



पाणलोट क्षेत्राच्या नव्या संकल्पना

भाग : १७

डॉ. सचिनकुमार नांदगुडे,
डॉ. संगीता शिंदे, डॉ. प्रसन्ना खैरे

पाणलोट क्षेत्र म्हणजे केवळ पाणी साठविण्याचे क्षेत्र नाही; ते पाऊस, माती, पाणी, वनस्पती, शेती आणि भूजल यांच्यातील परस्परसंबंधांची एक नैसर्गिक व्यवस्था आहे. या व्यवस्थेतील प्रत्येक घटकात सतत बदल होत असतात. हे बदल योग्य वेळी समजले, तर मृदा व जलसंधारणाची कामे अधिक परिणामकारकपणे करता येतात. यासाठी आता पारंपरिक निरीक्षणासोबत सेन्सर्स, इंटरनेट, उपग्रह, ड्रोन आणि डिजिटल नकाशांचा वापर वाढत आहे. या सर्व माहितीचे एकत्रित विश्लेषण करून पाणलोट क्षेत्राचे व्यवस्थापन करण्याची संकल्पना म्हणजे 'डिजिटल पाणलोट'.

एखाद्या पाणलोट क्षेत्रात किती पाऊस झाला, मातीमध्ये किती ओलावा आहे, किती पाणी जमिनीत मुरले, किती पाणी पृष्ठभागावरून वाहून गेले, नदी-नाल्यातील प्रवाह किती आहे, जलाशयात किती पाणी साठले आणि त्याबरोबर किती गाळ वाहून झाला, याची माहिती विविध साधनांद्वारे मिळविता येते. ही माहिती सेन्सर्स डेटा लॉगर आयओटी/टेलिमेट्री क्लाउड/संगणक डेटा विश्लेषण निर्णय या साखळीने जोडली जाते. त्यामुळे पाणलोट क्षेत्रातील परिस्थितीचे केवळ निरीक्षण न करता त्यानुसार व्यवस्थापनाचे निर्णय घेणे शक्य होते. सोप्या भाषेत सांगायचे झाले तर, 'पाणलोटाला काय घडत आहे?' याची माहिती वेळेवर मिळवून 'आता काय करावे?' याचा निर्णय घेण्याची व्यवस्था म्हणजे डिजिटल पाणलोट.

पाणलोट व्यवस्थापनात डेटा महत्त्वाचा

पारंपरिक पाणलोट व्यवस्थापनात पावसाची नोंद, नदी-नाल्याची पाहणी, विहिरींची पाणीपातळी आणि पिकांची स्थिती यांचे निरीक्षण प्रामुख्याने प्रत्यक्ष भेटी आणि ठरावीक अंतराने घेतलेल्या नोंदीवर आधारित असते. परंतु पावसाचे प्रमाण आणि पाण्याचा प्रवाह काही तासांत मोठ्या प्रमाणात बदलू शकतो. उदाहरणार्थ, एखाद्या पाणलोटाला जोरदार पाऊस झाल्यानंतर काही वेळातच पृष्ठभागावरील पाण्याचा



प्रत्यक्ष पाणलोट क्षेत्राचे डिजिटल द्विंद्वारे आभासी प्रतिरूप.

डिजिटल पाणलोट : डेटा, सेन्सर्स आणि स्मार्ट व्यवस्थापन

घटक / निष्पत्ती	पारंपरिक पाणलोट पद्धत	डिजिटल व स्मार्ट पाणलोट पद्धत
पावसाची नोंद	तालुक्याच्या सरासरी पावसावर अंदाज	पाणलोटालातील स्वयंचलित हवामान केंद्राद्वारे सूक्ष्म पातळीवर नोंद
मातीतील ओलावा	हलताने माती तपासून किंवा केवळ बभून अंदाज	डिजिटल मृदा आर्द्रता मापन सेन्सर्सद्वारे मुळांच्या विविध खोलीवरील अचूक टक्केवारी
भूजल पातळी मोजणी	विहिरीतील दोरी किंवा डोब्यांनी पाहणी	डिजिटल पिझोमीटरद्वारे रिअल-टाइम पातळी व उपशाची २४ तास नोंद
पीक निवड पद्धत	बाजारपेठ किंवा पारंपरिक सवयीनुसार	उपलब्ध पाण्याचा ताळेबंद मांडून पिकांचे नियोजन
सिंचन पद्धत	ठरावीक दिवसांच्या अंतराने पाणी देणे	सेन्सर अलर्टवर आधारित पिकाच्या आवश्यकतेनुसार 'स्मार्ट' पाणीपुरवठा
संरचनांची देखभाल	त्यक्ष गळती दिसल्यावर किंवा नुकसान झाल्यावर दुरुस्ती	सेन्सर आणि उपग्रह इमेजरीद्वारे साठा व गळतीचे वेळेवर पूर्वसूचना अलर्ट

प्रवाह वाढतो. त्याच वेळी मातीची धूप होऊन गाळ नदी-नाल्यात पोहोचू शकतो. हा बदल वेळेवर नोंदविला गेला, तर मृदा व जलसंधारणाच्या उपाययोजनांची परिणामकारकता अधिक चांगल्या प्रकारे समजून घेता येते.

