



यंत्र-तंत्राचा प्रवास

भाग ६५

डॉ. सचिन नलावडे

कृषी यंत्रांना स्मार्ट करणाऱ्या यंत्रणा

गेल्या काही वर्षात तंत्रज्ञानामध्ये होत असलेल्या सुधारणांमुळे कृषी यंत्रामध्ये मोठे बदल होत आहेत. विविध प्रकारचे सेन्सर, जीपीएस आधारित संरचना, उत्तम दर्जाच्या प्रतिमा घेणारे कॅमेरे यांच्या कृषी यंत्रासोबत वापराविषयी माहिती या लेखामध्ये घेऊ.

कोणत्याही यंत्राची अचूकता ही त्याच्या स्थाननिश्चिततेतून येते. त्यावर आधारित त्यांच्या कामाची दिशा व अन्य बाबी ठरवणे शक्य होते. या कामासाठी प्रामुख्याने ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टीम (जीपीएस) आणि ग्लोबल नेव्हिगेशन सॅटेलाइट सिस्टीम (जीएनएसएस) या उपग्रह प्रणालींचा वापर केला जातो. ज्या प्रमाणे मोबाइलवरील गुगल मॅपस आपले स्थान निश्चित करून आपल्याला दिशा दाखवते. त्याच प्रमाणे या तंत्रज्ञानामुळे कृषी यंत्रे काटेकोर व अचूकतेने कामे करू शकतात. यामुळे पूर्ण केलेले काम आणि पुढे करावयाच्या कामाचे नियोजन करता येते. गरज असलेल्या ठिकाणी खते किंवा कीटनाशकांचा वापर करणे शक्य होते. त्यावर आधारित पुढील यंत्रणा कृषी यंत्रांना अधिक सक्षम करतात.

- **अचूक फील्ड मॅपिंग** : शेतीच्या सीमा, भूगोल अर्थात जमिनीचा चट उतार, अडथळे (नदी नाले व विहिरी तसेच झाडे झुडपे) आणि मशीनातील फरकांसह शेतांचे तपशीलवार नकाशे तयार करणे आता शक्य झाले आहे. या उपग्रह किंवा ड्रोनच्या सहायाने तयार करण्यात आलेल्या नकाशांचा उपयोग यंत्राचे नियंत्रण व संचालन करण्यासाठी होतो.
- **ऑटो-स्टिअरिंग आणि मार्गदर्शन** : मशिनना अचूक मार्गाचे अनुसरण करण्यास अनुमती देणे. यामुळे लागवड, खतपाणी आणि फवारणी यासारख्या कामांतील 'ओव्हरलॅप' आणि 'स्किप' कमी करणे शक्य होते. सध्या ड्रायव्हरहित ट्रॅक्टरचे संशोधन सुरू असून असे ट्रॅक्टर बाजारात आणले आहेत.
- **उपग्रह मॅपिंग** : जीपीएस -सक्षम कापणी करणारे यंत्र शेतात उपग्रहातील फरक दर्शविणारे नकाशे तयार करू शकतात. त्यामुळे शेतकऱ्यांना उच्च आणि कमी उत्पादकता क्षेत्र ओळखण्यास मदत होते. कंबाइन हार्वेस्टरद्वारे पोक काढणी करताना निघालेल्या धान्याची नोंद घेतल्या जाताना. प्रत्येक कापणीवेळी मागील हंगामातील त्याच शेतातील पिकांच्या धान्य उत्पादनाच्या नोंदी सोबत पडताळणी करून जमिनीचा सुयोग्य निर्देशांक तयार करणे शक्य आहे. भविष्यात त्या शेतात काय पेरवे, कोणत्या भागात जास्त खत घावे अशा बाबींचे नियोजन करणे शक्य होईल.

संवेदक (सेन्सर)

- कृषी यंत्रसामग्रीमध्ये विविध प्रकारचे सेन्सर व त्याच्या द्वारे मिळणाऱ्या माहितीचे एकत्रीकरण केले जाते. त्याचे अनेक फायदे दिसून येतात.
- **ऑप्टिकल सेन्सर, हायपरस्पेक्ट्रल आणि मल्टिस्पेक्ट्रल इमेजिंग** : मशिन किंवा ड्रोनवर बसवलेले हे सेन्सर पिकाच्या विविध कोनातून सुशुद्धिते घेऊन त्यातील बदलवरून पिकांच्या आरोग्याचे मूल्यांकन करू शकतात (उदा. NDVI - सामान्यीकृत फरक वनस्पती निर्देशांक मोजून), पाणी व अन्य घटकांचा ताण ओळखतात. रोग किंवा कीटकांचे प्रादुर्भाव व पोषक घटकांची कमतरता शोधू शकतात. हे



स्वायत्त ट्रॅक्टर व त्यामध्ये वापरले जाणारे विविध सेन्सर.

