# झाडावरील फळे काढणारा स्वायत्त यंत्रमानव

अत्याधुनिक तंत्रज्ञान
डॉ. सुनील गोरंटीवार
☎ ९८८१५९५०८१
भाग : ३४

**मागील काही लेखांमध्ये शेतामध्ये शेतीची विविध कामे करणारी यंत्रमानव कसे कार्य करतात याची माहिती घेतली. या लेखामध्ये झाडांची फळे तोडणाऱ्या/काढणाऱ्या यंत्रमानवाचे तंत्रज्ञान व ते स्वायत्तपणे कसे कार्य करतात याची माहिती घेऊ.**

शेतामध्ये पेरणी, फवारणी, खुरपणी, सिंचन असे कोणतेही काम करणाऱ्या स्वायत्त यंत्रमानवामध्ये साधारणतः खालील प्रणाली असतात.

- यंत्रमानवाचे शेतामध्ये स्थान निश्चित करून त्याला शेतामध्ये ठरवून दिलेल्या मार्गाने स्वायत्तपणे प्रवास सुलभ करणारी प्रणाली.
- शेताच्या क्षेत्रामध्ये ठरविलेल्या कामाचे नियोजन करण्यासाठी संगणकीय प्रणाली.
- यंत्रमानवाचे स्वायत्त अथवा मानवचलित दूरस्थ नियंत्रण करणारी प्रणाली.
- अपेक्षित कामासाठी आवश्यक ते निर्णय घेणारी निर्णय समर्थन प्रणाली.
- घेतलेल्या निर्णयाप्रमाणे प्रत्यक्ष काम करणारी प्रणाली.
- फिरतेवेळी येणारे अडथळे ओळखण्याची व ती टाळण्याची यंत्रणा.
- यंत्रमानवाद्वारे माहिती संकलन करणारी व संकलित माहितीचे विश्लेषण करणारी प्रणाली.
- यंत्रमानव तसेच सभोवतालच्या परिसरात सुरक्षा प्रदान करणारी प्रणाली.
- कार्यासाठी आवश्यक त्या ऊर्जेचे पुनर्भरण व व्यवस्थापन करणारी प्रणाली.
- यंत्रमानवाचे देखरेख आणि नियंत्रण करणारी प्रणाली.

यातील फक्त ४ आणि ५ क्रमांकावरील प्रणाली ही वेगवेगळ्या कामासाठी वेगवेगळी असते. उदा. फवारणीच्या कामासाठी आपल्या क्षेत्रातील फवारणीची आवश्यकता ओळखणे, त्यानुसार फवारणी करणे. पेरणीसाठी जमिनीचा प्रकार ओळखून त्यानुसार पेरणीचे अंतर (दोन ओळी व दोन बिया किंवा रोपांतील अंतर) ठरविणे. त्याप्रमाणे पेरणी करणे, इ. उर्वरित बहुतांश प्रणाली या कृषी यंत्रमानवांसाठी जवळपास सारख्याच असतात. त्यामुळे आता या लेखामध्ये फळांच्या काढणी करणाऱ्या स्वायत्त यंत्रमानवातील काढणीयोग्य फळांची ओळख पटवणे, त्यानंतर त्याची काढणी/तोडणी करण्यासंदर्भातील वापरल्या जाणाऱ्या सामान्य तंत्रज्ञानाची माहिती घेऊ.

## झाडावरील फळे काढणीयोग्य आहेत की नाही हे यंत्रमानव कसे ठरवितो?

यंत्रमानवाद्वारे ज्या झाडावरील फळांची काढणी करावयाची आहे, त्या फळांची प्रथम ओळख यंत्रमानवास असली पाहिजे. त्यानंतर ओळखलेल्या फळांचे झाडावरील स्थान आणि फळे काढणीयोग्य लक्षणे दाखवताहेत का नाही, हे ठरवले पाहिजे. ही लक्षणे जाणून घेण्यासाठी यंत्रमानवाकडे संवेदके, कॅमेरे, संगणक दृष्टी प्रणाली असते. त्याला कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्रज्ञानाची जोड देऊन काढणीयोग्य फळांची ओळख पटविली जाते.

### (अ) संगणकीय दृष्टी प्रणाली :

आपण डोळ्यांनी पाहून ज्या प्रकारे एखादे फळ पिकले आहे का, त्याला डाग लागला आहे हे ओळखतो, त्या प्रमाणे यंत्रमानवावरील कॅमेरा, संवेदके फळांची एक अंकात्मक प्रतिमा (डिजिटल प्रतिमा) काढतात. या प्रतिमेवर संगणकीय दृष्टी आज्ञावली वापरून पुढील प्रमाणे प्रक्रिया केल्या जातात.