स्मार्ट पाणलोटालाचे प्रमुख तांत्रिक घटक

डिजिटल पाणलोट व्यवस्थेत आधुनिक माहिती तंत्रज्ञान आणि विविध सेन्सर्स एकत्रितपणे कार्य करतात. यात प्रामुख्याने खालील तांत्रिक घटकांचा समावेश होतो:

मातीतील ओलावा मोजणारे सेन्सर्स

- पिकांच्या मुळांच्या कक्षेत (उदा. १५, ३० व ६० सेंमी

खोलीवर) कॅपेसिटिव्ह सेन्सर्स बसवले जातात. ते जमिनीतील उपलब्ध ओलावा सतत मोजून शेतकऱ्याच्या मोबाईलवर पाठवतात, ज्यामुळे पाण्याचा अनावश्यक वापर टळतो.

स्वयंचलित हवामान केंद्र

- स्थानिक पातळीवरील पाऊस, तापमान, हवेतील आर्द्रता, वाऱ्याचा वेग आणि बाष्पोत्सर्जनाचा दर मोजून पिकाची दैनंदिन पाण्याची गरज निश्चित करते.

भूजल पातळी मोजणारे सेन्सर्स

- निवडक प्रातिनिधिक विहिरी व कूपनलिकांमध्ये बसवलेले हे सेन्सर्स भूजल पातळीतील दैनंदिन चढ-उतार सातत्याने टिपतात.

धूपधूप पाणी पातळी सेन्सर्स

- या सेन्सर्समुळे पाणलोटालातील जलाशयात नेमका किती पाणीसाठा उपलब्ध आहे, पाण्याची आवक किती वेगाने होते आहे आणि सांठ्यावरून किती पाणी वाहून जात आहे, याची थेट आकडेवारी मिळते.

गाळ व अपघात मोजणारी सेन्सर्स

- पावसाच्या पाण्यासोबत नेमकी किती माती वाहून येत आहे आणि बंधान्यात किती गाळ साचत आहे, हे जाणून घेण्यासाठी नाल्यांच्या प्रवाहात टर्बिडिटी किंवा अकॉस्टिक सेन्सर्स तसेच अपघात मोजण्यासाठीचे

गावाचा 'डिजिटल जल ताळेबंद'

- ज्याप्रमाणे व्यापारी आपल्या जमा-खर्चाचा हिशेब ठेवतो, त्याचप्रमाणे डिजिटल पाणलोटामुळे गावाचा रिअल-टाइम जल ताळेबंद तयार होतो.

जमा बाजू

- चालू हंगामात पडलेला एकूण पाऊस, डोंगर उतारावरून वाहून गेलेला अपघात आणि बंधारे-शेततऱ्यात साठलेले पाणी.

भूजल साठा

- सेन्सर्सच्या मदतीने जमिनीत नेमके किती पाणी मुरले आणि विहिरीच्या पातळीत किती वाढ झाली याची खात्रीशीर नोंद.

नियोजित वापर

- पिण्याच्या पाण्यासाठीचा राखीव कोटा बाजूला ठेवून, शिल्लक पाण्यावर गावात किती हेक्टर क्षेत्रात रब्बी किंवा उन्हाळी पिके घेता येतील याचा शास्त्रोक्त आराखडा.

डिजिटल पाणलोटाला

मानवी भूमिका

डिजिटल तंत्रज्ञानामुळे निर्णय अधिक माहिती-आधारित होऊ शकतात; मात्र तंत्रज्ञान हे मानवी अनुभवाचा पर्याय नसून त्याला पूरक साधन आहे. शेतकऱ्यांचे स्थानिक ज्ञान, पाणलोटालातील पारंपरिक अनुभव, जमिनीची प्रत्यक्ष पाहणी आणि सेन्सरमधून मिळणारा डेटा यांची सांगड घालणे आवश्यक आहे. कारण एखाद्या सेन्सरने दाखविलेला आकडा समजून घेण्यासाठी त्या पेरिसराची प्रत्यक्ष भौगोलिक आणि कृषी परिस्थितीही महत्त्वाची असते. त्यामुळे भविष्यातील स्मार्ट पाणलोट व्यवस्थापनात तंत्रज्ञान + स्थानिक ज्ञान + वैज्ञानिक विश्लेषण + सहभागी नियोजन या चारही बाबी महत्त्वाच्या ठरतील.

