

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

सेन्सर आधारित गाळ मापनामध्ये प्रत्येक वेळी पाण्याचे नमुने गोळा करण्याऐवजी, गाळामुळे पाण्याच्या प्रकाशीय, ध्वनी, दाब किंवा इतर भौतिक गुणधर्मांमध्ये होणारे बदल मोजले जातात. त्यामुळे गाळाच्या प्रमाणातील बदलांचे वारंवार, सातत्याने आणि स्वयंचलितपणे निरीक्षण करता येते. इंटरनेट ऑफ थिंग्ज आणि टेलिमेट्री तंत्रज्ञानाची जोड दिल्यास सेन्सरद्वारे मिळणारा डेटा दूरस्थ ठिकाणाहूनही संगणक किंवा मोबाईलवर मिळवता येतो.

पावसाचे पाणी वाहताना त्याबरोबर मातीचे कणही वाहून नेते. नदी, नाला, कालवा किंवा जलाशयातील पाण्यात हे कण निर्लंबित अवस्थेत असतात. या गाळाचे प्रमाण किती आहे, तो कुठून येतो, किती वेगाने वाहून जातो आणि कुठे साचतो, याची माहिती जलसंधारण, मृदा संवर्धन आणि जलस्रोत व्यवस्थापनासाठी अत्यंत महत्वाची आहे. मात्र, गाळाचे पारंपरिक पद्धतीने मापन वेळोवेळा असल्याने सेन्सर, रिमोट सेन्सिंगवर आधारित तंत्रज्ञानाचा वापर वाढत आहे.

गाळ मापनाची आवश्यकता

- पाणी साठवण क्षमतेचा अचूक अंदाज : धरणात नेमके किती उपयुक्त पाणी आणि किती मृत साठा किंवा गाळ आहे, हे स्पष्ट होते.
- जलसंधारणाच्या उपाययोजनांचे मूल्यमापन करण्यासाठी : बंधारे, गाळ अडवणारे बंधारे, समतल व, वनस्पती आच्छादन आदी उपायांमुळे गाळ वाहून जाण्यात किती घट झाली, हे तपासता येते.
- संशोधन व नियोजनासाठी : मृदा व जलसंधारण, पाणलोट क्षेत्र विकास आणि जलस्रोत व्यवस्थापनाच्या नियोजनासाठी आवश्यक आधारभूत माहिती मिळते.
- उपसा सिंचन व पाईपलाईनचे रक्षण : पाण्यातील बावीक वाढू व गाळामुळे पंपांचे नुकसान आणि ड्रिप/स्प्रिंकलरचे फिल्टर्स चौक होतात.

पारंपरिक पद्धतीची मर्यादा

गाळ मोजण्यासाठी पारंपरिक पद्धतीत नदी किंवा नाल्यातून पाण्याचे नमुने ठरावीक वेळी घेतले जातात. प्रयोगशाळेत नमुन्यातील गाळ वेगळा करून वाळवला जातो आणि त्याचे वजन केले जाते. या पद्धतीत गाळाचे प्रत्यक्ष प्रमाण मिळत असल्याने ती महत्वाची संदर्भ पद्धत आहे. परंतु पावसाच्या वेळी गाळाचे प्रमाण काही मिनिटांत किंवा तासांत मोठ्या प्रमाणात बदलू शकते. अशा वेळी प्रत्येक बदलासाठी वारंवार नमुने घेणे अवघड असते. दूरगम ठिकाणी किंवा पुराच्या वेळी नमुना घेणे शोकादायकही ठरू शकते. त्यामुळे सतत, स्वयंचलित आणि वारंवार मापन करणाऱ्या पद्धतीची गरज निर्माण झाली आहे.

सेन्सर आधारित गाळ मापन तंत्रज्ञान

पाण्यातील गाळाचे मापन आता अधिक सोपे!

सेन्सर तंत्रज्ञानामुळे गाळाचे प्रमाण सतत, स्वयंचलितपणे आणि दूरस्थ ठिकाणाहून जाणून घेता येते.

