

Αρχές Παρακολούθησης Καλλιεργειών Με Χρήση Τηλεπισκόπησης

Σπύρος Φουντάς

Αν. Καθηγητής

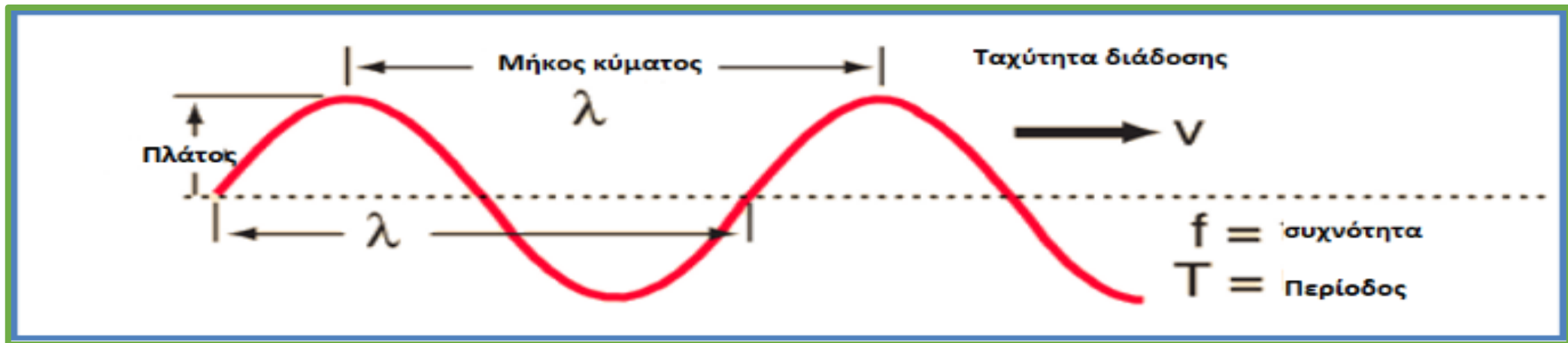
Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση

- Η τηλεπισκόπηση είναι η δυνατότητα μέτρησης ορισμένων χαρακτηριστικών ενός αντικειμένου χωρίς άμεση επαφή με το ίδιο το αντικείμενο.
- "Αίσθηση" των χαρακτηριστικών ενός αντικειμένου από απόσταση.
- Η ανθρώπινη όραση είναι μια μορφή τηλεπισκόπησης. Μπορούμε να λάβουμε πληροφορίες για ένα αντικείμενο όπως το χρώμα και το μέγεθός του χωρίς να το αγγίξουμε.

Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση

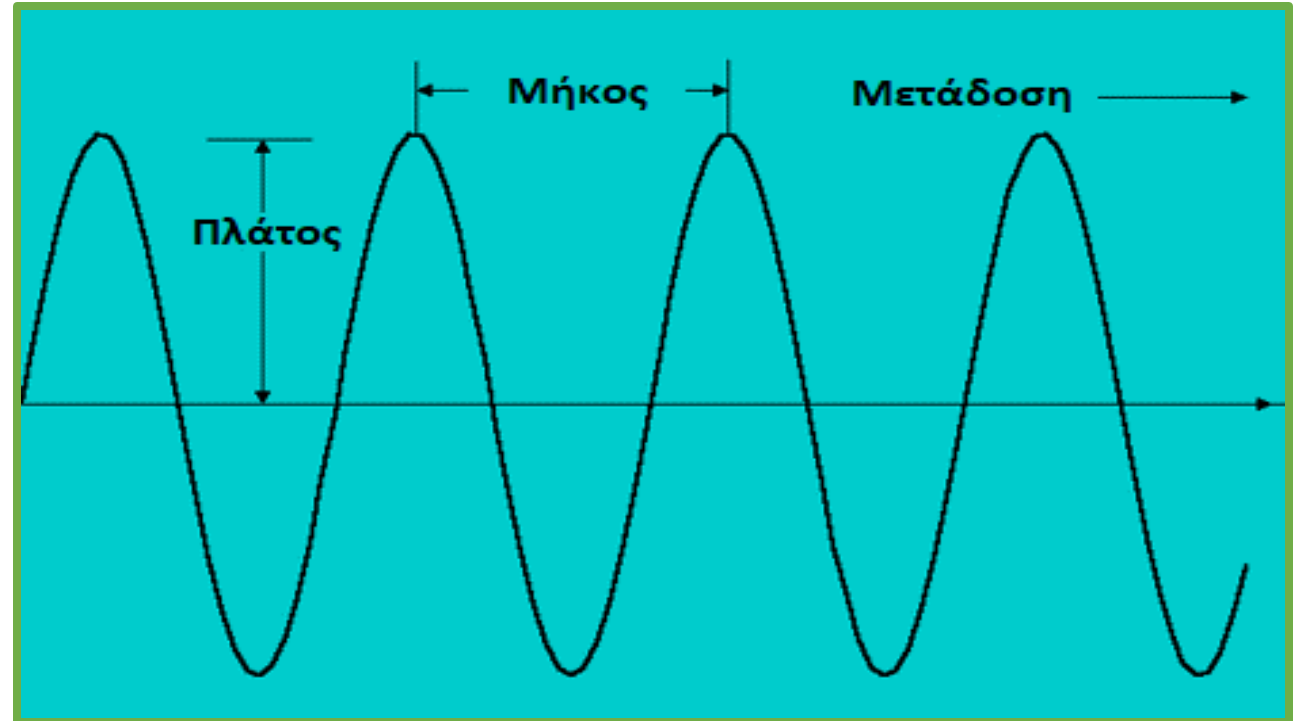
- Ένα κύμα είναι μια μορφή διαταραχής από μια θέση ισορροπίας.
- Είναι το μέσο με το οποίο ταξιδεύει το φως.



Source: hyperphysics.phy-astr.gsu.edu

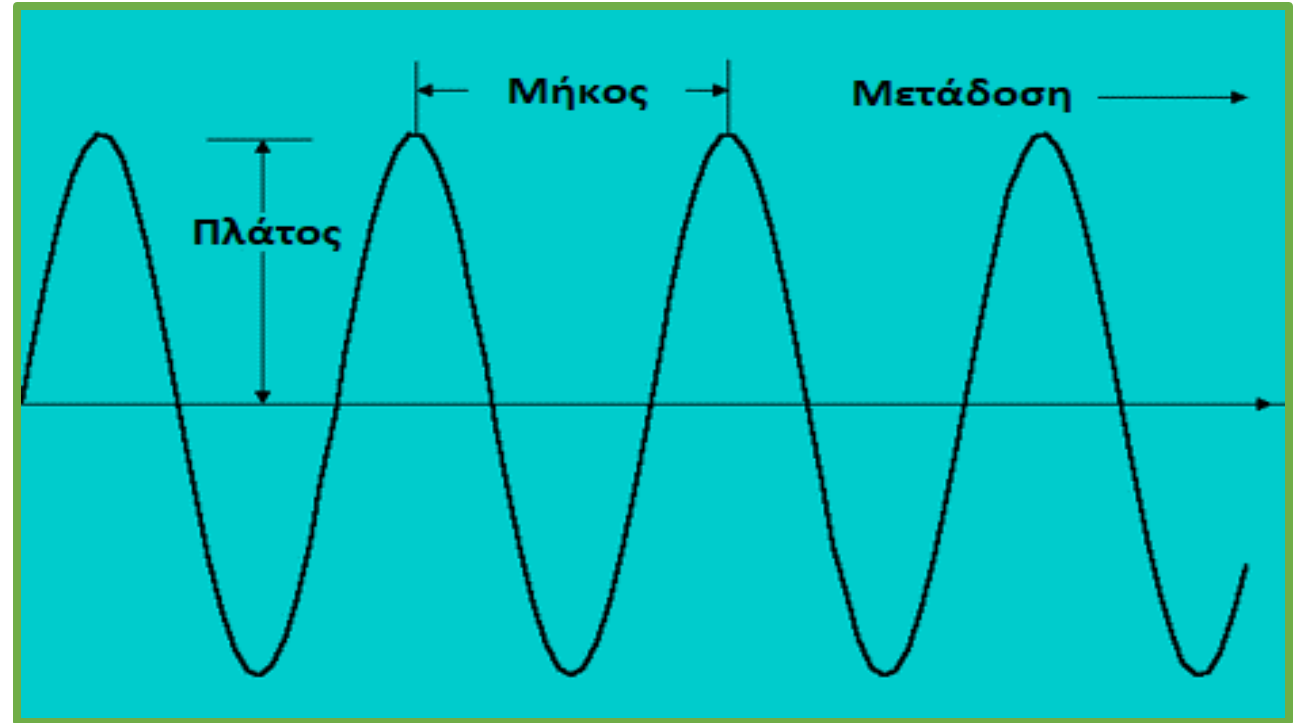
Ιδιότητες του κύματος;

- Μήκος κύματος είναι η απόσταση μεταξύ των γειτονικών κορυφών σε μια σειρά περιοδικών κυμάτων, μετρούμενων σε μέτρα.
- Πλάτος είναι η απόσταση από το μέγιστο ύψος του κύματος έως το σημείο ανάπαυσης ($y=0$, όταν η γραφική παράσταση του κύματος τέμνει τον άξονα x).



Ιδιότητες του κύματος;

- Η συχνότητα είναι η ιδιότητα ενός κύματος που περιγράφει πόσοι κύκλοι κυμάτων συμβαίνουν κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης χρονικής περιόδου. Η συχνότητα μετριέται συχνά σε Hertz (Hz), και ένα κύμα με συχνότητα 1 Hz θα κάνει 1 πλήρη κύκλο ανά δευτερόλεπτο.



Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση

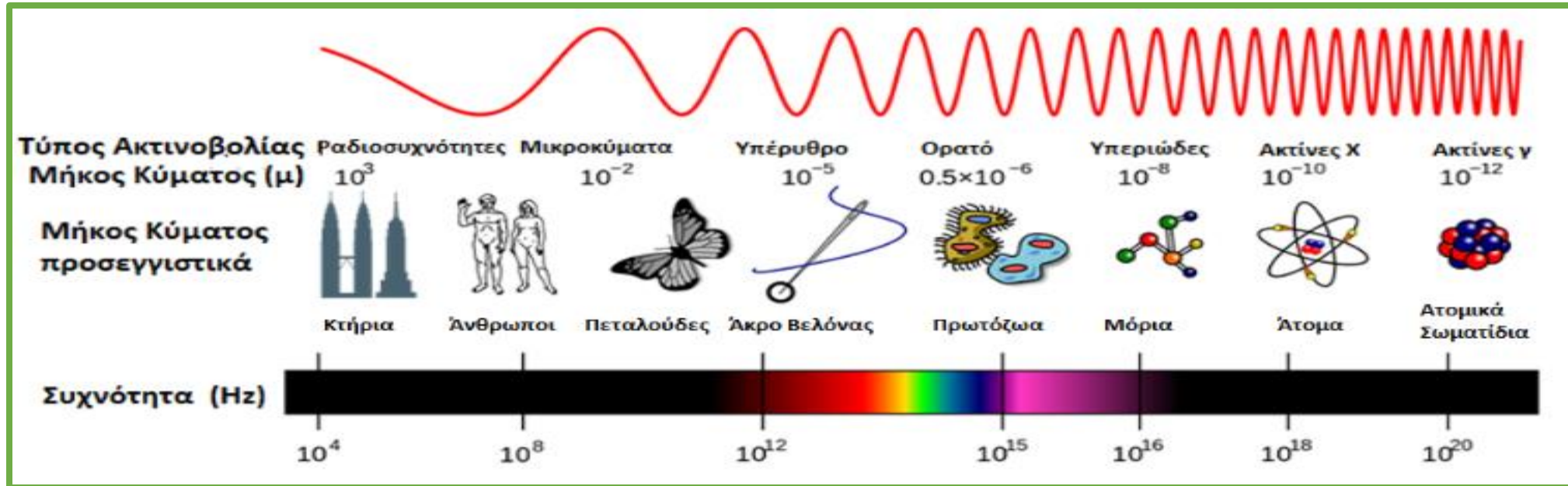
- Το μήκος κύματος και επομένως η συχνότητα χαρακτηρίζουν όλα τα κύματα και τις ιδιότητές τους



Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση

- Κάθε αντικείμενο χαρακτηρίζεται από διαφορετικούς ρυθμούς απορρόφησης και ανάκλασης σε όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (μήκη κύματος).
- Το μήκος κύματος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μπορεί να ποικίλει από χιλιάδες χιλιόμετρα μέχρι ένα κλάσμα του μεγέθους ενός ατομικού πυρήνα.

Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση



Source: nasa.gov (NASA)

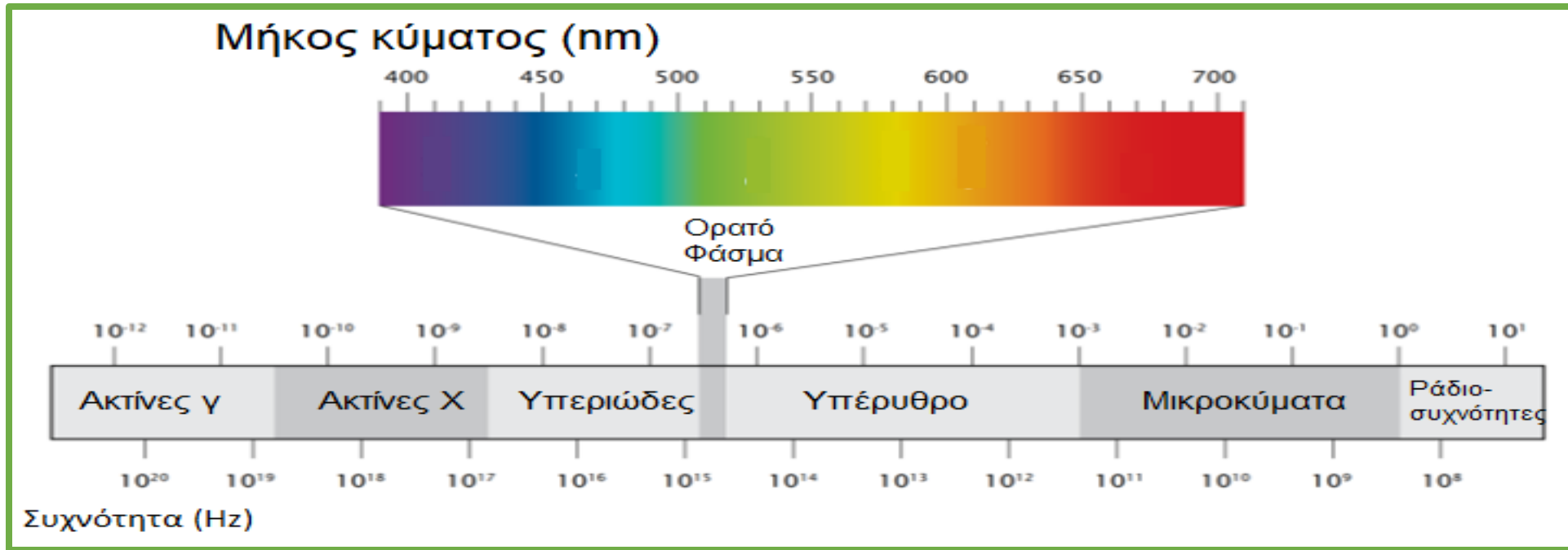
Ιδιότητες του φάσματος Ηλεκτρομαγνητικού Φάσματος

Φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας				
Περιοχή	Μήκος κύματος (Angstroms) (10^{-10} m)	Μήκος κύματος (meters)	Συχνότητα (Hz)	Energy (eV)
	$> 10^9$	> 0.1	$< 3 \times 10^9$	$< 10^{-5}$
Μικροκύματα	$10^9 - 10^6$	$0.1 - 10^{-4}$	$3 \times 10^9 - 3 \times 10^{12}$	$10^{-5} - 0.01$
Υπέρυθρο	$10^6 - 7000$	$10^{-4} - 7 \times 10^{-7}$	$3 \times 10^{12} - 4.3 \times 10^{14}$	$0.01 - 2$
Ορατό	$7000 - 4000$	$7 \times 10^{-7} - 4 \times 10^{-7}$	$4.3 \times 10^{14} - 7.5 \times 10^{14}$	$2 - 3$
Υπεριώδες	$4000 - 10$	$4 \times 10^{-7} - 10^{-9}$	$7.5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{17}$	$3 - 10^3$
Ακτίνες Χ	$10 - 0.1$	$10^{-9} - 10^{-11}$	$3 \times 10^{17} - 3 \times 10^{19}$	$10^3 - 10^5$
Ακτίνες γ	< 0.1	$< 10^{-11}$	$> 3 \times 10^{19}$	$> 10^5$

Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση

- ❑ Το ανθρώπινο μάτι μπορεί να αναγνωρίζει μόνο ένα πολύ μικρό κλάσμα του φάσματος, από 350-700 nm.
- ❑ Αυτό είναι γνωστό ως το "ορατό φάσμα", και είναι το εύρος στο οποίο οι άνθρωποι μπορούν να αντιλαμβάνονται και να "βλέπουν" τα χρώματα των αντικειμένων γύρω τους, με βάση το ανακλώμενο φως που φτάνει στα μάτια μας.

Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση



Source: chem.libretexts.org

Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση

- Αν ένα αντικείμενο αλλάξει χρώμα, αυτό το φαινόμενο γίνεται αντιληπτό από εμάς, επειδή ουσιαστικά η αλλαγή στην αντανάκλαση συνέβη μέσα στο ορατό φάσμα.
- Για παράδειγμα, μια ώριμη τομάτα, που προηγουμένως ήταν πράσινη, έχει πλέον αλλάξει χρώμα και εμφανίζεται κόκκινη σε εμάς, επειδή τώρα αντανακλά περισσότερο φως στο φάσμα των 650-730 nm, το οποίο αντιστοιχεί στο κόκκινο χρώμα.
- Όλα τα αντικείμενα έχουν υψηλή ανάκλαση στο φάσμα που αντιλαμβανόμαστε/βλέπουμε ως χρώμα τους.

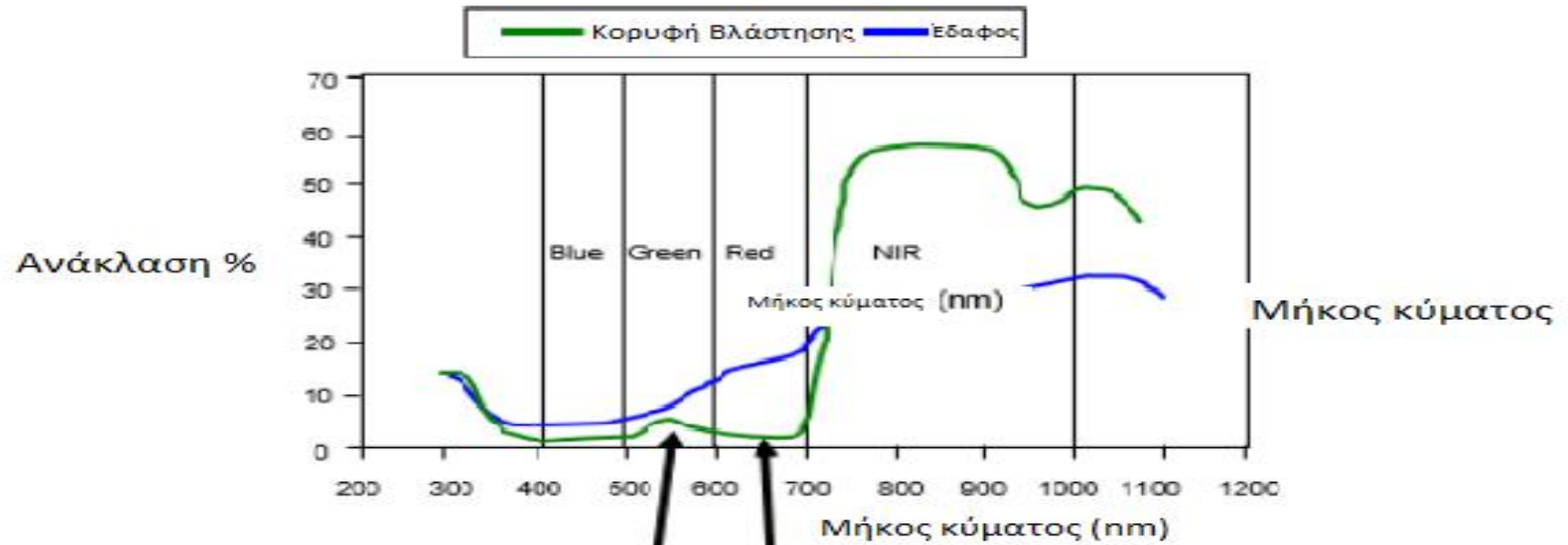
Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση

- Τέτοιες παρατηρήσεις οδήγησαν στο ακόλουθο ερώτημα: δεδομένου ότι οι αλλαγές στο ορατό φάσμα μπορούν να αντιληφθούν από εμάς και έχουν άμεση επίδραση στις ιδιότητες των αντικειμένων, τι συμβαίνει με τις φασματικές αλλαγές που δεν μπορούμε να δούμε με τα μάτια μας
- "Τι είδους πληροφορίες μπορούμε να λάβουμε αν μπορούμε να μετρήσουμε αυτές τις αόρατες αλλαγές;"

Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση

- Τα φυτά, και πιο συγκεκριμένα, οι φωτοσυνθετικά ενεργοί ιστοί, επιδεικνύουν υψηλή απορρόφηση στο κόκκινο φάσμα, ενώ αντανακλούν το μεγαλύτερο μέρος του πράσινου φωτός - και ως εκ τούτου εμφανίζονται πράσινο σε εμάς.
- Φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία (PAR) είναι το φασματικό εύρος της ηλιακής ακτινοβολίας από 400 έως 700 nm , το οποίο οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί μπορούν να χρησιμοποιούν για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση



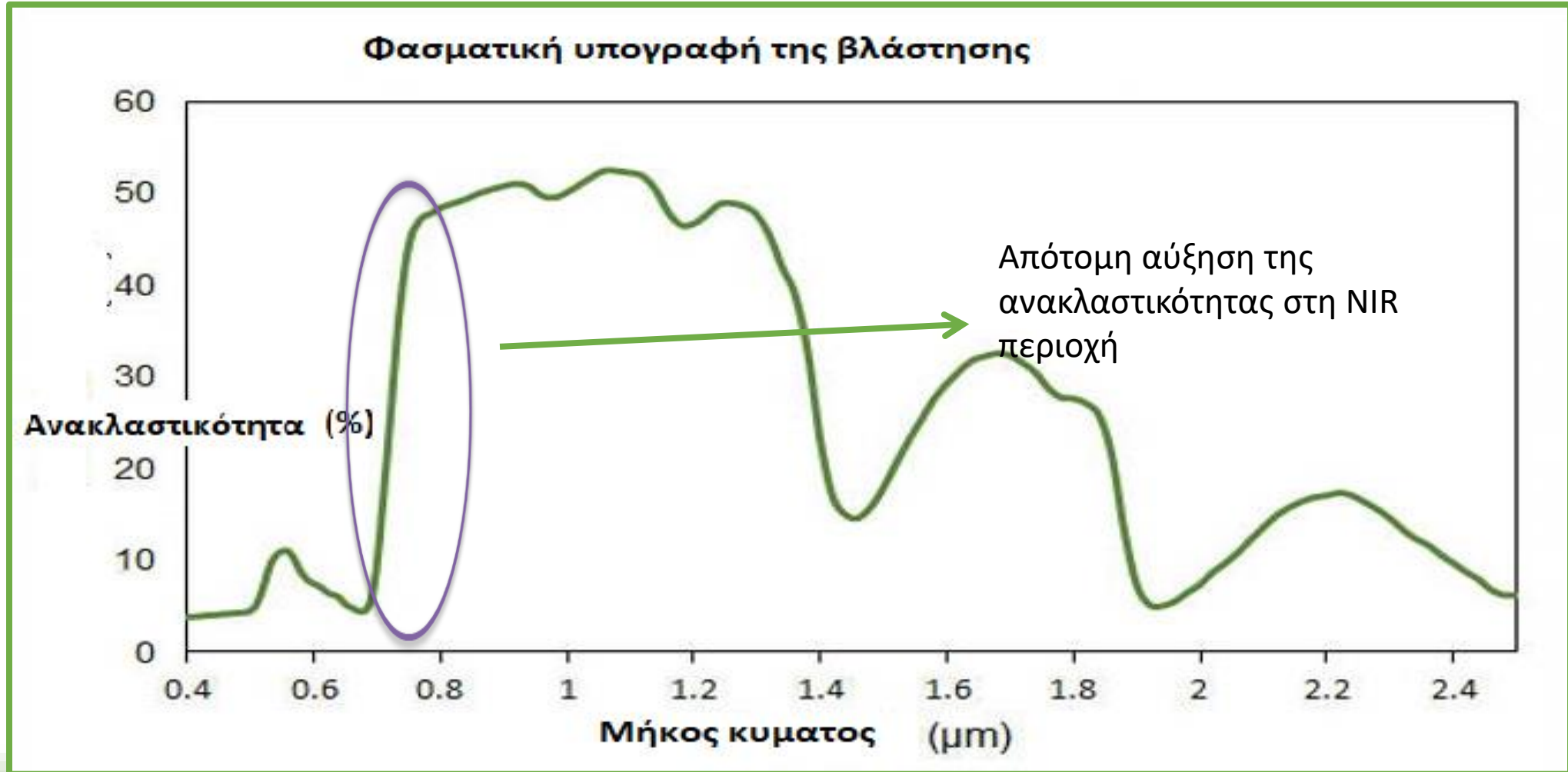
Υψηλή ανάκλαση στα 550 nm
τυπικό για τη βλάστηση
με αποτέλεσμα εμφάνιση
πράσινου χρώματος

Χαμηλό στα 650 nm σημαίνει
Απορρόφηση κόκκινου
Φωτός από τη χλωροφύλλη

Εφαρμογές τηλεπισκόπησης

- ❑ Ωστόσο, υπάρχει μια άλλη μοναδική ικανότητα της βλάστησης: λόγω του σπογγώδους μεσοφύλλου μπορεί να αντανακλά επίσης το μεγαλύτερο μέρος της εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας (Near Infrared) που φτάνει στα φυτά.
- ❑ Η NIR βρίσκεται έξω από το ορατό φάσμα, και ως εκ τούτου, δεν είναι ορατή από το ανθρώπινο μάτι.

Εφαρμογές τηλεπισκόπησης



Εφαρμογές τηλεπισκόπησης

- ❑ Συνοψίζοντας, τα φυτά αντανακλούν φυσιολογικά το μεγαλύτερο μέρος της NIR ακτινοβολίας που φτάνει στα φύλλα τους (700-800 nm), ενώ απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος του Κόκκινου (630-670 nm).
- ❑ Εάν δεν συμβαίνει αυτό, μπορεί να είναι ένας δείκτης ότι κάτι εμποδίζει την ομαλή βιολογική λειτουργία των φυτών.

Εφαρμογές τηλεπισκόπησης

- Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να διαφέρουν, από στρες στο φυτό, έως προσβολή από ασθένεια. Αυτές οι ανωμαλίες μπορούν να ανιχνευθούν γρηγορότερα με τον προσδιορισμό των παραλλαγών στην ανάκλαση, προτού να γίνουν ορατές στο ανθρώπινο μάτι.



Εφαρμογές τηλεπισκόπησης

Υγιής βλάστηση

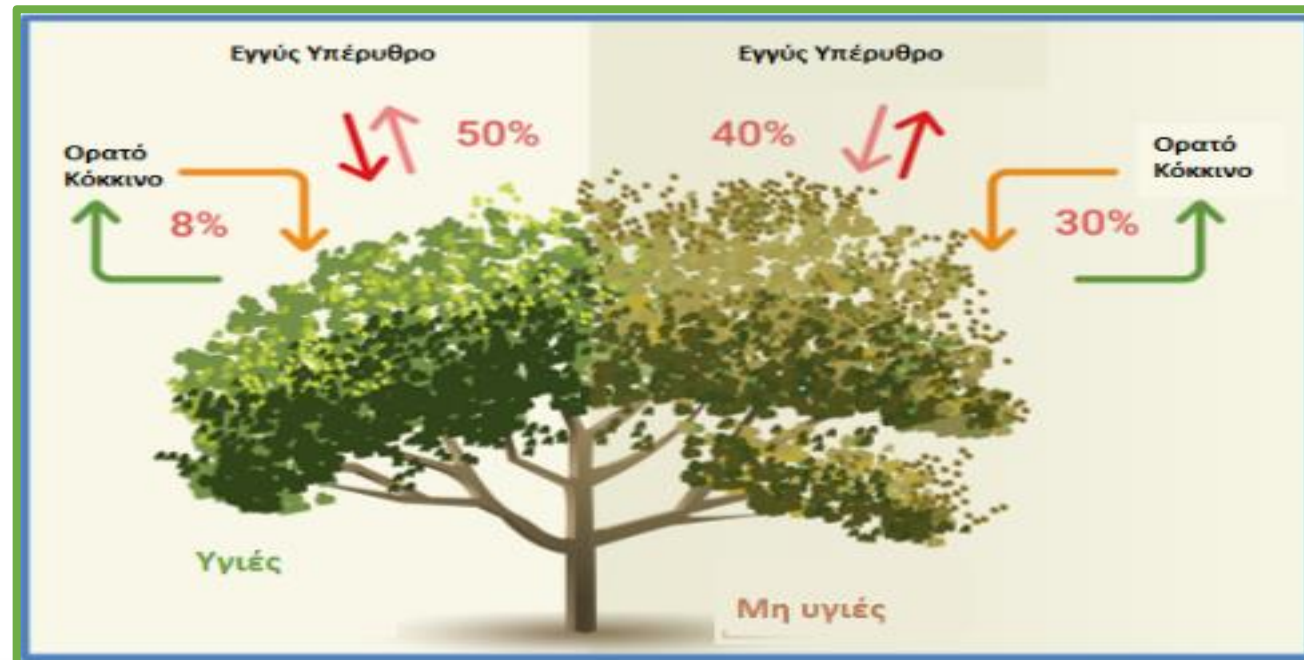
- Υψηλή ανάκλαση σε εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία
- χαμηλή ανάκλαση στο κόκκινο



Εφαρμογές τηλεπισκόπησης

Μη υγιής
βλάστηση

- Χαμηλή ανακλαστικότητα στο εγγύς υπέρυθρο
- Υψηλή ανακλαστικότητα στο κόκκινο



Δείκτες βλάστησης

- ❑ Αυτή η γνώση οδήγησε στην ανάπτυξη μαθηματικών τύπων που εκφράζουν την ευρωστία και τη συνολική υγεία της βλάστησης με βάση τις αναλογίες ανακλαστικότητας στα διάφορα φάσματα.
- ❑ Αυτοί οι τύποι είναι γνωστοί ως "Δείκτες Βλάστησης" και αποτελούν τον πυρήνα της Τηλεπισκόπησης στη Γεωργία Ακριβείας.