- सारे प्रत्यक्ष मानवी डोळ्यांना दिसण्यापूर्वी समजू शकते. त्यामुळे त्यावर उपाययोजना करणे शक्य होते. उदा. जीपीएस प्रणालींनी सुसज्ज असलेले कंबाइन हार्वेस्टर शेतात उच्च किंवा कमी उत्पादकतेचे क्षेत्र ओळखून उत्पन्न नकाशे तयार करू शकतात.
- **मातीत लावायचे सेन्सर** : हे सेन्सर मातीतील ओलावा, तापमान, सामू आणि पोषक पातळी यासारखे गुणधर्म मोजतात. त्यामुळे पिकासाठी सिंचन आणि खत व्यवस्थापनासाठी योग्य ती अचूक माहिती उपलब्ध होते. उदा. टेरास्ट्रिक सारख्या कंपन्यांनी विकसित केलेले मातीचे प्रोब मातीच्या परिस्थितीवर रिअल-टाइम डेटा प्रदान करतात, जे कलाउड-आधारित डॅशबोर्डद्वारे प्रवेशयोग्य असतात.
- **समीपता सेन्सर** : LiDAR, रडार यासारखे समीपता सेन्सर हे स्वायत्त मशीनांना येणारे अडथळे ओळखून, त्यातून सुरक्षितपणे पुढे जाण्यासाठी (नेव्हिगेशन) मदत करतात.
- **उष्णतामान मोजमाप करणारे संवेदक** : हे संवेदक तापमानातील फरक मोजतात. ज्वरित प्राणी, पिके आणि पाणी यांच्या तापमानाची नोंद घेऊन स्वयंचालित यंत्रणांना संदेश देऊ शकतात. या संवेदकाचा उपयोग प्राण्यांची हालचाल आणि प्रकृती माहिती करून घेणे, पुरावे पाणी भरलेल्या क्षेत्राची पाहणी करणे, पिकांवरील पाण्याचा तसेच जैविक ताण मोजणे यासाठी होतो.
- **पर्यावरणीय संवेदक** : तापमान, आर्द्रता, वाऱ्याचा वेग आणि सौर किरणोत्सर्ग यासारख्या हवामान परिस्थितीचे निरीक्षण केले जाते. त्याचा आधार घेत आधीच अंदाज घेत सिंचनासह कीटनाशकांच्या फवारणीचे वेळापत्रक तयार करणे शक्य होते. उदा. कृषी प्रणालीमध्ये समाविष्ट केलेले हवामान केंद्र शेती कामांचे इष्टतम नियोजनासाठी माहिती उपलब्ध होते.
- **बल संवेदक (फोर्स आणि टॉर्क सेन्सर)** : यंत्राच्या विविध भागांमध्ये निर्माण होणारे ताण, कंपने यासारख्या परिणामांवर सातत्याने लक्ष ठेवणारे हे सेन्सर उपयोगी ठरतात. त्यामुळे यंत्रावरील अतिताण कमी करण्याच्या दिशेने काम करता येते. परिणामी यंत्रे दीर्घायुची व सुरक्षित होण्यास मदत होईल. उदा. यांत्रिक हातातील (रोबोटिक आर्म्समधील) बल संवेदक कापणी किंवा तण काढणे यासारखी कामे अचूकतेने करता येतात.

परिवर्तनशील दर तंत्रज्ञान (VRT)

एकसम काम करणे हे तुलनेने सोपे असते. पण प्रत्यक्ष परिस्थितीचा अंदाज घेऊन आवश्यक तिथेच, तितकेच काम करण्यासाठी परिवर्तनशील दर तंत्रज्ञान (व्हेरिएबल रेट टेक्निक) हे अत्यंत महत्वाचे ठरते. उदा. शेतातील पोषकद्रव्ये किंवा पिकांवरील कीड-रोगांचे प्रमाण मोजून आवश्यक त्या ठिकाणी उपाययोजना करणे शक्य होते. त्यामुळे संसाधनांचा योग्य प्रमाणात वापर होत असल्याने परिणामकारकता व पर्यावरणसुरक्षा वाढते. अपेक्ष्य कमी होऊन खर्चात बचत साधते. या तंत्रज्ञानामध्ये पुढील आधुनिक तंत्रज्ञान फायदेशीर ठरते.