सीर ऊर्जावर चालणारे डेटा संकलक (IoT / टेलिमेट्री)

पाण्यातील गाळाचे कण (निर्लंबित गाळ)

प्रकाश/ध्वनी

गाळ मापन सेन्सर (प्रकाश/ध्वनी आधारित)

जलाशयाचा तळ

डेटा घेत मोबाईल किंवा संगणकावर

गाळाचे प्रमाण (SSC)

SSC (mg/L)

सतत मापन

अधिक अचूक माहिती

जलसंधारण व नियोजनासाठी उपयुक्त

स्वच्छ पाणी, समृद्ध शेती आणि सुरक्षित जलसाठे यासाठी गाळाचे मापन आवश्यक!

सेन्सर आधारित गाळ मापन यंत्रणा.

तंत्रज्ञान / सेन्सर प्रकार	कार्यपद्धती	मुख्य वैशिष्ट्ये व उपयुक्तता
ऑप्टिकल टर्बिडिटी सेन्सर	पाण्यात इन्फ्रारेड किंवा लेझर प्रकाश सोडून, गाळाच्या कणांमुळे होणाऱ्या प्रकाशाच्या परावर्तनवरून किंवा विखुरण्यावरून गाळपणा मोजला जातो.	कालवे, नद्या आणि शेततळ्यातील तरंगत्या गाळाचे तात्काळ मापन करण्यासाठी अत्यंत उपयुक्त.
ध्वनी-आधारित अकॉस्टिक बॅकस्केटर तंत्रज्ञान	पाण्यात उच्च फ्रिक्वेन्सीच्या ध्वनिलहरी पाठवून, गाळाच्या कणांवरून परावर्तित होणाऱ्या ध्वनीसंकेतांच्या तीव्रतेचे विश्लेषण करून निर्लंबित गाळाच्या प्रमाणाचा आणि खोलीनुसार त्याच्या वितरणाचा अंदाज घेतला जातो.	नदी, कालवा व जलाशयातील निर्लंबित गाळाचे वितरण आणि वाहतूक समजण्यासाठी उपयुक्त; पाण्याच्या विविध खोलींवर गाळाचे प्रोफाइल मिळवता येते.
ड्राब-आधारित सेन्सर	गाळाचा थर साचल्यामुळे पाण्याच्या तळाशी निर्माण होणाऱ्या दाबातील सूक्ष्म बदल सेन्सरद्वारे मोजले जातात.	झर बंधारे आणि लहान जलसाठ्यांच्या तळाशी साठलेल्या धराची जाडी तपासण्यासाठी.

सेन्सर तंत्रज्ञानाने मापन पद्धत

सेन्सर आधारित गाळ मापनामध्ये प्रत्येक वेळी पाण्याचे नमुने गोळा करण्याऐवजी, गाळामुळे पाण्याच्या प्रकाशीय, ध्वनी, दाब किंवा इतर भौतिक गुणधर्मांमध्ये होणारे बदल मोजले जातात. त्यामुळे गाळाच्या प्रमाणातील बदलांचे वारंवार, सातत्याने आणि स्वयंचलितपणे निरीक्षण करता येते. इंटरनेट ऑफ थिंग्ज आणि टेलिमेट्री तंत्रज्ञानाची जोड दिल्यास सेन्सरद्वारे मिळणारा डेटा दूरस्थ ठिकाणाहूनही संगणक किंवा मोबाईलवर मिळवता येतो.

मात्र, सेन्सरचे रीडिंग म्हणजे थेट गाळाचे प्रमाण नव्हे. त्यामुळे प्रत्यक्ष पाण्याचे नमुने घेऊन त्यातील गाळाचे प्रमाण निश्चित केले जाते आणि त्याची सेन्सरच्या रीडिंगशी सांगड घालून कॅलिब्रेशन समीकरण तयार केले जाते. गाळाच्या कणांचा आकार, रंग, प्रकार आणि पाण्याची स्थिती यांनुसार हे समीकरण बदलू शकते. त्यामुळे अचूक मापनासाठी योग्य कॅलिब्रेशन आणि वेळोवेळी पडताळणी आवश्यक असते.

डोनद्वारे आधुनिक सर्वेक्षण

जलाशयाचा विस्तार मोठा असल्यास डोन तंत्रज्ञान गाळ

मापनात महत्वपूर्ण ठरते.

