



# डिजिटल प्रतिमेचा रेडिओमॅट्रिक दर्जा...



## अत्याधुनिक तंत्रज्ञान

डॉ. सुनील गोरेंटीवार  
९८८९५९५०८९



भाग ४२

डिजिटल प्रतिमेमध्ये अंतर्भूत माहिती ही वेगवेगळ्या प्रकारच्या दर्जांची (रिझोल्युशन) असते. हा दर्जा उच्च ते कमी असते. कामांच्या स्वरूपानुसार योग्य दर्जाची प्रतिमा किती असावी, हे ठरवले जाते. आपण या आधीच्या भागातून दर्जाचे व्याप्ती दर्जा (Spatial Resolution) आणि वर्णक्रमीय दर्जा (Spectral Resolution) ची माहिती घेतली. या लेखामध्ये रेडिओमॅट्रिक दर्जा (Radiometric Resolution) विषयी जाणून घेऊ.

शे तो अधिक उत्पादनक्षम, किफायतशीर, पर्यावरणपूरक आणि शाश्वत होण्यासाठी विविध तंत्रज्ञान वापरले जाते. त्या तंत्रज्ञानांना आधुनिक माहिती तंत्रज्ञानाचाही जोड देणे आवश्यक आहे. यामध्ये संगणकीय प्रारूप, निर्णय समर्थन प्रणाली, संवेदके, वस्तूचे आंतरजाल अथवा इंटरनेट ऑफ थिंग्ज, ड्रोन, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, यंत्र मानव इ. तंत्रांचा अंतर्भाव आहे. यामुळे आपण एकत्रितपणे 'डिजिटल किंवा अंकात्मक तंत्रज्ञान' असेही संबोधतो. या तंत्रज्ञानाच्या वापरानुसार शेततीर्थयोगी साधने विकसित केली जातात, त्यास 'डिजिटल कृषी तंत्रज्ञान' असेही संबोधतात. अलाउकडे या तंत्रज्ञानात कृत्रिम बुद्धिमत्ता (आर्टिफिशियल इंटेलिजन्स) तंत्रज्ञानाचा वापर करून कृषीपर्यायी साधने विकसित करण्याचे प्रयत्न सुरू आहेत.

कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्रज्ञानाच्या एका प्रकारामध्ये वर्तमान परिस्थितीमध्ये शेततीर्थसंबंधी वेगवेगळी बाबींच्या प्रतिमा घेणे, त्यांचे पृथक्करण करणे व पृथक्करणाद्वारे प्राप्त झालेल्या माहितीच्या आधारे निर्णय घेणे व घेतलेले निर्णय कार्यान्वित करणे, इ. कामांचा अंतर्भाव होतो. म्हणजेच या प्रकारात प्रतिमा हा या कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्रज्ञानाचा गाभा आहे. आपणास प्रचलित पद्धतीद्वारे प्राप्त होणाऱ्या प्रतिमा या अनालॉग (Analog) म्हणजेच सतत आलेखीय स्वरूपाच्या असतात. त्या प्रतिमांचे संगणकाद्वारे पृथक्करण अथवा विश्लेषण करता येत नाही. कारण संगणक हा अंकात्मक (शून्य आणि एक या भाषेमध्ये) कार्य करतो. त्यामुळे उपलब्ध प्रतिमा अंकात्मक स्वरूपात रूपांतरित करण्याची आवश्यकता असते. अंकात्मक स्वरूपात प्राप्त झालेल्या प्रतिमा पुढे विविध संगणकीय प्रणालीद्वारे त्या इच्छित कार्य उद्दिष्टप्रमाणे वापरता येतात.

डिजिटल प्रतिमेमध्ये अंतर्भूत माहिती ही वेगवेगळ्या दर्जांची (रिझोल्युशन) असते. हा दर्जा उच्च ते कमी असते. कामांच्या स्वरूपानुसार योग्य दर्जाची प्रतिमा किती असावी, हे ठरवले जाते. आपण या आधीच्या भागातून दर्जाचे व्याप्ती दर्जा (Spatial

Resolution) आणि वर्णक्रमीय दर्जा (Spectral Resolution) ची माहिती घेतली.