१. ड्रोन (मानवरहित हवाई वाहने - UAV)

- पिकांच्या आरोग्याचे मूल्यांकन करण्यासाठी, समस्या शोधण्यासाठी आणि वनस्पतींची गणना करण्यासाठी मोठ्या क्षेत्रांवरील पिकांचे निरीक्षण व जलद संवेक्षण करण्याची आवश्यकता असते. यासाठी हलके व जलद गतीने काम करणारे छायाचित्रांमध्ये सुस्पष्टता असणारे उच्च-घनता (रिझोल्यूशन) कॅमेरे, मल्टीस्पेक्ट्रल सेन्सर आणि थर्मल इमेजर्ससह सुसज्ज ड्रोन वापरले जातात.
- लक्षित क्षेत्रांमध्ये कीटकनाशके किंवा खते यांचे देण्यासाठी फवारणी ड्रोन वापरतात.
- शेतांचे तपशीलवार विमितीय नकाशे तयार करण्यासाठी '३ डी लिडार' सारख्या अचूक माहिती गोळा करणाऱ्या संवेदकांचा वापर ड्रोनवर केला जातो. यामुळे जमिनीचा उंच-सखलपणा आणि झाडे, इमारती व इतर सर्व बाबींची माहिती अचूकपणे मिळते. स्वायत्त यंत्रांना ही माहिती अतिशय उपयुक्त ठरते.

२. कृत्रिम बुद्धिमत्ता, मशिन लर्निंग

विविध सेन्सरसह उल्लेख्य आणि अन्य उपलब्ध माहितीचे विश्लेषण करून संपाद्य स्थितीचा अंदाज घेण्याचा प्रयत्न केला जातो. या प्रत्येक स्थितीमध्ये कोणते निर्णय घ्यावयाचे, कारवाई करावयाची यासाठी ही यंत्रे स्वतः शिकतात (मशिन लर्निंग) किंवा स्वतः

(आर्टिफिशियल इंटेलिजन्स) उतरे शोधण्याचा प्रयत्न करतात. त्यासाठी माहितीचे फॅटर्न, त्या त्या वेळी घेतले जाणारे निर्णय यांचे फॅटर्न यांचे एक प्रकारचे चक्र (अल्गोरिदम) मिळविण्याचा प्रयत्न केला जातो. या तंत्रज्ञानाचा फायदा विविध प्रकारचे संपाद्य अंदाज मिळविण्यासाठी केला जातो. उदा. ऐतिहासिक माहिती (डेटा), हवामान समुने आणि सध्याच्या शेताच्या परिस्थितीवर आधारित पोक उत्पादनाचा अंदाज काढणे शक्य होते. किंवा पाने व झाडातील अत्यंत सूक्ष्म बदलांचा ओळख घेऊन संपाद्य रोग कीड प्रादुर्भाव किंवा ताण यांचे अंदाज घेणे. बदलत्या हवामानाचा अंदाज घेत लागवडीचे किंवा काढणीचे वेळापत्रक तयार करणे. अधिक कार्यक्षमता मिळविण्यासाठी मशिन लर्निंग अल्गोरिदम हे यंत्रांना त्यांच्या अनुभवातून शिकण्यास आणि कालांतराने त्यांची कार्यक्षमता सुधारण्यास मदत करतात. उदा. एक स्वायत्त ट्रॅक्टर शिकू शकतो. पूर्वी झालेल्या चुका टाळून कार्यक्षमता वाढवू शकतो.

३. परिभाषित (प्रिस्क्रिप्टिव्ह) शेती

हवामानाची माहिती गोळा करून व शेतातील पिकांचे निरीक्षण करून आवश्यकतेनुसार प्रत्येक क्षेत्रासाठी शेतकऱ्याला व्यवस्थापनासाठी तयार केलेल्या विशेष शिफारशी प्रदान केल्या जातात. ज्यामध्ये विशिष्ट क्षेत्रे किंवा वैयक्तिक वनस्पतीसाठी पूर्व नियोजन केले जाते.

४. यांत्रिक हट्टी किंवा संगणक हट्टी

- यंत्रांना पुरवण्यात आलेले 'एआय-संचालित संगणक हट्टी' ही सभोवतालच्या परिसराचे निरीक्षण करण्यासोबतच त्याचा अर्थ लावण्यास सक्षम करते.
- उदा. अ) शेतातील तण आणि पोक फरक ओळखणे, फवारणी येथे किंवा रोबोटिक तणनाशक यंत्रांनी फक्त तणनाश लक्ष्य करणे.
- ब) फळे आणि पाजोपाला ओळखून रोबोटिक कापणी यंत्रांना पिकलेले उत्पादन ओळखण्यास आणि निवडण्यास सक्षम करणे.
- क) यंत्र चालताना मध्ये येणारे अडथळे टाळणे.