर्टरीवी विहेवाट लावणे कारण प्रत्येक उत्पादनाची प्रादुर्भावासाठी चाचणी करणे शक्य नाही. त्याएवजी, उत्पादनाचा शोध ज्या शेतातून घेतला गेला होता त्या शेतात घेतल्याने कोणत्या उत्पादनांवर परिणाम होते हे निश्चित करण्यात मदत होऊ शकते आणि अन्नाचा अपव्यय कमी होऊ शकतो. अंतिम वापरकर्ता म्हणून, एक स्पष्ट आणि पारदर्शक पुरवठा साखळी अन्नाच्या प्रामाणिकपणावर ग्राहकांचा विश्वास निर्माण करण्यास मदत करू शकते. ब्लॉकचेन पारदर्शक पुरवठा साखळी तयार करून या पैलूमध्ये मदत करू शकते जिथे अन्नाची ट्रेसेबिलिटी आणि सत्यता सहजपणे पडताळता येते. अनेक संशोधन कार्ये प्रस्तवित केली आहेत. [205, 206] ब्लॉकचेन आधारित पुरवठा साखळीवर केस स्टडी करण्यासाठी हायपरलेजर फॅब्रिक ब्लॉकचेनचा वापर करते आणि मर्यादांवर चर्चा करते. ब्लॉकचेनसह एकत्रित केलेल्या RFID तंत्रज्ञानावर आधारित उपाय [207] मध्ये प्रस्तावित आहे. [208] ने पारंपारिक एंटरप्राइझ रिसोर्स प्लॅनिंग (ERP) प्रणालीमध्ये SPOF ची समस्या सोडवण्यास मदत करण्यासाठी पुरवठा साखळीमध्ये एक स्मार्ट करार आधारित अर्थिक उपाय प्रस्तावित केला. [209] ने ग्राहकांकइन पुरवठादारांबद्दल विश्वास आणि आत्मविश्वास निर्माण करण्यासाठी सेंद्रिय अन्नांमध्ये पुरवठा साखळीचा मागोवा घेण्यासाठी इथेरेयम आधारित विकेंद्रित अनुप्रयोग प्रस्तावित केले आहेत. [210] ने ब्लॉकचेनला इलेक्ट्रॉनिक उत्पादन कोड माहिती सेवा (EPCIS) सह एकत्रित करणारी आणि इथेरेयम स्मार्ट कॉन्ट्रॅक्ट्सचा वापर करणारी एक कार्यक्षम पुरवठा साखळी ट्रॅकिंग सिस्टम प्रस्तावित केली आहे.

७.२.३.४ शेती विमा

शेती हवामान बदलांना अधिक बढी पडतात आणि हवामान परिस्थितीमुळे होणाऱ्या नुकसानीमुळे शेतकऱ्यांना आर्थिक अस्थिरता निर्माण होते. शेती विमा हा पीक चक्र सुरु होण्यापूर्वी एका निश्चित रकमेचा प्रीमियम भरण्यावर आणि हवामान परिस्थितीमुळे झालेल्या नुकसानाच्या आधारावर पेमेट मिळण्यावर आधारित असतो. समस्या तेव्हा उद्भवते जेव्हा

नुकसानीची रक्कम मोजण्यासाठी कोणताही निर्देशांक उपलब्ध नाही, म्हणून विमा प्रदात्यांकडून हवामान डेटा वापरला जातो आणि त्याचे विश्लेषण केले जाते जेणेकरून शेतकऱ्यांसाठी आधारभूत आधार तयार होतो आणि या शेती विश्वासी प्रक्रिया करणे सोपे होते. सर्वत सामान्य सेटअप म्हणजे विमा प्रदात्यांने दूरस्थपणे रेकॉर्ड केलेल्या हवामान स्टेशन डेटाचा वापर करणे आणि शेतकऱ्यांना सादर करणे. ब्लॉकचेन स्वयंचलित स्मार्ट करार वापरून शेतकऱ्यांकडून प्रीमियम पेमेंटचे मूल्यांकन आणि स्वीकार करण्यात मदत करू शकते. त्यासोबतच, हवामान निर्देशांक डेटा शेतकऱ्यांना अधिक विश्वासाहूतेने उपलब्ध करून दिला जाऊ शकतो. [211] विष्यामध्ये फसलवृक्ष काळज्यासाठी ब्लॉकचेन आधारित उपाय प्रस्तावित करते. [212] ने दुष्काळावर आधारित विश्वासाठी एक प्रणाली तयार करण्यासाठी NEO लॅटफॉर्मचा वापर केला. [213] ने स्मार्ट करार वापरून विमा सेवांसाठी इथरियम ब्लॉकचेन आणि हायपरलेजर खाजगी ब्लॉकचेन आधारित उपाय प्रस्तावित केला.

७.२.४ ब्लॉकचेनच्या मर्यादा

जरी ब्लॉकचेनमध्ये डेटा सुरक्षा आणि अखंडता वाढविण्यासाठी स्मार्ट शेतीमध्ये अनेक संभाव्य अनुप्रयोग आहेत, तरीही शेती क्षेत्रात या तंत्रज्ञानाचा व्यापक वापर करण्यापूर्वी काही आव्हाने सोडवणे आवश्यक आहे. स्मार्ट शेतीमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या आयओटी तंत्रज्ञानामुळे शक्ती आणि गणना दोन्ही बाबतीत संसाधनांची कमतरता असते तर ब्लॉकचेनच्या एकमत यंत्रणा आणि क्रिप्टोग्राफी घटकांना मोठ्या प्रमाणात शक्ती आणि गणना आवश्यक असते. ब्लॉकचेन हा एक कार्यक्षम उपाय असू शकत नाही, म्हणूनच स्मार्ट शेतीप्रमाणेच संसाधनांच्या मर्यादित वातावरणात अंमलात आणता येणाऱ्या विविध कार्यक्षम एकमत यंत्रणा प्रस्तावित करण्यासाठी संशीधन केले जात आहे. [214] ने क्रिप्टोग्राफिक प्रमाणीकरण आणि मीडिया अ-वॉक्सेस कंट्रोल (MAC) अ-प्रैस्ट्रेस व्हैरिफिकेशनवर आधारित एकमत यंत्रणा प्रस्तावित केली आहे ज्यामुळे एकमत यंत्रणेच्या संगणकीय आवश्यकता कमी झाल्या आहेत आणि व्यवहाराच्या वैकलेले लक्षणीय वाढ झाली आहे. डेटा ही आणखी एक महत्वाची समस्या आहे जी व्यापक अवलंबनासाठी संबंधित करणे आवश्यक आहे.

ब्लॉकचेनमध्यील प्रत्येक ब्लॉकचा आकार पूर्विनिर्धारित आणि मर्यादित असल्याने, प्रतिमासारखा मोठा डेटा ऑन-चेन संग्रहित करणे व्यवहार्य नाही. म्हणूनच, अनेक संशोधक डेटा ऑफ-चेन संग्रहित करण्यावर काम करत आहेत तर व्यवहार आणि प्रवेश माहिती डेटासह सुरक्षित प्रवेश आणि अखंडतेसाठी ऑन-चेन संग्रहित केली जाते. [215] ने एक प्रणाली प्रस्तावित केली जी कोविड-१९ संबंधित रुण डेटा सामायिक करण्यासाठी इथरियम स्मार्ट कॉर्टेक्टसह इंटरफऱ्हॅनेटरी फाइल सिस्टम (IPFS) वापरते जे सामाजिक अंतर पद्धती लागू करण्यास मदत करू शकते. मोठ्या प्रमाणात डेटा साठवण्यासाठी स्मार्ट शेतीमध्ये याचा अवलंब केला जाऊ शकतो. बहुस्तरीय प्रवेश व्यवस्थापन हा देखील एक महत्वाचा पैकू आहे ज्याकडे लक्ष देणे आवश्यक आहे. [216] ने एक ब्लॉकचेन प्रणाली प्रस्तावित केली जी कार्यक्षम आणि नियंत्रित डेटा व्यवस्थापन प्रक्रियेसाठी वेगवेगळ्या प्रवेश धोरणांसह अनेक स्तरावर कार्य करू शकते जी स्मार्ट कृषी वातावरणात स्वीकारली जाऊ शकते.

स्मार्ट कृषी संशोधनासाठी ८ डेटासेट

स्मार्ट शेतीमध्ये पीक उत्पादन, पशुधन व्यवस्थापन आणि पुरवठ्याशी संबंधित अर्थशास्त्राचे विश्लेषण करण्यासाठी डेटा गोळा करण्यासाठी बुद्धिमान उपकरणांचा वापर केला जातो. संग्रहित डेटा पुढील पिढ्यांसाठी शेतीमध्ये संसाधनांच्या उपलब्धतेबद्दल अधिक संशोधन करण्यास मदत करू शकतो. तक्ता १ मध्ये आम्ही सध्याच्या काळात अभ्यासलेल्या आणि गोळा केलेल्या अनेक स्वरूपांचे वेगवेगळे डेटासेट दर्शविले आहेत.

सर्वेक्षण पेपर.

८.१ पीक उत्पन्न आणि उत्पादन

क्षेत्रफल, पिकाची स्थिती आणि उत्पन्न यासंबंधी डेटा गोळा करण्यासाठी सेन्यरचा वापर केला जातो. कापणी केलेल्या क्षेत्रफलावर उत्पादनाचे प्रमाण विभाजित करून पीक उत्पादनाची रक्कम मोजता पेते. पीक उत्पादन प्रति हेक्टर टनांच्या प्रमाणात मोजता पेते. यूएस डिपार्टमेंट ऑफ और्कल्चर (USDA) वार्षिक अहवाल तयार करते ज्यामध्ये पिके, वनस्पती, पशुधन आणि प्राण्यांसाठी उत्पन्न, क्षेत्रफल आणि उत्पादनाचा डेटा समाविष्ट असतो, तसेच शेतीची गणना देखील केली जाते. आकृती २० मध्ये युनायटेड स्टेट्समधील वेगवेगळ्या वर्षांसाठी काही पिके, पशुधन आणि शेतीच्या खर्चाचे आलेख दाखवले आहेत. याव्यतिरिक्त, शेती, कामगार, उत्पादन आणि जमिनीच्या किमती मासिक आणि वार्षिकपणे गोळा केल्या जातात [217].

८.२ पिकांची स्थिती आणि मातीतील ओलावा

पिकांच्या उत्पादन आणि उत्पादनासाठी मातीतील ओलाव्याचे ज्ञान हा एक महत्वाचा घटक आहे. विविध शेतीविषयक कामे सहजपणे पार पाडण्यासाठी, शेतकऱ्यांच्या निर्णय घेण्यासाठी मातीसंबंधीचा डेटा आवश्यक आहे. पीक स्थिती आणि मातीतील ओलावा विश्लेषण (पीक-CASMA) हे एक वेब-आधारित भू-स्थानिक अनुप्रयोग आहे जे मातीतील ओलावा आणि वनस्पतीची स्थिती मोजण्यासाठी वापरले जाते. गोळा केलेला डेटा भौगोलिक माहिती प्रणाली मैर्पिंग स्वरूपात (.gis) [218] आहे. आकृती २१(a) आणि २१(b) दोन वेगवेगळ्या तारखांना युनायटेड स्टेट्समध्ये पीक स्थिती आणि मातीतील ओलावा विश्लेषण दर्शवितात.

८.३ वनस्पतीचे आजार

जेव्हा एखादी वनस्पती रोगाने संक्रमित होते तेव्हा तिची महत्वाची कार्ये बदलली जातात आणि खराब होतात, ज्यामुळे व्यक्तींसाठी हानिकारक सेवन होते. प्रत्येक वनस्पती प्रजातीचे स्वतःचे वेगवेगळे सिंड्रोम असते. कागल हे वेगवेगळ्या वनस्पती रोगांबद्दलच्या विविध डेटासेटचा एक चांगला स्रोत आहे. आकृती २२ मध्ये वनस्पती रोग डेटासेटमधील काही नमुना प्रतिमा दाखवल्या आहेत [219]. संकलन आणि

तक्ता १: स्मार्ट शेतीसाठी डेटासेट.

डेटासेट	स्रोत	डेटासेट	लिंक
			स्वरूप
पीक उत्पन्न आणि उत्पादन	यूएसडीए आणि एनएएसएस .php		
पिकांची स्थिती आणि मातीतील ओलावा पीक-CASMA		.गिस	
वनस्पती रोग	कागल	.सीएसएस	
मातीचे आरोग्य आणि वैशिष्ट्यकरण NCSS		.एमडीबी	
शेतीमध्ये कीटकनाशकांचा वापर	यूएसजीएस	.php, .txt	
शेतीमध्ये पाण्याचा वापर	यूएसजीएस	चित्रकला	
भूजल नायट्रोट दूषित होणे	यूएसजीएस	.जेरीईजी	
आपत्ती विश्लेषण	USDA आणि NASS .png, .pdf		

या डेटाचे संचयन केल्याने पिकांमधील रोग सुधारण्यासाठी आणि प्रतिबंधित करण्यासाठी अभ्यास, प्रशिक्षण आणि चाचणी करण्यास मदत होऊ शकते. वनस्पती रोगांचा अंदाज लावणे पीक उत्पादन आणि उत्पादकता वाढवू शकते. आकृती ८.३ मध्ये डाळळी फळ डेटासेट [२२०] मधील काही नमुना प्रतिमा दाखवल्या आहेत.

आकृती २४ मध्ये चिनी कोबी रोग डेटासेट [२२१] मधील काही नमुना प्रतिमा दाखवल्या आहेत.

८.४ मातीचे आरोग्य आणि वैशिष्ट्यकरण

मातीचे गुणधर्म आणि वैशिष्ट्य विशिष्ट परिस्थितीत माहिती देण्यासाठी मातीचे वैशिष्ट्य सर्वेक्षण वापरले जाते.

क्षेत्रफळ. सर्वेक्षणात शेतकरी, इस्टेट एजंट,

आणि अभियंते.

राष्ट्रीय सहकारी मूदा सर्वेक्षण (NCSS) माती वर्गीकरणासाठी डेटाबेस अहवाल प्रदान करते [२२२] सोबत

माती वर्गीकरणासाठी पेडॉन क्रमांक. पेडॉन ही मातीची त्रिमितीय रचना आहे जी मातीचे स्पष्टीकरण देण्यासाठी पुरेजी आहे.

मातीची अंतर्गत रचना आणि प्रयोगशाळेतील विश्लेषणासाठी नमुने गोळा करण्यासाठी वापरता येतात. प्रत्येक शेतातील मातीचे गुणधर्म, जसे की उपलब्ध खडकांचे तुकडे, घनता, आर्द्धता, पाण्याचे प्रमाण, कार्बन, मीठ, pH, कार्बोनेट, फॉस्फरस, चिकनगमाती,

मातीच्या प्राथमिक डेटा वैशिष्ट्यकरणावरून वाळू आणि गाळ खनिजशास्त्र मिळू शकते. अहवाल पाहता येतील

प्राथमिक देश, राज्य आणि काउंटी तपशील देऊन ऑन-स्ट्रीन किंवा मजकूर फायलीमध्ये डाउनलोड केले जाऊ शकते [२२२].

८.५ शेतीमध्ये कीटकनाशकांचा वापर

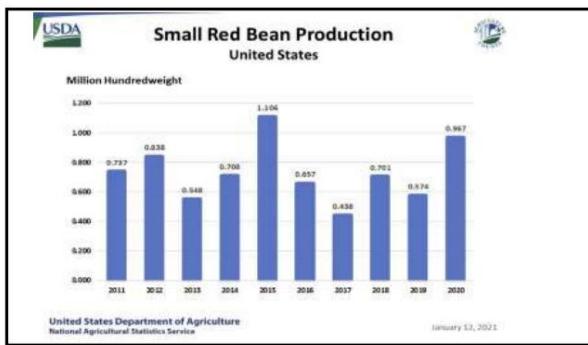
शेतीमध्ये कीटकनाशकांचा वापर तण, कीटकांचा प्रादुर्भाव आणि बुरशी नियंत्रित करण्यासाठी केला जातो. तथापि, अतिरेकी कीटकनाशकांचा वापर मातीच्या आरोग्यासाठी आवश्यक असलेल्या इतर सूक्ष्मजीवांचा नाश करू शकतो आणि भूजलाची गुणवत्ता खराब करू शकतो.

यूएस जिओलॉजिकल सर्वर्स (USGS) दरवर्षी अमेरिकेत वापरल्या जाणाऱ्या कीटकनाशकांच्या प्रमाणाचा डेटा गोळा करते.

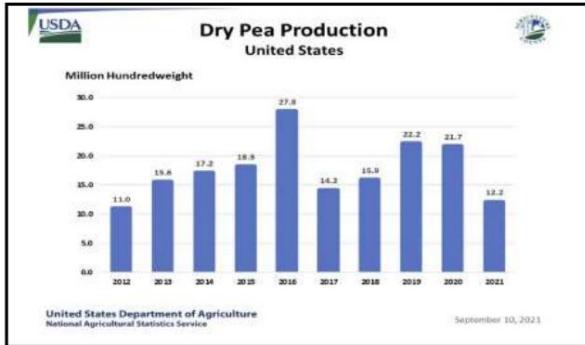
तर्के, आलेख आणि नकाशे यांचे स्वरूप [२२३]. नकाशा अंदाजे कीटकनाशकांच्या वापराचे अधिक परिष्कृत वित्र प्रदान करते

प्रति चौरस मैल पौंडांच्या बाबतीत शेतीयोग्य जमीन, आणि आलेख लाखो पौंडांमध्ये अंदाजे वापर दर्शवितात

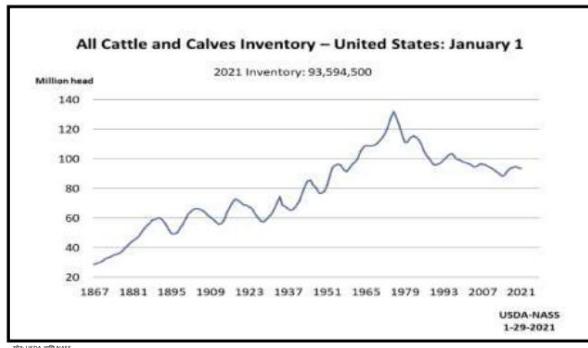
दरवर्षी प्रत्येक पिकाला.



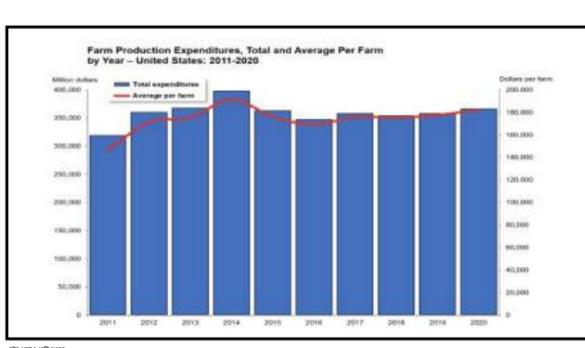
(अ) लाल बीनचे लहान उत्पादन.



(ब) सुख्या वाटाण्याचे उत्पादन.



(क) सर्व गायी आणि वासरे यांची यादी.



(ड) शेती उत्पादन खर्च.

आकृती २०: पीक उत्पन्न आणि उत्पादन दर्शविणारे आलेख [217].

८.६ शेतीमध्ये पाण्याचा वापर

शेतीसाठी पाणी आवश्यक आहे. भूपृष्ठ आणि भूजल दोन्ही महत्वाचे आहेत आणि शेतीमध्ये वापरले जातात [224]. भूपृष्ठावरील पाणी नैसर्गिक नद्या आणि तलावांपासून तयार होते; भूभर्तील पाणी पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखाली खडक, माती आणि वाळूच्या भेगांमध्ये आढळते. USGS दर पाच वर्षांनी एकूण पाण्याचा वापर गोळा करते आणि दररोज अंजावारी गॅलनमध्ये आकडेवारी अपडेट करते.

