



डिजिटल प्रतिमेचा व्याप्ती दर्जा, वर्णक्रमीय दर्जा



अत्याधुनिक तंत्रज्ञान

डॉ. सुनील गोरंदीवार
९८८९५९५०८९



भाग ४९

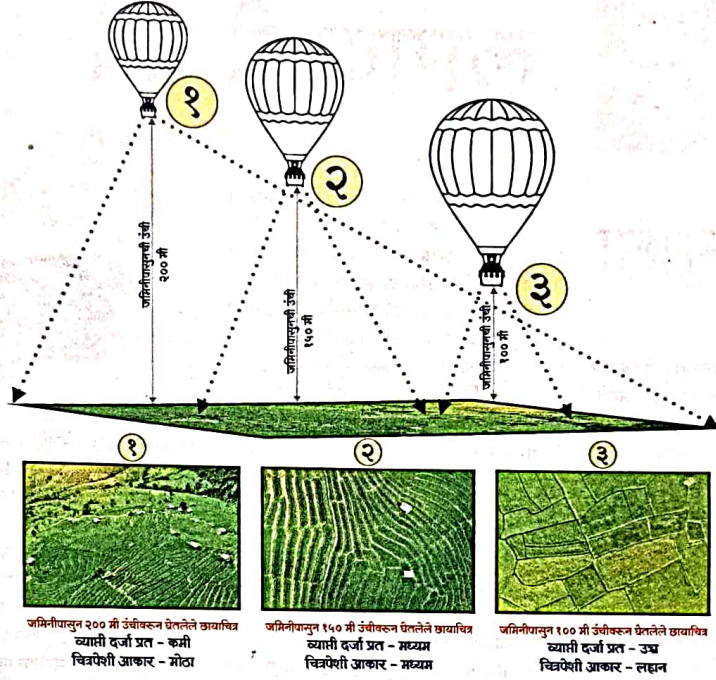
अवकाशामधून भ्रमण करीत असणाऱ्या उपग्रहावर किंवा हवेत उडणाऱ्या ड्रोनवर बसविलेली संवेदके किंवा कॅमेरे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाच्या विविध प्रकारच्या अंकात्मक प्रतिमा (डिजिटल इमेजेस) घेतात. त्यातून प्राप्त झालेल्या माहितीचे पृथक्करण केल्यानंतर शेतीसाठी उपयुक्त असे निर्णय घेणे शक्य होते. प्रतिमेच्या दर्जानुसार (रिझोल्यूशन) त्यात अंतर्भूत माहितीची पातळी किंवा प्रत उच्च ते कमी अशी असू शकते. शेतीसाठी वापरता येईल, इतक्या दर्जाची प्रतिमा मिळवली जाते. शेतीतील कामाच्या अचूक आणि दर्जानुसार प्रतिमेचा दर्जा हा महत्त्वाचा ठरतो. त्या त्या दर्जाच्या प्रतिमेमधून शेती उपयोगी विविध कार्यासाठी आवश्यक ती माहिती मिळवता येते. अंकात्मक प्रतिमेच्या दर्जाचे सामान्यतः पुढील चार प्रकार आहेत.

- १) व्याप्ती दर्जा (Spatial Resolution)
- २) वर्णक्रमीय दर्जा (Spectral Resolution)
- ३) रेडिओमेट्रिक दर्जा (Radiometric Resolution)

४) कालबाधित दर्जा (Temporal Resolution)
त्यातील व्याप्ती दर्जाची काही माहिती मागील भागामध्ये आपण घेतलो. या लेखात व्याप्ती दर्जा आणि वर्णक्रमीय दर्जाची विस्तृत माहिती घेऊ.

अंकात्मक प्रतिमेचा व्याप्ती दर्जा :