- मल्टीस्पेक्ट्रल आणि हायपरस्पेक्ट्रल सेन्सर: पाण्याच्या पृष्ठभागावरील रंगाचे परावर्तन नोंदवून पाण्यातील गाळपणा आणि पृष्ठभागावरील गाळाचा नकाशा तयार केला जातो.
- डोन-सक्षम बॅथिमेट्रीक लिडार: उधळ व स्वच्छ पाण्यात पाण्याच्या तळापर्यंत लेझर किरण पाठवून जलाशयाच्या तळाचा ३-डी डिजिटल नकाशा तयार करता येतो.
- फायदे: कमी वेळेत मोठ्या क्षेत्राचे सर्वेक्षण शक्य, पृथ्वीत मानवी हस्तक्षेप नसलेले सुरक्षित सर्वेक्षण.

एकूणच, "किती पाणी वाहते?" याबरोबरच "त्या पाण्याबरोबर किती माती वाहून जाते?" हे जाणून घेणेही तितकेच महत्वाचे आहे. गाळ हा केवळ जलाशयात साचणारा घटक नसून, तो मृदा धूप, जलस्रोतांची कार्यक्षमता आणि पाणलोट क्षेत्राच्या आरोग्याचा महत्वाचा निर्देशक आहे. पारंपरिक नमुना-आधारित पद्धतीसोबत सेन्सर, अकॉस्टिक तंत्रज्ञान, डोन आणि उपग्रहाधारित सुदूरसंवेदन यांचा योग्य वापर केल्यास गाळाच्या वाहतुकीचे अधिक अचूक व व्यापक निरीक्षण शक्य होईल. भविष्यात या तंत्रज्ञानाचे कृत्रिम

भविष्यातील दिशा : अनेक तंत्रज्ञानांचे एकत्रीकरण

- गाळ मापनासाठी भविष्यात एकच तंत्रज्ञान सर्व परिस्थितींमध्ये वापरले जाईल, असे नाही. उलट वेगवेगळ्या तंत्रज्ञानांची सांगड अधिक उपयुक्त ठरणार आहे. उदाहरणार्थ,
- स्थानिक सेन्सर: ठरावीक ठिकाणी निर्लंबित गाळाचे वारंवार मापन करण्यासाठी.
- अकॉस्टिक सेन्सर: नदीच्या रुंदीतील किंवा खोलीनुसार गाळाचे वितरण समजून घेण्यासाठी.
- डोन-आधारित हायपरस्पेक्ट्रल इमेजिंग: स्थानिक भागाचे स्पष्ट आणि सविस्तर नकाशांकन.
- उपग्रह-आधारित सुदूरसंवेदन: मोठ्या नदीखोऱ्याचे व्यापक आणि कालानुसार बदलणारे निरीक्षण.
- कृत्रिम बुद्धिमत्ता आणि डेटा विश्लेषण: विविध स्रोतांमधून मिळालेल्या माहितीचे एकत्रित विश्लेषण करून गाळाच्या वाहतुकीचा अंदाज वर्तवणे.
- या व्यापक तंत्रज्ञानाच्या दिशेने देशात विविध संशोधनात्मक प्रयत्नाही सुरू आहेत. याच दिशेने महात्मा फुले कृषी विद्यापीठात येथे सेन्सर आधारित गाळ मापन उपकरण विकसित करण्यात आले आहे. हे उपकरण पाण्याच्या प्रवाहात प्रत्यक्ष हस्तक्षेप न करता गाळाचे मापन सातत्याने व स्वयंचलितपणे करण्यासाठी विकसित केले असून, भविष्यात जलसंधारण क्षेत्रातील दीर्घकालीन गाळ निरीक्षणासाठी त्याचा उपयोग होऊ शकतो.

बुद्धिमत्ता आणि डेटा विश्लेषणाशी एकत्रीकरण झाल्यास जलसाठ्यांमधील गाळाचे सातत्यपूर्ण निरीक्षण आणि शाश्वत जलस्रोत व्यवस्थापनाला नवी दिशा मिळू शकते.

डॉ. सचिनकुमार नांदगुडे, ९४२३६०८२८७
(पाण्यापक व विभाग प्रमुख, मृदा व जलसंधारण अभियांत्रिकी विभाग, महात्मा फुले कृषी विद्यापीठ, राहुरी)