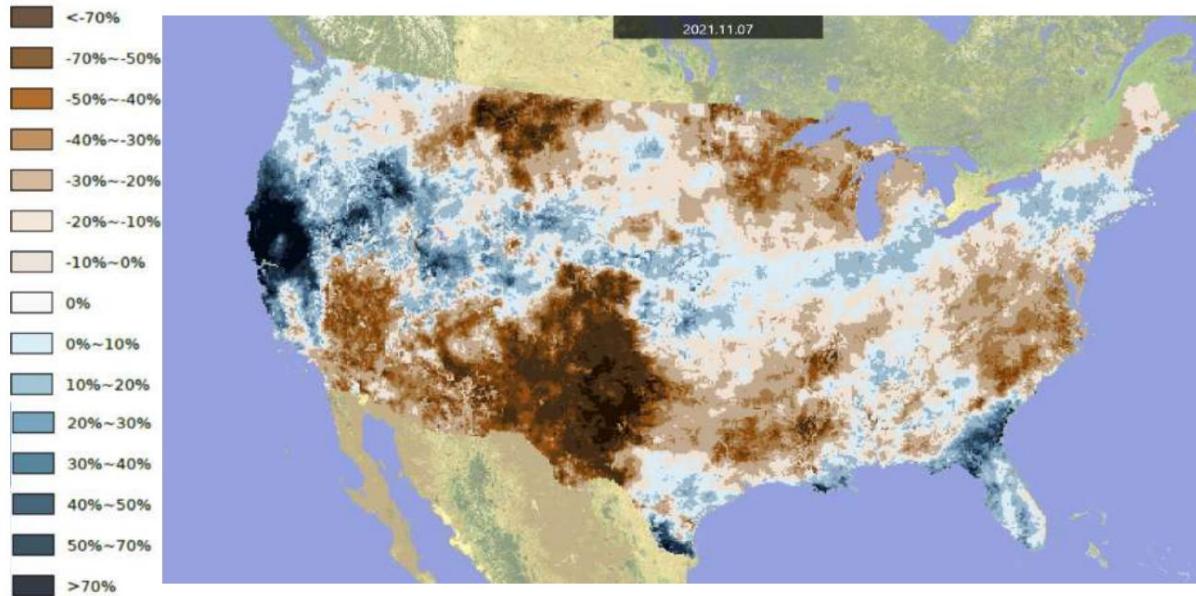
आकडेवारीवरून असे दिसून येते की सिंचन, पशुधन आणि मत्स्यपालन यासह कृषी क्षेत्रात पाण्याचा वापर जास्त आहे [225].

८.७ भूजल नायट्रोट दूषित होणे

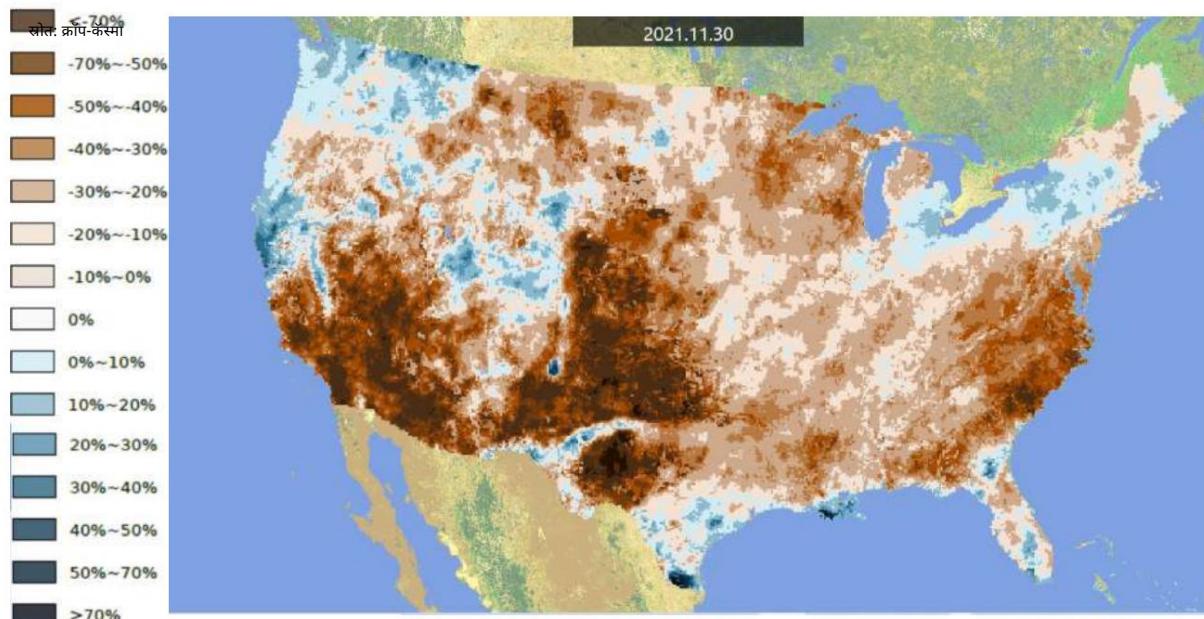
नायट्रोट हा वनस्पती आणि पिकांच्या वाढीसाठी प्राथमिक स्रोत आहे. हा नायट्रोजनचा ऑक्सिडाइज्ड प्रकार आहे, जो पृथ्वीवर नैसर्गिकरित्या आढळतो, परंतु व्यापक शेतीमुळे तो नष्ट होऊ शकतो. मातीला आवश्यक पोषक तत्वांनी भरण्यासाठी, शेती करताना नायट्रोजन खेते दिली जातात. तरीही, हे नायट्रोट्स प्रामुख्याने अन्न, भूजल आणि पृष्ठभागावरील पाण्यात प्रवेश करतात तेव्हा विषारी असू शकतात. आकृती २५ संपूर्ण युनायटेड स्टेट्समधील भूजल दूषित होण्याचा नकाशा दर्शविते. देशभरातील डेटा गोळा करून, USGS ने भूजल नायट्रोट दूषित होण्याचा अंदाज घेण्यासाठी एक मॉडेल विकसित केले आहे [226].

८.८ आपत्ती विश्लेषण

अनिश्चित जोखीम आणि बदलत्या भूदृश्य आणि तापमानामुळे शेती धोक्यात आहे. या धोक्यांची तीव्रता जाणून घेण्यासाठी आणि त्यानुसार नियोजन करण्यासाठी आपत्ती घेण्याआधीच त्यांचा अंदाज घेणे आवश्यक आहे. USDA आणि राष्ट्रीय कृषी सांख्यिकी सेवा (NASS) ने जवळजवळ वास्तविक वेळेत आपत्ती विश्लेषण मूळ्यांकनासाठी एक संशोधन अभ्यास राबविला आहे. डेटासेट गोळा करण्यासाठी, आपत्तीचा अंदाज घेण्यासाठी प्रक्रियेत भू-स्थानिक तंत्रे आणि सेन्सर वापरले जातात [227]. सेटिनेल-१, सिथेटिक अपर्चर रडारच्या मदतीने पुराचे निरीक्षण करण्यासाठीच्या अभ्यासांपैकी एक उदाहरण [228] मध्ये दिले आहे.



(अ) दिनांक ०७ नोव्हेंबर २०२१



(ब) दिनांक ३० नोव्हेंबर २०२१

आकृती २१: अमेरिकेतील पिकांची स्थिती आणि मातीतील ओलावा [२१८].



(अ) निरोगी वनस्पतीची पाने - सफररचंद, बटाटा आणि पीच (डावीकडून उजवीकडे)



(ब) संक्रमित वनस्पती पाने - स्कॅबने संक्रमित सफररचंद, उशिरा करपा संक्रमित बटाटा आणि बॅक्टेरियामुळे संक्रमित ठिपके पीच (डावीकडून उजवीकडे)

आकृती २२: वनस्पती रोग रोग डेटासेट [219] मधील नमुना प्रतिमा.



(अ) गुणवत्ता १ च्या वेगवेगळ्या ग्रेडचे डालिंब (डावीकडून उजवीकडे - ग्रेड १, ग्रेड २, ग्रेड ३)



(ब) गुणवत्ता ४ च्या वेगवेगळ्या ग्रेडचे डालिंब (डावीकडून उजवीकडे - ग्रेड १, ग्रेड २, ग्रेड ३)

आकृती २३: डालिंब फळ डेटासेट [२२०].



(अ) निरोगी चायनीज केबेज प्लॉट



(ब) बैंक मॉर्थने संक्रमित

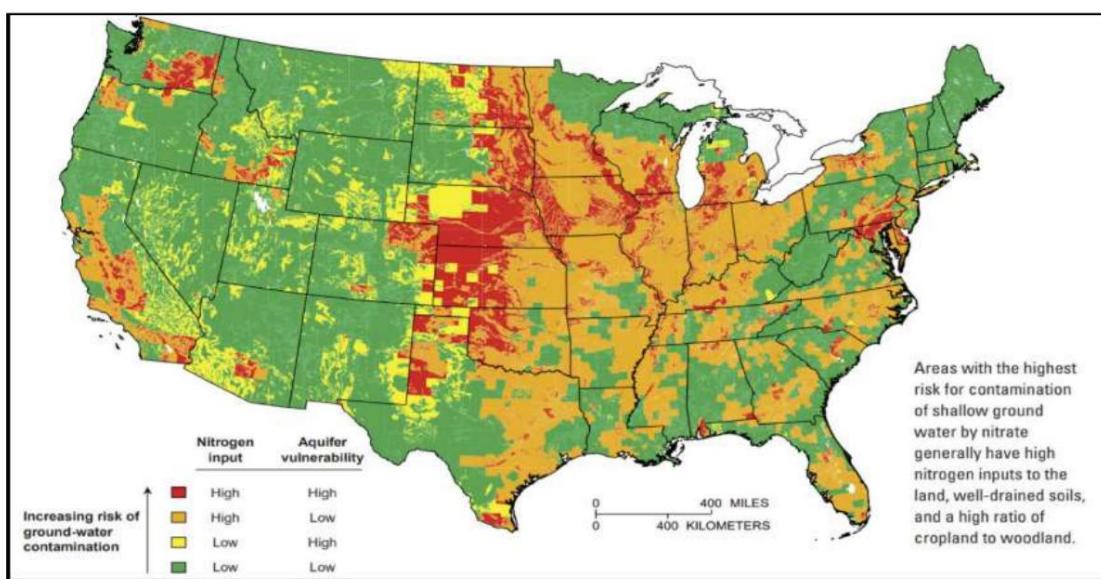


(स) पानांच्या मायनरने संक्रमित



(द) दुरशीने संक्रमित

आकृती २४: चिनी कोबी रोग डेटासेट [२२१].



स्रोत: युनायटेड स्टेट्स जिओलोजिकल सर्व्ह्यु (USGS)

आकृती २५: भूजल दूषित होणे [२२६].

९ स्मार्ट कृषी खुल्या संशोधन समस्या

या विभागात आपण कृषी ४.० आणि कृषी ५.० च्या खुल्या संशोधन समस्यावर चर्चा करू. संशोधन केंद्रावर अवलंबून आपण त्याना दोन मुख्य उपगटांमध्ये विभागू शकतो .

९.१ तंत्रज्ञानाचा दृष्टिकोन

आधी सांगितल्याप्रमाणे स्मार्ट शेतीला विविध आव्हानांचा सामना करावा लागतो. नवीन आणि विद्यमान तंत्रज्ञानाचा वापर करून या आव्हानांना तोंड द्यावे लागते . आतापर्यंत बहुतेक स्मार्ट शेती एआय मॉडेल क्लाउड बेस्ड, क्लाउड-एज बेस्ड किंवा क्लाउड-फॉग-एज बेस्ड होते . हार्डवेअर प्रगतीमुळे संगणकीय प्रतिमान बदलाला चालना मिळाली आहे. आयओटी उपकरणांमध्ये बुद्धिमत्तेची भर घालणे हा एक नवीन ट्रॅड आहे [229]. नेटवर्क उपलब्धता, विलंब आणि बैंडविड्थ आता यशस्वी, अखंड शेती प्रणाली ऑपरेशन्समध्ये अडथळे नाहीत . यामुळे संशोधनासाठी एक नवीन मार्ग उघडतो. स्मार्ट शेतीमध्ये एज एआय हे एक व्यापक क्षेत्र आहे जे नजीकीच्या भविष्यात एक चर्चेचा विषय ठरेल. आकृती 26 तंत्रज्ञानाच्या संदर्भात विविध खुल्या संशोधन समस्या दर्शवते . खालील क्षेत्रातील संशोधनात बरेच आश्वासन आहे:

- कमी पॉवर आणि सौरऊर्जेवर चालणारी, कमी लेटनी असलेली TinyML उपकरणे. • कमी पॉवर असलेल्या IoT उपकरणांसाठी योग्य कमी संगणकीय निर्णय पद्धती. • अत्यंत तापमानात कार्यक्षम सेन्सर तंत्रज्ञान. • डेटा कॉम्प्रेशनसाठी डेटा विश्लेषण पद्धती. • AI/ML मॉडेल्साठी व्हांटायझेशन आणि प्रुनिंग टंत्रे. • देखरेखीशिवाय आणि अर्ध-पर्यवेक्षित शिक्षण पद्धती. • रिअल टाइम डेटा विश्लेषण आणि निर्णय. • सेन्सर डेटासह सार्वजनिक डेटासेट निर्मिती.

- UAV ने घेतलेला इमेज डेटासेट. • पिकांच्या शेतासाठी थर्मल आणि इन्फ्रारेड इमेज डेटासेट.

संशोधन क्षेत्रे केवळ यापुरती मर्यादित नाहीत. ब्लॉकचेन आधारित डेटा गोपनीयता आणि अखंडता आणि सेवा आधारित स्मार्ट कृषी अनुप्रयोग हे इतर क्षेत्र आहेत ज्यांसह काम करावे:

- ब्लॉकचेन अपरिवर्तीय डेटा स्टोरेज यंत्रणेवर लक्ष केंद्रित करून आयओटी अॅप्लिकेशन्समध्ये वाढ केली आहे. • संगणकीय संसाधन, डिझाइन वेळ आणि ऊर्जा कार्यक्षमता ऑप्टिमायझेशन.

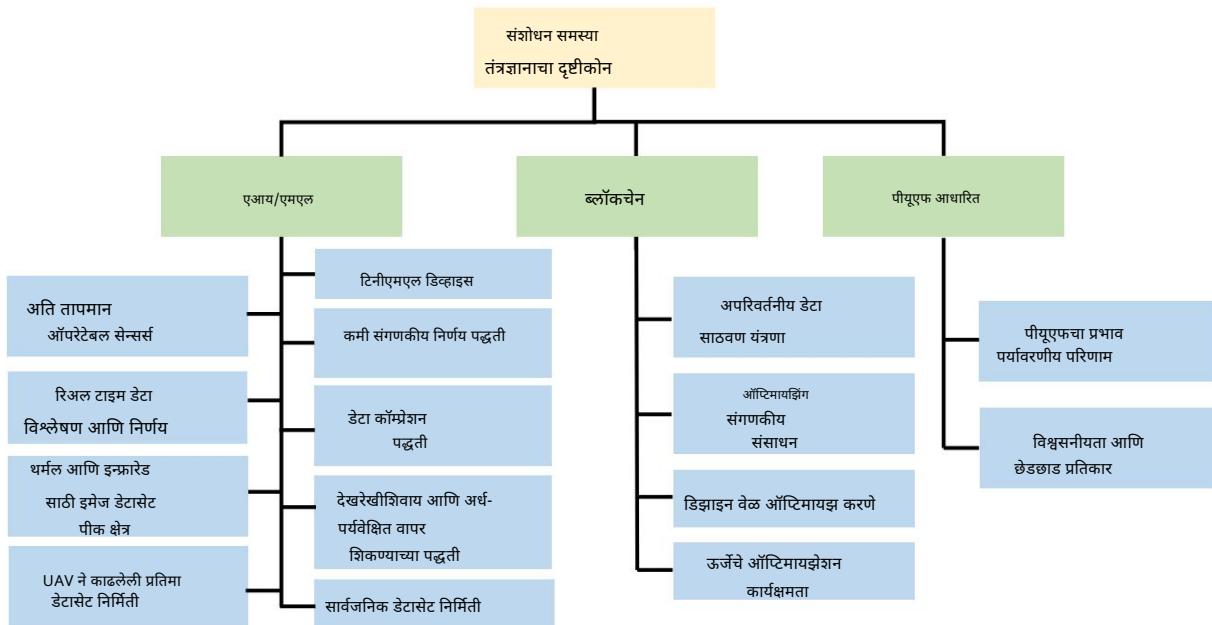
जागत स्मार्ट शेतीसाठी हार्डवेअर सुरक्षा हे संशोधनाचे आणखी एक व्यापक क्षेत्र आहे. शेतीमधील प्रत्येक आयओटी उपकरणाची कार्यक्षमता आणि अनुप्रयोग अद्वितीय आहेत. पीयूएफवरील संशोधन, जे हार्डवेअर फिंगरप्रिंट आहे [230, 231] हे संशोधनाचे एक महत्त्वाचे क्षेत्र आहे :

- पाऊस, कीटकनाशके, खते आणि रसायने यांसारख्या पर्यावरणीय प्रभावांना पीयूएफची संवेदनशीलता. • या हार्डवेअर सुरक्षा मॉड्यूल्सची विश्वासार्हता आणि छेडळाड प्रतिकार.

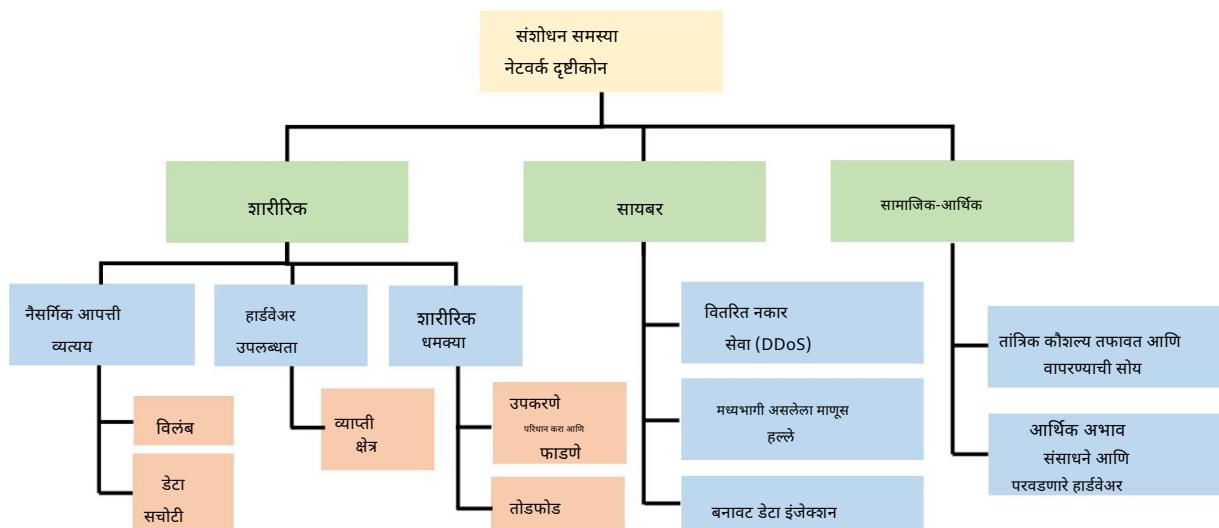
९.२ नेटवर्क दृष्टीकोन

नेटवर्क घटक हा स्मार्ट शेतीचा एक अतिशय महत्त्वाचा पैलू आहे जो दूरस्थ उपकरणांना एकमेकांशी जोडण्यासाठी आणि डेटा ट्रान्सफर शक्य करण्यासाठी विविध माहिती आणि संप्रेषण तंत्रज्ञानाचा (ICT) वापर करतो. मर्यादित संसाधन IoT उपकरणांसाठी नवोदित टप्प्यातील असुरक्षित नेटवर्क लेयर प्रोटोकॉलमुळे विविध सुरक्षा धोके निर्माण झाले आहेत. ज्या संशोधन समस्यांना संबोधित करणे आवश्यक आहे त्यांचे वर्गीकरण आकृती २७ मध्ये दिले आहे:

- नैसर्गिक आपत्तींदरम्यान काम करू शकतील असे पर्यायी नेटवर्किंग मार्ग प्रदान करणे. • नेटवर्कमध्ये गर्दी असतानाही रिअल-टाइम डेटा ऑपरेशन्स वाढवण्यासाठी तंत्रे मोठ्या प्रमाणात व्यवहार.
- डेटा गोपनीयता आणि सुरक्षितता आव्हाने व्यवस्थापित करण्यासाठी अजूनही मजबूत आणि संसाधन कार्यक्षम तंत्रांची आवश्यकता आहे. • उपलब्ध हार्डवेअरचा जास्तीत जास्त वापर करण्यासाठी आणि ब्लाइंड स्पॉट्स टाळण्यासाठी कवरेज क्षेत्र वाढविण्यासाठी कार्यक्षम नेटवर्क टोपोलॉजीज आवश्यक आहेत. • कमीत कमी झीज आणि फाटलेल्या नेटवर्क उपकरणांच्या सोप्या देखभालीसाठी किफायतशीर पद्धती असू शकतात. आव्हानात्मक.



