स्मार्ट खेत, मजबूत भविष्य : भारतीय खेती में कृत्रिम बुद्धिमत्ता और रोबोटिक्स

मणि प्रकाश शुक्ल[1], कल्यान घडेइ[2] एवं प्रज्ञा[3]

[1,2]कृषि प्रसार शिक्षा विभाग, काशी हिन्दू विश्वविद्यालय, वाराणसी–221005, उत्तर प्रदेश, भारत

[3]कृषि अर्थशास्त्र विभाग, आचार्य, नरेंद्र देव कृषि एवं प्रद्योगिकी, विश्वविद्यालय, कुमारगंज, अयोध्या–224229, उत्तर प्रदेश, भारत

ईमेल: shuklamp@bhu.ac.in

बढ़ती जनसंख्या, घटती कृषि भूमि, पानी की कमी और श्रमिकों की कमी जैसी समस्याओं के कारण आज खेती के लिए आधुनिक तकनीकों का प्रयोग बेहद आवश्यक हो गया है। इस अध्ययन में बताया गया है कि कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग मिट्टी प्रबंधन, खरपतवार नियंत्रण और इंटरनेट ऑफ थिंग्स के माध्यम से खेती को अधिक सटीक, लाभकारी और टिकाऊ बनाया जा सकता है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित प्रणालियाँ मिट्टी की स्थिति का विश्लेषण कर सही मात्रा में खाद और पानी के उपयोग में मदद करती हैं। इसी प्रकार, खरपतवार की पहचान करके रसायनों का सीमित और सुरक्षित उपयोग संभव हो पाता है, जिससे लागत घटती है और पर्यावरण सुरक्षित रहता है। इंटरनेट ऑफ थिंग्स तकनीक के माध्यम से खेतों की निगरानी, सिंचाई प्रबंधन, उत्पादन की निगरानी और बाजार से जुड़ाव आसान हो रहा है। दस्तावेज में यह भी बताया गया है कि खेती में रोबोटिक्स का प्रयोग धीरे–धीरे बढ़ रहा है, जैसे – स्वचालित ट्रैक्टर, फल तोड़ने वाली मशीनें और कीटनाशक छिड़काव करने वाले रोबोट। हालाँकि, कृत्रिम बुद्धिमत्ता और रोबोटिक्स के उपयोग में कुछ चुनौतियाँ भी हैं, जैसे – ग्रामीण क्षेत्रों में इंटरनेट की कमी, तकनीकी ज्ञान का अभाव और वास्तविक खेत की परिस्थितियों में तकनीक की सीमित सटीकता। इसके बावजूद यह स्पष्ट है कि भविष्य की खेती स्मार्ट, सटीक और तकनीक–आधारित होगी।

परिचय

"कृत्रिम बुद्धिमत्ता" शब्द का पहली बार प्रयोग वर्ष 1955 में डार्टमाउथ सम्मेलन में हुआ था, जहाँ जॉन मैकार्थी ने यह सिद्धांत प्रस्तुत किया कि सीखने या बुद्धिमत्ता के किसी भी पहलू को सिद्धांत रूप में इतनी स्पष्टता से समझाया जा सकता है कि उसे मशीन द्वारा अनुकरण किया जा सके। वर्तमान समय में कृत्रिम बुद्धिमत्ता कंप्यूटर विज्ञान का एक प्रमुख क्षेत्र बन चुकी है, जिसका व्यापक उपयोग शिक्षा, स्वास्थ्य, वित्त और उद्योगों में हो रहा है, क्योंकि यह उन जटिल समस्याओं का समाधान कर सकती है जिन्हें मनुष्य आसानी से हल नहीं कर पाता। यही कारण है कि आज मानव समाज कृत्रिम बुद्धिमत्ता की क्षमताओं से अत्यधिक प्रभावित है।

वर्तमान में विश्व में लगभग 820 मिलियन से अधिक लोग भूख से पीड़ित हैं। अनुमान है कि वर्ष 2050 तक वैश्विक जनसंख्या 9.1 अरब हो जाएगी, जिससे खाद्य उत्पादन को लगभग 70 प्रतिशत तक बढ़ाने की आवश्यकता होगी। यदि कृषि क्षेत्र में पर्याप्त निवेश नहीं हुआ, तो 2050 तक लगभग 370 मिलियन लोग भूखे रह सकते हैं। इसके अतिरिक्त, पानी की मांग लगातार बढ़ रही है, जबकि उपलब्ध जल संसाधनों में गिरावट आ रही है, और आशंका है कि 2025 तक तीन अरब से अधिक लोग जल संकट का सामना करेंगे।