अ) व्याप्ती दर्जा हा शेतामधील वेगवेगळ्या बाबींच्या तपशीला संबंधित आहे, जसे सूक्ष्म अथवा दोबळ तपशील. शेतामधील विविध बाबींच्या सूक्ष्म तपशीलासाठी प्रतिमेचा व्याप्ती दर्जा उच्च असणे आवश्यक आहे, तर तपशीलाची माहिती दोबळमानाने हवी असल्यास व्याप्ती दर्जा कमी असेल तरी कार्यभाग साधला जातो.

ब) वर्णक्रमीय दर्जा शेतामधील वेगवेगळ्या

बाबींच्या तपशीला मधील माहितीच्या विस्तृतपणाशी संबंधित आहे. उदा. सभोवतालच्या परिसरात जमिनीच्या पृष्ठभागावर असणाऱ्या जलस्रोतांची माहिती (शेततळे, साठवणूक तलाव इ.) किंवा शेतामधील पिकांवरील जैविक अथवा अजैविक ताण. जलस्रोताच्या तपशीलासाठी विशिष्ट पण अरुंद वर्णक्रमीय श्रेणी (Narrow spectral band) मधून परावर्तित झालेल्या प्रकाश किरणांच्या प्रमाणाची माहिती पुरेशी आहे. पण पिकावरील जैविक तथा अजैविक ताणाच्या तपशीलासाठी रुंद वर्णक्रमीय श्रेणी

(Wide spectral band) मधून किंवा अनेक वर्णक्रमीय पट्ट्यांमधून (Multi-spectral) परावर्तित झालेल्या प्रकाशकिरणांच्या प्रमाणाची माहिती आवश्यक आहे. थोडक्यात निर्दिष्ट कार्यासाठी किती वर्णक्रमीय पट्ट्यांमधून परावर्तित झालेल्या प्रकाश किरणांच्या प्रमाणाची माहिती आवश्यक आहे. त्यानुसार प्रतिमेचा वर्णक्रमीय दर्जा असावा किंवा संबंधित वर्णक्रमीय दर्जाची प्रतिमा वापरावी लागते.

या लेखामध्ये रेडिओमॅट्रिक दर्जा (Radiometric Resolution) विषयी जाणून घेऊ.

## रेडिओमॅट्रिक दर्जा

आपल्या प्रतिमेमधील अपेक्षित व्याप्ती व वर्णक्रमीय दर्जाच्या तपशीलाची माहिती किती स्पष्टपणे आवश्यक आहे, याचा संदर्भ रेडिओमॅट्रिक दर्जाशी येतो. काही कार्यांसाठी प्रतिमेमधील तपशीलाची माहिती स्पष्टपणे आवश्यक असते. उदा. पिकावर पडलेल्या रोग अथवा किडीच्या प्रादुर्भावाची तीव्रता. पण शेतामधील एखाद्या पिकाने व्यापलेल्या क्षेत्राच्या माहिती घ्यावयाची असल्यास उपग्रह स्थापित संवेदकाद्वारे घेतलेली प्रतिमा कमी स्पष्ट असली तरी काम चालूच जाते. थोडक्यात आपल्या कामांच्या स्वरूपानुसार संवेदकाद्वारे प्रतिमा किती तपशील दर्शावण्याइतकी स्पष्ट असावी, हे ठरवले जाते. प्रतिमेच्या तपशीलाची स्पष्टता म्हणजेच त्या प्रतिमेचा रेडिओमॅट्रिक दर्जा होय.

हे एका उदाहरणाद्वारे समजून घेऊ.

समजा माझ्या डोळ्यांना एखादी गोष्ट पाहण्यासाठी विशिष्ट क्रमांकाचा चष्मा लावण्याची गरज आहे. मी तो चष्मा लावून एका विशिष्ट स्थानावर उभा राहून शेत (दृश्य) बघत आहे. (आकृती १ पहा.) मी योग्य नंबरचा चष्मा लावल्यामुळे मला शेत व त्यातील लावलेले पीक स्पष्ट दिसत आहे. जर मी चष्मा काढला, तर त्याच ठिकाणी उभा राहूनही मला तेच शेत स्पष्ट दिसणार नाही. इतके की मला शेतामधील पिके स्पष्टपणे ओळखता येणार नाही. खरेतर तेच दृश्य मी त्याच

