



पाणलोटाला आधुनिक तंत्रज्ञानाची साथ

पाणलोट क्षेत्राच्या नव्या संकल्पना

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

सध्याच्या प्रगत तांत्रिक युगात पाणलोट क्षेत्राचे सनियंत्रण स्वयंचलित पद्धतीने केले जात आहे. इंटरनेट ऑफ थिंग्ज (IoT) अंतर्गत विविध ठिकाणी सेन्सरस बसवून आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता आणि मशीन लर्निंग अल्गोरिदमचा वापर करून प्रत्यक्ष वेळेत क्षेत्रीय माहितीचे विश्लेषण केले जाते. सेन्सरद्वारे मिळणारी माहिती इंटरनेटच्या माध्यमातून थेट संगणक किंवा मोबाईलवर उपलब्ध होते. त्यामुळे निर्णय अधिक वेगाने आणि अचूकपणे घेता येतात.

भाग : ५

पाणलोट नियोजनामध्ये पूर्वी टोपोशीट, समोच्च नकाशांकन आणि प्रत्यक्ष क्षेत्र सर्वेक्षण यांसारख्या पारंपरिक पद्धतींचा मोठ्या प्रमाणावर वापर केला जात असे. या पद्धती प्रभावी असल्या तरी वेळखाऊ आणि खर्चिक होत्या. उपग्रह तंत्रज्ञान, जीआयएस, ड्रोन, इंटरनेट ऑफ थिंग्ज आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता यांसारख्या आधुनिक साधनांमुळे आज पाणलोट क्षेत्राचे अधिक अचूक, जलद आणि वैज्ञानिक पद्धतीने विश्लेषण करणे शक्य झाले आहे. क्लायमेट स्मार्ट पाणलोट नियोजनामध्ये या तंत्रज्ञानाची भूमिका महत्त्वाची आहे.

अतिवृष्टी, डगफुटी आणि पावसाचा प्रदीर्घ खंड या हवामान बदलाच्या चक्रांमुळे आज ग्रामीण भागातील पाण्याचे आणि मातीचे पारंपरिक गणित पार कोलमडून गेले आहे. या आव्हानाचा मुकाबला करण्यासाठी केवळ जुन्या अनुभववांवर विसंबून न राहता वैज्ञानिक दृष्टिकोन स्वीकारणे गरजेचे बनले आहे. म्हणूनच, 'क्लायमेट स्मार्ट' नियोजनात सर्वात आधी प्राधान्य दिले जाते ते सुपीक माती वाचवण्याला. हे करत असताना, आधुनिक तंत्रज्ञान आपल्याला कागदी नकाशांच्या काळापासून थेट कृत्रिम बुद्धिमतेपर्यंत कसे घेऊन गेले आहे आणि त्याचा प्रत्यक्ष फायदा आपल्या शेताला कसा होणार आहे, हे आपण सविस्तर समजून घेऊयात.

माती वाहून जाण्याचे वैज्ञानिक गणित

पाणलोट क्षेत्रातून दरवर्षी नेमकी किती सुपीक माती वाहून जाते, हे मोजण्यासाठी जागरण वैश्विक मूदा धूप समीकरण (Universal Soil Loss Equation - USLE) मोठ्या प्रमाणावर वापरले जाते. हे समीकरण एखाद्या क्षेत्रातून दरवर्षी होणाऱ्या संपाद्य मूदा धूपाचे मूल्यांकन करण्यास मदत करते. या समीकरणात पावसाची तीव्रता, जमिनीचा प्रकार, उताराची लांबी व तीव्रता, जमिनीवरील पीक आच्छादन आणि मूदा संवर्धन उपाययोजना यांचा विचार केला जातो. वैश्विक मूदा धूप समीकरणाच्या आधारे कोणत्या क्षेत्रात धूप जास्त आहे हे ओळखून त्या भागांना



प्राधान्याने उपचार देता येतात. वैश्विक मूदा धूप समीकरणाची सुधारित आवृत्तीमध्ये (Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) सुधारित माहिती संच, संगणकीय विश्लेषण आणि भौगोलिक माहिती प्रणाली यांचा वापर केला जातो. आज अनेक संशोधन संस्थांमध्ये या वैज्ञानिक मॉडेलचा वापर करून मूदा धूप नकाशे तयार केले जातात. त्यामुळे उपचारांची अचूक जागा आणि प्रकार निश्चित करणे अधिक सोपे होते.