- झाडांच्या इतर अवयवांपेक्षा (उदा. पाने, फांद्या, खोड इ.) फळांना एक वेगळा विशिष्ट आकार, रचना व पोत असतो. त्यामुळे फळ व अन्य घटकांतील वैशिष्ट्ये व त्यातील भिन्नता जाणून घेऊन फळांची ओळख पटविण्यासाठी संगणकीय दृष्टी प्रणालीला कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्रज्ञानाद्वारे प्रशिक्षित केलेले असते.
- झाडावरील पाने ही सपाट किंवा द्विमितीय (२D) असतात. तर फळे ही त्रिमितीय (३D) असतात. द्विमितीय व त्रिमितीय रचना ओळखण्यासाठी व त्याद्वारे झाडावरील फळे ओळखण्यासाठी 'स्टिरिओ व्हिजन' सारख्या तंत्रज्ञानाचा वापर यंत्रमानवामध्ये केला जातो.
- झाडावरील फळाची ओळख पटल्यानंतर ते काढणीयोग्य आहे की नाही, हे जाणून घेण्यासाठी कॅमेऱ्याने टिपलेल्या प्रतिमांतील फळांचे रंग, आकार यांचे विश्लेषण केले जाते. पक्व झालेल्या फळाचा रंग, आकार हा कच्च्या किंवा खराब झालेल्या फळांपेक्षा सामान्यतः वेगळा असतो. घेतलेल्या प्रतिमांतील फळांच्या या वेगळेपणाचे विश्लेषण संगणकीय दृष्टी प्रणाली ही कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्रज्ञानाद्वारे करते. त्यासाठी तिला प्रशिक्षित केलेले असते. फळांचे रंग अधिक अचूकतेने ओळखण्यासाठी प्रतिमा घेताना फळांची दृश्यमानता वाढविण्यासाठी कॅमेराद्वारे प्रतिमा टिपताना विशेष प्रकारचा प्रकाश वापरला जातो.

### (ब) वर्णक्रमीय विश्लेषण (Spectral Analysis) :

बऱ्याच वेळा काढणीयोग्य व कच्च्या फळांमधील रंग व परिपक्वतेचा सूक्ष्म बदल हा मानवी डोळ्यांना व संगणकीय दृष्टी प्रणालीमध्ये वापरत असलेल्या कॅमेराद्वारे टिपल्या जाऊ शकत नाही. अशा वेळी मानवी डोळ्यांपलीकडे काही गोष्टी टिपू शकणाऱ्या विशिष्ट वर्णक्रमीय संवेदकाद्वारे (Spectral Sensors) अधिक माहिती गोळा केली जाते. त्या माहितीचेही योग्य विश्लेषण करून काढणीयोग्य व कच्ची फळे (मानवी क्षमतेपेक्षाही) अधिक अचूकतेने ओळखली जातात.

### (क) फळ दृढता मूल्यांकन (Fruit Firmness Analysis) :

काढणीयोग्य फळे ही साधारणतः कच्च्या फळांपेक्षा जास्त मऊ असतात. हे ओळखण्यासाठी फळांची दृढता अथवा कणखरपणा मोजणारी संवेदके यंत्रमानवावर स्थापित केलेली असतात.

वर उल्लेखलेल्या संगणकीय दृष्टी प्रणाली, वर्णक्रमीय विश्लेषण व फळ दृढता मूल्यांकन या तीन्ही आज्ञावलीद्वारे मिळालेल्या माहितीचे एकत्रित विश्लेषण केले जाते.

पान १४ वर »

### झाडावरील फळांचे स्थान निश्चित करणे

झाडावरील काढणीयोग्य फळाची माहिती यंत्रमानवाला झाल्यानंतर त्या फळाचे झाडावरील नेमके स्थान जाणून घेणे आवश्यक असते. त्यासाठी यंत्रमानवावर लायडर (LIDOR) या प्रकारची संवेदके स्थापित केलेली असतात. या संवेदकाद्वारे झाडाची त्रिमितीय प्रतिमा तयार होते. त्यात काढणीयोग्य फळाचे नेमके स्थान निश्चित केले जाते. ही माहिती झाल्यानंतर यंत्रमानवाचा हात ते पक्व फळ काढण्यासाठी तितका लांब केला जातो.