अवकाश स्थित उपग्रह किंवा ड्रोन स्थापित संवेदके किंवा कॅमेऱ्याद्वारे टिपलेल्या प्रतिमेमध्ये जमिनीवरील किती आकाराचा (Size) पृष्ठभाग दाखवू शकतात, हे व्याप्ती दर्जानुसार समजते. एखाद्या प्रतिमेद्वारे कमीत कमी किती आकाराच्या क्षेत्राची माहिती अथवा तपशील मिळवायचे आहेत, त्यानुसार संवेदकाचा व्याप्ती दर्जा निश्चित करावा लागतो. उदा. जर आपणास एखाद्या क्षेत्रावरील कमीत कमी एक हेक्टर (म्हणजे १०० × १०० मीटर) शेतजमिनीची माहिती पाहिजे असल्यास प्रतिमेचा व्याप्ती दर्जा हा १०० × १०० मीटरपेक्षा कमी असणे जरूरी आहे. जर ३० × ३० मीटर आकाराच्या शेततळ्याची माहिती घ्यावयाची आहे, तर त्याच्या प्रतिमेचा व्याप्ती दर्जा ३० × ३० मीटरपेक्षा कमी असावा लागतो. जर तो १०० × १०० मीटर असेल, तर त्या प्रतिमेत ३० × ३० मीटर आकाराचे शेततळे दिसणार नाही. तसेच आपल्याला शेतातील प्रत्येक झाडाची



डिजिटल प्रतिमेचा व्याप्ती दर्जा

माहिती घ्यायची आहे, तर त्या प्रतिमेचा व्याप्ती दर्जा हा त्या झाडाने व्यापलेल्या क्षेत्रापेक्षा कमी (निदान ५ × ५ मीटर किंवा त्यापेक्षा कमी) असला पाहिजे. याचाच अर्थ असा आहे की अवकाश संसाधन स्थापित संवेदकाद्वारे प्रतिमा टिपताना एकावेळी जमिनीवर आपणास आवश्यक त्या व्याप्ती दर्जाची प्रतिमा घेणे आवश्यक ठरते. वरील उदाहरणात घेतलेल्या १०० × १०० मीटर, ३० × ३० मीटर किंवा ५ × ५ मीटर चौरस तुकड्यास चित्रपेशी (किंवा पिक्सेल) असेही संबोधतात. एखाद्या क्षेत्राची ढोबळ (Macro level) माहिती घ्यावयाची असल्यास प्रतिमेचा व्याप्ती दर्जा (म्हणजेच चित्रपेशीचा आकार) जास्त असला तरी चालू शकतो. मात्र आपणास सूक्ष्म तपशील (Micro level) हवे असतील, तर व्याप्ती दर्जा हा (चित्रपेशीचा आकार) कमी असावा लागतो. जेव्हा व्याप्ती दर्जा जास्त असतो, तेव्हा प्रतिमेमध्ये तपशील ढोबळ दिसतात. प्रतिमेच्या व्याप्ती दर्जाची प्रत कमी (चित्रपेशीचा आकार लहान) असल्यास त्या प्रतिमेद्वारे सूक्ष्म तपशील दिसतात.

हे समजून घेण्यासाठी आणखी एक उदाहरण पाहू. आपण हवेच्या फुऱ्यावर (बलूनवर) स्वार झालेले आहोत आणि एका विशिष्ट उंचीवरून खाली येताना जमिनीकडे खाली बघतो आहे. प्रथम जास्त उंचीवरून जमिनीवरचे खूप मोठे विस्तीर्ण क्षेत्र आपल्याला दिसते. त्यात साधारणतः झाडे, वनस्पती व गवत यांनी व्यापलेले क्षेत्र, त्यात असलेले मोठे जलसाठे, एखादे गावठाण, विस्तीर्ण पात्र असलेली बऱ्यापैकी सरळ नदी यांचा समावेश असू शकतो. पण आपणास गावठाणांमधील घरे, वेगवेगळी शेते, त्यांच्या सीमा किंवा नदीने घेतलेली छोटी नागमोडी वळणे या बाबी दिसू शकत नाही. म्हणजेच आपणास दिसणाऱ्या क्षेत्राची व्याप्ती मोठी असली तरी त्यातील तपशील सखोल दिसत नाही. म्हणजे डिजिटल प्रतिमेच्या भाषेत व्याप्ती दर्जाची पातळी कमी आहे.

आपण जसे जसे खाली येत जाऊ, तसे आपणास दिसणाऱ्या क्षेत्राचा विस्तृतपणा कमी होत जाईल. पण आता छोटे छोटे तपशील उदा. शेत जमिनीचे क्षेत्र, लहान जलसाठे, नाले, ओढे इ. स्पष्टपणे दिसू लागतील.