इन जटिल चुनौतियों के समाधान के लिए वैज्ञानिकों और सरकारों ने पारंपरिक तरीकों के साथ–साथ कृत्रिम बुद्धिमत्ता की भूमिका को भी स्वीकार किया है। यद्यपि कृत्रिम बुद्धिमत्ता का विकासकाल अपेक्षाकृत छोटा रहा है, फिर भी कृषि में इसका पहला प्रयोग 1985 में मैकिनियन और लेमन द्वारा ळैव्ल्ड नामक कपास फसल सिमुलेशन मॉडल के रूप में किया गया था। यह प्रणाली सिंचाई, उर्वरक प्रयोग, खरपतवार नियंत्रण, जलवायु तथा अन्य कारकों के आधार पर कपास उत्पादन को अनुकूल बनाने हेतु विकसित की गई थी।

खेती में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के उपयोग की वर्तमान स्थिति

1. कृत्रिम बुद्धिमत्ता की परिभाषा

कृत्रिम बुद्धिमत्ता की परिभाषा समय के साथ बदलती रही है, क्योंकि इस क्षेत्र में तीव्र विकास हुआ है। वर्तमान में इसकी कोई एक सर्वमान्य परिभाषा नहीं है, किंतु सामान्य रूप से इसे चार वर्गों में बाँटा जा सकता है –

(1) ऐसे प्रणाली जो मनुष्य की तरह सोचते हैं,
(2) ऐसे प्रणाली जो मनुष्य की तरह कार्य करते हैं,
(3) ऐसे प्रणाली जो तर्कसंगत ढंग से सोचते हैं, तथा
(4) ऐसे प्रणाली जो तर्कसंगत ढंग से व्यवहार करते हैं।

एलन ट्यूरिंग ने 1950 के दशक में एक शोध पत्र के माध्यम से "क्या मशीन सोच सकती है?" इस प्रश्न का उत्तर खोजने के लिए एक परीक्षण पद्धति प्रस्तावित की, जिसे आज ट्यूरिंग टेस्ट के नाम से जाना जाता है। इस परीक्षण को पास करने के लिए किसी कंप्यूटर में चार प्रमुख क्षमताएँ होनी चाहिए – प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण, ज्ञान प्रस्तुतीकरण, स्वचालित तर्क और मशीन लर्निंग। यह परिभाषा व्यापक रूप से स्वीकार की गई, हालाँकि इसमें ज्ञान और बुद्धि के बीच स्पष्ट अंतर नहीं किया गया।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता को एक ऐसे प्रोग्राम समूह के रूप में भी परिभाषित किया गया है, जो किसी भी वातावरण में मनुष्य से कमतर प्रदर्शन न करे। इसके प्रमुख अनुप्रयोगों में बुद्धिमान डाटाबेस खोज, विशेषज्ञ परामर्श प्रणाली, प्रमेय सिद्ध करना, रोबोटिक्स, स्वचालित प्रोग्रामिंग तथा संवेदनात्मक समस्याएँ शामिल हैं।

2. कृषि में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोगों की स्थिति

2.1 मिट्टी प्रबंधन

सफल कृषि के लिए मिट्टी एक अत्यंत महत्वपूर्ण कारक है, क्योंकि यह जल, नाइट्रोजन, फॉस्फोरस, पोटैशियम और प्रोटीन जैसे पोषक तत्वों का भंडारण करती है, जो फसलों की उचित वृद्धि और विकास के लिए आवश्यक हैं। मिट्टी की गुणवत्ता को खाद द्वारा बेहतर किया जा सकता है, जिससे उसकी संरचना और वायुसंचार क्षमता में सुधार होता है। मिट्टी जनित रोगजनकों और प्रदूषकों को नियंत्रित करने में भी मिट्टी प्रबंधन की अहम भूमिका होती है। इसके अतिरिक्त, कृत्रिम बुद्धिमत्ता के माध्यम से मिट्टी के मानचित्र तैयार किए जा सकते हैं, जो भूमिगत परतों और उनके अनुपात को स्पष्ट रूप से दर्शाते हैं।

2.2 खरपतवार प्रबंधन

खरपतवार किसानों के अपेक्षित लाभ को सबसे अधिक प्रभावित करने वाले कारकों में से एक है। यदि खरपतवार पर नियंत्रण न हो, तो दालों और मक्का की पैदावार में 50 प्रतिशत तक की गिरावट आ सकती है तथा गेहूँ में लगभग 48 प्रतिशत तक उपज कम हो सकती है। खरपतवार फसलों के साथ जल, पोषक तत्वों और सूर्य प्रकाश के लिए प्रतिस्पर्धा करते हैं और इनमें से कई मानव स्वास्थ्य के लिए भी हानिकारक होते हैं। हालाँकि खरपतवार नियंत्रण के लिए रासायनिक छिड़काव का प्रयोग आम है, किंतु इसके अधिक उपयोग से पर्यावरण और मानव स्वास्थ्य पर नकारात्मक प्रभाव पड़ता है। इसी कारण प्रयोगशालाओं में खरपतवार पहचान एवं लक्षित स्प्रे प्रणालियों का विकास किया गया है, जिससे आवश्यकतानुसार ही रसायनों का उपयोग संभव हो सके और लागत तथा फसल क्षति दोनों में कमी लाई जा सके।