टोपोशीट आणि समोच्च नकाशांकन

डिजिटल प्रणाली उपलब्ध होण्यापूर्वी पाणलोट नियोजनासाठी प्रामुख्याने कागदी दस्तऐवज आणि प्रत्यक्ष क्षेत्र मोजणीवर भर दिला जात असे. यामध्ये भारतीय सर्वेक्षण विभागाचे टोपोशीट आणि प्रत्यक्ष क्षेत्रावर डॅपी लेव्हल किंवा थिओडोलाइट उपकरणांच्या साहाय्याने समोच्च मोजमाप केले जाई. यामुळे शेतातील उताराची दिशा व प्रवाहाचे मार्ग निश्चित करून प्राथमिक बांधबंदिदस्तीचे नियोजन करणे शक्य झाले. प्राथमिक स्तरावर प्रवाहाचा वेग नियंत्रित करून दोबळ मूदा धूप थांबवण्यास मदत झाली. या पद्धती अत्यंत वेळखाऊ आणि श्रमप्रधान होत्या. दुरीम डोंगराळ भागातील सर्वेक्षणासाठी या पद्धतीची अचूकता मर्यादित असून, मानवी चुका होण्याची शक्यता अधिक होती.

जागतिक स्थाननिश्चिती प्रणाली

भौगोलिक स्थानांची अचूकता निश्चित करण्यासाठी पाणलोट व्यवस्थापनात जीपीएस तंत्रज्ञानाचा वापर ही आधुनिकतेची पहिली पायरी ठरली. या उपकरणाद्वारे पाणलोट क्षेत्रातील विविध जलरचना, ओढे आणि डोंगरांचे अचूक अक्षांश-रेखांश आणि समुद्रसपाटीपासूनची उंची मोजली जाते. जीपीएसच्या वापरामुळे सिमेंट नाला बांध, पाझर तलाव किंवा शेततळ्यांची तांत्रिकदृष्ट्या योग्य जागा निश्चित करणे सुलभ होते. यामुळे चुकीच्या जागी कामे होऊन होणारा आर्थिक अपव्यय टाळता येतो.

प्रगत अवकाशीय तंत्रज्ञान

हवामान बदलाच्या आव्हानांना तोंड देण्यासाठी संपूर्ण खोऱ्याचा एकत्रित अभ्यास करणे आवश्यक असते. यासाठी सुदूर संवेदन म्हणजेच उपग्रह डेटा, भौगोलिक माहिती प्रणाली हे संगणकीय सॉफ्टवेअर आणि जमिनीच्या चढ-उताराचे त्रिमितीय प्रतिरूप (DEM - Digital Elevation Model) अत्यंत महत्त्वाचे ठरतात.

उपग्रह प्रतिमा आणि डिजिटल एंजी मॉडेलच्या मदतीने जमिनीचा उतार, दिशा, धूपवापर, पीक पद्धती, वनस्पती आच्छादन, जलनिस्सारण जाळे (ड्रेनेज नेटवर्क), मूदा धूप संपादन, पूजल पुनर्भरणसाठी योग्य क्षेत्रे हलकादी

माहिती मिळवता येते. पूर्वी मोठ्या प्रमाणावर क्षेत्र सर्वेक्षण करण्यासाठी अनेक महिने लागत असत. आज उपग्रह तंत्रज्ञानाच्या साहाय्याने काही दिवसांत संपूर्ण पाणलोट क्षेत्राचे विश्लेषण करणे शक्य झाले आहे.

ड्रोन तंत्रज्ञानाची भूमिका

ड्रोनच्या मदतीने अत्यंत उच्च गुणवत्ता असलेल्या प्रतिमा मिळतात. यामुळे लहान नाले, धूपप्रस्त भाग, घट्टी, उपचार संरचनांची स्थिती आणि पिकांची अवस्था यांचे अचूक निरीक्षण करता येते. पावसाळ्यानंतर किंवा अतिवृष्टीच्या घटनांनंतर नुकसानग्रस्त क्षेत्रांचे जलद मूल्यांकन करण्यासाठी ड्रोन अत्यंत उपयुक्त ठरत आहेत.

अत्याधुनिक डिजिटल प्रणाली

सध्याच्या प्रगत तांत्रिक युगात पाणलोट क्षेत्राचे सनियंत्रण स्वयंचलित पद्धतीने केले जात आहे. इंटरनेट ऑफ थिंग्ज अंतर्गत विविध ठिकाणी सेन्सरस बसवून आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता आणि मशीन लर्निंग अल्गोरिदमचा वापर करून प्रत्यक्ष वेळेत क्षेत्रीय माहितीचे विश्लेषण केले जाते. सेन्सरद्वारे मिळणारी माहिती इंटरनेटच्या माध्यमातून थेट संगणक किंवा मोबाईलवर उपलब्ध होते. त्यामुळे निर्णय अधिक वेगाने आणि अचूकपणे घेता येतात.

जलवैज्ञानिक प्रारूपे

पाणलोट क्षेत्रातील पर्जन्य, पृष्ठीय प्रवाह, पूजल पुनर्भरण, बाष्पोत्सर्जन आणि नदीप्रवाह यांसारख्या जलचक्रातील विविध प्रक्रियांचे संगणकीय अनुकरण करण्यासाठी जलवैज्ञानिक प्रारूपांचा वापर केला जातो. ही प्रारूपे हवामान, भूआकार, मूदा आणि भूमी वापर यासंबंधीची माहिती वापरून जलस्रोतांच्या वर्तनाचा अभ्यास करतात. यामुळे पाण्याची उपलब्धता, पूर आणि दुष्काळाचा धोका, तसेच जलसंधारण उपाययोजनांची परिणामकारकता यांचे मूल्यांकन करता येते.