म्हणजेच व्याप्ती कमी झाली, पण दर्जाची प्रत अथवा पातळी सुधारली. आपण आणखी खाली आलो, म्हणजे अतिशय कमी उंचीवरून आता शेतजमिनीवरील पिकाचा प्रकार, शेततळे, नाले, ओढ्याची नागमोडी वळणे, उघड्या विहिरी इ. बाबीही स्पष्ट दिसतील. म्हणजे दिसणाऱ्या क्षेत्राची व्याप्ती बरीच कमी झाली, पण अधिक सूक्ष्म तपशीलाची माहिती प्राप्त होत असल्यामुळे दर्जाची प्रत अधिक उच्च झाली.

या उदाहरणामध्ये अधिक उंचीवरून दिसणाऱ्या दृश्याची व्याप्ती मोठी (चित्रपेशीचा आकार मोठा) आहे, पण तपशील ढोबळ म्हणून गुणवत्ता कमी म्हणजे व्याप्ती दर्जाची प्रत कमी आहे. तसेच अतिशय कमी उंचीवरून दिसणाऱ्या दृश्याची व्याप्ती कमी (म्हणजेच चित्रपेशीचा आकार लहान) आहे. पण तपशील अधिक स्पष्ट दिसत असल्याने दर्जाची प्रत उच्च आहे. थोडक्यात, उच्च प्रतीचा व्याप्ती दर्जा आवश्यक असल्यास चित्रपेशीचा आकार लहान असतो.

उपग्रह किंवा ड्रोन स्थापित संवेदके, कॅमेऱ्याच्या साहाय्याने उपलब्ध झालेल्या प्रतिमेचा व्याप्ती दर्जा हा वेगवेगळा असतो. त्यामुळेच आपल्या गरजेप्रमाणे संवेदके बसवणे आवश्यक ठरते. इथे एक प्रश्न निश्चितच उद्भवतो - आपण नेहमीच उच्च प्रतीच्या व्याप्ती दर्जाच्या प्रतिमा का घेत किंवा वापरत नाही? याचे प्रमुख कारण म्हणजे, प्राप्त झालेल्या प्रतिमा या अंकात्मक (डिजिटल) असतात. त्यातील त्या अंकांचे पृथक्करण व विश्लेषण करून आपण आवश्यक तो माहिती मिळत असले. अधिक तपशील असलेल्या प्रतिमेमध्ये (म्हणजे उच्च प्रतीच्या व्याप्ती दर्जाच्या) जास्त अंकात्मक माहिती असल्यामुळे ती साठवण्यासाठी संगणकाची स्मृती (Computer Memory) अधिक लागते. त्या तुलनेत ढोबळ तपशील (म्हणजे कमी प्रतीच्या व्याप्ती दर्जाच्या) प्रतिमा साठवायला कमी संगणकीय स्मृती लागते. निर्दिष्ट क्षेत्र असणाऱ्या भूभागाच्या कमी प्रतीच्या व्याप्ती दर्जाच्या मोठ्या आकाराच्या कमी चित्रपेशी असतात. त्यामुळे त्यांचे विश्लेषण करण्यासाठी वेळही कमी लागतो. तेवढेच क्षेत्र असणाऱ्या भूभागाच्या जास्त प्रतीच्या व्याप्ती दर्जाच्या म्हणजे कमी आकाराच्या अनेक चित्र पेशी असतात. त्यामुळे तेवढ्याच क्षेत्रावरील उच्च प्रतीच्या व्याप्ती दर्जाच्या प्रतिमा साठवायला कितीतरी अधिक संगणकीय स्मृती लागते. तसेच त्या प्रतिमेचे पृथक्करण, विश्लेषण करावयाला जास्त क्षमतेच्या, वेगाच्या संगणकाची आवश्यकता असते. किंवा संगणकाला पृथक्करणासाठी वेळ जास्त लागतो. त्यामुळे अंकात्मक प्रतिमेद्वारे जे कार्य आपल्याला साधायचे आहे, ते साध्य करण्यास आवश्यक तितक्याच व्याप्ती दर्जाच्या प्रतिमा देणाऱ्या कॅमेरे किंवा संवेदकांचा वापर हा सर्वच दृष्टीने फायदेशीर ठरू शकतो.