आकृती २६: स्मार्ट शेतीवरील नेटवर्क आणि संप्रेषण आव्हाने.



आकृती २७: स्मार्ट शेतीचे नेटवर्क आणि संप्रेषण आव्हाने.

- विरोधकांकहून होणाऱ्या तोडफोडीसारख्या भौतिक नुकसानांना तोंड देण्यासाठी प्रतिबंधात्मक तंत्रांची खूप गरज आहे.
- DDOS सारख्या नेटवर्क धोक्यांपासून बचाव करण्यासाठी नेटवर्कमध्ये योग्य राउटिंग तंत्रे वापरणे हे काम करण्यासाठी मनोरंजक क्षेत्र असू शकते.
- हार्डवेअर असिस्टेड ऑर्थेटिकेशन सारख्या कार्यक्षम एक्सिजन तंत्रे आणि ऑर्थेटिकेशन यंत्रणा विविध सुरक्षा धोके टाळण्यासाठी नेटवर्क लेयरमध्ये समाविष्ट करणे अत्यंत आवश्यक आहे.
- वापरण्याची सोय आणि समस्यानिवारण यंत्रणा हे संशोधकांसाठी स्वारस्याचे क्षेत्र असू शकतात कारण हे तंत्रज्ञान शेतकऱ्यांसाठी विकसित केले.
- नेटवर्क उपकरणे महाग आहेत, त्यामुळे नेटवर्किंग हार्डवेअर परवडणारे बनवल्याने तंत्रज्ञान अधिक स्मार्ट शेतीमध्ये मोठ्या प्रमाणात वापरण्यात आले.

१० निष्कर्ष आणि भविष्यातील दिशानिर्देश

आजच्या जगात, आपण "अन्त्राला तुमचे औषध असू द्या" हे पूर्वीपेक्षा जास्त महत्त्व देतो कारण दर्जेदार अन्न आपली प्रतिकारशक्ती वाढवते. यावर संशोधन शेती, अन्न सुरक्षा आणि अन्न पुरवठा साखळी अधिक प्रासारिक झाली आहे. हा लेख यावर तपशीलवार सर्वेक्षण प्रदान करतो स्मार्ट शेतीमधील चालू संशोधन ट्रैड. हे आव्हाने आणि खुल्या संशोधनासाठी अलीकडील तंत्रज्ञान ट्रैडवर चर्चा करते. या क्षेत्रातील समस्या. लेखकांचा असा विश्वास आहे की हे काम तंत्रज्ञान, आव्हाने आणि संशोधन यावर एकंदर कल्पना देईल.

स्मार्ट शेतीमधील समस्या.

तंत्रज्ञानाच्या प्रगतीसह आयसीटीच्या जलद वाढीमुळे पारंपारिक शेतीचे रूपांतर स्मार्ट, बुद्धिमान, स्वयंचलित शेती. शाश्वत, हिरवागार शेती सादर करून कार्बन फूटप्रिंट करी करते शेती, कीटकाणाके आणि खातांचा वापर करणी करणे आणि नैसर्गिक संसाधनांचा वापर अनुकूल करणे. लवकरच शेती उद्योग कृषी ५.० [२३२] चे स्वागत करेल. यामुळे पर्यावरणीयदृष्ट्या शाश्वत प्रणाली राखून उत्पादन वाढेल. विकसनशील देश देखील विकसित देशांप्रमाणेच हाच ट्रैड अनुसरतील. मानवता उत्पादन स्वीकारेल आणि पूर्वी कधीही न पाहिलेल्या आर्थिक आणि पर्यावरणीयदृष्ट्या कार्यक्षम पद्धतीने अन्नाचे वितरण [२३३].

परिवर्णी शब्दांची यादी

ए-सीपीएस कृषी सायबर-फिजिकल सिस्टीम्स.	७
एएनएन आर्टिफिशियल न्यूरल नेटवर्क्स.	७
एआय आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस.	१
बीटी बिग डेटा बीआरटी	२
बूस्ट रियेजन ट्रीज सीएनएन कन्होल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क्स.	१७
CFS सहसंबंध-आधारित वैशिष्ट्य निवड.	१८
पीक-कॅस्मा पीक स्थिती आणि मातीतील ओलावा विश्लेषण...	२३
सीपीएस सायबर-फिजिकल सिस्टीम्स.	७
DDoS वितरित सेवा नाकारणे.	२१
डीएलटी वितरित लेजर तंत्रज्ञान.	१
डीएनएन डीप न्यूरल नेटवर्क्स.	१७
DOS सेवा नाकारणे.	२०
ईडीसी एज डेटा सेटर्स ..	२०
EPCIS इलेक्ट्रॉनिक उत्पादन कोड माहिती सेवा	२२
ईआरपी एंटरप्राइझ रिसोर्स प्लॅनिंग.	२२
एफएल फजी लॉजिक	७
जीपीआरएस ग्राउंड पेनिट्रेटिंग रडार सेवा.	६
जीपीएस ग्लोबल पोड्युलेशन वितरित सिस्टम.	१०
GRU गेटेड रिकरंट युनिट.	१७
एच-सीपीएस हेल्थकेअर सायबर-फिजिकल सिस्टीम्स.	७
आयसीटी महिती आणि संप्रेषण तंत्रज्ञान.	२९
IIoT इंडस्ट्रियल इंटरनेट ऑफ थिंग्ज.	११
आयओएटी इंटरनेट ऑफ ऑग्नो-थिंग्ज.	७
आयओएमटी इंटरनेट ऑफ मेडिकल थिंग्ज.	७
आयओटी इंटरनेट ऑफ थिंग्ज..	२

आयपीएफएस इंटरप्लॉनेटरी फाईल सिस्टम.	२३
LPWAN लो-पॉवर वाइड एरिया नेटवर्क.	१५
एलएसटीएम दीर्घ अल्पकालीन स्मृती.	१७
LTE दीर्घकालीन उत्कांती.	६
एमरएम मशीन-टू-मशीन	१४
मॅक मीडिया अ-वॉक्सेस कंट्रोल.	२३
एमएल मशीन लर्निंग..	१
एमएलपी मल्टी-लेयर पर्सोन्ट्रॉन.	१७
एनबी-आयओटी नेटवर्क आयओटी	६
NASS राष्ट्रीय कृषी सांख्यिकी सेवा.	२५
एनसीएसएस राष्ट्रीय सहकारी मारी सर्वेक्षण.	२४
एनएफसी निअर फील्ड कम्प्युनिकेशन.	६
NVDI सामान्यीकृत फरक वनस्पती निर्देशांक	१०
P2P पॉइंट-टू-पॉइंट	१७
पीबीएफटी प्रॅक्टिकल बायझॅटाईन फॉल्ट टॉलरन्स पीओएस प्रूफ-ऑफ-	२१
स्टेक .	२०
PoW कामाचा पुरावा .	२०
PUF भौतिक अनकलोनेबल फंक्शन्स	१
आरएफआयडी रेडिओ फिक्वेन्ची आयडेंटिफिकेशन	६
RMSE रूट मीन स्क्वेअर त्रुटी	१८
आरएनएन रिकरंट न्यूरल नेटवर्क.	१८
आरपीएन प्रदेश प्रस्ताव नेटवर्क.	१७
एसडीएन सॉफ्टवेअर-परिभाषित नेटवर्किंग.	२१
एसआयएल सौर कीटकनाशक दिवे.	१४
एसपीओएफ सिंगल पॉइंट-ऑफ-फेल्पूर एसएसटी	१९
सिंगल सीड डिसेंट एसव्हाइम सपोर्ट वेक्टर मशीन्स	१८
यूएक्सी मानवरहित हवाई वाहने.	१४
USDA यूएस डिपार्टमेंट ऑफ ऑग्रीकल्चर.	२३
यूएसजीएस यूएस जिओलॉजिकल सर्व.	२४
WSN वायरलेस सेन्सर नेटवर्क.	५

संदर्भ

[1] संयुक्त राष्ट्रांचा अहवाल. <https://www.un.org/devFelopment/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>.

[2] एक अहवाल: अन्न. <https://www.un.org/en/global-issues/food>.

[3] युनिसेफ डब्ल्यूएफपी एफएओ, आयएफएडी आणि डब्ल्यूएचओ. परवडणाऱ्या निरोगी आहारासाठी अन्न प्रणालीमध्ये परिवर्तन. २०२०.

[4] जागतिक सरकार शिखर परिषद. <https://www.worldgovernmentsummit.org/api/publications/document?id=95df8ac4-e97c-6578-b2f8-ff0000a7ddb6>.

[5] ये लिंक, जिथी औयुआन मा, लई शु. गेरहार्ड पेट्रस हॅन्के आणि अदनान एम. अबू-महफूज. इंडस्ट्री ४.० पासून कृषी ४.०: संथाची स्थिती, सक्षम तंत्रज्ञान आणि संशोधन आव्हाने. औद्योगिक क्षेत्रातील आयईई व्यवहार इन्फोर्मेटिक्स, १७(६):४३२२-४३३४, जून २०२१. doi:१०.११०९/tii.२०२०.३००३९१०.

[6] सरजू पी मोहंती. इंटरनेट-ऑफ-ऑटो-थिंग (आयओएटी) स्मार्ट शेती बनवते. आयईई कंड्युमर इलेक्ट्रॉनिक्स मॅगजिन, १०(४):४-५, २०२१.

[7] अहमद खट्टाब, अहमद अद्देलगावद आणि कुमार येलमर्ती. क्लाउड-आधारित आयओटीची रचना आणि अंमलबजावणी अचूक शेतीसाठी योजना. मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्सवरील २८ व्या आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या (आयसीएम) कार्यवाहीत, पृष्ठे २९२-२९४, २०१६. doi:१०.११०९/ICM.२०१६.७८४७८४०.

[8] अब्दुल्ला ना आणि विल्यम आयझॅक. आयओटी वातावरणात मानव-कॅंट्रिट कृषी मॉडेल विकसित करणे. मध्ये इंटरनेट ऑफ थिंग ऑड ऑस्ट्रियन्स (IOTA) वरील आंतरराष्ट्रीय परिषदेची कार्यवाही, पृष्ठे २९२-२९७, २०१६. doi:10.1109/IOTA.2016.7562740.

- [९] आंट्रेस क्लिला-हेत्रिकसेन, गैरिथ टीसी एडवर्ड्स, लिसा ए पेसोनेन, ओले ग्रीन, आणि कलॉस एज थोन सोरेनसेन. शेतीयोग्य शेतीमध्ये इंटरनेट ऑफ थिंग्ज: अंमलबजावणी, अनुप्रयोग, आव्हाने आणि क्षमता. बायोसिस्टम्स इंजिनिअरिंग, १९१:६०-८४, २०२०.
- [१०] फ्रान्सिस्को जेवियर फेरांडेझ-पास्टर, जुआन मॅन्युएल गार्सिया-चामिझो, मारियो निएटो-हिडालगो, जेरोनिमो मोरा-पास्कुअल आणि जोसे मोरा-मार्टिनेझ. इंटरनेट ऑफ थिंग्ज वापरून सर्वव्यापी सेन्सर नेटवर्क लॅटर्फॉर्म विकसित करणे: अचूक शेतीमध्ये अनुप्रयोग. सेन्सर्स, ३६(७):११४१, २०१६.
- [११] मानक गुप्ता, महमूद अब्देलसलाम, सजाद खोरसांदू आणि सुदीप मित्तल. स्मार्ट शेतीमध्ये सुरक्षा आणि गोपनीयता : आव्हाने आणि संधी. IEEE अँक्सेस, 8:34564-34584, 2020. doi:10.1109/ACCESS.2020.2975142.
- [१२] फ्रान्सिस्को जेवियर फेरांडेझ-पास्टर, जुआन मॅन्युएल गार्सिया-चामिझो, मारियो निएटो-हिडालगो आणि जोसे मोरा-मार्टिनेझ. इंटरनेट ऑफ थिंग्ज संदर्भात वितरित संगणन आर्किटेक्चर वापरून अचूक शेती डिझाइन पढूत. सेन्सर्स, १८(६):१७३१, २०१८.
- [१३] पार्थ प्रतिमा रे. स्मार्ट शेतीसाठी इंटरनेट ऑफ थिंग्ज: तंत्रज्ञान, पद्धती आणि भविष्यातील दिशा. जर्नल ऑफ ऑप्प्लियंट इंटेलिजेंस अँड स्मार्ट एन्हायर्नमेंट्स, 9(4):395-420, 2017.
- [१४] O'कोकल आणि बेदीर टेक्नोरडोगन. आयओटी-आधारित शेती व्यवस्थापन माहिती प्रणालीसाठी आर्किटेक्चर डिझाइन दृष्टिकोन. प्रिसिजन अँग्रेकल्चर, 20(5):926-958, 2019.
- [१५] पशुधन सेन्सर्स. <https://www.precisionag.com/in-field-technologies/sensors/using-iot-to-increase-efficiency-pashudhanasاستी उत्पादकता/>.
- [१६] पीक क्षेत्र सेन्सर्स. <https://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g2296/build/g2296.htm>.
- [१७] ओथमाने फिहा, मोहम्मद अमीन फेराग, लेई शु, लियांड्रोस मॅलारास आणि डियाओचन वांग. स्मार्ट शेतीच्या भविष्यासाठी इंटरनेट ऑफ थिंग्ज: उदयोन्मुख तंत्रज्ञानाचा एक व्यापक सर्वेक्षण. IEEE/CAA जर्नल ऑफ ऑटोमेटिका सिनिका, 8(4):718-752, 2021. doi:10.1109/JAS.2021.1003925.
- [१८] डीओ शिरसाठ, पुनम कांबळे, रोहिणी माने, अश्विनी कोलाप आणि आरएस मोरे. आर्डिनो वापरून आयओटी आधारित स्मार्ट ग्रीनहाऊस ऑटोमेशन. इंटरनेशनल जर्नल ऑफ इनोव्हेटिव्ह रिसर्च इन कॉम्प्युटर सायन्स अँड टेक्नॉलॉजी, 5 (2):234-238, 2017.
- [१९] मानव मेहरा, समीर सवसेना, सुरेश शंकरनारायणन, रिजो जॅवसन टॉम आणि एम वीरमणिकंदन. खोल मज्जातंतू नेटवर्क वापरून आयओटी आधारित हायड्रोपोनिक्स प्रणाली. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रोनिक्स, 155:473-486, 2018.
- [२०] द्रान अन खोआ, माई मिन्ह मॅन, टॅन-वाय न्युयेन, वॉन्नडुंग न्युयेन आणि न्युयेन होआंग नाम. आयओटी मल्टी-सेन्सर्स वापरून स्मार्ट शेती: एक नवीन पाणी व्यवस्थापन प्रणाली. जर्नल ऑफ सेन्सर अँड ऑप्प्लियंट नेटवर्क्स, 8(3): 45, 2019.
- [२१] शतांडु बिपाशा विस्वास आणि एम तारिक इकबाल. कमी किमतीच्या esp32 मायक्रोकंट्रोलरचा वापर करून सौर जल पंपिंग प्रणाली नियंत्रण. IEEE कॅनेडियन कॉन्फरन्स ऑफ इलेक्ट्रिकल अँड कॉम्प्युटर इंजिनिअरिंग (CCECE) च्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठे १-५. IEEE, 2018.
- [२२] सुतनी भौमिक, बिक्रम विस्वास, मंदिरा विस्वास, अनुप डे, सुभाषिस रॅय आणि सुवीर कुमार सरकार. उभ्या शेतीमध्ये आयओटी-सक्षम स्मार्ट शेतीचा वापर. कम्प्युटिकेशन, डिव्हाइसेस आणि नेटवर्किंगमधील प्रगती, पृष्ठे ५२१-५८. सिंगर, २०१९.
- [२३] टेरेटेल एप अली, विराज चोकसी आणि मधुकर वी पोतदार. ग्रीन इंटरनेट ऑफ थिंग्ज (जी-आयओटी) वापरून अचूक शेती देखरेख प्रणाली. इलेक्ट्रोनिक्स अँड इन्फॉर्मेटिव्ह समधील ट्रॅक्सवरील दुसऱ्या अंतराळीमध्ये परिषदेच्या कार्यवाहीमध्ये (ICOEI), पृष्ठे 481-487. IEEE, 2018.
- [२४] जेए लोपेझ-रिकवेल्ने, एन पावोन-पुलिडो, एच नॅवारो-हेलिन, एफ सोटो-व्हॅलेस आणि आर टोरेस-सांचेझ. अचूक शेतीसाठी फर्मवेअर क्लाउडवर आधारित सॉफ्टवेअर आर्किटेक्चर. कृषी पाणी व्यवस्थापन, १४३:१२३-१३५, २०१७.
- [२५] डिविसस एल हनर्डेझ-रोजास, टियागो एम फनडिझ-कॅरामेस, पॉला फ्रागा-लामास आणि कार्लोस जे एस्कुडेरो. आयओटी टेलिमेट्री अनुप्रयोगांमध्ये व्हें बीकन्सद्वारे विषम संवेदनासाठी हलक्या वजनाच्या प्रोटोकॉलच्या कुटुंबाची रचना आणि व्यावहारिक मूल्यांकन. सेन्सर्स, 18(1):57, 2018.
- [२६] दशलक्ष माफुटा, मार्को झेनारो, अंटोइन बायुला, ग्रॅहम ऑल्ट, हैरी गोम्बाचिका आणि टिमोथी चाड्झा. मलावीमध्ये अचूक शेतीसाठी वायरलेस सेन्सर नेटवर्कची यशस्वी तैनाती. इंटरनेशनल जर्नल ऑफ डिस्ट्रिब्युटेड सेन्सर नेटवर्क्स, 9(5):150703, 2013.
- [२७] रवी किशोर कोडली, विशाल जैन आणि सुमित करगावल. आयओटी आधारित स्मार्ट ग्रीनहाऊस. आयईईच्या कार्यवाहीत प्रदेश १० मानवतावादी तंत्रज्ञान परिषद (R10-HTC), पृष्ठे १-६. IEEE, २०१६.
- [२८] टाकोई के हमरिता आणि एरिक ख्रिस हॉफेकर. आरएफआयडी तंत्रज्ञानाचा वापर करून "स्मार्ट" वायरलेस माती निरीक्षण सेन्सर प्रोटोटाइपचा विकास . शेतीमध्ये उपयोजित अभियांत्रिकी, 21(1):139-143, 2005.