ठिकाणी उभा राहून पाहत आहे. म्हणजेच दृश्याचा किंवा प्रतिमेचा व्याप्ती दर्जाही तोच आहे. दोन्ही वेळा मीच माझ्या डोळ्यांनी (म्हणजेच एकाच प्रकारच्या संवेदकाद्वारे) बघत असल्याने वर्णक्रमीय दर्जाही तोच आहे. पण चष्मा लावलेला नसल्यास माझ्या डोळ्यांनी नोंदवलेल्या माहितीचे एका विशिष्ट प्रकारे पृथक्करण व विश्लेषण मला करता येत नाही. (मला शेत अस्पष्ट दिसत आहे.) म्हणजेच, व्याप्ती व वर्णक्रमीय दर्जा सारखाच असताना दृश्य अधिक स्पष्ट किंवा कमी स्पष्ट दिसत आहे. ही बाब रेडिओमॅट्रिक दर्जाशी संबंधित आहे.

हेच उदाहरण आणखी वेगळ्या प्रकारे पाहू.

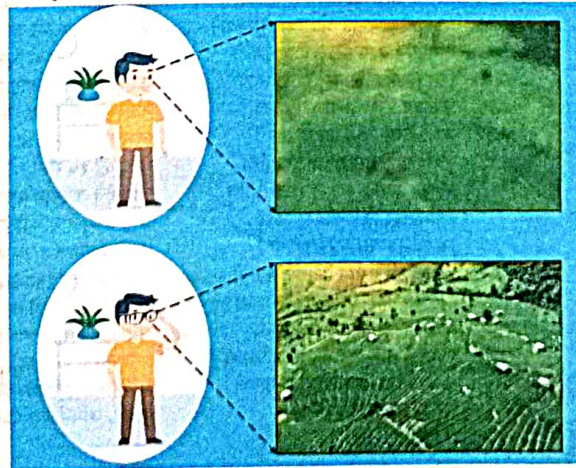
वयाच्या चाळिशीनंतर सर्वसाधारणपणे जवळचे स्पष्ट दिसण्यासाठी चष्मा नेत्रतन्त्र वापरण्याची सूचना करतात. (म्हणून तर चष्म्याला चाळिशी असेही म्हटले जाते.) हा चष्मा लावल्याशिवाय मला माझ्या दृष्टीने वर्तमानपत्रातील मजकूर (पांढऱ्या पार्श्वभूमीवर काळ्या रंगाच्या अक्षरात लिहिलेले तपशील) स्पष्टपणे वाचता येत नाही. म्हणजेच तेच डोळे आणि तेच वर्तमानपत्र असूनही (व्याप्ती व वर्णक्रमीय दर्जा सारखाच असताना सुद्धा) मला ती अक्षरे स्पष्ट दिसून नसल्याने मी वाचू शकणार नाही. मला फार तर पांढऱ्या पार्श्वभूमीवर काळ्या रंगाचे काहीतरी लिहिलेले आहे एवढेच आकलन होईल. म्हणजेच निर्दिष्ट व्याप्ती व वर्णक्रमीय दर्जाच्या दोन वेगवेगळ्या संवेदकाद्वारे प्राप्त झालेल्या प्रतिमा अधिक किंवा कमी

स्पष्ट असू शकतात. प्रतिमेचा रेडिओमॅट्रिक दर्जा वेगवेगळा असल्यासही असेच घडते.

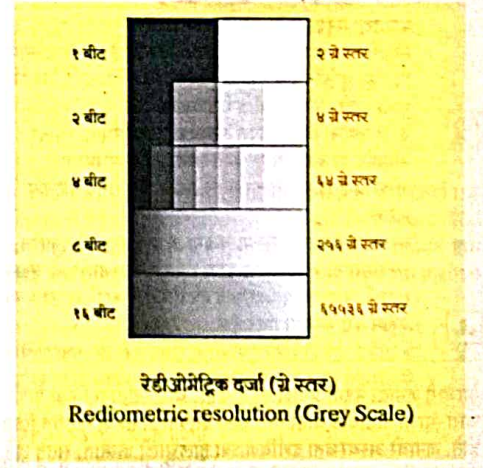
आता यातील तांत्रिक बाबी समजून घेऊ...