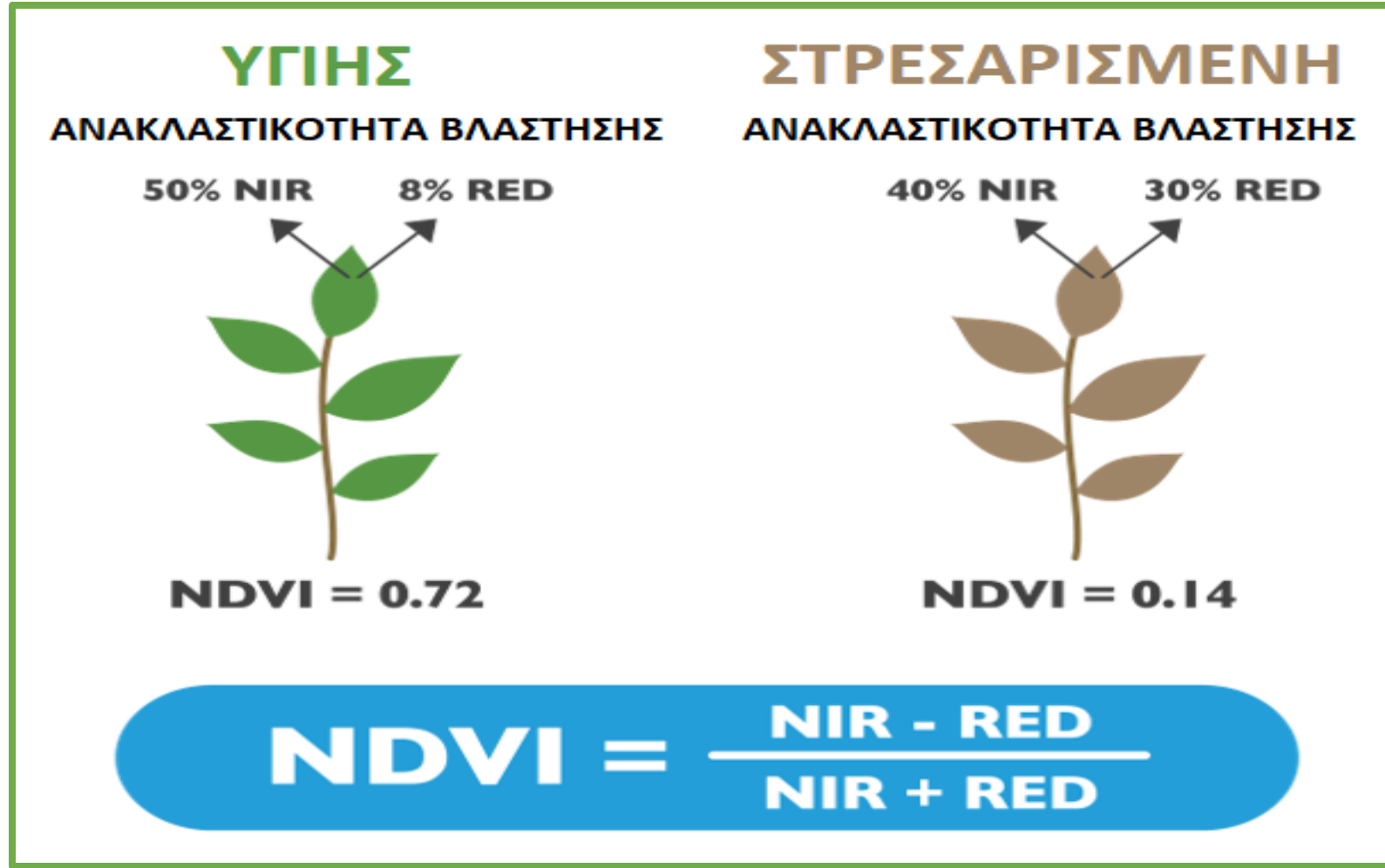
Δείκτες βλάστησης

- Οι δείκτες βλάστησης παρέχουν μια απλή αλλά κομψή μέθοδο μέτρησης της απόκρισης των φυτών στην ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια της σεζόν.
- Οι περισσότεροι από αυτούς υπολογίζονται ως κάποιο είδος σχέσης μεταξύ του ανακλώμενου φωτός στα ορατά μήκη κύματος και στο εγγύς υπέρυθρο.

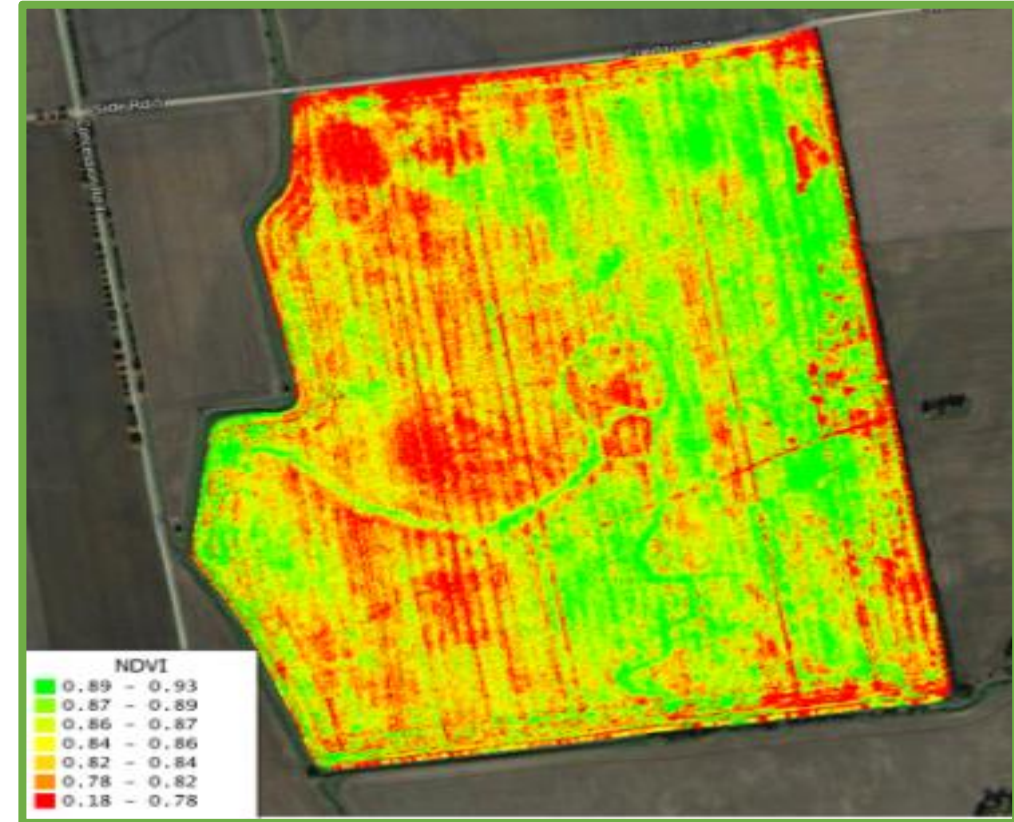
Δείκτες βλάστησης

- ❑ Ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης βλάστησης είναι ο **κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης NDVI**.
- ❑ Ποσοτικοποιεί τη βλάστηση πολύ αποτελεσματικά μετρώντας τη διαφορά μεταξύ της ανανάκλαστικότητας στο εγγύς υπέρυθρο και στο κόκκινο φώς. Ο NDVI είναι πολύ αποτελεσματικός για την ανίχνευση ανόμοιων σημείων ανάπτυξης εντός χωραφίου.
- ❑ Ο NDVI κυμαίνεται από [-1 έως +1], αλλά στη βλάστηση λαμβάνει τιμές από [0,2 έως 1].

Δείκτες βλάστησης



- ❑ Ο χάρτης στα δεξιά είναι ένας χάρτης NDVI.
- ❑ Δείχνει ποιες περιοχές έχουν πιο πυκνή και υγιή βλάστηση.
- ❑ Με βάση τις τιμές των δεικτών βλάστησης, μπορούν να εφαρμοστούν διαφορετικές διαχειρίσεις ανάλογα με τις ανάγκες κάθε ζώνης.



- Αν και ο NDVI είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για τον εντοπισμό προβληματικών ζωνών μέσα σε ένα χωράφι, οι τιμές του μπορεί συχνά να είναι παραπλανητικές, επειδή απλά στερείται διαγνωστικής ικανότητας
- «Ο NDVI δεν είναι καλός για τον εντοπισμό της αιτίας ενός γεωπονικού προβλήματος που παρατηρείται, αλλά μάλλον είναι πολύ ικανός για την ένδειξη του πού και πότε υπάρχει το πρόβλημα".

Δείκτες βλάστησης

- Έχουν αναπτυχθεί εξειδικευμένοι δείκτες για συγκεκριμένες εφαρμογές, σε ορισμένα φαινόμενα και μπορούν να εντοπίσουν με ακρίβεια περιστατικά όπως εστίες ασθενειών και τροφοπενίες.
 - Οι δείκτες στενής ζώνης έχουν σχεδιαστεί για να αντιμετωπίζουν συγκεκριμένους παράγοντες καταπόνησης.
 - Δίνουν σημαντικές ενδείξεις για τη διάγνωση του υδατικού και του θρεπτικού στρες.

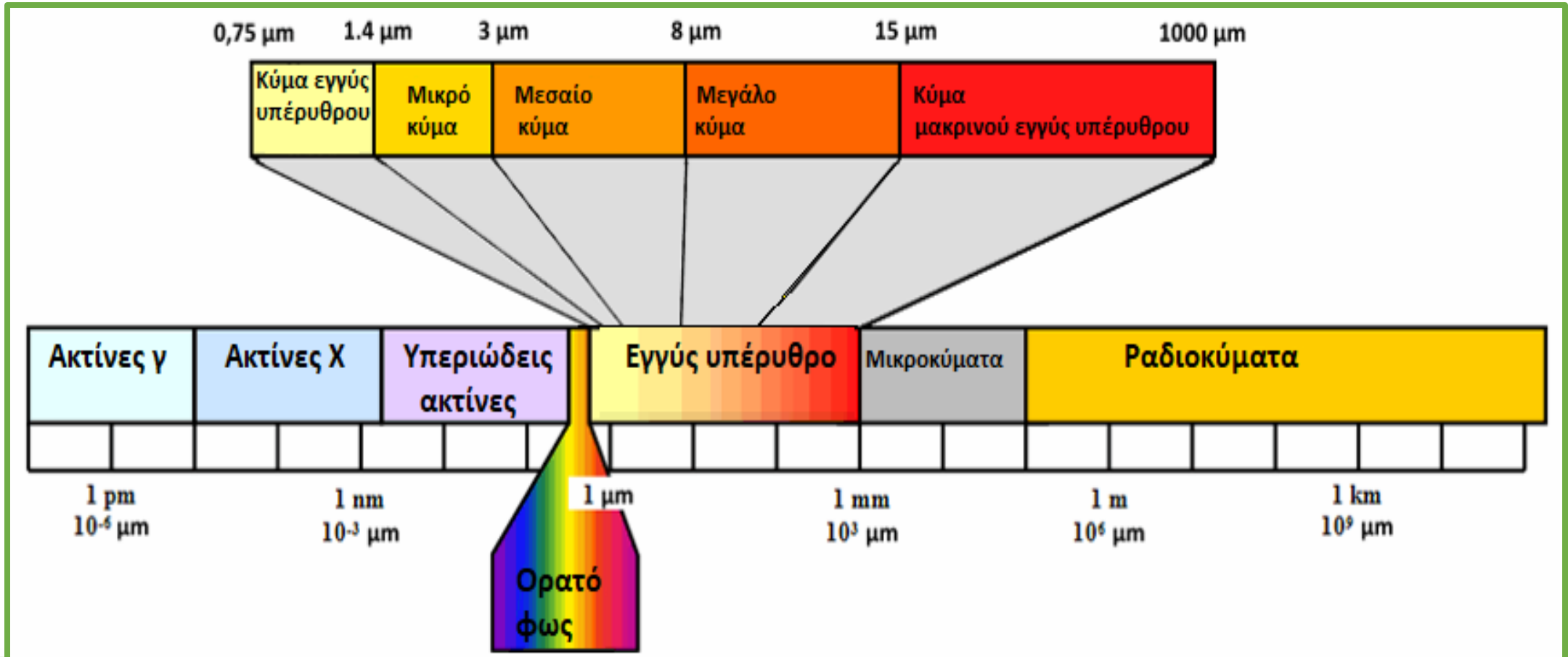
Δείκτες βλάστησης

- Η συλλογή δεδομένων σε μια τηλεσκοπική διαδικασία βασίζεται στην αρχή της «απομόνωσης» συγκεκριμένων μήκων κύματος της φασματικής ανακλαστικότητας, με αποτέλεσμα πολυφασματικές εικόνες, δηλαδή εικόνες στις οποίες κάθε εικονοστοιχείο αντιπροσωπεύει μια τιμή ανάκλασης του αντίστοιχου καναλιού/ζώνης.