- [29] स्वेच्छा पीट्स, सीपी गॅर्सेन, डीडब्ल्यूके ब्लॅकबर्न आणि आरजे गॅडविन. कृषी रसायने ओळखण्यासाठी आणि पडताळण्यासाठी आरएफआयडी टॅग अन्न शोधण्यायोग्यता प्रणालीमध्ये. प्रिसिजन अॅप्लिकलचर, १०(५):३८२-३९४, २००९.
- [30] लुईस रईझ-गार्सिया आणि लोरेडाना लुनाडेर्क. शेतीमध्ये आरएफआयडीची भूमिका: अनुप्रयोग, मर्यादा आणि आव्हाने. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, ७९(१):४२-५०, २०११.
- [31] एजे स्थोल्लांडर, जेए थॉमसन, रुझिसेत सुई, आणि वाय जी. कापूस मॉड्यूल्सचे वायरलेस ट्रॅकिंग. भाग २: स्वयंचलित मशीन ओळख आणि सिस्टम चाचणी. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, ७५(१):३४-४३, २०११.
- [32] जॉर्ज वेलिड्स, मायकेल टकर, कॅल्किन पेरी, क्रेग विव्यन आणि सी बेडनार्झ. सिंचन वेळापत्रकासाठी रिअल-टाइम वायरलेस स्मार्ट सेन्सर अॅरे. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, ६१(१):४४-५०, २०१०.
- [33] वेन्जू झाडो, ऑगवेर्ड लिन, जिवेन हान, रोगतांचे झू आणि लू हौ. लोरावर आधारित स्मार्ट सिंचन प्रणालीची रचना आणि अंमलबजावणी. आर्यईई ग्लोबकॉम वर्कशॉप्स (जीसी डब्ल्यूकॅएसएचीएस) च्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठे १-६. आर्यईई, २०१७.
- [34] ज्युसेपे फराबी, अँजेलो रेस्टी, सॅटी रिझो आणि जियोवानी शोभा. ग्रामीण भागात मानवरहित हवाई देखरेखीसाठी 5g प्लॅटफॉर्म : डिझाइन आणि कामगिरी समस्या. नेटवर्क सॉफ्टवेअरायझेशन अँड वर्कशॉप्स (नेटसॉफ्ट) वरील चौथ्या IEEE परिषदेच्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठे 237-241. IEEE, 2018.
- [35] अहमद अलाहमदी, तामी अलवाजीह, वासुकी मोहनन आणि रहमत बुडियार्ते. शेतीच्या इंटरनेटसाठी नेहमीच सर्वोत्तम कनेक्शन असलेले वायरलेस सेन्सर नेटवर्क. पॉवरिंग द इंटरनेट ऑफ थिंग विथ 5G नेटवर्क्स, पृष्ठे १७६-२०१ मध्ये. आयजीआय ग्लोबल, 2018. [36] प्रतिमा: फ्रीपिक.कॉम.
- [37] गितलियाने विटाली, मैटेओ फ्रान्सिया, मैटेओ गोल्फारेली आणि मॉरिझियो कॅनावारी. आयओटीसह पीक व्यवस्थापन: एक आंतरविद्याशाखीय सर्वेक्षण. ऑग्नोनोमी, 11(1):181, जानेवारी 2021. doi:10.3390/ऑग्नोनोमी111010181.
- [38] के बालकण्ठ, एसएन नेत्रावती आणि के हर्षिता. शेतीच्या वापरासाठी रिअल-टाइम माती निरीक्षण प्रणाली . इंटरनेशनल जर्नल ऑफ इंजिनिअरिंग सायन्स अँड कम्प्युटिंग, 6(5):2016, 2016.
- [39] झू याओ-लिन, झांग गाओ-कियांग, झू लेई आणि झू जिन. nRF24101 वर आधारित वायरलेस मल्टी-पॉइंट तापमान प्रसारण प्रणालीची रचना . २०११ मध्ये व्यवसाय व्यवस्थापन आणि इलेक्ट्रॉनिक माहितीवरील आंतरराष्ट्रीय परिषदेत. IEEE, मे २०११. doi:10.1109/icbmei.2011.5920375.
- [40] झोंग मा आणि झिंग पॅन. वायरलेस सेन्सरवर आधारित कृषी पर्यावरण माहिती संकलन प्रणाली नेटवर्क. २०१२ आर्यईई ग्लोबल हाय टेक कॉर्प्रेस ॲन इलेक्ट्रॉनिक्स, पृष्ठे २४-२८, २०१२.
- [41] एन राधा आणि आर स्वाथिका. एक पॉलीहाऊस: सीएनएन वापरून वनस्पती देखरेख आणि रोग शोध. कृत्रिम बुद्धिमत्ता आणि स्मार्ट प्रणालीवरील आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या कार्यवाहीत (ICAIS), पृष्ठे 966-971, 2021. doi:10.1109/ICAIS50930.2021.9395847.
- [42] कांचना एस. आयओटी इन ऑपीकलचर: स्मार्ट फार्मिंग. इंटरनेशनल जर्नल ऑफ सायटिफिक रिसर्च इन कॉम्प्युटर सायन्स, इंजिनिअरिंग अँड इन्फॉर्मेशन टेक्नॉलॉजी, पृष्ठे १८१-१८४, नोव्हेंबर २०१८. doi:10.32628/cseit183856.
- [43] सुधीर कुमार नागोधू, माती सेन्सर आणि जीएसएम वापरून हवामान आधारित स्मार्ट पायीपुरवठा प्रणाली. सामाजिक कल्याणासाठी संशोधन आणि नवोपक्रमातील भविष्यकालीन ट्रॅक्सवरील जागतिक परिषदेच्या कार्यवाहीमध्ये (स्टार्टअप कॉन्कलेक्शन), पृष्ठे १-३, २०१६. doi:10.1109/STARTUP.2016.7583991.
- [44] ओलुगबेंग कायोड आगिदान आणि केनेडी रिचमंड आफिया. आर्यईई आफ्रिकॉनच्या अँड्रॉइड-इन प्रोसिडिंग्जसह स्मार्ट सिंचन प्रणाली. आर्यईई, सप्टेंबर २०१९. आधारित रिमोट लॉगिंग आणि नियंत्रण. doi:10.1109/africon46755.2019.9133953.
- [45] यू वांग, शी योंग, झााओफेंग चेन, हैयुआन झोंग, जियायु झुआंग आणि जियाजिया लिंग. बुद्धिमान पशुधन उत्पादन देखरेख आणि व्यवस्थापन प्रणालीची रचना. IEEE 7 व्या डेटा ड्रिफ्हन कंट्रोल अँड लॉगिंग सिस्टस कॉन्फरन्स (DDCLS) च्या कार्यवाहीत . IEEE, मे २०१८. doi:10.1109/ddcls.2018.8516021.
- [46] राजेंद्र पी. सिशोदिया, राम एल. रे आणि सुधीर के. सिंग. अचूक शेतीमध्ये रिमोट सेन्सिंगचे उपयोग: एक पुनरावलोकन. रिमोट सेन्सिंग, १२(१९):३१३६, सप्टेंबर २०२०. doi:10.3390/rs12193136.
- [47] जास्पर टेडोह, ब्रॅंडा तुबाना, थिये उडेक्ये, यवेस एमेंडेक आणि जोश लॉफ्टन. उप-सहारा आफ्रिकेत पीक व्यवस्थापनासाठी जमिनीवर आधारित रिमोट सेन्सर्सची उपयुक्ता . जर्नल ऑफ ऑप्रिकलचरल सायन्स, 4:175-, जानेवारी 2012. doi:10.5539/jas.v4n3p175.
- [48] थॉमस जॅक्सन. मातीचे पाणी मॉडेलिंग आणि रिमोट सेन्सिंग. IEEE ट्रान्झॅक्शन्स ऑन जिओसायन्स अँड रिमोट सेन्सिंग, GE-24(1):37-46, जानेवारी 1986. doi:10.1109/tgrs.1986.289586.
- [49] रवी किंगर कोडली, विशाल जैन आणि सुमित करगवाल. आयओटी आधारित स्मार्ट ग्रीनहाऊस. आर्यईई शीजन 10 ह्यूमेनटेरियन टेक्नॉलॉजी कॉन्फरन्स (R10-HTC) च्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठे 1-6, 2016. doi:10.1109/R10-HTC.2016.7906846.
- [50] प्रद्युमन के त्रिपाठी, अजय के त्रिपाठी, अदिती अग्रवाल आणि सरजू पी मोहंती. मायग्रीन: शाश्वत शेतीसाठी एक आयओटी-सक्षम स्मार्ट ग्रीनहाऊस. आर्यईई कंड्युमर इलेक्ट्रॉनिक्स मासिक, २०२३.

- [51] पनागिओटिस राडोग्नू-ग्रामोटिकिस, पनागिओटिस सारिगियानिडिस, थॉमस लागकास आणि इओनिस मोस्कोलिओस. अचूक शेतीसाठी युएव्ही अनुप्रयोगांचे संकलन. संगणक नेटवर्क्स, 172:107148, मे 2020. doi:10.1016/j.comnet.2020.107148.
- [52] ओथमाने फ्रिहा, मोहम्मद अमीन फेराग, लेर्ड शु, लियांझोस मॅंग्लारास आणि ज़ियाओचन वांग. स्मार्ट शेतीच्या भविष्यासाठी इंटरनेट ऑफ थिंग्ज: उदयोन्मुख तंत्रज्ञानाचा एक व्यापक सर्वेक्षण. IEEE/CAA जर्नल ऑफ ऑटोमोटिका सिनिका, 8(4):718–752, एप्रिल 2021. doi:10.1109/jas.2021.1003925.
- [53] आनंदवल्ली मुनियास्वामी. स्मार्ट शेतीसाठी मशीन लर्निंग: वाळवंट शेतीवरील AFocus. २०२० मध्ये संगणकीय आणि माहिती तंत्रज्ञानवरील आंतरराष्ट्रीय परिषदेत (ICCIT-1441). IEEE, सप्टेंबर २०२०. doi:10.1109/iccit-144147971.2020.9213759.
- [54] रवी गोरली आणि सहाय्यक प्राध्यापक. इंटरनेट ऑफ थिंग्जसह स्मार्ट शेतीचे भविष्य. जर्नल ऑफ इन्फॉर्मेशन टेक्नॉलॉजी अँड इट्स ऑफिलेकेशन्स, २ एप्रिल २०१७.
- [55] स्टीवर्ट जे मूर्हेड, कार्ल के वेलिंटन, ब्रायन जे गिलमोर आणि कार्लस फ्लॅनेस्पी. ऑटोमेटिंग ऑफिडिस: ऑफिड देखभालीसाठी ऑटोनॉमस ट्रैक्टरची एक प्रणाली. इंटेलिजेंट रोबोट्स अँड सिस्टीम्सच्या IEEE आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या कार्यवाहीत, कृषी रोबोटिक्सवरील कार्यशाळा, २०१२.
- [५६] अहमद विर्क, मेहमद अली नूर, साजिद फियाज, सदाम हुसेन, हाफिज हुसेन, मुझमल रहमान, मुहम्मद अहसान, आणि वी मा. स्मार्ट शेती: एक आढावा, पृष्ठे १९१-२०१. ०२ २०२०. ISBN ९७८-३-०३०-३७७९३-९. डोइ:१०.१००७/९७८-३-०३०-३७७९४-६_१०.
- [५७] इसाकोविक हैरिस, अलेक्झांडर फासिंग, लुकास पुंजेनबर्गर आणि राहु ग्रोसू. सीपीएस/आयओटी इकोसिस्टम: इनडोअर व्हर्टिकल फार्मिंग सिस्टम. २०१९ मध्ये आयईईई २३ व्या इंटरनेशनल सिम्पोजियम ऑन कंड्युमर टेक्नॉलॉजीज (आयएससीटी). आयईईई, जून २०१९. doi:10.1109/isce.2019.8900974.
- [५८] मसाफिरी मबागा. ओमानमध्ये अन्न सुरक्षा सुधारण्यासाठी शाश्वत वाळवंट शेतीच्या शक्यता. सुसंगतता: द जर्नल ऑफ सर्टेनेबल डेव्हलपमेंट, ३३:४४-५९, जानेवारी २०१५.
- [५९] आर. विद्या आणि के. वलारमधी. आयओटी वापरून हायड्रोपोनिक्स फार्मच्या स्वयंचलित देखरेखीवरील सर्वेक्षण. कम्युनिकेशन अँड इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम्सवरील तिसऱ्या आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या (आयसीसीईएस) कार्यवाहीत. आयईईई, ऑक्टोबर २०१८. doi:10.1109/cesys.2018.8724103.
- [६०] उभ्या शेती. <https://mbc.studentlife.umich.edu/2021/04/23/urban-farming-the-introduction-of-vertical-shetie/>.
- [६१] एस. रेवती आणि एस. सत्य प्रिया. शेतकीयांसाठी ब्लॉकचेन आधारित उत्पादक-ग्राहक मॅंडेल. संगणक, संप्रेषण आणि सिग्नल प्रक्रिया (ICCCSP) वरील चौथ्या आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या (आयसीसीईएस) कार्यवाहीत. आयईईई, ऑक्टोबर २०२०. doi:10.1109/icccsp49186.2020.9315214.
- [६२] मिगुएल पिंचेरा कारो, मुहम्मद सालेक अली, मॅसिमो वेचियो आणि राफेल गियाफ्रेडा. कृषी-अन्न पुरवठा साखळी व्यवस्थापनात ब्लॉकचेन-आधारित ट्रेस-एबिलिटी: एक व्यावाहारिक अंमलबजावणी. कृषीवरील आयओटी व्हर्टिकल अँड टॉपिकल समिटच्या कार्यवाहीमध्ये - टस्कनी (आयओटी टस्कनी). आयईईई, मे २०१८. doi:10.1109/iot-tuscany.2018.8373021.
- [६३] जुन्योग लिऊ, , यांकिसन चार्ट, यु. डियांग, डिन झांग, सी गौ, युबो लिऊ, , , आणि आणि. स्मार्ट शेतीकडे वीज प्रणालीचा स्वच्छ ऊर्जा वापर: रोडमॅप, अडथळे आणि तंत्रज्ञान. सीएसई जर्नल ऑफ पॉवर अँड एनर्जी सिस्टम्स, 4(3):273-282, सप्टेंबर 2018. doi:10.17775/csejpes.2017.01290.
- [६४] सास्वत कुमार राम, सौभाग्य रंजन साहू, बनी बंदना दास, कमलाकांत महापात्रा आणि सरजू पी. मोहंटी . शाश्वत-गोष्ट: शाश्वत आयओटीसाठी एक सुरक्षित वृद्धत्व-जागरूक सौर-ऊर्जा कापणी यंत्र गोष्ट. शाश्वत संगणनावर आयईईई व्यवहार, 6(2):320–333, एप्रिल 2021. doi:10.1109/tsusc.2020.2987616.
- [६५] काई हुआंग, लेर्ड शु, कैलियांग ली, फॅन यांग, गुआंगजी हान, ज़ियाओचन वांग आणि सायमन पिअर्सन. स्मार्ट शेतीच्या पुढील पिढीला साकार करण्यासाठी फोटोहोल्टेक कृषी इंटरनेट. IEEE अँक्सेस, 8:76300- 76312, 2020. doi:10.1109/access.2020.2988663.
- [६६] अल्पेश देसाई, इंद्रजित मुखोपाध्याय आणि अभिजित रे. कृषी समुदायात शाश्वत ग्रामीण विस्थानीकरणासाठी सौर पीव्ही स्मार्ट मायक्रोग्रिडचे तांत्रिक-आर्थिक-पर्यावरण विश्लेषण. कार्यवाहीमध्ये IEEE 48 वी फोटोहोल्टेक स्पेशलिस्ट कॉन्फरन्स (PVSC), 2021. doi:10.1109/pvsc43889.2021.9518454.
- [६७] मासूमेह इब्राहिमी, अमलेसेट केलाटी, एम्मा एनकोनोकी, आरोन कॉडोरो, डायना रवेगासिरा, इमेद बेन धाओ, विले ताजामा आणि हनू तेन्डुनेन. सेरिडची निर्मिती: आव्हान, शिक्षण, संशोधन, नवोपक्रम आणि तैनाती "स्मार्ट मायक्रोग्रिडच्या संदर्भात". कार्यवाही IST-आफ्रिका आठवडा परिषद (IST-आफ्रिका), २०१९ मध्ये. doi:10.23919/istafrica.2019.8764845.
- [६८] डेव्ह इव्हान्स. इंटरनेटची पुढील उल्कांती सर्वकाही कसे बदलत आहे. २०१९.
- [६९] फ्रॅंक कॉवर्न, फिलिप लूबेट-मॉडी, जॅक जेए फोर्मिंगर आणि असिया ट्रिआ. जलद एसईएम इमेजिंगवर आधारित उच्च कार्यक्षमता असलेले हाईवेर ट्रोजन डिटेक्शन तंत्र. प्रोसिडिंग डिझाइन, ऑटोमेशन आणि टेस्ट इन सुरोप कॉन्फरन्स अँड एक्झिबिशन (DATE) मध्ये. आयईईई कॉन्फरन्स प्रक्लिकेशन्स, २०१५. doi:10.7873/date.2015.1104.