फळाचे निरीक्षण करताना यंत्रमानवावरील यंत्रणा.

स्वायत्त यंत्रमान झाडावरील फळतोडणी करताना.

झाडावरील काढणीयोग्य फळाची तोडणी केल्यानंतर.

तोडणी केल्यानंतर फळ योग्य ठिकाणी ठेवले जाते.

### यंत्रमानव पक्व फळांची काढणी कसा करतो?

झाडावरील फळे काढणी योग्य आहे हे यंत्रमानवास माहिती झाल्यानंतर त्या फळांची प्रत्यक्ष काढणी करण्यासाठी यंत्रमानवावर अनेक घटक स्थापित केले असतात. ते कार्यक्षमतेने व प्रभावीपणे एकत्रित काम करतात आणि संपूर्ण स्वायत्तपणे फळांची काढणी केली जाते. यासाठीचे तंत्रज्ञान सर्वसाधारणपणे पुढीलप्रमाणे असते.

- प्रथम यंत्रमानव झाडावरील काढणीयोग्य फळ ओळखतो. त्यानंतर यंत्रमानव झाडावर काढणीयोग्य फळाचे नेमके स्थान जाणून घेतो.
- फळांची प्रत्यक्ष तोडणी करण्यासाठी यंत्रमानवावर एक विशिष्ट प्रकारचा हात (Robotic Arm) स्थापित केलेला असतो. झाडावरील काढणीयोग्य फळांचे निश्चित स्थान माहिती असल्याने यंत्रमानवाच्या हाताचे सांधे (Joints) व ॲक्युएटरच्या (Actuators) योग्य प्रकारे वळतात किंवा फिरून तिथपर्यंत पोहोचतात. त्यानंतर हातावरील बोटे सदृश रचनाद्वारे काढणीयोग्य फळ योग्य प्रकारे पकडतात, तोडतात किंवा हाताळतात.
- यंत्रमानवाच्या हातावर 'पकड' (Grippers) बसविलेली असते. या पकडीचे आरेखन वेगवेगळ्या आकाराचे व मापाचे फळे सामावून घेण्यासाठी केले असते. तसेच त्यात आवश्यक ते मऊ साहित्य वापरलेले असते. त्यामुळे नाजूक फळेही अजिबात नुकसान न होता काढता येतो.
- ही 'पकड' काढणीयोग्य फळ किंवा त्याच्या देठापर्यंत योग्य त्या कोनातून पोहोचविली जाते. या पकडींमध्ये एक तर फळे झाडापासून वेगळे करण्यासाठी विशिष्ट प्रकारची बोटे बसवलेली असतात किंवा काही प्रकारच्या पकडींमध्ये विशिष्ट प्रकारची निर्वात पोकळी निर्माण करून फळे झाडापासून हळुवारपणे खेचली जातात.
- 'पकड'मध्ये पकडलेले फळ [illegible] विशिष्ट पात्रामध्ये किंवा वाहनामध्ये सुरक्षितपणे जमा केले जाते.
- हे काम पूर्ण झाल्यानंतर यंत्रमानवाचा हात पुढील काढणीयोग्य फळ निवडून तोडण्यासाठी पुढे सरकतो. अशा प्रकारे वेगाने या कामाची पुनरावृत्ती होत राहते.

---

# झाडावरील फळे काढणारा स्वायत्त यंत्रमानव

» पान ११ वरून

त्यानुसार झाडावरील फळे ओळखून, ती काढणीयोग्य आहेत किंवा नाही हे यंत्रमानवाद्वारे ठरविले जाते.

### (ड) मागोवा घेऊन 'चुका व दुरुस्त करा' या पद्धतीने प्रशिक्षण (Feedback and Interactive Learning) :

फळबागांमध्ये फळे काढणीचे काम करीत असताना यंत्रमानव त्याच्या यश अपयशातून शिकत असतो. काढणीच्या प्रत्येक सत्रामध्ये यश व चुकांची माहिती जमा केली जाते. तिच्या साह्याने कृत्रिम बुद्धिमत्ता आज्ञावलीला सातत्याने प्रशिक्षित केले जाते. त्यातून जितका जास्त वापर होत जाईल, तशी त्याची अचूकता वाढत जाते. अशा प्रकारे यंत्रमानव स्वायत्तपणे अधिक अचूकतेने फळे काढण्यासाठी प्रशिक्षित केला जातो.

**(लेखक महात्मा फुले कृषी विद्यापीठ, राहुरी, जि. नगर येथे संशोधन संचालक म्हणून कार्यरत आहेत.)**