Θερμική υπέρυθρη ακτινοβολία

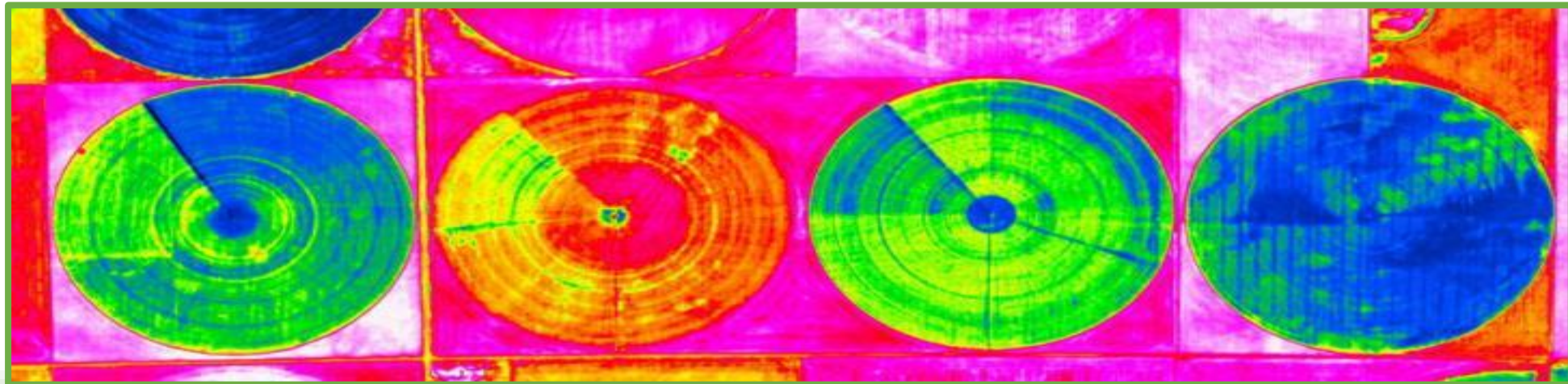
- Μια άλλη ζώνη μήκους κύματος που ενδιαφέρει τη γεωργική επιστήμη είναι αυτή του θερμικού υπέρυθρου.
- Αυτή η φασματική μπάντα είναι ουσιαστικά μοναδική συγκριτικά με οποιαδήποτε άλλη, επειδή δεν αντανακλάται, αλλά εκπέμπεται.

Θερμική υπέρυθρη ακτινοβολία



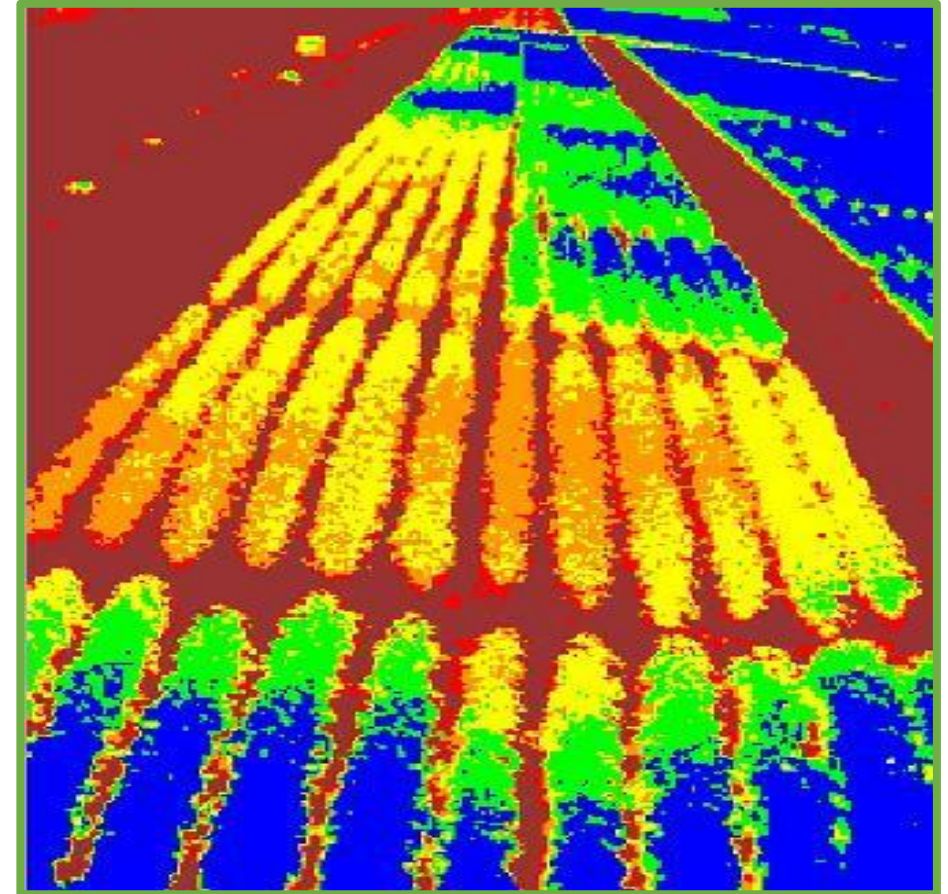
Θερμική υπέρυθρη ακτινοβολία

- ❑ Κάθε αντικείμενο απορροφά και εκπέμπει θερμική ενέργεια διαφορετικά, με βάση τις θερμοχημικές του ιδιότητες και κυρίως τη θερμική του ικανότητα.
- ❑ Το νερό έχει υψηλή θερμική ικανότητα, και ως εκ τούτου η υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία διατηρεί τα επίπεδα θερμοκρασίας στα φυτά χαμηλά.



source: Cornerstone Mapping

- ❑ Η TIR (Thermal InfraRed) είναι πιο ευαίσθητή στην υδατική καταπόνηση.
- ❑ Οι θερμικοί δείκτες υδατικής καταπόνησης των φυτών παρέχουν χαρακτηριστικά τον ικανοποιητικό χρόνο για το προγραμματισμό της άρδευσης.
- ❑ Δορυφόροι όπως ο Landsat καλύπτουν επίσης το φάσμα TIR, αλλά με πολύ χαμηλή αξιοπιστία (ανάλυση 120m x 120m).



source: IsraelAgri

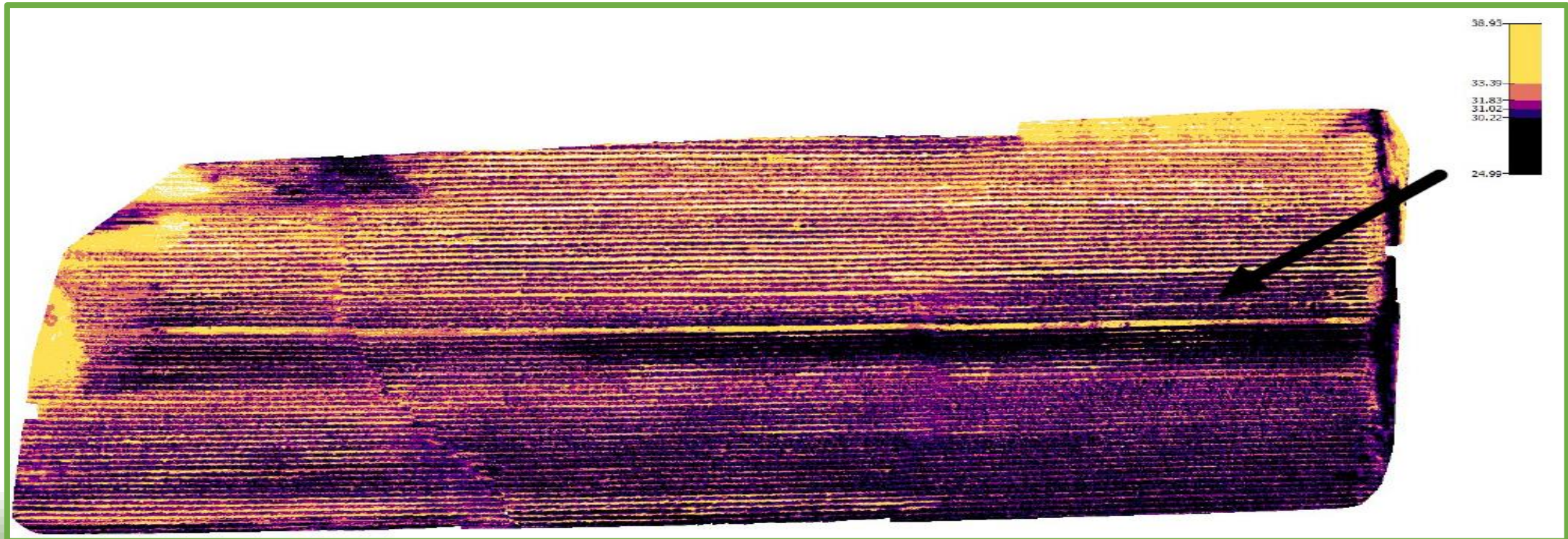
Θερμική υπέρυθρη ακτινοβολία

- ❑ Θερμικοί αισθητήρες τοποθετημένοι σε ΣμηΕΑ είναι ικανοί να συλλέγουν δεδομένα υψηλότερης ανάλυσης, παρόμοια με τις ανακλώμενες ζώνες.



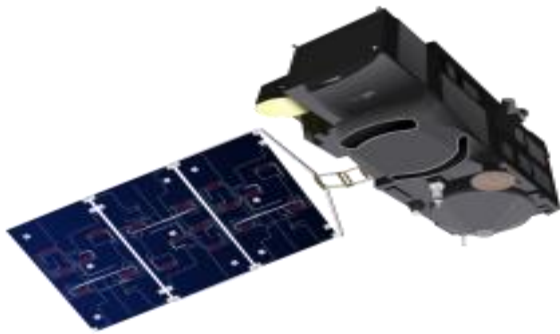
Θερμική υπέρυθρη ακτινοβολία

- Οι ιδιότητες και η δομή του εδάφους μπορούν επίσης να μελετηθούν, καθώς τα εδάφη διατηρούν το νερό και διαφορετικά.



Δεδομένα ανάκλασης

- ❑ Η συλλογή δεδομένων φασματικής ανακλαστικότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί σε 3 «στρώματα».
- ❑ Κάθε πηγή διαφέρει ως προς την ακρίβεια και την ευκολία της συλλογής.