डिजिटल पाणलोटालासमोरील आव्हाने

- प्रारंभिक खर्च व देखभाल :** सेन्सर्स आणि डिजिटल पाणलोटालासाठी खर्च तसेच नियमित देखभाल आवश्यक.
- वीज व इंटरनेटची उपलब्धता :** दुरांग पाणलोट क्षेत्रात वीज आणि नेटवर्कची समस्या येऊ शकते.
- डेटाची अचूकता :** सेन्सर्सचे योग्य कॅलिब्रेशन, देखभाल आणि वेळोवेळी पडताळणी आवश्यक.
- तांत्रिक कौशल्याची गरज :** डेटा समजून घेण्यासाठी आणि त्याचा योग्य वापर करण्यासाठी प्रशिक्षण आवश्यक.
- विविध डेटाचे एकीकरण :** सेन्सर, हवामान, जलसंधारण, ड्रोन आणि उपग्रहांची माहिती एकत्रित करणे हेही आव्हान आहे.

बसवले जातात. यामुळे बंधान्याची गाळ काढण्याची वेळ ठरवणे आणि डोंगर-उतारावर मातीची धूप रोखण्यासाठी योग्य उपाय करणे सोपे जाते.

उपग्रह आणि ड्रोनद्वारे नकाशांकन

- इसो आणि इतर उपग्रहांच्या मोफत उपलब्ध होणाऱ्या डेटावरून पाणलोटालातील पिकांचे आरोग्य, जमिनीची धूप आणि बंधान्यातील पाणीसाठ्याची स्थिती डिजिटल नकाशावर स्पष्ट दिसते. तसेच ड्रोनच्या साहाय्याने बंधान्यांमधील गाळाची अचूक खोली आणि पाणलोटालातील सूक्ष्म ओहोळांचे त्रिमापी मॉडेलिंग करता येते.



सेन्सर्सपासून निर्णयापर्यंत डेटा पोहोचण्याची प्रक्रिया

डिजिटल पाणलोट : डेटा, सेन्सर्स आणि स्मार्ट व्यवस्थापन

» पान १० वरून

स्मार्ट पाणलोट्याकडे वाटचाल

भविष्यात पाणलोट क्षेत्रातील विविध सेन्सर्स, हवामान अंदाज, बीआयएस, ड्रोन्स आणि उपग्रहांकडून मिळणारी माहिती एकाच डिजिटल प्रणालीमध्ये एकत्रित करून पाणलोट्याची डिजिटल प्रतिकृती तयार करण्याच्या दिशेनेही संशोधन होत आहे. या माहितीचे एआय आणि मशिन लर्निंगच्या साहाय्याने विश्लेषण करून पाण्याची उपलब्धता,

अपघाव, मृदा धूप, गाळ वाहतूक आणि सिंचनाची गरज यांचे पूर्वानुमान करता येऊ शकते. याच माहितीच्या आधारे स्थानिक परिस्थितीनुसार ॲग्रो-ॲडव्हायजरी (कृषी सल्ला) तयार करून सिंचन, पीक व्यवस्थापन आणि मृदा-संवर्धनाबाबत वेळेवर मार्गदर्शन देता येईल. यामुळे पाणलोट व्यवस्थापन 'माहिती गोळा करण्यापासून' 'माहितीवर आधारित निर्णय घेण्याकडे' आणि 'घटना घडण्यापूर्वी नियोजन करण्याकडे' वाटचाल करू शकते. शेवटी,

डिजिटल पाणलोट म्हणजे केवळ सेन्सर्स बसविणे नव्हे; तर पाऊस, माती आणि पाण्याची अचूक माहिती वापरून योग्य वेळी योग्य निर्णय घेणे आणि उपलब्ध नैसर्गिक साधनसंपत्तीचे अधिक शाश्वत व्यवस्थापन करणे होय.

- डॉ. सचिनकुमार नांदगुडे,

९४२३६०८२८७

(प्राध्यापक व विभाग प्रमुख, मृदा व जलसंधारण अभियांत्रिकी विभाग, महात्मा फुले कृषी विद्यापीठ, राहुरी)