- [70] श्रीराम शंकरन, एस. शिवशंकर आणि के. निमी. एलएचपीयूएफ: इंटरनेट ऑफ थिंग्समध्ये वाढीव सुरक्षिततेसाठी हलके हायब्रिड पीयूएफ . प्रोसिडिंग्जमध्ये आयईईई इंटरनेशनल सिम्पोजियम ऑन स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम्स (आयएसईएस), २०१८. doi:10.1109/ises.2018.00066.
- [71] मिंग तांग, मैक्सिंग लुओ, जुनफेंग झोउ, झेन यांग, झिरेंग गुओ, फेर्ड यान आणि लियांग लिंग. प्रत्यक्ष परिस्थितीत साइड-चॅनेल हल्के . तिंगुआ सायन्स अँड टेक्नॉलॉजी, २३(५):५८६-५९८, ऑक्टोबर २०१८. doi:10.26499/tst.२०१८.९०१०४८.
- [72] हौगिल जू, योगासुंग जिओन आणि जे औननेयो किम. स्मार्ट उपकरणांसाठी हाईवैअर-आधारित सुरक्षा उपायांवर एक अभ्यास . प्रोसिडिंग्ज इंटरनेशनल कॉन्फरन्स ऑन कॉम्प्युटेशनल सायन्स अँड कॉम्प्युटेशनल इंटेलिजेंस (CSCI), २०१५ मध्ये . doi:10.1109/csci.2015.105.
- [73] रजत शुभा चक्रवर्ती आणि स्वरूप भुविन्या. डिझाइन गौंधाळाचा नवीन अनुप्रयोगाद्वारे हाईवैअर ट्रोजन विरुद्ध सुरक्षा . इन प्रोसिडिंग्ज इंटरनेशनल कॉन्फरन्स ऑन कॉम्प्युटर-एडेड डिझाइन - आयसीसीएटी. एसीएम प्रेस, २००९. doi:10.1145/1687399.1687428.
- [74] ई. कौगियानोस उपाध्यक्ष यानाम्बवाका बीके बानिया व्हीकेव्हीव्ही बाथलपल्ली, एसपी मोहंती आणि बी. राजेट. स्मार्ट शेतीमध्ये शाश्वत सायबरसुरक्षेसाठी पीयूएफ-आधारित दृष्टिकोन. माहिती तंत्रज्ञानावरील ओआयटीएस आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या कार्यवाहीत (ओसीआयटी), २०२१, स्वीकारले, प्रेसमध्ये.
- [75] अबेल रॉड्जेन डे ला कॉन्सेप्शियन, रिकार्डो स्टेफेनेली आणि डॉनेल टिंचेरो. शाश्वत शेतीमध्ये हाय-डेफिनिशन मॉनिटरिंगसाठी अँडॉप्टिव वायरलेस सेन्सर नेटवर्क. प्रोसिडिंग्जमध्ये IEEE टॉपिकल कॉन्फरन्स ऑन वायरलेस सेन्सर्स अँड सेन्सर नेटवर्क्स (WiSNet), २०१४. doi:10.1109/wisnet.2014.6825511.
- [76] मिंग झांग. वायरलेस सेन्सर नेटवर्कच्या नोड सिस्टमची रचना आणि डिजिटल शेतीमध्ये त्याचा वापर. इन प्रोसिडिंग्ज इंटरनेशनल कॉन्फरन्स ऑन कॉम्प्युटर डिस्ट्रिब्युटेड कंट्रोल अँड इंटेलिजेंट एन्हायर्नेमेटल मॉनिटरिंग, २०१९. doi:10.1109/cdciem.2019.379.
- [77] जी. साहित्य, एन. बालाजी, आणि सिडी नायडू. स्मार्ट शेतीसाठी वायरलेस सेन्सर नेटवर्क. इन प्रोसिडिंग्ज दुसरी आंतरराष्ट्रीय परिषद ऑन अप्लाइड अँड थोरेटिकल कम्प्युटिंग अँड कम्प्युनिकेशन टेक्नॉलॉजी (iCATccT), २०१६. doi:10.1109/icatcc.2016.7912049.
- [78] फॅन यांग, लेई शु, काई हुआंग, कैलियांग ली, गुआंगजी हान आणि ये लिंग. सौर कीटकनाशक दिवे इंटरनेट ऑफ थिंग्समध्ये विभाजन-आधारित नोड तैनाती धोरण. IEEE इंटरनेट ऑफ थिंग्ज जर्नल, 7(11):11223-11237, नोव्हेंबर २०२०. doi:10.1109/jiot.2020.2996514.
- [79] अचूक शेती आव्हाने.
- [80] मिन चेन, शिवेन माओ आणि युनहाओ लिंग. मोठा डेटा: एक सर्वेक्षण. मोबाइल नेटवर्क आणि अनुप्रयोग, 19(2):171-209, २०१४.
- [81] क्रिजन पोप्पे, जॅक वोल्फर्ट, सी. एन. वर्डोव आणि अॅलन रेनविक. मोठ्या डेटाच्या अर्थशास्त्रावर युरोपियन दृष्टिकोन . फार्म पॉलिसी जर्नल, १२(१):११-१९, २०१५.
- [82] Sjaak Wolfert, Lan Ge, Cor Verdouw आणि Marc-Jeroen Bogaardt. स्मार्ट शेतीमधील मोठा डेटा - एक आढावा. कृषी सिस्टम्स, १५३:६९-८०, २०१७.
- [83] सी केप्पेनार, सी लोकहोर्स्ट, ईजेबी ब्ल्यूमर, आरएफ वीरकॅम्प, थ बीन, एफके डॅन एचर्हर्ट, एमजे बूगार्ड, एल जी, जे वोल्फर्ट, सीएन वर्डो, ई. स्मार्ट शेतीसाठी मोठे डेटा विश्लेषण: अन्न सुरक्षेच्या थीममधील to2 प्रकल्पाचे निकाल. तांत्रिक अहवाल, वेगेनिंगेन विद्यापीठ आणि संशोधन, २०१६.
- [84] टी गुवेन गिया, ली किंगकिंग, जे पेना क्वेराल्टा, झुओ झोउ, हन्त्रू तेनहुनेन आणि टोमी वेस्टरलंड. एज एआय इन स्मार्ट फार्मिंग आयओटी: सीएनएनएस ऑट द एज अँड फॉग कॉम्प्युटिंग विथ लोरा. प्रोसिडिंग्ज ऑफ आयईईई आफ्रिकानमध्ये, पृष्ठे १-६. आयईईई, २०१९.
- [85] [\[८५\] https://blog.isa.org/whats-the-difference-between-industry-40-industry-50.](https://blog.isa.org/whats-the-difference-between-industry-40-industry-50)
- [86] विशाल दिनेशकुमार सोनी. ई-कॉमर्समध्ये कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या उदयोन्मुख भूमिका. इंटरनेशनल जर्नल ऑफ ट्रेंड वैज्ञानिक संशोधन आणि विकासात, 4(5):223-225, 2020.
- [87] स्टीफन स्टोहेयर आणि फ्रांका पियाझा. मानव संसाधन व्यवस्थापनातील कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्रे—एक संकल्पनात्मक शोध. अभियांत्रिकी व्यवस्थापनातील बुद्धिमान तंत्रांमध्ये, पृष्ठे १४९-१७२. स्प्रिंगर, २०१५.
- [88] अलकनंद मित्रा, सरजू पी. मोहंती, पीटर कॉर्कोरन आणि एलियास कौगियानोस. मजबूत स्वयंचलित चेहर्यावरील ओळख प्रणाली बनवण्यासाठी डीप-मॉर्फ केलेल्या डीपफेक प्रतिमांचा शोध . माहिती तंत्रज्ञानावरील 19 व्या ओआयटीएस आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या कार्यवाही (ओसीआयटी), 2021 मध्ये .
- [89] अलकनंद मित्रा, सरजू पी. मोहंती, पीटर कॉर्कोरन आणि एलियास कौगियानोस. डझीटीप: सोशल मीडियामध्ये जनरेट केलेल्या डीपफेक प्रतिमांसाठी एक अतिशय अनुकूल मजबूत शोध पद्धत. चौथ्या एफआयपी इंटरनेशनल इंटरनेट ऑफ थिंग्ज (आयएफआयपी-आयओटी), २०२१ च्या कार्यवाहीत .
- [90] अलकनंद मित्रा, सरजू पी. मोहंती, पीटर कॉर्कोरन आणि एलियास कौगियानोस. आयफेस: स्मार्ट शहरासाठी एक डीपफेक रेजिलिट डिजिटल आयडॅटिफिकेशन फ्रेमवर्क. स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम्स (iSES) (पूर्वी iNiS), २०२१ च्या IEEE इंटरनेशनल सिम्पोजियमच्या कार्यवाहीमध्ये, स्वीकारले, प्रेसमध्ये.

[९१] फी जियांग, योंग जियांग, ठुई झी, यी डोंग, हाओ ली, सुफेंग मा, यिलॅंग वांग, कियांग डोंग, हैपेंग शेन आणि योंगजुन वांग. आरोग्यसेवेतील कृत्रिम बुद्धिमत्ता: भूतकाळ, वर्तमान आणि भविष्य. स्ट्रोक आणि व्हॉक्युलर न्यूरोलॉजी, 2 (4), 2017.

[९२] अलकनंद मित्रा, सरजू पी. मोहंती, पीटर कॉर्करन आणि एलियास कौगियानोस. सोशल मीडियामध्ये डीपफेक व्हिडिओ शोधण्यासाठी एक नवीन मशीन लर्निंग आधारित पद्धत. स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम्स (ISES) (पूर्वी iNIS) वरील IEEE इंटरनेशनल सिम्पोजियमच्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठ ९१-९६, २०२०. doi:10.1109/ISES50453.2020.00031.

[९३] अलकनंद मित्रा, सरजू पी. मोहंती, पीटर कॉर्करन आणि एलियास कौगियानोस. की व्हिडिओ फ्रेम एक्सट्रॅक्शनद्वारे सोशल मीडियामध्ये डीपफेक शोधण्यासाठी मशीन लर्निंग आधारित दृष्टिकोन. एसएन कॉम्प्युटर सायन्स, 2(2):98, २०२१. doi:10.1007/s42979-021-00495-x.

[९४] मार्क पलाउस, एलेना एम मॅर्ऱन, रॅकेल व्हिएजो-सोबेरा आणि दिएगो रेडोलर-रिपोल. व्हिडिओ गेमिंगचा तंत्रिका आधार: एक पद्धतशीर पुनरावलोकन. मानवी मज्जासंस्थेतील सीमा, ११:२४८, २०१७.

[९५] जेफ स्किनर आणि दोबी वॉल्मस्ली. व्हिडिओ गेममध्ये कृत्रिम बुद्धिमत्ता आणि सखोल शिक्षण एक संक्षिप्त पुनरावलोकन. संगणक आणि संप्रेषण प्रणालीवरील IEEE चौथ्या आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या कार्यवाहीत (ICCCS), पृष्ठे ४०४-४०८, २०१९. doi:10.1109/CCOMS.2019.8821783.

[९६] ये लिऊ, दियाओयुआन मा, लेई शु. गेरहार्ड पेट्रेस डॅन्के आणि अदनान एम. अबू-महफूझ. उडोग ४.० पासून शेती ४.० पर्यंत: सद्यास्थीती, सक्षम तंत्रज्ञान आणि संशोधन आव्हाने. औद्योगिक माहितीशास्त्रावरील आयईईव्ही व्यवहार, १७(६):४३२२-४३३४, २०२१. doi:10.1109/TII.2020.3003910.

[९७] कॉन्स्टॅटिनोस जी लियाकोस, पैट्रिक्झिया बुसाटो, दिमित्रीओस मोशी, सायमन पिअर्सन आणि डायोनिसिस बोकिटेस. मशीन शेतीमध्ये शिक्षण: एक आढावा. सेन्सर्स, १८(८):२६७४, २०१८.

[९८] पीजे रामोस, पलेव्हियो ऑगस्टो प्रिएटो, ईसी मोटोया आणि कार्लोस युजेनियो ऑलिव्हरोस. संगणक दृष्टी वापरून कॉफीच्या फांद्यांवर स्वयंचलित फळांची गणना. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, 137:9-22, 2017.

[९९] सुभजित सेनगुप्ता आणि वॉन सुक ली. वेगवेगळ्या सभोवतालच्या प्रकाश परिस्थितीत छातातील अपरिपक्व हिरव्या लिंबुवर्गीय फळांची संख्या ओळखणे आणि निश्चित करणे. बायोसिस्टम्स इंजिनिअरिंग, 117:51-61, 2014.

[१००] चिंग-झ्याए सु. हुआन झ्यू आणि ली-जियाओ यान. सोर्टर वेक्टर मशीन-आधारित ओपन क्रॉप मॉडेल (sbocm): चीनमधील तांदूळ उत्पादनाचे प्रकरण. सौदी जर्नल ऑफ बायोलॉजिकल सायन्सेस, 24(3):537-547, 2017.

[१०१] सूरज अमात्य, मनोज कार्की, अलेना गोंगल, किन झांग आणि मॅथ्यू डी व्हाइटिंग. स्वयंचलित स्वीट-चेरी कापणीसाठी प्लॅनर आर्किटेक्चरमध्ये पूर्ण पानांसह चेरीच्या झाडाच्या फांद्या शोधणे. बायोसिस्टम्स इंजिनिअरिंग, 146:3-15, 2016.

[१०२] इप्सित्खार अली, फियोना कॉकवेल, एडवर्ड ड्वायर आणि स्टुअर्ट ग्रीन. मल्टीटेप्पोरल रिमोट सेन्सिंग डेटा वापरून मॉडेलिंगने गवताळ प्रदेशातील बायोमास अंदाज व्यवस्थापित केला - एक मशीन लर्निंग दृष्टिकोन. IEEE जर्नल ऑफ सिलेक्टेड टॉपिक्स इन अप्लाइड अर्थ ऑब्जर्वेशन ॲड रिमोट सेन्सिंग, 10(7):3254-3264, 2016.

[१०३] झांथौला एरिनी पंतझी, दिमित्रीओस मोशी, थॉमस अलेक्झांड्रिडिस, रेबेका एल व्हेटन आणि अब्दुल मौनेम मौझ्वेन. मशीन लर्निंग आणि प्रगत सेन्सिंग तंत्रांचा वापर करून गव्हाच्या उत्पन्नाचा अंदाज. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, 121:57-65, 2016.

[१०४] मोनिशा कौल, रॉबर्ट एल हिल आणि चार्ल्स वॉल्हॉल. कॉर्न आणि सोयाबीन उत्पादन अंदाजासाठी कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क. कृषी प्रणाली, 85(1):1-18, 2005.

[१०५] गॅग लिऊ, इयूहोंग यांग आणि मिंजान ली. मातीच्या पॅरामीटर्सना प्रतिसाद देणाऱ्या पीक उत्पन्नासाठी एक कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क मॉडेल. प्रोसिडिंग्ज ऑफ इंटरनेशनल सिम्पोजियम ऑन न्यूरल नेटवर्क्स, पृष्ठे 1017-1021. सिंगर, 2005.

[१०६] वाय सुनो, एसओ प्राशर, आर लेंक्रोइक्स, पीके गोयल, वाय करिमी, ए व्हियाउ आणि आरएम पटेल. कॉप्यॅक्ट एभरबोन स्पेक्ट्रोग्राफिक इमेजर डेटावरून कॉर्न उत्पत्तीचा अंदाज लावण्यासाठी कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, 47(2): 149-161, 2005.

[१०७] वियाओजुन जी, वाय सन, एस यांग आणि जे वान. पर्वतीय प्रदेशात भात उत्पादनाच्या अंदाजासाठी कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क. द जर्नल ऑफ ऑग्रिकल्चरल सायन्स, १४५(३):२४९-२६१, २००७.

[१०८] जून झांग, यिंगिंग वांग, जिनपिंग ली आणि पिंग यांग. कापसाच्या उत्पादनाचा अंदाज लावण्यासाठी एक न्यूरल नेटवर्क मॉडेल. इंटरनेशनल फेडरेशन फॉर इन्फोर्मेशन प्रोसेसिंग-पब्लिकेशन्स-आयएफआयपी, २५९:१३२१, २००८.

[१०९] जॉर्ज रुस, रुडॉल्फ कूस, मार्टिन श्वायडर आणि पीटर वॅन्नर. गव्हाच्या उत्पन्नाच्या अंदाजासाठी न्यूरल नेटवर्क्ससह डेटा मायनिंग. प्रोसिडिंग्ज ऑफ इंडस्ट्रियल कॉन्फरन्स ऑन डेटा मायनिंगमध्ये, पृष्ठे 47-56. सिंगर, 2008.

[११०] राम कृष्ण शिंह आणि इतर. मका पिकाच्या उत्पन्नाचे मॉडेलिंग आणि अंदाज लावण्यासाठी कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क पद्धत. कृषी अर्थशास्त्र संशोधन पुनरावलोकन, 21(347-2016-16813):5-10, 2008.

[१११] फरशाद सोहेली-फर्ड आणि सय्यद बाबक साल्वाटियन. कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क वापरून ऊर्जा इनपुटवर आधारित चहाच्या उत्पन्नाचा अंदाज (एक केस स्टडी: इराणचा गुडलान प्रांत). प्रोसिडिंग्ज ऑफ बायोलॉजिकल फोरममध्ये, खंड 7, पृष्ठ 1432. संशोधन ट्रेड, 2015.

[112] स्वेहल एस दहिकर आणि संदीप व्ही रोडे. कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क दृष्टिकोन वापरून कृषी पीक उत्पन्न अंदाज. इंटरनेशनल जर्नल ऑफ इनोवेटिव रिसर्च इन इलेक्ट्रॉनिक्स, इन्स्ट्रुमेंटेशन अँड कंट्रोल इंजिनिअरिंग, 2(1):683-686, 2014.

[113] हैयान सॉन्ग आणि योगे हे. कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्कवर आधारित पीक पोषण निदान तज प्रणाली. माहिती तंत्रज्ञान आणि अनुप्रयोगांवर तिसऱ्या आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या कार्यवाहीत (ICITA'05), खंड 1, पृष्ठ 357-362. IEEE, 2005.

[११४] द्वियाओकिन दाई, डॉलिन हुओ आणि हुडमिन वांग. मातीतील ओलावा आणि क्षारतेला पीक उत्पादनाच्या प्रतिसादासाठी अनुकरण कृत्रिम मज्जासंस्थेचे जाळे असलेले, फील्ड क्रॉप्स रिसर्च, १२१(३):४४१-४४९, २०११.

[११५] जगवेलू संथिलाथ, आकांक्षा डोकानिया, मनसा कंदुकुरी, केपन रमेश, गौतम आंदं, आणि एसएन ऑंकर. यूएक्सीने कॅचवर केलेल्या रिमोटली सेन्स्ड आरजीबी इमेजेसमध्ये स्पेक्ट्रल-स्पेशियल पद्धती वापरून टोमेंटोचा शोध. बायोसिस्टम्स इंजिनिअरिंग, १४६:१६-३२, २०१६.

[116] सिद्धांत कुमार, गौरव चौधरी, वेंकण्णा उडुतलापली, देवजन दास आणि सरजू पी मोहंटी. जीकॉप: स्मार्ट शेतीमध्ये पिकाच्या वाढीचे नियोक्षण करण्यासाठी इंटरनेट-ऑफ-लीफ-थिंग्ज (आयओएलटी). स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम्स (आयएसईएस) (पूर्वी आयएनआयएस) वर आयईईई इंटरनेशनल सिम्पोजियमच्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठ 53-56. आयईईई, 2019.

[117] नोङ्गी वलास एली-चुकू, शेतीमध्ये कृत्रिम बुद्धिमत्तेचे अनुप्रयोग: एक पुनरावलोकन. अभियांत्रिकी, तंत्रज्ञान आणि उपयोजित विज्ञान संशोधन, 9(4):4377-4383, 2019.

[११८] दुश्यई राज चिन्ह-सेंट, नटराजन दीपा, दिव्या इलावारसन, कथिरावन श्रीनिवासन, सज्जाद हुसेन चौधरी, आणि सेलेस्टीन इवेंडी. जमिनीच्या योग्यतेचे मूल्यांकन करण्यासाठी सेन्सर्स-चालित एआय-आधारित कृषी शिफारस मॉडेल. सेन्सर्स, १९(१७):३६६७, २०१९.

[119] वेन डोंग, तियानचुन वू, यिंगवेई सन आणि जियानचेंग लुओ. अचूक शेतीसाठी एआय तंत्रज्ञानाद्वारे समर्थित माती उपलब्ध फॉस्फरसचे डिजिटल मैपिंग. कृषी-भू-माहितीशास्त्रावरील ७ व्या आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या कार्यवाहीमध्ये (कृषी-भू-माहितीशास्त्र), पृष्ठ 1-5. IEEE, 2018.

[120] GRN कार्वालो, DN ब्रॅडाओ, DB हदाद, VL डो फोर्ट, आणि MB सेडिया. ब्राझिलियन किनाच्यावर मातीच्या क्षेत्राची क्षमता आणि कायमचा कोमेजण्याचा बिंदू अंदाज लावण्यासाठी वापरले जाणारे rbf न्यूरल नेटवर्क. इंटरनेशनल जॉइट कॅन्फरन्स अॅन न्यूरल नेटवर्क (IJCNN) च्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठ 1-5, 2015. doi:10.1109/IJCNN.2015.7280628.

[१२१] सॅम्युअल एन. अराया, अण्णा फ्रायजॉफ-हंग, औंड्रियास औंडरसन, जोशुआ एच. व्हियर्स आणि टीमरॅट ए. वेझेहेई. मानवरहित विमान प्रणाली मल्टीस्पेक्ट्रल रिमोट सेन्सिंगमधून मशीन लर्निंग आधारित मातीतील ओलावा पुनर्प्राप्ती. IEEE इंटरनेशनल जिओसायन्स अँड रिमोट सेन्सिंग सिम्पोजियम (IGARSS २०२०) च्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठ ४५९८-४६०९, २०२०. doi:10.1109/IGARSS39084.2020.9324917.