तंत्रज्ञानाचा वापर

- पर्जन्यमान अंदाज
- दुष्काळ पूर्वसूचना
- पूर संधाव्यता विश्लेषण
- मूदा धूप मूल्यांकन
- पूजल पुनर्भरण अंदाज
- पीक उत्पादनाचा अंदाज

अनेक वर्षांच्या हवामान आणि क्षेत्रीय माहितीचे विश्लेषण करून भविष्यातील परिस्थितीचा अंदाज बांधणे शक्य होते. त्यामुळे नियोजन अधिक प्रभावी बनते. पाणलोट व्यवस्थापनाच्या प्रक्रियेत टोपोशीटच्या कागदी नकाशांपासून सुरू झालेला प्रवास आज कृत्रिम बुद्धिमतेपर्यंत पोहचला

काही प्रमुख जलवैज्ञानिक प्रारूपे

- एचडब्ल्यूएटी - एचएसएस : पर्जन्य-प्रवाह संबंधांचे अनुकरण करण्यासाठी वापरले जाणारे लोकप्रिय प्रारूप. पूर अंदाज, पाणलोट विश्लेषण आणि जलसंधारण नियोजनासाठी उपयुक्त
- एसडब्ल्यूएटी : पाणलोट क्षेत्रातील जलप्रवाह, मूदा धूप, गाळ वाहूनक आणि कृषी व्यवस्थापन पद्धतीच्या परिणामांचा अभ्यास करणारे प्रारूप.
- एमआयकेई एसएचई : पृष्ठीय पाणी, पूजल आणि नदीप्रवाह यांचा एकात्मिक अभ्यास करणारे व्यापक जलवैज्ञानिक प्रारूप.

हवामान प्रारूपे

हवामान बदलामुळे पर्जन्यमान, तापमान, दुष्काळ आणि अतिवृष्टीच्या घटनांमध्ये वाढ होत असल्याने भविष्यातील हवामानाचा अंदाज घेण्यासाठी हवामान मॉडेलचा मोठ्या प्रमाणावर वापर केला जातो. ही संगणकाधारित गणितीय प्रारूपे वातावरण, महासागर, जमीन आणि जलस्रोत यांमधील परस्परसंबंधांचे विश्लेषण करून भविष्यातील हवामान परिस्थितीचे अनुकरण करतात. या मॉडेलच्या मदतीने विविध हवामान परिस्थितीमध्ये पाण्याची उपलब्धता, पिकांची उत्पादकता, मूदा धूप आणि नैसर्गिक संसाधनांवरील संधाव्य परिणामांचा अंदाज घेता येतो.

उदाहरणे

जीसीएम : जागतिक स्तरावर तापमान, पर्जन्यमान, वारे आणि महासागरातील बदलांचे अनुकरण करणारी मॉडेलस. भविष्यातील हवामान बदलांचा अंदाज घेण्यासाठी यांचा मोठ्या प्रमाणावर वापर केला जातो.

आरसीएम : विशिष्ट प्रदेशासाठी अधिक सूक्ष्म हवामान अंदाज देणारी मॉडेलस. पाणलोट क्षेत्र किंवा जिल्हास्तरीय अभ्यासासाठी उपयुक्त.

पीआरएचसीआयएस : विकसनशील देशांसाठी विकसित केलेले प्रादेशिक हवामान मॉडेल. भारतात हवामान बदलाच्या परिणामांच्या अभ्यासासाठी याचा वापर केला जातो.

रीग सीएम : प्रादेशिक स्तरावरील तापमान व पर्जन्यमानातील बदलांचे अनुकरण करण्यासाठी वापरले जाणारे मॉडेल.

डब्ल्यू आरएफ : हवामान आणि हवामानशास्त्रीय अंदाजासाठी वापरले जाणारे अत्यंत लोकप्रिय मॉडेल. अतिवृष्टी, पूर आणि दुष्काळाच्या अभ्यासात उपयुक्त

आहे. हवामान बदलाच्या तीव्र स्थितीमध्ये पारंपरिक अनुभवाना जेव्हा वैज्ञानिक समीकरणांची आणि आधुनिक डिजिटल साधनांची जोड मिळते, तेव्हाच खऱ्या अर्थाने हवामान अनुकूल पाणलोटची निर्मिती होते. हे तंत्रज्ञान पाणलोट क्षेत्राची कार्यक्षमता आणि शाश्वतता वाढवण्यासाठी अनिवार्य ठरत आहे.

- डॉ. सचिनकुमार नांदगुडे,
९४२३६०८२८७
(प्राध्यापक व विभाग प्रमुख,
मूद व जलसंधारण अभियांत्रिकी विभाग,
महात्मा फुले कृषी विद्यापीठ,
राहुरी, जि. अहिल्यानगर)