जेव्हा संवेदकाद्वारे प्रतिमा घेतल्या जातात, तेव्हा त्यामध्ये आपणास विद्युत दाबाचे अथवा परावर्तित झालेल्या किरणांच्या ऊर्जेच्या तीव्रतेचे सतत सलग संकेत किंवा सिग्नल आलेखाच्या स्वरूपात मिळतात. पण ही प्राप्त झालेली माहिती आपणास अंकात्मक तंत्रज्ञानाद्वारे (उदा. कृत्रिम बुद्धिमत्ता) निर्णय घेण्यासाठी किंवा घेतलेले निर्णय कार्यान्वित करण्यासाठी वापरावयाची असते. ती प्रतिमा अंकात्मक स्वरूपात रूपांतरित करण्यासाठी सॅमप्लिंग (Sampling) व क्वांटायझेशन (Quantization) या प्रक्रिया वापरल्या जातात. या प्रक्रियेमध्ये सिग्नल किती भागांमध्ये (म्हणजे बिट्स) विभागलेले आहेत, यानुसार प्रतिमेमधील दृश्याची स्पष्टता अवलंबून असते. 'बिट्स' हे रेडिओमॅट्रिक दर्जा मोजण्याचे प्रमाणक आहे. एक वर्णक्रमीय (दृश्यमान श्रेणी) पट्ट्यामध्ये घेतलेल्या '१ बिट' रेडिओमॅट्रिक दर्जा असलेल्या प्रतिमेमध्ये राखाडी रंगाच्या स्तराच्या (Grayscale) फक्त दोन छटा दिसतात. त्या म्हणजे, संपूर्णपणे काळ्या व पांढऱ्या. '२ बिट' रेडिओमॅट्रिक दर्जा असलेल्या प्रतिमेमध्ये मात्र राखाडी रंगाच्या स्तराच्या चार छटा दिसतात. (आकृती २ मध्ये दर्शाविल्याप्रमाणे)

पान १४ वर >



आकृती १ :



आकृती २ :

रेडिओमॅट्रिक दर्जा (ग्रे स्केल)  
Radiometric resolution (Grey Scale)