[१२२] चुसनुल आरिफ, मसारू मिडोगुची, बुडी इंद्र सेटियावान, ड. भारतेतील मातीतील ओलावा अंदाजे कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क. arXiv प्रीप्रिट arXiv:१३०३.१८६८, २०१३.

[१२३] प्राचीन जैन, स्वागत बोस चौधरी, प्रकृती भट्ट, सनत सारंगी, आणि श्रीनिवासू पप्पुला. अचूक शेती अनुप्रयोगांसाठी काटकसरीच्या मातीतील आद्रता सेन्सर्सचे मूल्य वाढवणे. IEEE / ITU इंटरनेशनल कॅन्फरन्स अॅन आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस फॉर गुड (AI4G) च्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठ 63-70, 2020. doi:10.1109/AI4G50087.2020.9311008.

[124] सलीम क्लीबी, कैस तोन्सी, झीहेर वेन रेवा, बासेल सुलेमान आणि इमेद रियाध फराह. हायपरस्पेक्ट्रल सेटेलाइट इमेजद्वारे मशीन लर्निंग दृष्टिकोन वापरून मातीच्या क्षारतेचा अंदाज. सिग्नल अँड इमेज प्रोसेसिंगसाठी प्रगत तंत्रज्ञानावरील ५ व्या आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या कार्यवाही (ATSIP), पृष्ठ 1-6, 2020. doi:10.1109/ATSIP49331.2020.9231870.

[125] फॅन्यू बु आणि द्विन वांग. सखोल मजबूतीकरण शिक्षणावर आधारित एक स्मार्ट कृषी आयओटी प्रणाली. भविष्यातील पिठी संगणक प्रणाली, ९९:५००-५०७, २०१३.

[126] यु-चुआन चांग, टिंग-वेई हुआंग आणि नेन-फू हुआंग. लोरा पी2पी नेटवर्कसह मशीन लर्निंग आधारित स्मार्ट सिंचन प्रणाली . २० व्या आशिया-पौसिफिक नेटवर्क ऑपरेशन्स अँड मॅनेजमेंट सिम्पोजियम (APNOMS) च्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठ १-४, २०१९. doi:10.23919/APNOMS.2019.8893034.

[127] मनीष के नेमा, दीपक खरे आणि सुरेन्द्र के चांदनिहा. दून व्हॅलीच्या खाली असलेल्या भागात संदर्भ बाब्यीभवनाचा अंदाज घेण्यासाठी कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा वापर. अप्लाइड वॉटर सायन्स, 7(7):3903-3910, 2017.

[128] व्हॅसिलिस झोड अंटोनोपीलोस आणि अथेनासिओस व्ही अंटोनोपीलोस. मर्यादित इनपुट हवामान चल वापरून कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क तंत्र आणि अनुभवजन्य समीकरणाद्वारे दैनिक संदर्भ बाब्यीभवन अंदाज .

[१२९] ए. डहाणे, आर. बेनामूर, वी. केचर आणि ए. बेन्यामिना. मशीन लर्निंग वापरून आयओटी आधारित स्मार्ट शेती प्रणाली . नेटवर्क्स, कॉम्प्युटर्स अँड कम्प्युनिकेशन्सवरील आंतरराष्ट्रीय संगोठीच्या कार्यवाही (आयएसएनसीसी), पृष्ठ १-६, २०२०. doi:10.1109/आयएसएनसीसी४२२१.२०२०.९२७३४९.

- [130] एसी हिनेल, एन लाझारोविच, ए फर्मन, एम पॉल्टन आदणि एडब्ल्यू वॉरिक. न्यूरो-डिप: भूषुषभागाचा अंदाज न्यूरल नेटवर्क्स वापरून ठिक्काचा अौले करण्याचे नमुने. सिंचन विज्ञान, 28(6):535-544, 2010.
- [131] शिखर के आर शर्मा, केएच रोबिन्सों सिंग आणि अभिजीत सिंग. भाताच्या रोपातील रोगांचे निदान करण्यासाठी एक तज्ज प्रणाली. इंटरनेशनल जर्नल ऑफ आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस, 1(1):26-31, 2010.
- [132] कलिउदय बलेड, डी सत्यवेश, एनहींएससी संपत, केटीएन वर्मा आणि पीके बरआ. आगावेस्ट: तांदूळ आणि गहू पिकांच्या कीटक रोगांना प्रतिबंध करण्यासाठी एक कार्यक्षम नियम-आधारित तज्ज प्रणाली. आर्यईई 8 व्या आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या कार्यवाहीत बुद्धिमान प्रणाली आणि नियंत्रण (आयएससीओ), पृष्ठ 262-268. आर्यईई, 2014.
- [१३३] जीएम पास्कल आणि जे मॅन्सफिल्ड. कीटकांच्या ओळखीसाठी आणि नियत्रणासाठी प्रोटोटाइप तज्ज प्रणालीचा विकास. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, 2(४):२६३-२७६, १९८८.
- [134] गौरवमय बैंनर्जी, उदितेंदु रसकार आणि इंद्रिजित घोष. निवडलेल्या चहाच्या कीटकांच्या शोधासाठी रेडियल वैसिस फंकशन नेटवर्क आधारित वर्गीकरणकर्ता. इंटरनेशनल जर्नल ऑफ अ-डिक्षान्त रिसर्च इन कॉम्प्युटर सायन्स अॅण्ड सॉफ्टवेअर इंजिनिअरिंग, 7(5):665-669, 2017.
- [135] बीडी महामन, एच क्रिस्टोफर पासम, एबी सिडेरिडिस आणि सीपी पियालौरिस. डायरेस-आयपीएम: सोलानेशियस पीक प्रणालीमध्ये एकात्मिक कीटक व्यवस्थापनासाठी निदान सल्लगार नियम-आधारित तज्ज प्रणाली. कृषी प्रणाली, 76 (3):1119-1135, 2003.
- [136] विदिता तिलवा, जिनेश पटेल आणि चेतन भट्ट. अस्पष्ट तर्क वापरून हवामान आधारित वनस्पती रोगांचा अंदाज. निरमा युनिवर्सिटी इंटरनेशनल कॉन्फरन्स ऑन इंजिनिअरिंग (NUiCONE) च्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठ 1-5. IEEE, 2013.
- [137] फडजिलाह सिराज आणि नुरेङ्गा अरबेय. फजी एक्सपर्ट सिस्टम वापरून एकात्मिक कीटक व्यवस्थापन प्रणाली. २००६.
- [138] मॅंडा एस पेक्सोटो, लापेसिओ सी बॉरोस, रॉडनी सी बासानेडी आणि ओडायर ए फर्नांडिस. सोयाबीन इंफिडच्या गतिशीलता आणि नियंत्रणासाठी अस्पष्ट प्रणालींद्वारे एक दृष्टिकोन. २०१५.
- [139] हयो एमजी व्हॅन डेर वर्फ आणि क्रिस्टोफ झिमर. कीटकनाशकांच्या पर्यावरणीय परिणामाचे सूचक, ज्यावर आधारित आहे फजी एक्सपर्ट सिस्टम. केमोस्फीअर, 36(10):2225-2249, 1998.
- [140] एलजे फ्रॅकल आणि एस पाणिग्रही. गव्हाच्या पानांच्या ओल्यापणाचे कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडेल. कृषी आणि वन हवामान शाश्वत, ८८(१-४):५७-६५, १९९७.
- [१४१] विकाश चंद्र कर्माकर, मोहम्मद समर उल्लाह, मो. किबरिया सिद्दीकी, आणि काझी मो. रोकिबुल आलम. मज्जासंस्थेच्या नेटवर्कच्या मदतीने चहाच्या पानांचे आजार ओळखणे. इंटरनेशनल जर्नल ऑफ कॉम्प्युटर अ-प्लिकेशन्स, ११४ (१७), २०१५.
- [142] श्रीजान स्लाडोजेविक, मार्को आसेनोविक, आंद्रास अॅडेरला, दुबावको कुलिंब्रक आणि डार्को स्टेफानोविक. पानांच्या प्रतिमेच्या वर्गीकरणाद्वारे वनस्पती रोगांची खोल मज्जातंतु नेटवर्कवर आधारित ओळख. संगणकीय बुद्धिमत्ता आणि न्यूरोसायन्स, २०१६, २०१६.
- [143] फेडेरिको हॅन, इरिनेओ लोपेझ आणि खाडालुपे हनर्डेझ. लाल टोमैटोवरील रायझोपस स्टोलोनिफर बीजाणूचे स्पेक्ट्रल डिटेक्शन आणि न्यूरल नेटवर्क भेदभाव. बायोसिस्टम्स इंजिनिअरिंग, 89(1):93-99, 2004.
- [144] लिऊ लिऊ, रुजिंग वांग, चॅंगजुन झी, पो यांग, फांग्युआन वांग, सुद सुदिरमन आणि वानकाई लिऊ. पेस्टनेट: मोठ्या प्रमाणात बहु-वर्गीय कीटक शोधण्यासाठी आणि वर्गीकरणासाठी एक अंड-दू-एंड सखोल शिक्षण दृष्टिकोन. आर्यईई अ-व्हेसेस, 7: 45301-45312, 2019. doi:10.1109/ACCESS.2019.2909522.
- [145] पेंग जियांग, युएहान चेन, बिन लिऊ, डोंगजियान हे आणि चुनकवान लियांग. सुधारित कॉन्होल्यूशनल न्यूरल नेटवर्सवर आधारित डीप लर्निंग दृष्टिकोन वापरून सफरचंदाच्या पानांच्या आजारांचे रिअल-टाइम डिटेक्शन. IEEE अ-व्हेसेस, 7:59069-59080, 2019.
- [146] चिंग-जू चेन, या-यू हुआंग, युआन-शुओ ली, चुआन-यू चांग आणि युएह-मिन हुआंग. कीटक शोधण्यासाठी एक आयओटी आधारित स्मार्ट कृषी-सांस्कृतिक प्रणाली. आर्यईई अ-व्हेसेस, 8:180750-180761, 2020. doi:10.1109/ACCESS.2020.3024891.
- [147] कैयी वांग, शुइफा झांग, झिबिन वांग, झांगकियांग लिऊ आणि फेंग यांग. मोबाइल स्मार्ट डिव्हाइस-आधारित भाजीपाला रोग आणि कीटक ओळखण्याची पद्धत. इंटेलिजेंट ऑटोमेशन आणि सॉफ्ट कम्प्युटिंग, 19(3):263-273, 2013.
- [148] व्हिन्सेंट मार्टिन आणि सबाइन मोइसन. ग्रीनहाऊसमध्ये लवकर कीटक शोधणे. इंटरनेशनलच्या कार्यवाहीत पेटर्न रिकमिशन परिषद, २००८.
- [149] फेथप्रेझ फिना, फिलिप बर्च, रूपर्ट यंग, जे औबू, बरसी फेथप्रेझ आणि ख्रिस चॅटविन. के-मीन्स व्हलस्टरिंग अलगोरि�थम आणि पत्रव्यवहार फिल्टर वापरून स्वयंचलित वनस्पती कीटक शोधणे आणि ओळखणे. इंटरनेशनल जर्नल ऑफ अ-डिक्षान्त रिसर्च, 4(2):189-199, 2013.
- [१५०] वैकन्ना उडुतालपल्ली, सरजू पी मोहंटी, विशाल पल्लागानी आणि वेदांत खंडेलवाल. स्क्रॉप: स्मार्ट शेतीसाठी इंटरनेट-ऑफ-ऑग्रो-थिंग्जमध्ये शाश्वत स्वयंचलित रोग अंदाज, पीक निवड आणि सिंचनासाठी एक नवीन उपकरण. आर्यईई सेन्सर्स जर्नल, २०२०.

[151] विशाल पल्लागानी, वेदांत खंडेलवाल, भरत चंद्रा, वेंकत्रा उदुतालपल्ली, देबांजन दास आणि सरजू पी मोहंती. डीक्रॉप: स्मार्ट शेतीमध्ये पिकांच्या रोगांच्या अचूक अंदाजासाठी एक सखोल शिक्षण आधारित चौकट. स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम्स (iSES) (पूर्वी iNiS) वर IEEE इंटरनेशनल सिम्पोजियमच्या कार्यवाहीमध्ये , पृष्ठे 29-33. IEEE, 2019.

[152] एमजे एटकेनडे, आयए डॅल्गोटी, सीई मुलिन्स, अँलॅन जेम्स स्टुअर्ट मॅकडोनाल्ड आणि नॉर्वल जेम्स कॉलिन स्ट्रैचन. प्रतिमा विश्लेषण आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता पद्धती वापरून तण आणि पीक भेदभाव. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स , 39(3):157-171, 2003.

[153] व्हिक्टर पार्टल, श्री चरण काकरला आणि यियानिस अँपॅटझिडिस. कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा वापर करून अचूक तण व्यवस्थापनासाठी कमी किमतीच्या आणि स्मार्ट तंत्रज्ञानाचा विकास आणि मूल्यांकन. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स , 157:339-350, 2019.

[154] झांथौला एरिनी पॅटाइकी, अलेक्झांड्रा ए तामोरिडो, टीके अलेक्झांड्रिडिस, अनास्तासिया एल लागोपोडी, जाविद काशेफी आणि दिमित्रीओस मोशो. युएएस मल्टीस्पेक्ट्रल इमेजरी वापरून तण मंपिंगसाठी श्रेणीबद्ध स्वयं-संघटन काकाशाचे मूल्यांकन . शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, 139:224-230, 2017.

[155] झांथौला-एरिनी पॅटाइकी, दिमित्रीओस मोशो आणि सेंट्रिक ब्राव्हो. हायपरस्पेक्ट्रल सेंसिंगवर आधारित तण प्रजाती ओळखण्यासाठी सक्रिय शिक्षण प्रणाली. बायोसिस्टम्स इंजिनिअरिंग, 146:193-202, 2016.

[156] अँडम बिंच आणि सीडब्ल्यू फॉक्स. रुमेक्स आणि युर्टिका शोधण्यासाठी मशीन व्हिजन अल्गोरिदमची नियंत्रित तुलना. गवताळ प्रदेशात. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, १४०:१२३-१३८, २०१७.

[157] रितावन दत्ता, डॅनियल स्मिथ, रिचर्ड रॉन्स्की, ग्रेग बिशप हर्के, जेम्स हिल्स, ग्रेग टिप्स आणि डेव्ह हेवी. देखरेखीखालील समूह वर्गीकरण वापरून गतिमान गुरांचे वर्तनात्मक वर्गीकरण. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, १११:१८-२८, २०१५.

[१५८] रिचर्ड्सन रिबेरो, फॅबियो लुईझ बेर्टोटी आणि टांगरियानी सिमोनी अस्मान.

एफबीजी सेन्सर्स आणि मशीन लर्निंग वापरून रुमिनंट्समध्ये अंतर्ग्रहण वर्तनाचे इन व्हिल्हो पॅटर्न वर्गीकरण. सेन्सर्स, 15(11):28456-28471, 2015.

[159] स्टीफन जी मॅथ्यूज, एमी एल मिर्ज, थॉमस प्लॉट्झ आणि डिलियास किरियाझाकिस. मोजप्पासाठी स्वयंचलित ट्रॅकिंग आरोग्य आणि कल्याण देखरेखीसाठी डुकरांमधील वर्तणुकीतील बदल. वैज्ञानिक अहवाल, 7(1):1-12, 2017.

[160] एम क्रॅनिक्स, वीरले फिएहेझ, ब्रुनो ल्लेमिंग आणि बर्नार्ड डी बेट्स. दुर्घटन्य गुरांमध्ये रुमेन किणवन पद्धतीचे कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॅडेल. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, 60(2):226-238, 2008.

[161] मार्क एफ हॅन्सन, मेल्विन एल स्मिथ, लिंडन एन स्मिथ, मायकेल जी साल्टर, एम्मा एम बॅक्सटर, मारियान फॅरिश आणि ब्रूस ग्रीव्ह. कॉन्होल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क वापरून शेतातील डुककर चेहरा ओळखण्याच्या दिशेने. उद्योगातील संगणक, 98:145-152, 2018.

[१६२] इव्हान रामिरेझ मोरालेस, डॅनियल रिवेरो सेब्रियन, एनरिक फर्नार्डीझ ल्लैको आणि अलेजांद्रो पाझोस सिएरा. व्यावसायिक कॉबड्यांपासून अंडी उत्पादनात घट होण्याची पूर्वसूचना: एक एसव्हीएम दृष्टिकोन. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स , १२१:१६९-१७९, २०१६.

[163] जैमे अलोन्सो, अल्फोन्सो विल्ला आणि अंटोनियो बहामांडे. वापरून गोवंशाच्या वजनाच्या मार्गाचा सुधारित अंदाज वेक्टर मशीन वर्गीकरणाला समर्थन द्या. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, ११०:३६-४१, २०१५.

[164] जैमे अलोन्सो, अंजेल रॉड्रिग्ज कास्टानोन आणि अंटोनियो बहामांडे. कत्तलीपूर्वी गोमांस गुरांमध्ये शवाचे वजन अंदाज लावण्यासाठी वेक्टर रिशेशनला समर्थन द्या. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, 91:116-120, 2013.

[165] सिफ्रेडो फुरेंटेस, क्लॉडिया गोंजालेझ व्हिएजो, ब्रेंडन कलेन, एडन टोंगसन, सुरिदर एस चौहान आणि फ्रॅक आर डन्शिया. गार्याच्या डेटा आणि दैनंदिन पर्यावरणीय मापदंडावर आधारित दूध उत्पादकता आणि गुणवत्ता मॅडेल करण्यासाठी रोबोटिक डेअरी फार्मवर कृत्रिम बुद्धिमत्ता लागू केली . सेन्सर्स, 20(10):2975, 2020.

[166] एनके रे पी.एस. चॅटर्जी आणि एस.पी. मोहंती. लाईक्हकेअर: पशुधनासाठी आयओटी आधारित आरोग्यसेवा चौकट स्मार्ट ऑफीकलचर. आयर्ड्स्ट्रीट्रान्झॅक्शन्स ऑन कंइयुमर इलेक्ट्रॉनिक्स (टीसीई), २०२१ स्वीकृत, प्रेसमध्ये.

[167] गैया कोडेलुप्पी, अंटोनियो सिल्फोन, लुका दावोली आणि जियानलुडी फेरारी. एआय अँट द एज: अ स्मार्ट गेटवे फॉर ग्रीनहाऊस एबर टेम्परेचर फोरकास्टिंग. इन प्रोसिडिंग्ज ऑफ आयर्ड्स्ट्रीट्रान्झॅक्शन्स वर्कशॉप ऑन मेट्रोलॉजी फॉर अँग्रिकलचर अँड फॉरिस्ट्री (मेट्रोऑफीफॉर), पृष्ठे 348-353, 2020. doi:10.1109/मेट्रोऑफीफॉर50201.2020.9277553.

[168] डेहिड एल एहरेट, बर्नार्ड डी हिल, टॉम हेल्मर आणि डायन आर एडवर्ड्स. स्वयंचलित पीक देखरेख डेटामधून ग्रीनहाऊस टोमैटोचे उत्पादन, वाढ आणि पाण्याच्या वापराचे न्यूरल नेटवर्क मॉडलिंग. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, 79(1):82-89, 2011.

[169] रेझा पहलवान, महमूद औमिद आणि असदुल्लाह अक्रम. हरितगृह तुळ्स उत्पादनाचा अंदाज लावण्यासाठी ऊर्जा इनपुट-आउटपुट विश्लेषण आणि कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्कचा वापर. ऊर्जा, 37(1):171-176, 2012.

[१७०] बेन्यामीन खोशनेविसन, शाहीन रफी, महमूद औमिद, मरझिए मुरोफी आणि मेहरान मोवाहेरी. कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क वापरून इराणच्या एस्फहान प्रांतात गळू उत्पादनात ऊर्जा वापर आणि ghg (ग्रीनहाऊस गॅस) उत्सर्जनाचे मॉडलिंग . ऊर्जा, ५२:३३३-३३८, २०१३.