2.3 इंटरनेट ऑफ थिंग्स का उपयोग

इंटरनेट ऑफ थिंग्स एक ऐसी प्रणाली है जिसमें कंप्यूटर उपकरण, मशीनें और अन्य भौतिक वस्तुएँ आपस में नेटवर्क के माध्यम से जुड़ी होती हैं और स्वतंत्र रूप से डेटा का आदान–प्रदान करती हैं। यह तकनीक वायरलेस सेंसर नेटवर्क, क्लाउड कंप्यूटिंग जैसी प्रणालियों का उन्नत रूप है। कृषि में इंटरनेट ऑफ थिंग्स का उपयोग निगरानी, सटीक खेती, अनुगमन–अनुसरण, हरितगृह उत्पादन और कृषि मशीनरी में किया जाता है। इसके माध्यम से उत्पाद की पूरी जीवन–चक्र जानकारी, परिवहन प्रक्रिया और भंडारण संबंधी आँकड़े का विश्लेषण संभव होता है, जिससे विपणन में पारदर्शिता बढ़ती है और किसान तथा उपभोक्ता दोनों को लाभ होता है।

खेती में कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित तकनीकों के व्यावहारिक उपयोग की चुनौतियाँ

1. भविष्य में मशीनीकरण का असमान वितरण

2011 से 2013 के बीच रोबोट शिपमेंट के आँकड़ों के अनुसार अमेरिका में 9 प्रतिशत, एशिया–ऑस्ट्रेलिया में 12 प्रतिशत तथा यूरोप में 8 प्रतिशत वार्षिक वृद्धि का अनुमान लगाया गया था। इसी प्रवृत्ति के आधार पर 2030 तक 15 प्रतिशत और 2045 तक 75 प्रतिशत तक रोबोट उपयोग की संभावना जताई गई है।
हालाँकि यह वितरण सभी क्षेत्रों में समान नहीं होगा, क्योंकि कई ग्रामीण और दूरदराज के क्षेत्रों में संसाधनों की कमी, इंटरनेट की अनुपलब्धता और तकनीकी ज्ञान का अभाव कृत्रिम बुद्धिमत्ता को अपनाने में बाधा बन सकता है। इसलिए कृषि में कृत्रिम बुद्धिमत्ता का प्रसार धीमी और असमान गति से होने की संभावना है।

2. प्रयोगशाला परीक्षण और वास्तविक खेत परिस्थितियों के बीच अंतर

प्रयोगशाला में उपयोग की जाने वाली छवियाँ और वास्तविक खेतों की छवियाँ अक्सर भिन्न होती हैं। प्रकाश, पृष्ठभूमि, कोण और फसल की प्राकृतिक विविधता जैसे कारक डेटा विश्लेषण को जटिल बना देते हैं। इस कारण अधिक सटीक परिणाम हेतु बड़े और विविध डेटा सेट की आवश्यकता पड़ती है।

3. सुरक्षा और गोपनीयता

इंटरनेट ऑफ थिंग्स आधारित डिवाइस खुले खेतों में लगाए जाते हैं, जिससे वे हार्डवेयर हमलों के प्रति अधिक संवेदनशील होते हैं। आँकड़ों का कूटलेखन और पहचान सत्यापन जैसी नीतियाँ इन खतरों से निपटने हेतु आवश्यक हैं। क्लाउड सर्वर पर संग्रहीत आँकड़ा भी छेड़छाड़ के प्रति असुरक्षित हो सकता है, जिससे स्वचालित कृषि संचालन में बाधा उत्पन्न हो सकती है।