Δορυφόροι

Διάφορα εκατοντάδες χμ



ΣμηΕΑ

20-150 μ



Χειροκίνητοι

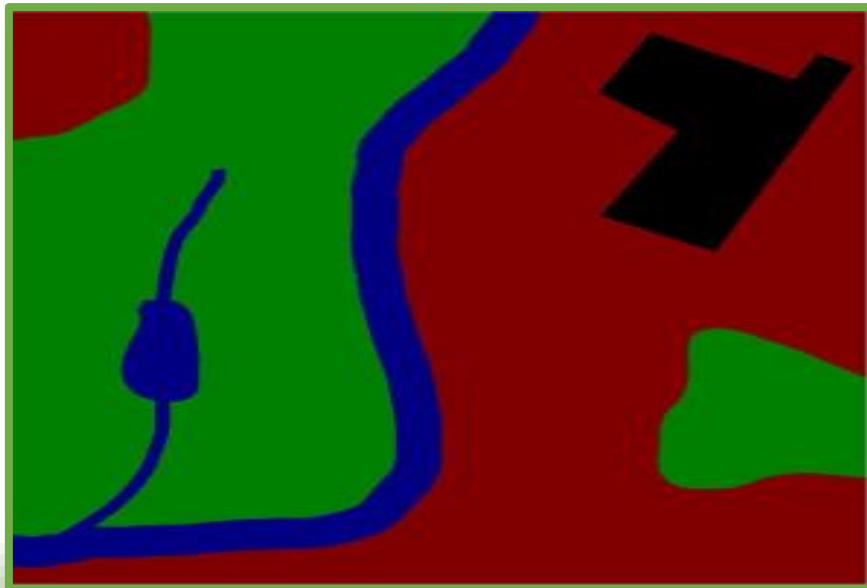
Επίπεδο εδάφους

Δεδομένα ανάκλασης

- Δύο κύριες δομές Δεδομένων :

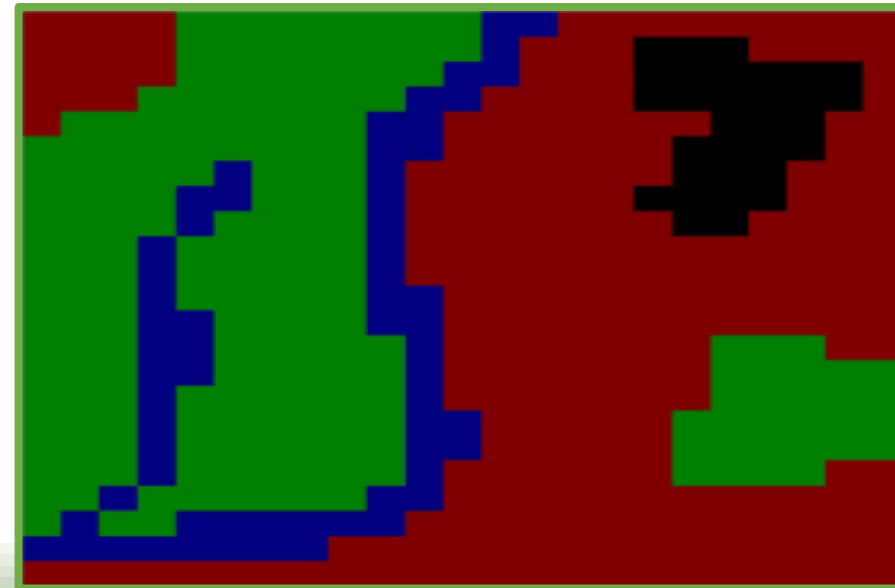
**Δεδομένα
Vector**

Κυρίως σε επίγειους αισθητήρες



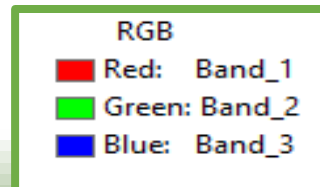
**Δεδομένα
Raster**

Κυρίως σε απομακρυσμένες πηγές



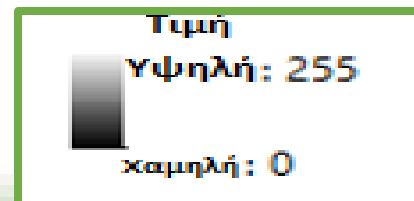
Δεδομένα Κανάβου

- ❑ **Δεδομένα Εικόνας**
- ❑ Το κόκκινο-πράσινο-μπλε (RGB) είναι εικόνες στα ορατά φάσματα.
- ❑ Παρόμοια με την κανονική φωτογραφία.
- ❑ Κάθε εικονοστοιχείο έχει μια μοναδική τιμή για κάθε ένα από τα τρία χρώματα (κόκκινο, πράσινο και μπλε) που δημιουργούν την εικόνα όπως την βλέπουμε.



Δεδομένα Κανάβου

- ❑ Οι πολυφασματικές εικόνες περιέχουν μία ζώνη (NIR σε αυτήν την εικόνα) και κάθε pixel αντιπροσωπεύει την τιμή ανάκλασης αυτού του σημείου.
- ❑ Ο τόνος κλίμακας του γκρι του pixel υποδεικνύει την τιμή ανάκλασης.

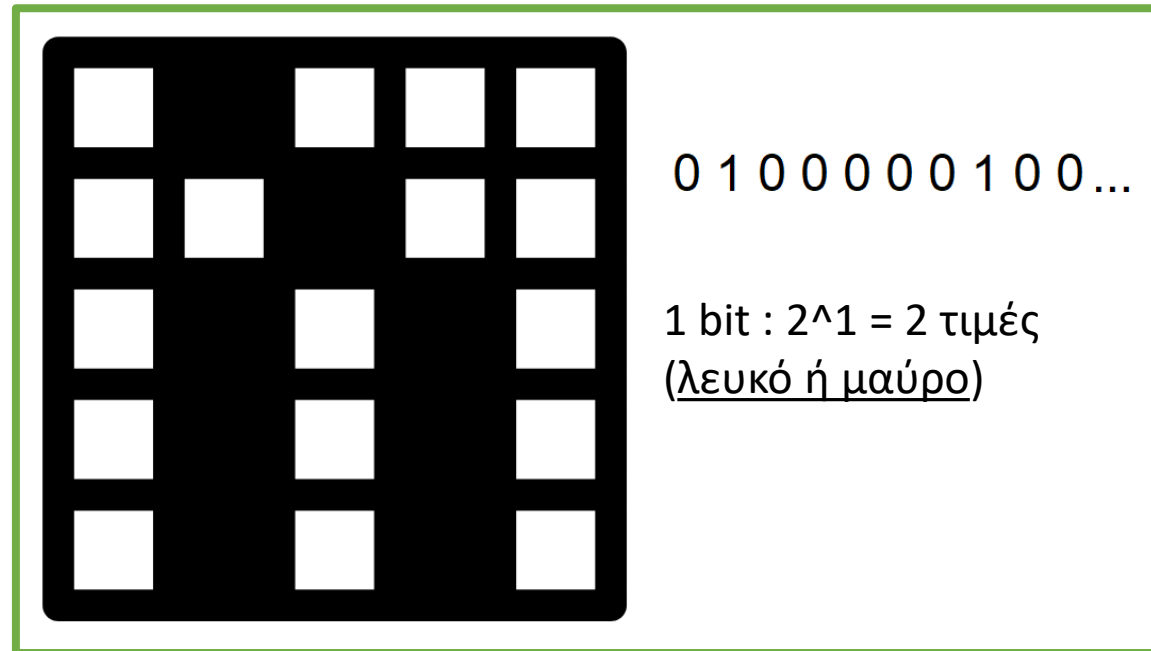


Δεδομένα Κανάβου

- ❑ Η πλειοψηφία των δεδομένων τηλεπισκόπισης αποτελούν δεδομένα σε μορφή εικόνων.
- ❑ Εικόνα καλείται μια σειρά φατνίων (i.e. εικονοστοιχείων ή pixels) σε πεπερασμένο κάναβο / πλέγμα.
- ❑ Οι διαστάσεις του πλέγματος είναι ουσιαστικά η ανάλυση της εικόνας.
 - π.χ. 1280 x 1024
- ❑ Αντίστοιχα μέγεθος της εικόνας δεν είναι παρά το σύνολο των pixels
 - π.χ. $1280 \times 1024 = 1,310,720$ pixels

Δεδομένα Κανάβου

- Βάθος εικόνας (bit depth): Το πλήθος των bits που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή του χρώματος κάθε pixel.
- Η πιο απλή περίπτωση είναι το κάθε pixel να περιέχει μόνο μια από δύο πιθανές τιμές.



Δεδομένα Κανάβου

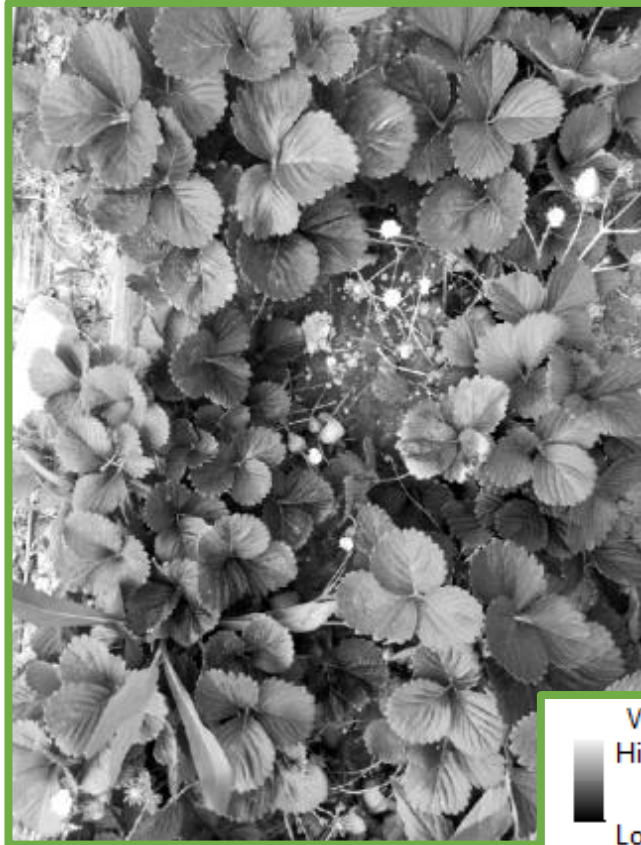
- Μια πολύ κοινή μορφή εικόνων όμως, είναι αρκετά μεγαλύτερη από διαδική.
 - Βάθος 8 bit: κάθε **pixel** δύναται να έχει $2^8 = 256$ πιθανές τιμές.
 - Βάθος 16 bit: κάθε **pixel** δύναται να έχει $2^{16} = 65,536$ πιθανές τιμές.

- Αυτό που ο υπολογιστής 'βλέπει' ως μια μονοχρωματική εικόνας είναι ένας πίνακας με κελιά, όπου κάθε κελί μπορεί να έχει μια τιμή εντός γνωστού εύρους που προκύπτει από το βάθος του κάθε φατνίου.

Μονοχρωματικές Εικόνες

```
...: #get bands' order
...: order = im_br.getbands()
...: print(order)
('R', 'G', 'B')
```

4160 x 3120 !!