[१७१] अश्कन नबावी-पेलेसरायी, रेझा अब्दी आणि शाहीन रफी. टरबूज उत्पादन प्रणालीच्या ऊर्जेच्या वापराचे आणि हरितगृह वायू उत्सर्जनाचे न्यूरल नेटवर्क मॉडलिंग. जर्नल ऑफ द सैटी सोसायटी ऑफ अॅग्रिकल्चरल सायन्सेस, 15(1):38-47, 2016.

[१७२] वांग हाँगकांग, ली ली, तू योंग, मॅंग फांजिया, वांग हैहुआ आणि एनए सिग्रीमिस. सौर हरितगृहातील सूक्ष्म हवामानाच्या भाकितासाठी आवर्ती तंत्रिका नेटवर्क मॉडल. आयएफएसी-पेपर्सऑनलाइन, ५१(१७):७९०-७९५, २०१८.

[१७३] डे-हुन जंग, हूंग सेओक किम, चागो झिन, हाक-जिन किम आणि सू हुन पार्क. ग्रीनहाऊसमधील हवामान परिस्थितीचा अंदाज घेण्यासाठी डीप न्यूरल नेटवर्क मॉडल्सचे वेळ-मालिकेचे विश्लेषण. शेतीमध्ये संगणक आणि इलेक्ट्रॉनिक्स, 173:105402, 2020.

[१७४] मेसिमो मेरेंडा, कार्लो पोर्कारी आणि डेमेट्रिओ इरो. एआय-सक्षम आयओटी उपकरणांसाठी एज मशीन लर्निंग: ए पुनरावलोकन. सेन्सर्स, २०(९):२५३३, २०२०.

[१७५] अँक्झू जी. हॉवर्ड, मॅंगलगँग झू, बो चेन, दिमित्री कॅलेनिचेन्को, वेइजुन वांग, टोबियास वेंड, मार्को अँड्रीटो आणि हार्टविंग अॅडम. मोबाइलनेट्स: मोबाइल व्हिजन अॅप्लिकेशन्ससाठी कार्यक्षम कॉन्कोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क. CoRR, abs/1704.04861, 2017. URL

[१७६] फॉरेस्ट एन इअंडोला, सॉन्ना हाना, मॅथ्यू डब्ल्यू मोर्स्केविच, खालिद अशरफ, विल्यम जे डॅली आणि कर्ट केउद्वार. स्कॉवीझनेट: ५० पट कमी पॅरामीटर्स आणि < 0.4 एमबी मॉडल आकारासह अॅलेक्सनेट-स्तरीय अचुकता. arXiv प्रीप्रिट arXiv:१६०२.०७३६०, २०१६.

[१७७] मिंग्जिंग टॅन आणि क्वोक ले. एफिशिएंटनेट: कॉन्कोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्कसाठी मॉडल स्केलिंगचा पुनर्विचार. मशीन लर्निंगवरील आंतरराष्ट्रीय परिषदेच्या कार्यवाहीत, पृष्ठे ६१०५-६११४. पीएमएलआर, 2019.

[१७८] येरेन झोऊ, सध्यद-मोहसेन मुसावी-डेझाफूली, नाई-मन चेउंग आणि पास्कल फ्रोसार्ड. डीप न्यूरल नेटवर्कसाठी अॅडॉप्टिव क्वांटायझेशन. आर्टिफिशियल इंटेलिजेंसवरील थर्टी-सेंकंद एप्रेआय कॉफरन्सच्या कार्यवाहीमध्ये, २०१८.

[१७९] जिरेई यांग, झू शेन, जुन झिंग, झिनमेई तियान, हौकियांग ली, बिंग डेंग, जियानकियांग हुआंग आणि शियान-शेंग हुआ. परिमाणीकरण नेटवर्क. संगणक दृष्टी आणि नमुना ओळखण्यावरील IEEE/CVF परिषदेच्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठे ७३०८-७३१६, २०१९.

[१८०] योजिन चोई, मुस्तफा एल-खामी आणि जुंगवैन ली. नेटवर्क क्वांटायझेशनच्या मयदिकडे. arXiv प्रीप्रिट arXiv:१६१२.०१५४३, २०१६.

[१८१] किंग जिन, लिंजी यांग आणि झेनु लियाओ. ऑडॉप्टिव बिट-विड्थसह न्यूरल नेटवर्क क्वांटायझेशन. कॉम्प्यूटर व्हिजन अॅड पॅर्टन रिकमिशनवरील आयईई/सीक्हीएफ कॉफरन्सच्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठे २१४६-२१५६, २०२०.

[१८२] शुजोचाओ याओ, यिरान झाओ, और्टन झांग, लू सु आणि तारेक अब्देलझाहेर. दीपिओट: कॉम्प्रेसर-क्रिटिक फ्रेमवर्कसह सीसिंग सिस्टमसाठी डीप न्यूरल नेटवर्क स्टूचर्चस कॉम्प्रेस करणे. एम्बेडेड नेटवर्क सेन्सर सिस्टम्सवरील १५ व्या एसीएम कॉफरन्सच्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठे १-१४, २०१७.

[१८३] पावली मोल्चानोव, स्टीफन टायरी, टेरो करास, टिमो आयला आणि जॅन कौटझ. कॉन्कोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्कसची छाटणी संसाधन कार्यक्षम अनुमानासाठी. arXiv प्रीप्रिट arXiv: 1611.06440, 2016.

[१८४] साजिद अन्वर आणि वोन्होंग सुंग. खडबडीत छाटणीसह कॉम्पॅक्ट डीप कॉन्कोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क. arXiv प्रीप्रिट arXiv: १६१०.०९६३९, २०१६.

[१८५] टिएन-जू यांग, सु-ह्यूसिन चेन आणि विहिएन झे. ऊर्जा-जागरूक छाटणी वापरून ऊर्जा-कार्यक्षम कॉन्कोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क डिझाइन करणे. संगणक दृष्टी आणि पॅर्टन ओळखण्यावरील IEEE परिषदेच्या कार्यवाहीमध्ये, पृष्ठे ५६८७-५६९५, २०१७.

[१८६] यिवेन-गुओ, अनबांग याओ आणि युरोंग चेन. कार्यक्षम डीएनएनसाठी डायरॉनिक नेटवर्क सर्जरी. arXiv प्रीप्रिट arXiv: १६०८.०४४९३, २०१६.

[१८७] जोफ्री हिंठन, ऑरिओल विन्याल्स आणि जेफ डीन. न्यूरल नेटवर्कमध्ये ज्ञानाचे डिस्टिलिंग. arXiv प्रीप्रिट arXiv: १५०३.०२५३१, २०१५.

[१८८] एस हान, एच माओ आणि डब्ल्यूजूने डॅली. प्रुनिंग, प्रशिक्षित क्वांटायझेशन आणि हफमनसह खोल न्यूरल नेटवर्क्स कॉम्प्रेस करणे कोडिंग. arXiv २०१५. arXiv प्रीप्रिट arXiv: १५१०.००१४९.

[१८९] सातोशी नाकामोतो. बिटकॉइन: एक पीआर-टू-पीआर इलेक्ट्रॉनिक कॅश सिस्टम. क्रिप्टोग्राफी मेलिंग लिस्ट <https://metzdowd.com> वर, ०३ २००९.

[१९०] विटालिक बुटेरिन. पुढच्या पिढीतील स्मार्ट कॉर्ट्रॅक्ट आणि विकेंट्रित अनुप्रयोग प्लॅटफॉर्म. २०१५.

[१९१] मधुसूदन सिंग, अभिराज सिंग आणि शिहो किम. ब्लॉकचेन: आयओटी डेटा सुरक्षित करण्यासाठी एक गेम चेंजर. इन प्रोसेसिंग आयईई चौथा वर्ल्ड फोरम ऑन इंटरनेट ऑफ थिंग्ज (डब्ल्यूएफ-आयओटी), २०१८. doi:10.1109/wf-iot.2018.8355182.

[१९२] क्रिओरिक पी. हजलमारसन, गुनलॉगूर के. हेयोअर्सन, मोहम्मद हमदाका आणि गिर्सली हजलमारीसन. ब्लॉकचेन- आधारित ई-मतदान प्रणाली. कार्यवाहीमध्ये आयर्डई ११ वी आंतरराष्ट्रीय परिषद ऑन क्लाउड कॉम्प्युटिंग (क्लाउड), २०१८. doi: १०.११०९/क्लाउड.२०१८.००१५९.

[१९३] किंग गेंग अणि गिंगे दू. ब्लॉकचेनपासून डिजिटल दृविन कम्प्युनिटीपर्यंत: स्मार्ट कम्प्युनिटी गवर्नन्ससाठी एक तांत्रिक चौकट. प्रोसिडिंग्ज इंटरनेशनल कॉन्फरन्स ॲन पब्लिक मैनेजमेंट ॲंड इंटेलिजेंट सोसायटी (पीएमआयएस), २०२१ मध्ये. doi: १०.११०९/प्मिस४२७४२.२०२१.०००६८.

[१९४] यापिंग झेंग. ब्लॉकचेनवर आधारित डिजिटल संगीत संसाधन कॉपीराइट व्यवस्थापन यंत्रणा. कार्यवाहीमध्ये स्मार्ट ब्लॉकचेन (स्मार्टब्लॉक) वरील तिसरी आंतरराष्ट्रीय परिषद, २०२०. doi: १०.११०९/स्मार्टब्लॉक५२५९१.२०२०.०००३६.

[१९५] लिजुन छियाओ, वेडोंग हुआंग, योंग झी, वेडोंग छियाओ आणि कुआन-चिंग ली. ब्लॉकचेन-आधारित ट्रेसेबल आयपी कॉपीराइट संरक्षण अल्गोरिदम. आयर्डई ॲक्सेस, ८:४५३२-४५४३, २०२०. doi: १०.११०९/ॲक्सेस.२०२०.२९६९९०.

[१९६] लावण्य राचोडा, आरनं के. बापटला, सरजू पी. मोहंती आणि एलियास कौगियानोस. सयोपिलो: झोपेच्या सवदी लक्षात घेऊन ताण व्यवस्थापनासाठी ब्लॉकचेन-एकान्मिक गोपनीयता-आश्वासित आयओएमटी फ्रेमवर्क. आयर्डई द्रान्ड्वैक्शन्स ॲन कंड्युमर इलेक्ट्रॉनिक्स, ६४(१):२०-२९, फेब्रुवारी २०२१. doi: १०.११०९/tce.२०२०.३०४३६८८.

[१९७] असाफ अद्वारिया, एरियल एकब्लॉन्ट, थियागो व्हिएरा आणि अँड्रू लिप्पमन. मेडरक: वैद्यकीय डेटा प्रवेश आणि परवानगी व्यवस्थापनासाठी ब्लॉकचेनचा वापर. कार्यवाहीमध्ये औपन ॲंड विग डेटा (ओवीटी) वरील दुसरी आंतरराष्ट्रीय परिषद.

IEEE, ॲगस्ट २०१६. doi: १०.११०९/obd.२०१६.११.

[१९८] वीपक पुथल, सरजू पी. मोहंती, प्रियदर्शी नंदा, एलियास कौगियानोस आणि गोतम दास. संसाधन-प्रतिबंधित वितरित प्रणालीमध्ये स्केलेबल ब्लॉकचेनसाठी प्रमाणीकरणाचा पुरावा. कार्यवाहीमध्ये IEEE इंटरनेशनल कॉन्फरन्स ॲन कंड्युमर इलेक्ट्रॉनिक्स (ICCE), २०१९. doi: १०.११०९/icce.२०१९.८६६२०९.

[१९९] सिन-ते वू आणि चुन-वेई त्वाई. खाजारी ब्लॉकचेनवर आधारित एक बुद्धिमान कृषी नेटवर्क सुरक्षा प्रणाली.

जर्नल ॲफ कम्प्युनिकेशन्स ॲंड नेटवर्क्स, २१(५):५०३-५०८, ऑक्टोबर २०१९. doi: १०.११०९/jcn.२०१९.०००४३.

[२००] प्रदीप कुमार शर्मा, सौरभ सिंग, यंग-सिक जे औंग आणि जोंग हुक पार्क. डिस्ट्रिब्यूनेशन: आयओटी नेटवर्कसाठी वितरित ब्लॉकचेन-आधारित सुरक्षित एसडीएन आर्किटेक्चर. आयर्डई कम्प्युनिकेशन्स मैगजिन, 55(9):78-85, 2017. doi: 10.1109/mcom.2017.1700041.

[२०१] लिजिंग झोउ, लिंचंग वाग, घिरु सन आणि पिन लेव्हनेट बीकीपर. सुरक्षित स्टोरेज आणि होमोमॉफिक संगणनासह ब्लॉकचेन-आधारित आयओटी सिस्टम. आयर्डई ॲक्सेस, ६:४३४७२-४३४८८, २०१८. doi: १०.११०९/ॲक्सेस.२०१८.२४४७६३२.

[२०२] मिंजिन मा, गुओझेन शी आणि फेंगहुआ ली. आयओटी परिस्थितीत पदानुक्रमित प्रवेश नियंत्रणासाठी गोपनीयता-कॅंट्रिट ब्लॉकचेन-आधारित वितरित की व्यवस्थापन आर्किटेक्चर. आयर्डई प्रवेश, 7:34045-34059, 2019. doi: 10.1109/access.2019.2904042.

[२०३] एके बापटला आणि इतर स्फारम: स्मार्ट शेतीसाठी वितरित लेजर आधारित रिमोट क्रॉप मॉनिटरिंग सिस्टम. चौथ्या आयएफआयपी इंटरनेशनल इंटरनेट ॲफ थिंग (आयओटी) कॉन्फरन्स (आयएफआयपी-आयओटी), २०२१, २०२१ च्या कार्यवाहीत, स्वीकारले, प्रेसमध्ये.

[२०४] शोवन पॉल, जुबैर इस्लाम जॉय, शैला सरकार, अब्दुल्ला अल हरिस शाकिब, शरीफ अहमद आणि अमित कुमार दास. ब्लॉकचेनद्वारे मध्यसांशिवाय शेती करण्याचा एक अपारंपरिक मार्ग. प्रोसिडिंग्ज इंटरनेशनल कॉन्फरन्स ॲन स्टेनेबल टेक्नॉलॉजीज फॉर इंडस्ट्री ४.० (STI) मध्ये. IEEE, डिसेंबर २०१९. doi: १०.११०९/sti.४७६७३.२०१९.९०६८००७.

[२०५] हानकिंग वू, जियानोंग काओ, यान्नी यांग, चेंग लिंग तुंग, शान जियांग, बिन तांग, यांग लिंग, छियाओकिंग वांग आणि युमिंग डेंग. ब्लॉकचेन वापरून पुरवठा साखळीतील डेटा व्यवस्थापन: आव्हाने आणि केस स्टडी. कार्यवाही २८ व्या आंतरराष्ट्रीय परिषदेत संगणक संप्रेषण आणि नेटवर्क्स (ICCCN). IEEE, जुलै २०१९. doi: १०.११०९/icccn.२०१९.८८४६९६४.

[२०६] सिद्धा मलिक, वोल्कन देदेओग्लू, सलील एस. कान्हेरे आणि राजा जुर्डक. ट्रस्टबेन: ब्लॉकचेन आणि आयओटी समर्थित पुरवठा साखळ्यांमध्ये ट्रस्ट व्यवस्थापन. कार्यवाहीमध्ये ब्लॉकचेनवरील आयर्डई आंतरराष्ट्रीय परिषद (ब्लॉकचेन).

आयर्डई, जुलै २०१९. डोइ: १०.११०९/ब्लॉकचेन.२०१९.०००३२.

[२०७] फेंग तियान. आरएफआयटी आणि ब्लॉकचेन तंत्रज्ञानावर आधारित चीनसाठी एक कृषी-अन्न पुरवठा साखळी ट्रेसेबिलिटी सिस्टम. इन प्रोसिडिंग्ज १३ व्या आंतरराष्ट्रीय परिषद ऑन सर्विस सिस्टम्स ॲंड सर्विस मैनेजमेंट (ICSSSM). IEEE, जून २०१६. doi: 10.1109/icsssm.2016.7538424.

[२०८] डोना कैद आणि मोंडे एम. एलजाइर. पुरवठा साखळी पक्षांगधील हप्ते पेमेंट स्वयंबलित करण्यासाठी ब्लॉकचेन लागू करणे. प्रोसिडिंग्ज १४ व्या आंतरराष्ट्रीय संगणक अभियांत्रिकी परिषदेत (ICENCO). IEEE, डिसेंबर २०१८. doi: 10.1109/icenco.2018.8636131.

[२०९] बीएमएल बसनाथके आणि सी. राजपक्ष. संदिग्य अन्न पुरवठा साखळीची पारदर्शकता सुनिश्चित करण्यासाठी ब्लॉकचेन-आधारित विकेंट्रिट प्रणाली. प्रोसिडिंग्ज इंटरनेशनल रिसर्च कॉन्फरन्स ॲन स्मार्ट कॉम्प्युटिंग ॲंड सिस्टम्स इंजिनिअरिंग (एससीएसई) मध्ये. आयर्डई, मार्च २०१९. doi: 10.23919/scse.2019.8842690.

[२१०] किजुन लिन, हुआड़ज्जेन वांग, छियाओकू पेई आणि जुन्यु वांग. ब्लॉकचेन आणि ईपीसीआयएसवर आधारित अन्न सुरक्षा ट्रेसेबिलिटी सिस्टम. आयर्डई ॲक्सेस, 7:20698-20707, 2019. doi: 10.1109/ access.2019.2897792.