# डिजिटल प्रतिमेचा रेडिओमेट्रिक दर्जा

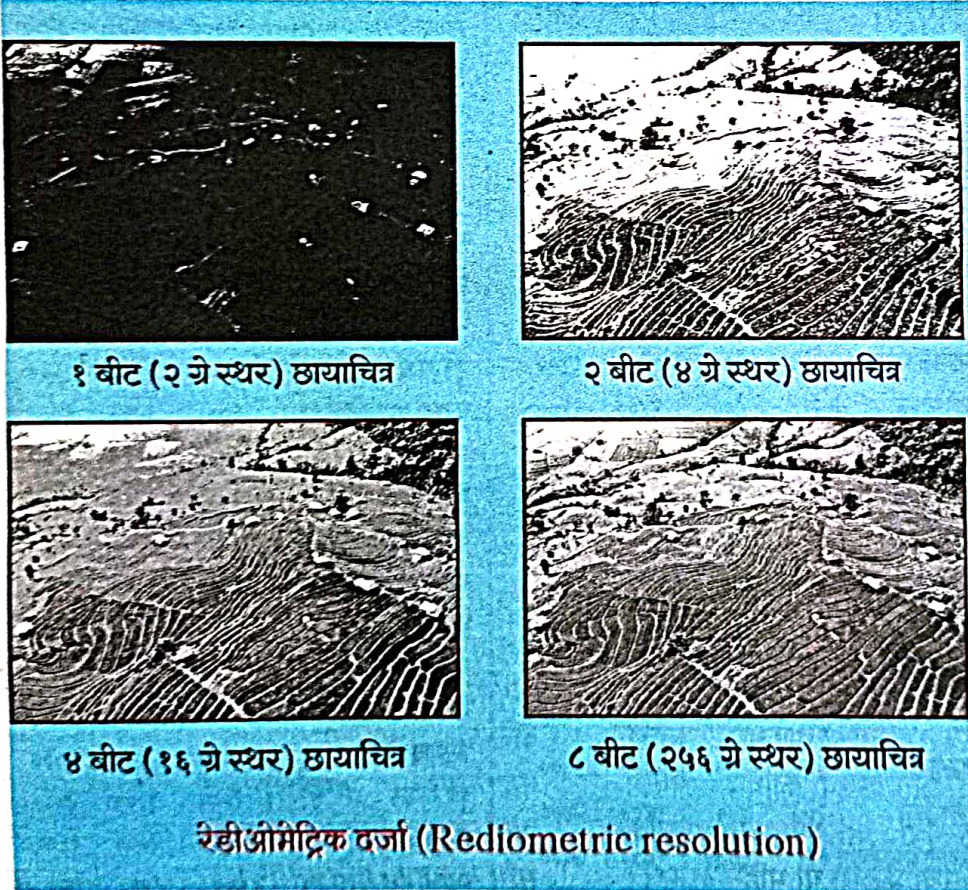
» पान ११ वरून

संपूर्ण काळा रंग, काळ्या रंगाजवळील राखाडी रंग, पांढऱ्या रंगाजवळील राखाडी रंग व संपूर्ण पांढरा रंग. तसेच '३ बीट' रेडिओमेट्रिक दर्जा असलेल्या प्रतिमेमध्ये ८ छटा, '४ बीट' मध्ये १६ छटा, '८ बीट' मध्ये २५६ छटा व '१६ बीट' रेडिओमेट्रिक दर्जा असलेल्या प्रतिमेमध्ये

६५,५३६ छटा दिसतात. याचाच अर्थ, आकृतीमध्ये दर्शविल्याप्रमाणे, जेवढ्या जास्त बीट रेडिओमेट्रिक दर्जा असलेल्या प्रतिमा तेवढेच त्यामधील तपशील अधिक स्पष्ट दिसतील. तेवढीच अधिक माहिती अंकात्मक स्वरूपामध्ये पुढील पृथक्करण व विश्लेषणासाठी उपलब्ध होते. तसेच प्रतिमा एक वर्णक्रमीय पट्टा,

पण लाल वर्णक्रमीय श्रेणीतील (Red spectral band) असेल तर लाल रंगाच्या विविध छटा; हिरव्या वर्णक्रमीय श्रेणीतील असेल तर हिरव्या रंगाच्या विविध छटा आणि निळ्या वर्णक्रमीय श्रेणीतील असेल तर निळ्या रंगाच्या विविध छटा उपलब्ध होतील. त्याप्रमाणे अंकात्मक स्वरूपात माहिती पुढील पृथक्करण व विश्लेषणासाठी उपलब्ध होईल. कित्येक कार्यासाठी दृश्यमान श्रेणीतील तीनही रंगाच्या वर्णक्रमीय पट्ट्यांची (RGB) माहिती आणि दृश्यमान श्रेणीच्या बाहेरील पट्ट्यामधील विविध श्रेणीमधील (उदा. निकट अवरक्त -Near Infrared व अतिनील -Ultraviolet पट्ट्यामधील) माहिती वेगवेगळ्या रेडिओमेट्रिक दर्जांमध्ये (४, ८ किंवा १६ बीट) आवश्यक असते. (आकृती ३)

उच्च व्याप्ती, वर्णक्रमीय व रेडिओमेट्रिक दर्जा असलेली प्रतिमा प्राप्त करणे, त्या प्रतिमेमधील अंकात्मक माहिती साठविणे व जतन करणे, तिचे पृथक्करण व विश्लेषण करणे ही तशी अधिक खर्चिक ठरते. पण त्याद्वारे शेतामधील अधिक सूक्ष्म तपशील प्राप्त होतो. कमी व्याप्ती, वर्णक्रमीय व रेडिओमेट्रिक दर्जा असलेल्या प्रतिमेचा खर्च कमी होतो. मात्र त्यामधून ढोबळ तपशील प्राप्त होतो. त्यामुळेच कामाच्या स्वरूपानुसार सुसंगत प्रतिमेचा व्याप्ती, वर्णक्रमीय व रेडिओमेट्रिक दर्जा असावा.



आकृती ३ : शेतीतील रेडिओमेट्रिक रिझोल्युशनची प्रतिमांचे स्पष्ट स्वरूप.