अंकात्मक प्रतिमेचा वर्णक्रमीय दर्जा (Spectral Resolution)

सभोवतालच्या वेगवेगळ्या वस्तूंच्या पृष्ठभागावर पडलेला प्रकाश हा विद्युतचुंबकीय वर्णपटाच्या (इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक स्पेक्ट्रम) वेगवेगळ्या तरंगलांबीमध्ये वेगवेगळ्या प्रमाणात परावर्तित होतो. आपले डोळे यापैकी फक्त दृश्यमान श्रेणीच्या तरंगलांबीमध्ये परावर्तित झालेला प्रकाश टिपू किंवा जाणू शकतो. खरेतर विद्युतचुंबकीय वर्णपटाच्या तरंगलांबीची श्रेणी ही अतिशय विशाल आहे. त्यात काही किलोमीटर लांबीच्या रेडिओ लहरीपासून अतिशय सूक्ष्म लांबीच्या

(म्हणजे एक मिलिमीटरच्या अब्जाव्या शास्त्रीय भाषेत बोलायचे तर एक नॅनो मीटरच्या एक दशलक्ष भागाइतक्या) गॅमा लहरीपर्यंत वेगवेगळ्या लहरी असू शकतात. त्यापैकी आपले डोळे फक्त ४०० ते ७०० नॅनोमीटर या तरंगलांबीमध्ये परावर्तित झालेला प्रकाश टिपू शकतो. हा संपूर्ण विद्युतचुंबकीय वर्णपटलाचा अतिशय सूक्ष्म भाग आहे. त्याद्वारे आपण वेगवेगळे रंग (उदा. लाल, नारंगी, पिवळा, हिरवा, निळा, जांभळा इ.) बघू शकतो. मात्र दृश्यमान श्रेणीच्या तरंगलांबीच्या

बाहेरील तरंगलांबीच्या श्रेणीमध्ये परावर्तित झालेला प्रकाश उदा. अतिनील (Ultraviolet) किंवा निकट अवरक्त (Near Infrared) इ. आपले डोळे टिपू शकत नाहीत. आपल्या डोळ्यांना दिसत नसले तरी या श्रेणीमध्ये परावर्तित होणारा प्रकाश त्या वस्तूचे विविध गुण दाखवत असतो. उदा. पिकावर रोगाचा प्रादुर्भाव, विविध जैविक आणि अजैविक ताण सूक्ष्म होत असताना पिकामध्ये होणारे सूक्ष्म बदल हे ४०० ते ७०० नॅनोमीटर तरंगलांबीच्या श्रेणीच्या बाहेरचे

असू शकतात. म्हणजेच आपण त्या दर्जाची संवेदके वापरल्यास आपणास दृश्यमान श्रेणी सोबत अतिनील व निकट अवरक्त श्रेणीमध्ये परावर्तित झालेल्या प्रकाशकिरणेही टिपता येतील. त्यातून आपल्या डोळ्यांना स्पष्ट लक्षणे दिसण्याआधीच पिकावरील जैविक व अजैविक ताण, त्यांचे गुणधर्म व मूल्यांकन होऊ शकते. त्यानुसार कामांचे नियोजन केल्यास पिकांचे संभाव्य नुकसान टाळता येईल.

डिजिटल प्रतिमेचा व्याप्ती दर्जा, वर्णक्रमीय दर्जा

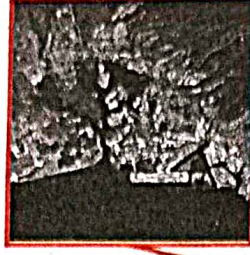
» पान ११ वरून

आपला मेंदू साधारणतः लाल, हिरवा व निळ्या रंगाची माहिती एकत्र करून संपूर्ण रंगदृष्टी तयार करतो. या रंगदृष्टीमधील आपण वेगवेगळ्या रंगांमध्ये सहज फरक करू शकतो. याचे कारण म्हणजे आपल्या डोळ्यांचा म्हणजे संवेदकाचा वर्णपटीय दर्जा. आपले डोळे एकंदर दृश्यमान वर्णपटाच्या लाल, हिरव्या व निळ्या रंगांच्या तरंगलांबीमध्ये परावर्तित झालेला प्रकाश टिपून तो मेंदूद्वारे एकत्रित करून आपण वेगवेगळे रंग ओळखू शकतो.

आपले डोळे फक्त विशिष्ट तरंगलांबीच्या श्रेणीमध्ये परावर्तित झालेला प्रकाश टिपू शकतो. म्हणजेच आपल्या डोळ्यांचा वर्णक्रमीय दर्जा हा लाल, हिरवा आणि पिवळा या तीन श्रेणीमध्ये परावर्तित झालेला प्रकाश ओळखण्याचा आहे. या तरंगलांबीच्या श्रेणीमध्ये परावर्तित झालेल्या प्रकाशाचे प्रमाण संवेदकाद्वारे मोजता येते. त्यास आपण वर्णक्रमीय संवेदके (स्पेक्ट्रल सेन्सर- Spectral Sensors) असे संबोधतो.