- [211] इंद्रनील नाथ. ब्लॉकचेनवरील विमा फसवणुकीविरुद्ध लढण्यासाठी डेटा एक्सचेंज प्लॅटफॉर्म. कार्यवाहीमध्ये IEEE 16 वा डेटा मायनिंग वर्कशॉप्सवरील आंतरराष्ट्रीय परिषद (ICDMW). IEEE, डिसेंबर २०१६. doi:10.1109/icdmw.2016.0121.
- [212] दुष्काळ-आधारित विम्यासाठी टीकृू न्युयैन, ए.के. दास आणि एलटी ड्रॅन. एनईओ स्मार्ट कॉर्ट्वर्ट. कार्यवाहीमध्ये आयईईइ कॅनेडियन कॉन्फरन्स ऑफ इलेक्ट्रिकल अँड कॉम्प्युटर इंजिनिअरिंग (CICE). IEEE, ऑक्टोबर २०२०. doi:10.1109/cice.2019.8861573.
- [213] व्हेनेटा अलेक्सिसएवा, हिस्टो वालचानोढ आणि अंटोन हुलियान. खाजगी आणि सार्वजनिक ब्लॉकचेनवर आधारित स्मार्ट करार विमा सेवांच्या उद्देशाने. कार्यवाही आंतरराष्ट्रीय परिषदेत ऑटोमॅटिक्स आणि माहितीशास्त्र (ICAII). IEEE, ऑक्टोबर २०२०. doi:10.1109/icaii50593.2020.9311371.
- [214] दीपक पुथल आणि सरजू पी. मोहंती. प्रमाणीकरणाचा पुरावा: आयओटी-अनुकूल ब्लॉकचेन. आयईईइ पार्टेशियल्स, 38(1): 26-29, जानेवारी 2019. doi:10.1109/mpot.2018.2850541.
- [२१५] सुकृता एलटी वांगीपुरम, सरजू पी. मोहंती आणि इलियास कौगियानो. कोविचेन: ब्लॉकचेन आधारित फ्रेमवर्क सांख्यिका आजाराच्या वैकल्पी आरोग्यसेवा सावधार-भौतिक प्रणालीमध्ये अविभाज्य संपर्क ट्रेसिंगसाठी. एसएन संगणक विज्ञान, २(५), जून २०२१. doi:10.१००७/५४२९७९-०२१-००७४६-X.
- [२१६] सुजित बिस्वास, काशिफ शरीफ, फॅन ली, अनुपम कुमार बैरागी, जोहैब लतीफ, आणि सरजू पी. मोहंती. ग्लोबचेन: आरोग्यसेवा डेटाच्या जागतिक शेरिंगसाठी एक इंटरऑपरेबल ब्लॉकचेन - एक कोविड-१९ दृष्टीकोन. IEEE ग्राहक इलेक्ट्रॉनिक्स मॅगझिन, १०(५):६४-६९, सप्टेंबर २०२१. doi:10.११०९/mce.२०२१.३०७४६८८.
- [217] युनायटेड स्टेट्स डिपार्टमेंट ऑफ ऑप्रीकल्चर आणि NASS. जनगणना ऑफ ऑप्रीकल्चर, २०२१. URL . शेवटचा प्रवेश ३० ऑक्टोबर २०२१ रोजी केला.
- [218] USDA आणि NASS. पीक स्थिती आणि माती ओलावा विश्लेषण, २०२१. URL शेवटचा प्रवेश ३० ऑक्टोबर २०२१ रोजी.
- [219] kaggle डेटासेट. वनस्पती रोग, ऑक्टोबर २०१८. URL शेवटचा प्रवेश ३० ऑक्टोबर २०२१ रोजी.
- [220] डालिंब फल डेटासेट. URL
- [221] चिनी कोबी रोग डेटासेट. <https://www.kaggle.com/giane901/chinese-cabbage-disease-detection>.
- [222] राष्ट्रीय सहकारी माती सर्वेक्षण. माती वैशिष्ट्यकरण डेटा, . URL शेवटचा प्रवेश ३० ऑक्टोबर २०२१ रोजी.
- [223] यूएस भूगर्भीय सर्वेक्षण. अंदाजे वार्षिक कृषी कीटकनाशक वापर, . URL . शेवटचा प्रवेश ३० ऑक्टोबर २०२१ रोजी केला.
- [224] यूएस भूगर्भीय सर्वेक्षण. युनायटेड स्टेट्समधील एकूण पाण्याचा वापर, २०१५. URL . शेवटचा प्रवेश ३० ऑक्टोबर २०२१ रोजी केला.
- [225] यूएस भूगर्भीय सर्वेक्षण. यूएस मध्ये पाण्याचा वापर, २०१५. URL . शेवटचा प्रवेश ३० ऑक्टोबर २०२१ रोजी केला.
- [226] यूएस भूगर्भीय सर्वेक्षण. भूजल गुणवत्ता, . URL . शेवटचा प्रवेश ३० ऑक्टोबर २०२१ रोजी केला.
- [227] यूएसडी कृषी विभाग. आपत्ती विश्लेषण, २०२१. URL . शेवटचा प्रवेश ३० ऑक्टोबर २०२१ रोजी केला.
- [228] कलेअर जी. बोरियन, झोंगवेंग यांग, एक्सरी संडबर्नॅ, पॅट्रिक विलिस आणि बैरी हैंक. ऑपरेशनल ऑप्रीकल्चरल सेंटिनेल-१ सिंथेटिक एपर्चर रडारसह पूर निरीक्षण. IGARSS २०१८ - २०१८ IEEE इंटरनेशनल मध्ये भूविज्ञान आणि दूरस्थ संवेदन संसोधी, पृष्ठे ५८३१-५८३४, २०१८. doi:10.1109/IGARSS.2018.8499458.
- [२२९] गेंब्रिएल सिंग्नोरेटी, मारियाने सिल्वा, पेड्रो आंद्राडे, इव्हानोविच सिल्वा, एमिलियानो सिसिसी आणि पाओलो फेरारी. एक डेटा विक्षिप्ततेवर आधारित आयओटी वातावरणासाठी विकसित होत असलेले टिनिमल कॉम्प्रेशन अलगोरिथम. सेन्सर्स, 21(12):4153, २०२१.
- [230] शितल जोशी, सरजू पी. मोहंती आणि एलियास कौगियानोस. पीयूएफ बद्दल तुम्हाला जे काही जाणून घ्यायचे होते ते सर्व. आयईईइ सभायता, 36(6):38-46, 2017. doi:10.1109/MPOT.2015.2490261.
- [231] कार्सन लाब्राटो, हिमांशु थापलियाल आणि सरजू पी. मोहंती. कमी दर्जाच्या वाहनांच्या सुरक्षेला बलकटी देणे औव्हरहेड फिजिकली अनक्लोनेबल फंकशन्स. जे. इमर्ज. टेक्नॉलॉजी. कॉम्प्युट. सिस्ट., १८(१), २०२१. आयएसएसएन १५५०-४८३२. डोई:10.1145/3442443.
- [२३२] वेरोनिका सैंझ-रुबियो आणि फ्रान्सिस्को रोविरा-मास. स्मार्ट शेतीपासून शेतीपर्यंत ५.०: कापणीचा आढावा डेटा व्यवस्थापन. कृषीशास्त्र, १०(२):२०७, २०२०.
- [233] इव्हान डीजी फ्रेझर आणि मालकम कॉम्पबेल. शेती ५.०: ग्रहांच्या आरोग्याशी उत्पादनाचा ताळमेळ घालणे. एक अर्थ, १(३):२४८-२८०, २०१९.

लेखक



अलकनंद मित्रा यांनी २००१ मध्ये कलकत्ता विद्यापीठातील प्रेसिडेन्सी कॉलेजमधून भौतिकशास्त्रात बॅचलर ऑफ सायन्स (ऑनर्स) आणि २००४ आणि २००६ मध्ये कलकत्ता विद्यापीठातील रेडिओफिजिक्स अंड इलेक्ट्रॉनिक्स इन्स्टिट्यूटमधून रेडिओफिजिक्स अंड इलेक्ट्रॉनिक्समध्ये बॅचलर ऑफ टेक्नॉलॉजी आणि मास्टर ऑफ टेक्नॉलॉजी ही पदवी अनुक्रमे मिळवली. ती सध्या अमेरिकेतील डेंटन येथील नॉर्थ टेक्सास विद्यापीठातील संगणक विज्ञान आणि अभियांत्रिकी विभागात स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम्स लॅबोरेटरी (एसईएसएल) येथे संशोधन गटात डॉक्टरेटची विद्यार्थिनी आहे. तिच्या अभ्यासक्रमासोबतच, ती विभागात अध्यापन सहाय्यक म्हणूनही काम करते. तिने २००६ ते २००७ पर्यंत इंडियन स्टॅटिस्टिकल इन्स्टिट्यूटमधील अॅडवान्स्ड कॉम्प्युटिंग अंड मायक्रोइलेक्ट्रॉनिक्स युनिटमध्ये प्रोजेक्ट लिंकड पर्सनेल म्हणून काम केले आहे. तिच्या संशोधन आवर्दीमध्ये कृत्रिम

बुद्धिमत्ता, मशीन लर्निंग, सखोल शिक्षण, एज एआय आणि मल्टी-मीडिया फॉरेन्सिक्समध्ये एआय/एमएल दृष्टिकोनांचा वापर, स्मार्ट शेती आणि स्मार्ट आरोग्यसेवा.



सुक्रता एलटी वांगीपुरम यांनी २०१२ मध्ये जवाहरलाल नेहरू टेक्नॉलॉजिकल युनिवर्सिटी, हैदराबाद येथून संगणक विज्ञानात मास्टर ऑफ टेक्नॉलॉजी आणि २००७ मध्ये उस्मानिया युनिवर्सिटी, हैदराबाद येथून माहिती तंत्रज्ञानात बॅचलर ऑफ इंजिनिअरिंग पदवी प्राप्त केली. सध्या, त्या अमेरिकेतील डेंटन येथील नॉर्थ टेक्सास विद्यापीठातील स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम्स लॅबोरेटरी (एसईएसएल) येथे संगणक विज्ञान आणि अभियांत्रिकी येथे संशोधन गटात डॉक्टरेट विद्यार्थिनी म्हणून नोंदणीकृत आहेत. २०१२-२०१५ पर्यंत त्यांनी मेथोडिस्ट कॉलेज ऑफ इंजिनिअरिंग अंड टेक्नॉलॉजी, हैदराबाद येथील संगणक विज्ञान अभियांत्रिकी विभागात सहाय्यक प्राध्यापक म्हणून आणि २००७-२००९ पर्यंत भारतातील स्वामी विवेकानंद इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी हैदराबाद येथे माहिती तंत्रज्ञान विभागात अध्यापन सहाय्यक म्हणून काम केले आहे. वेब प्रोग्रामिंग सर्विसेस, सर्विसेस औरिएटेड आर्किटेक्चर, क्लाउड कॉम्प्युटिंग, हेल्थ केरमध्ये ब्लॉकचेनचा वापर आणि स्मार्ट अॅण्डकल्चर हे त्यांचे संशोधनाचे विषय आहेत.



आनंद कुमार बापटला यांनी २०१४ मध्ये भारतातील विशाखापट्टनम येथील गायत्री विद्या परिषद अभियांत्रिकी महाविद्यालयातून इलेक्ट्रॉनिक्स आणि कम्प्युनिकेशनमध्ये बॅचलर ऑफ टेक्नॉलॉजी (बी. टेक) आणि २०१९ मध्ये अमेरिकेतील डेंटन येथील नॉर्थ टेक्सास विद्यापीठातून एमएससीई पदवी प्राप्त केली. ते सध्या टेक्सासमधील डेंटन येथील नॉर्थ टेक्सास विद्यापीठातील संगणक विज्ञान आणि अभियांत्रिकीमध्ये स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम्स लॅबोरेटरी (एसईएसएल) येथे संशोधन गटात पीएच.डी. उमेदवार आहेत.

त्यांच्या संशोधनाच्या आवर्दीमध्ये इंटरनेट ऑफ थिंग्ज (IoT) मधील स्मार्ट हेल्थकेर आणि ब्लॉकचेन अॅण्डलिकेशन्सचा समावेश आहे.



वेंकट केळीवडी बाथलपल्ली यांनी २०२० मध्ये श्री वेंकटेश्वर विद्यापीठ, तिरुपती, भारत येथून इलेक्ट्रॉनिक्स आणि कम्प्युनिकेशन अभियांत्रिकीमध्ये बी.टेक. पदवी प्राप्त केली. सध्या ते डेंटन, टेक्सास, यूएसए येथील नॉर्थ टेक्सास विद्यापीठातील स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम्स लॅबोरेटरी येथे संगणक विज्ञान आणि अभियांत्रिकीमध्ये पीएच.डी. कार्यक्रम घेत आहेत. त्यांचे संशोधन रस स्मार्ट हेल्थकेर आणि स्मार्ट शेतीसाठी हार्डवेअर असिस्टेड सिक्युरिटी आणि ब्लॉकचेन आधारित आयओटी डिव्हाइस सिक्युरिटी या क्षेत्रात आहेत.



सरजू पी. मोहंटी यांनी १९९५ मध्ये ओरिसा कृषी आणि तंत्रज्ञान विद्यापीठ, भुवनेश्वर येथून इलेक्ट्रिकल अभियांत्रिकीमध्ये बँचलर पदवी (ऑनर्सी), १९९९ मध्ये इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ सायन्स, बैंगलुरू येथून सिस्टम्स सायन्स अँड ऑटोमेशनमध्ये पदव्युत्तर पदवी आणि २००३ मध्ये टाट्या येथील साउथ फ्लोरिडा विद्यापीठातून संगणक विज्ञान आणि अभियांत्रिकीमध्ये पीएच.डी. पदवी प्राप्त केली. ते उत्तर टेक्सास विद्यापीठात प्राध्यापक आहेत.

त्यांचे संशोधन "स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टीम्स" मध्ये आहे ज्याला नॅशनल सायन्स फाउंडेशन्स (NSF), सेमीकंडक्टर रिसर्च कॉर्पोरेशन (SRC), यूएस एजर फोर्स, IUSSTF आणि मिशन इनोवेशन यांनी निधी दिला आहे. त्यांनी ४०० संशोधन लेख, ४ पुस्तके आणि ७ मंजूर आणि प्रलंबित पेटेंट लिहिले आहेत. त्यांचा गुगल स्कॉलर एच-इंडेक्स ४५ आहे आणि आय०-इंडेक्स १८० आहे आणि ८५० उद्धरणे आहेत. त्यांना स्मार्ट सिटीज तंत्रज्ञानावरील एक दूरदर्शी संशोधक म्हणून ओळखले जाते ज्यामध्ये त्यांचे संशोधन सुरक्षा आणि ऊर्जा जागरूकता आणि एआय/एमएल-इंटिग्रेटेड स्मार्ट घटकांशी संबंधित आहे. त्यांनी २००४ मध्ये हार्डवेअर-असिस्टेड सिक्युरिटी (HAS) किंवा सिक्युरिटी बाबा डिझाइन (SBD) तत्त्व वापरसन डिझाइन केलेल्या बिल्ट-इन सिक्युरिटी फीचर्सह सिक्युर डिजिटल कॅमेरा (SDC) सादर केला. २००४ मध्ये पहिल्या डिजिटल वॉटरमार्किंग यिपवे आणि २००६ मध्ये पहिल्या कमी-शक्तीच्या डिजिटल वॉटरमार्किंग यिपवे डिझाइनर म्हणून त्यांना व्यापकपणे श्रेय दिले जाते. त्यांना १३ सर्वोत्तम पेपर पुरस्कार, २०२० मध्ये फुलब्राइट स्पेशलिस्ट पुरस्कार, २०२० मध्ये IEEE कंड्युमर इलेक्ट्रॉनिक्स सोसायटी आउस्टीनिंग सार्विस पुरस्कार, २०१५ मध्ये IEEE-CS-TCVLSI डिस्ट्रिग्विड लीडरशिप पुरस्कार आणि २०१६ मध्ये भौतिक विज्ञान आणि गणित श्रेणीतील सर्वोत्कृष्ट पाठ्यपुस्तकासाठी PROSE पुरस्कार मिळाला आहे. त्यांनी १५ कीनोट्स दिले आहेत आणि विविध आंतरराष्ट्रीय परिषदांमध्ये १३ पैनेलवर काम केले आहे. ते IEEE ट्रान्झॅक्शन्स ऑन ऑप्टिक्युटर-एडेड डिझाइन ऑफ इंटिग्रेटेड सर्किट्स ॲंड सिस्टम्स (TCAD), IEEE ट्रान्झॅक्शन्स ऑन कंड्युमर इलेक्ट्रॉनिक्स (TCE) आणि ACM जर्नल ऑन इमर्जिंग टेक्नॉलॉजीज इन कॉम्प्युटर इंजिनियरिंग सिस्टम्स (JETC) यासह अनेक पीआर-रिहू फेलेल्या आंतरराष्ट्रीय व्यवहार/जर्नल्सच्या संपादकीय मंडळावर काम करत आहेत. २०१६-२०२१ दरम्यान ते IEEE कंड्युमर इलेक्ट्रॉनिक्स मॅगाजिन (MCE) चे मुख्य संपादक (EIC) होते. २०१४-२०१८ दरम्यान त्यांनी टेक्निकल कमिटी ऑन व्हीरी लार्ज स्केल इंटिग्रेशन (TCVLSI), IEEE कॉम्प्युटर सोसायटी (IEEE-CS) चे अध्यक्ष आणि २०१९-२०२१ दरम्यान IEEE कंड्युमर टेक्नॉलॉजी सोसायटीच्या बोर्ड ऑफ गवर्नर्सचे अध्यक्ष म्हणून काम पाहिले. ते अनेक आंतरराष्ट्रीय परिषदांच्या सुकाणू आयोजन आणि कार्यक्रम समित्यांवर काम करतात. ते IEEE इंटरनॅशनल सिम्पोजियम ऑन स्मार्ट इलेक्ट्रॉनिक सिस्टीम्स (IEEE-iSES), IEEE-CS सिम्पोजियम ऑन VLSI (ISVLSI) आणि OITS इंटरनॅशनल कॉन्फरन्स ऑन इन्फॉर्मेशन टेक्नॉलॉजीज (OCIT) चे संस्थापक सुकाणू समिती अध्यक्ष/उपाध्यक्ष आहेत. त्यांनी २ पोस्ट-डॉक्टरल संशोधकांना मार्गदर्शन केले आहे आणि १३ पीएच.डी. प्रबंध, २६ एमएस प्रबंध आणि ११ पदवीपूर्व प्रकल्पांचे पर्यवेक्षण केले आहे.



एलियास कौगियानोस यांनी १९८५ मध्ये ग्रीसच्या पात्रास विद्यापीठातून बीएसईई आणि १९८७ मध्ये एमएसईई, १९८८ मध्ये भौतिकशास्त्रात एमएस आणि १९९७ मध्ये ईर्झमध्ये पीएचडी केली, हे सर्व लुईजियाना स्टेट युनिवर्सिटीमधून झाले. १९८८ ते १९९८ पर्यंत ते हूस्टन आणि डलास, टेक्सास येथे टेक्सास इन्स्टीट्यूट्स, इंक. मध्ये होते. १९९८ मध्ये ते फिनिक्स, अरिज्जोना येथील अवंत! कॉर्प. (आता सिनोप्रिस) मध्ये वरिष्ठ अनुप्रयोग अभियंता म्हणून सामील झाले आणि २००० मध्ये ते डलास, टेक्सास येथील कॅडेन्स डिझाइन सिस्टम्स, इंक. मध्ये अॅनालॉग/मिक्रोसिप्ट-सिग्नल कस्टम आयसी डिझाइनमध्ये वरिष्ठ आर्किटेक्ट म्हणून सामील झाले. ते २००४ पासून यूएनटीमध्ये आहेत.

ते डॅटेन, टेक्सास येथील युनिवर्सिटी ऑफ नॉर्थ टेक्सास (UNT) येथे इलेक्ट्रिकल इंजिनिअरिंग विभागात प्राध्यापक आहेत. त्यांचे संशोधन रस अॅनालॉग/मिक्रोसिप्ट-सिग्नल/आरएफ आयसी डिझाइन आणि सिम्युलेशन आणि मल्टीमीडिया ऑप्लिकेशन्साठी व्हीएलएसआय आर्किटेक्चरच्या विकासात आहेत. ते २०० हून अधिक पीआर-रिहूड जर्नल आणि कॉन्फरन्स प्रकाशनांचे लेखक आहेत.



चित्ररंजन रे हे नेब्रास्का-लिंकन विद्यापीठात नागरी आणि पर्यावरण अभियांत्रिकीचे प्राध्यापक आहेत आणि नेब्रास्का विद्यापीठातील नेब्रास्का जल केंद्राचे संचालक आहेत. त्यांना पाण्याचे प्रमाण आणि पाण्याच्या गुणवत्तेच्या समस्यांचे व्यवस्थापन करण्याच्या अनेक पैलूमध्ये व्यापक अनुभव आहे, विशेषत: भूजल गुणवत्तेवर रासायनिक आणि रोगजनक प्रभाव; कॅडोज झोनमधील प्रवाह आणि वाहतूक प्रक्रिया, कमी किमतीच्या पाणी पुरवठ्यासाठी तंत्रज्ञान आणि शेती-पाणी/ऊर्जा संबंध. त्यांनी यापूर्वी हवाई-मानोआ विद्यापीठातील जलसंपत्ती संशोधन केंद्राचे अंतरिम संचालक म्हणून काम केले आहे. ते विद्यापीठाच्या पर्यावरण केंद्राचे संचालक आणि हवाई विद्यापीठात यूएस नेही प्रायोजित सुविधा असलेल्या अप्लाईड रिसर्च लॉबोरेटरीसाठी मुख्य पर्यावरण अभियंता म्हणूनही काम केले आहे. त्यांनी उद्योग आणि इलिनॉय राज्य जल सर्वक्षणात पदे भूषवली आहेत.