खेती के रोबोट का विकासः

पृष्ठभूमि और उदाहरणः

रोबोटिक्स वह क्षेत्र है जहाँ कृत्रिम बुद्धिमत्ता की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण है। कृषि में रोबोटों का प्रयोग कार्यक्षमता, विश्वसनीयता और सटीकता बढ़ाने हेतु किया जा रहा है, जिससे श्रम की आवश्यकता में उल्लेखनीय कमी लाई जा सके। जापान ने 1980 के दशक में कीटनाशक छिड़काव करने वाला पहला कृषि रोबोट विकसित किया था। इसके बाद ग्रीनहाउस के लिए स्वचालित मोबाइल रोबोट, ळचै आधारित ट्रैक्टर, सेब तोड़ने वाले रोबोट और खरपतवार पहचानने वाली प्रणालियों का विकास हुआ। 2008 में विकसित स्वचालित फल तुड़ाई मशीन ने लचीले ग्रिपर के माध्यम से फलों की गुणवत्ता बनाए रखने में विशेष योगदान दिया। 2013 में विकसित दृष्टि आधारित फल पहचान प्रणाली ने 95 प्रतिशत से अधिक सटीकता प्राप्त की।

खेती के रोबोट की चुनौतियाँः

यद्यपि कृषि रोबोटिक्स में उल्लेखनीय प्रगति हुई है, फिर भी वास्तविक खेतों की अनिश्चित परिस्थितियों में पूर्णतः स्वायत्त रूप से कार्य करने वाले रोबोट अभी व्यापक रूप से उपलब्ध नहीं हैं। इसका प्रमुख कारण यह है कि वास्तविक वातावरण अत्यधिक परिवर्तनशील होता है, जिसे नियंत्रित प्रयोगशाला स्थितियों में दोहराना कठिन होता है। इसके बावजूद आंशिक स्वचालन से भी कृषि उत्पादन को उल्लेखनीय लाभ मिल सकता है। यदि 80 प्रतिशत कार्यों में स्वचालन लागू कर दिया जाए, तो शेष 20 प्रतिशत जटिल कार्यों को मानव श्रम द्वारा संभाला जा सकता है, जिससे संपूर्ण कृषि प्रणाली अधिक कुशल बन सकती है।

निष्कर्षः

यह समीक्षा कृषि क्षेत्र में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के उपयोग का व्यापक अवलोकन प्रस्तुत करती है। वर्तमान सामाजिक–आर्थिक परिस्थितियोंकृजैसे घटता श्रमबल, सीमित कृषि भूमि और बढ़ती जनसंख्याकृकी पृष्ठभूमि में कृत्रिम बुद्धिमत्ता को इन चुनौतियों का प्रभावी समाधान माना जा रहा है। इस समीक्षा में कृत्रिम बुद्धिमत्ता की परिभाषाओं का विवेचन, मिट्टी प्रबंधन और खरपतवार नियंत्रण जैसे प्रमुख अनुप्रयोगों की चर्चा तथा व्यवहार में आने वाली चुनौतियों को विस्तार से समझाया गया है, साथ ही कृषि रोबोटिक्स के विकास, उनके उदाहरणों और उपयोग संबंधी संभावनाओं पर भी प्रकाश डाला गया है। निष्कर्ष रूप में कहा जा सकता है कि यद्यपि कृषि में कृत्रिम बुद्धिमत्ता और रोबोटिक्स को अपनाने में अभी कई तकनीकी और सामाजिक बाधाएँ हैं, फिर भी यह तकनीक भविष्य की स्मार्ट और टिकाऊ खेती की मजबूत आधारशिला सिद्ध हो सकती है।

किसानों के लिए सिफारिशें

किसानों को चाहिए कि वे खेती में कृत्रिम बुद्धिमत्ता और स्मार्ट तकनीकों को धीरे–धीरे अपनाएँ ताकि लागत कम हो, उत्पादन बढ़े और संसाधनों का सही उपयोग हो सके। मिट्टी परीक्षण आधारित उर्वरक प्रबंधन अपनाकर अनावश्यक खाद के खर्च से बचा जा सकता है, जबकि कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित खरपतवार पहचान और लक्षित छिड़काव से रसायनों का सीमित उपयोग संभव होगा, जिससे फसल और पर्यावरण दोनों सुरक्षित रहेंगे। स्मार्ट सिंचाई प्रणालियों से पानी की बचत के साथ–साथ फसल की निगरानी भी बेहतर की जा सकती है। किसानों को कृषि विज्ञान केंद्रों, कृषि विभाग और विश्वविद्यालयों द्वारा संचालित डिजिटल खेती व स्मार्ट तकनीक के प्रशिक्षण कार्यक्रमों में सक्रिय रूप से भाग लेना चाहिए ताकि तकनीकी ज्ञान बढ़े। छोटे किसान पहले कम लागत वाली सेवाओं, जैसे मौसम पूर्वानुमान, मोबाइल सलाह और ऑनलाइन बाजार प्लेटफॉर्म से शुरुआत करें तथा बाद में उन्नत तकनीकों की ओर बढ़ें, ताकि भविष्य की स्मार्ट, टिकाऊ और लाभकारी खेती को अपनाया जा सके।