दृश्यमान लहरींच्या श्रेणीमध्ये परावर्तित झालेल्या प्रकाशा सोबतच ह्या श्रेणीच्या बाहेरील उपयुक्त अशा अवरक्त, अतिनील लहरींच्या श्रेणीमध्ये परावर्तित झालेला प्रकाश ओळखण्यासाठी योग्य दर्जाचे संवेदके आज बाजारात उपलब्ध आहेत. त्यांचा वर्णक्रमीय दर्जा या पाच श्रेणी (निकट अवरक्त, लाल, हिरवा, निळा, व अतिनील)मध्ये परावर्तित झालेल्या प्रकाश ओळखण्याचा आहे. त्यांना अनेक वर्णक्रमीय संवेदके (Multi spectral sensors) असे संबोधतात. याही पुढे जाऊन वर नमूद केलेल्या पाचही तरंगलांबीच्या श्रेणीच्या अनेक भागांमधून परावर्तित झालेला प्रकाश माहित झाल्यास पृष्ठभागातील अतिशय सूक्ष्म बदलही जाणून घेणे शक्य आहे. उदा. वर नमूद केलेल्या पाचही श्रेणीमधून परावर्तित झालेल्या

लाल तरंगलांबी श्रेणी
(Red Band)



हिरवी तरंगलांबी श्रेणी
(Green Band)



निळी तरंगलांबी श्रेणी
(Blue Band)



प्रतिमा
एकत्रिकरण



सुधारित
प्रतिमा



एकाच दृष्याच्या विविध वर्णक्रमीय दर्जांच्या प्रतिमा (प्रतिमांचे एकत्रिकरण व सुधारणा)

संदर्भ: https://www.paulillsley.com/Images_of_the_Earth/Composites/

अंकात्मक प्रतिमेचा वर्णक्रमीय दर्जा

प्रकाशाच्या लहरींची तरंग लांबी खालील प्रमाणे आहे.

- अतिनील : १० ते ४० नॅनो मीटर
- निळा : ४५० ते ४९५ नॅनो मीटर
- हिरवा : ५०० ते ५७५ नॅनो मीटर
- लाल : ६२० ते ७५० नॅनो मीटर
- निकट अवरक्त : ७८० ते २५०० नॅनो मीटर.

जर आपणास अतिनीलपासून निकट अवरक्तपर्यंत प्रत्येकी १० नॅनो मीटर किंवा त्यापेक्षा कमी (५ नॅनो मीटर) श्रेणीमध्ये परावर्तित झालेल्या प्रकाशाच्या प्रमाणाचे मोजमाप मिळाल्यास आपणास पृष्ठभागाच्या बदलांमधील अधिक सूक्ष्म माहिती मिळवणे शक्य होते. अशा प्रकारच्या वर्णक्रमीय दर्जा असलेल्या संवेदकास अतिवर्णक्रमीय संवेदके (Hyperspectral sensors) असे संबोधतात.

रंग आंधळेपणा (Color blindness) असलेली व्यक्ती दोन

रंगांमधील फरक ओळखू शकत नाही. म्हणजेच तिच्या डोळ्यांचा वर्णक्रमीय दर्जा हा कमी आहे. तसेच संवेदकाचा वर्णक्रमीय दर्जा कमी असल्यास त्याद्वारे मिळालेल्या प्रतिमा या कमी रंगांच्या असतात. सर्वसाधारण दृष्टी असलेली व्यक्ती निरनिराळ्या रंगांमधील फरक ओळखू शकतो. म्हणजे तुलनेने वर्णक्रमीय दर्जा उच्च आहे. तसेच संवेदकाचा वर्णक्रमीय दर्जा उच्च असल्यास त्याद्वारे मिळालेल्या प्रतिमा उच्च दर्जाच्या असतात. आपल्या डोळ्यांच्या वर्णक्रमीय दर्जाला मात्र मर्यादा आहेत. पण संवेदकांचा वर्णक्रमीय दर्जा मात्र आपण अधिकाधिक उच्च करू शकतो. त्याप्रमाणे आपणास डोळ्यांनी सहजासहजी फरक न करू शकणारे रंग किंवा पृष्ठभागाची वैशिष्ट्येसुद्धा संवेदकाद्वारे टिपता येतात.

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