Value
High : 255

Low : 0

```
1 import os
2 import scipy as sp # sp.__version__
3 import numpy as np # np.__version__
4 import imageio
5 import matplotlib.pyplot as plt
6 from scipy import ndimage
7 import cv2
8 from PIL import Image
9 from PIL import ImageEnhance
10
11 #1#
12
13 path = 'C:\\Users\\Vassi\\Desktop\\E
14 os.chdir(path)
15
16 im01 = 'brocolo.jpg'
17 im02 = 'fraoula.jpg'
18
19 im_br = Image.open(im01)
20 im_fr = Image.open(im02)
21
22 #get bands' order
23 order = im_br.getbands()
24 print(order)
25
26 '''test to normalize range
27
28 mx1 = np.amax(im_br)
29 mx2 = np.amax(im_fr)
30
31 if mx1>mx2:
32     im06 = im06/mx1
33     im11 = im11/mx1
34 else:
35     im06 = im06/mx2
36     im11 = im11/mx2
37
38 im06 = im06*255
39 im06 = im06.astype(np.uint8)
40 im11 = im11*255
41 im11 = im11.astype(np.uint8)'''
42
```

im_fr - NumPy array

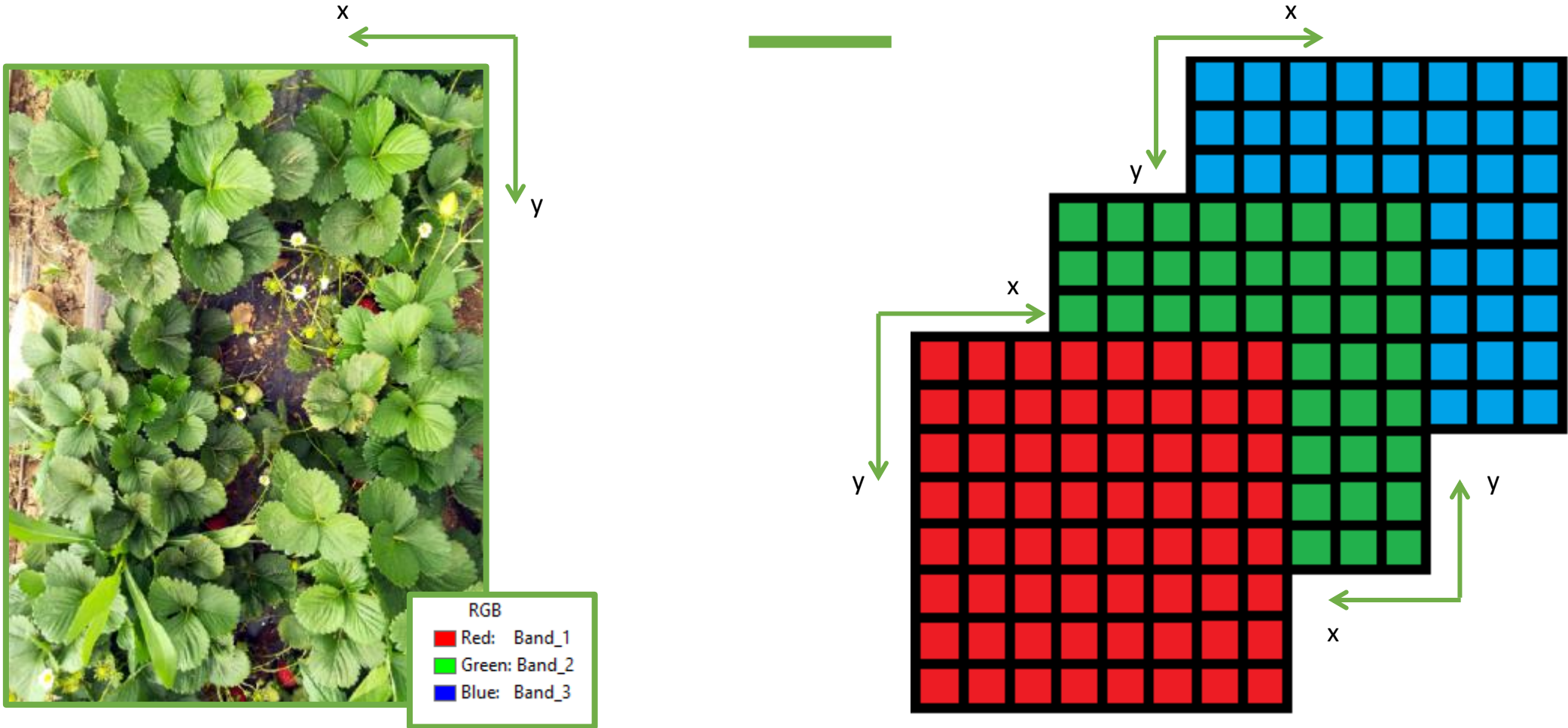
	3115	3116	3117	3118	3119
4148	150	146	144	142	141
4149	151	146	141	140	142
4150	152	148	141	140	145
4151	154	152	143	142	148
4152	157	157	149	144	144
4153	163	159	149	144	146
4154	169	161	149	145	148
4155	168	160	150	146	148
4156	165	160	153	150	150
4157	164	162	158	154	153
4158	166	163	160	156	155
4159	167	163	159	156	154

Axis: 2 Shape: (4160, 3120, 3) Index: 0 Slicing:[:, :, 0]

Έγχρωμες Εικόνες

- ❑ Η φωτοευαίσθητη επιφάνεια χρησιμοποιεί εξειδικευμένα εικονοστοιχεία για κάθε ένα από τρία βασικά χρώματα (**RGB** - Red, Green & Blue).
- ❑ Κάθε ένα επιτρέπει μόνο στην ακτινοβολία από ένα συγκεκριμένο φάσμα να το διαπεράσει και να χτυπήσει τη φωτοευαίσθητη επιφάνεια της κάμερας και να καταγράψει τις πληροφορίες σχετικά με την ένταση του εισερχόμενου φωτός στο συγκεκριμένο φάσμα (χρώμα).
- ❑ Δημιουργούνται επομένως **3 πίνακες** ανά φωτογραφία.

Έγχρωμες Εικόνες



Ένα **pixel** σε μια 8-bit RGB εικόνα πόσα
χρώματα δύναται να αποδώσει ?

$$256 \times 256 \times 256 = 16,777,216$$

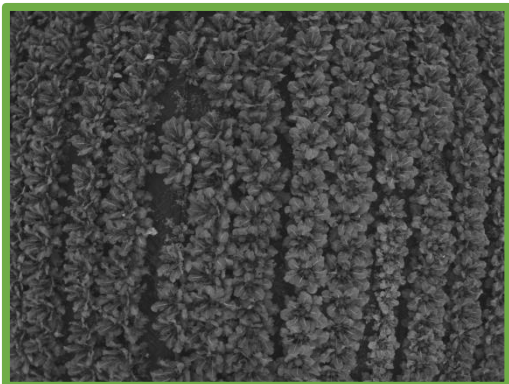
R G B χρώματα

Πολυφασματικές Εικόνες

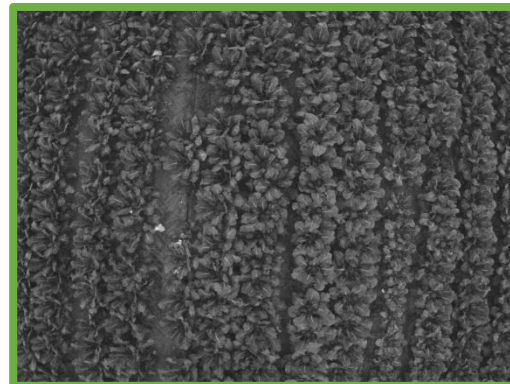
RGB



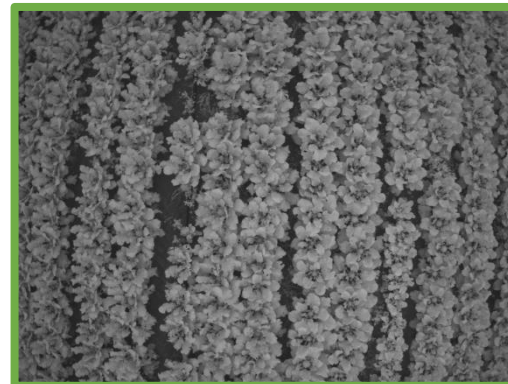
Green



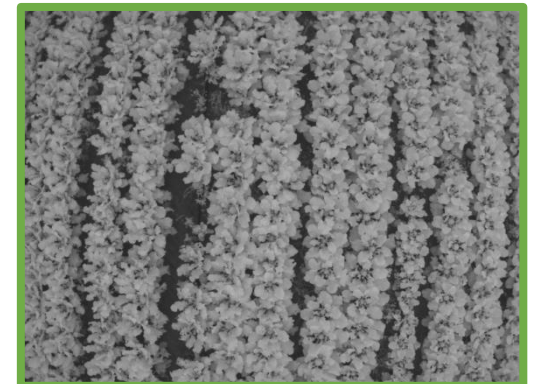
Red



Red-Edge



NIR



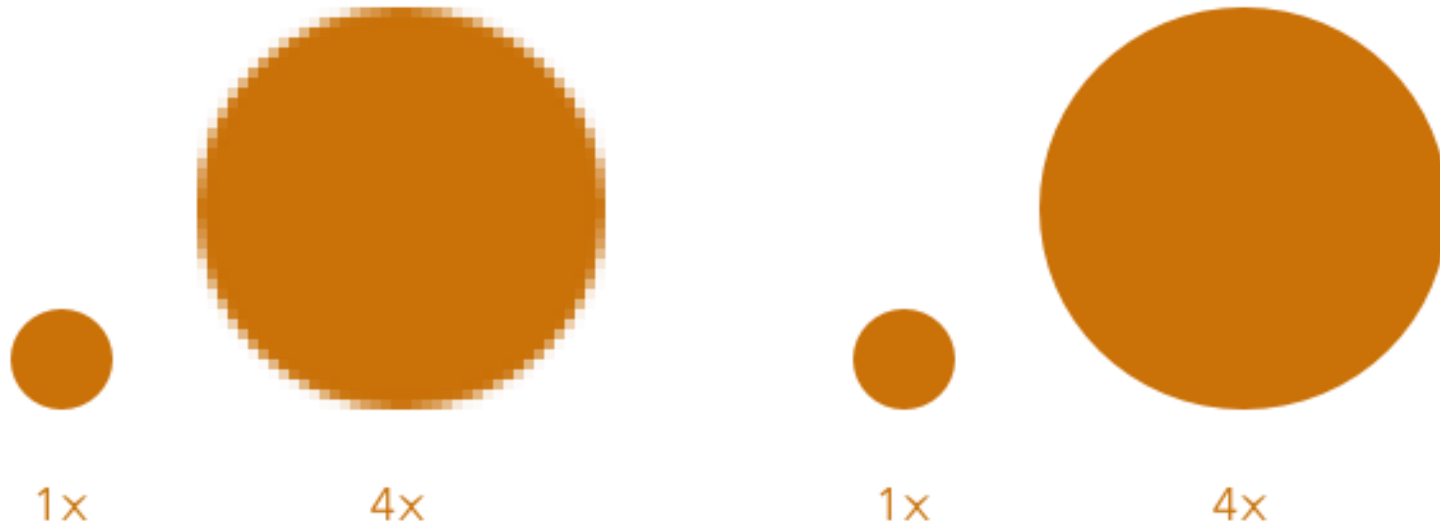
Δεδομένα Raster

Ανάλυση αισθητήρα σε τηλεπισκόπηση:

- Φασματική: αριθμός ζωνών που μετρούνται από τον αισθητήρα.
- Ραδιομετρική: ευαισθησία του αισθητήρα για την ανίχνευση διαφορών στην ισχύ του σήματος.
- Χωρική: ικανότητα του αισθητήρα να διακρίνει τα μικρά αντικείμενα: ορίζει το μέγεθος του εικονοστοιχείου.
- Χρονικό: συχνότητα χρόνου επίσκεψης για μέτρηση (σε δορυφόρους).

Δεδομένα Vector

- ❑ Τα αρχεία vector αποτελούνται από σημεία, γραμμές και πολύγωνα για τη δημιουργία διαδρομών.
- ❑ Τα διανύσματα μπορούν να κλιμακωθούν και να μειωθούν χωρίς να χάσουν την ποιότητα (ανάλυση) τους .



Δορυφόροι στη Γεωργία

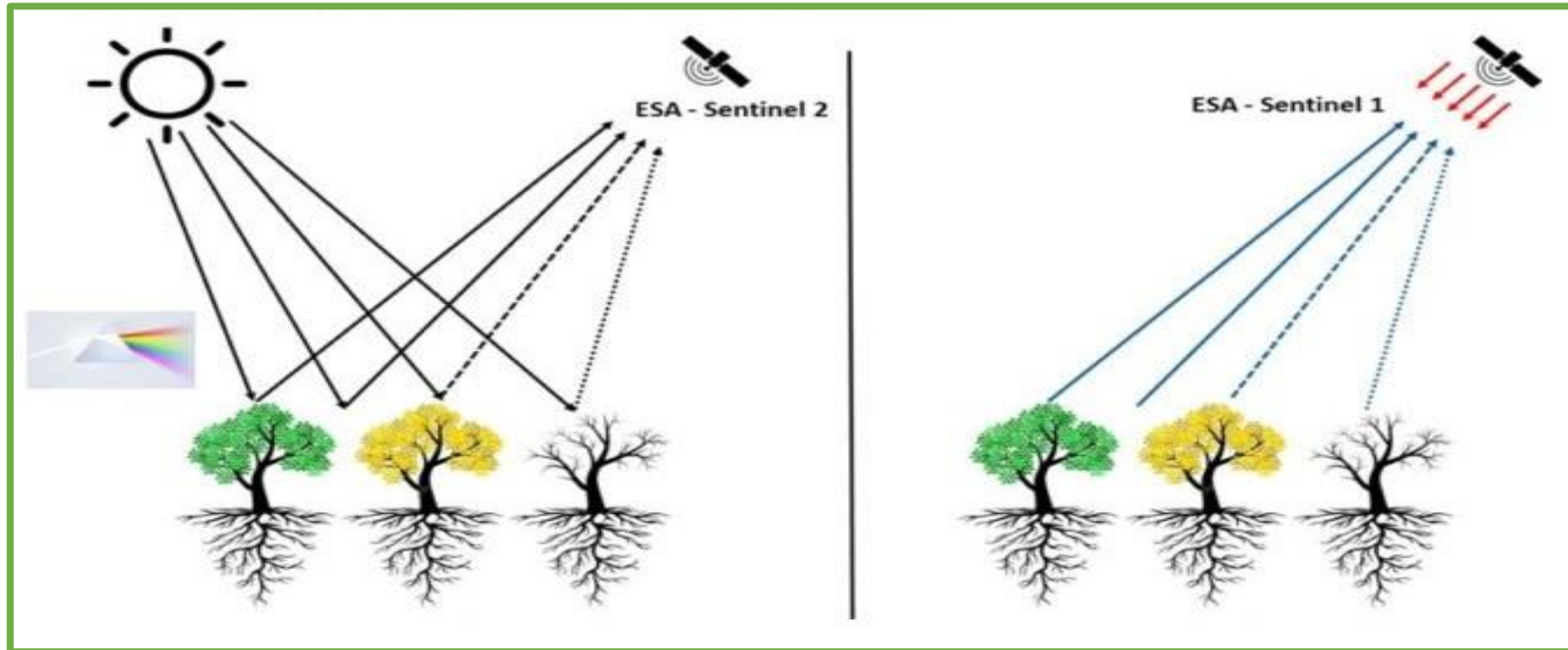
- Οι αισθητήρες που μεταφέρονται από δορυφόρους συνήθως μετρούν την ενέργεια.
- Με βάση αυτό το χαρακτηριστικό, μπορούν να χωριστούν σε παθητικούς και ενεργούς αισθητήρες.
- Ενεργοί (ή οπτικοί) δορυφόροι μας βοηθούν με το θόλο της βλάστησης, ενώ οι παθητικοί (ή ραντάρ) δορυφόροι μας βοηθούν με τη δομή.

Δορυφόροι στη Γεωργία

- ❑ Οι ενεργοί αισθητήρες έχουν τη δική τους πηγή ενέργειας, προβάλλοντας την προς τα αντικείμενα που καταλαμβάνουν την επιφάνεια του πλανήτη και στη συνέχεια μετρούν την ενέργεια που επιστρέφεται από αυτά. Ένα παράδειγμα δορυφορικού αισθητήρα ραντάρ είναι ο Sentinel 1 από την ESA.
- ❑ Από τις αναλογίες μεταξύ της ενέργειας που εκπέμπεται και ανακλάται μπορούμε να μελετήσουμε τον τύπο των αντικειμένων και τη δομή τους.
- ❑ Οι ενεργοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τη μελέτη της υφής του εδάφους, της αλληλεπίδρασης εδάφους-νερού-φυτού, της πρόβλεψης απόδοσης, της ανίχνευσης διαφορετικών ειδών και της δομής των φυτών.

Δορυφόροι στη Γεωργία

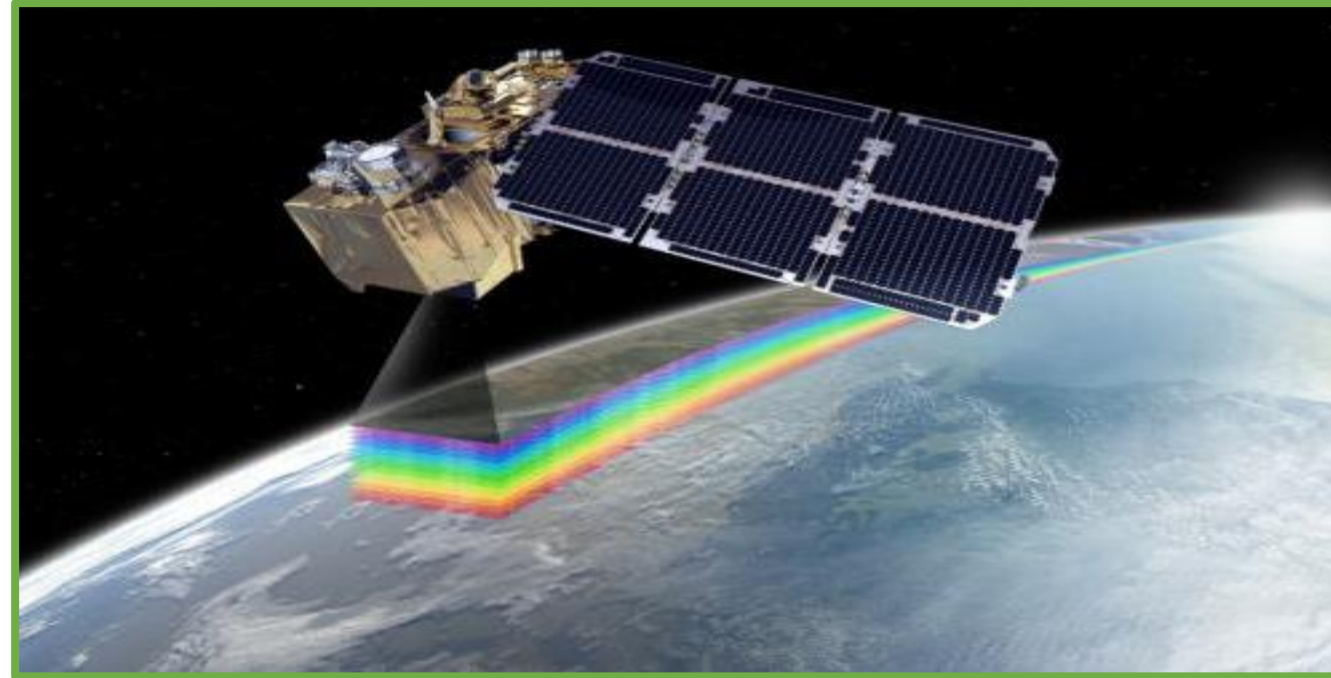
Παράδειγμα παθητικών (αριστερών) και ενεργών (δεξιών) δορυφορικών αισθητήρων



source: Sparkle Project

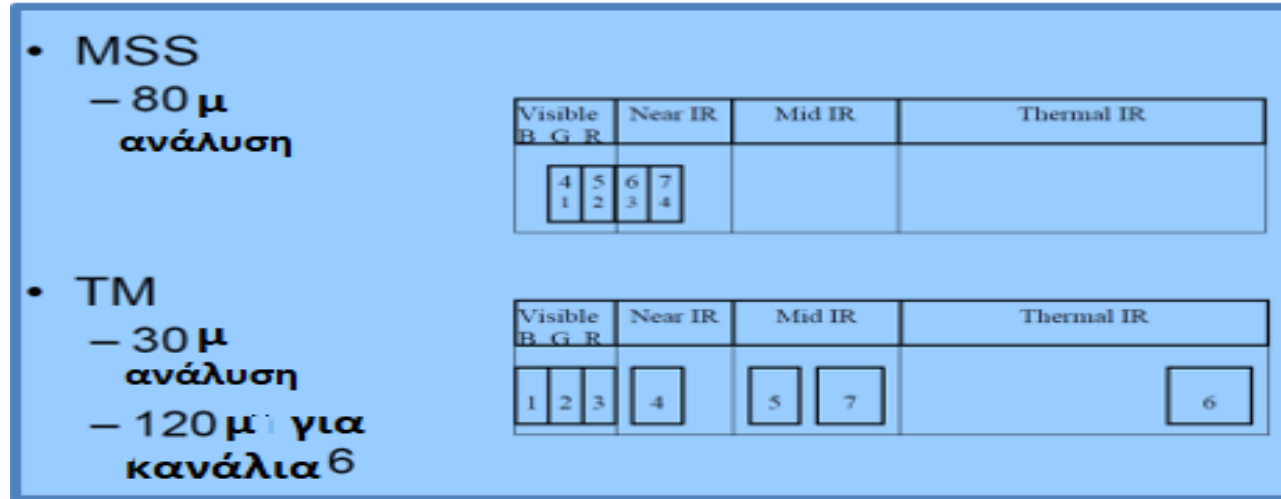
Δορυφόροι στη Γεωργία

- ❑ Οι **παθητικοί** αισθητήρες μετρούν την ανακλώμενη ενέργεια και, ως εκ τούτου, δεν χρειάζεται να προβάλλουν δική τους πηγή ενέργειας προς την περιοχή-στόχο ή το αντικείμενο. Τέτοιοι αισθητήρες είναι ο Sentinel 2 από την ESA και ο Landsat 8 από τη NASA.
- ❑ Αισθητήρες αυτού του τύπου έχουν τις περισσότερες εφαρμογές στη γεωργία, δεδομένου ότι μετρούν φασματική ανάκλαση.



Source: ESA

LandSAT Thematic Mapper (TM) Characteristics



LandSAT Multispectral Scanner (MSS) Characteristics

Ζώνη	Μήκος κύματος	Απόκριση	Ανάλυση
1	0.45 - 0.52	Blue-Green	30
2	0.52 - 0.60	Green	30
3	0.63 - 0.69	Red	30
4	0.76 - 0.90	Near IR	30
5	1.55 - 1.75	Mid-IR	30
6	10.40 - 12.50	Thermal IR	120
7	2.08 - 2.35	Mid-IR	30

LandSATS 1-3	LandSATS 4-5	Μήκος κύματος (μικρόμετρα)
Ζώνη 4	Ζώνη 1	0.5 - 0.6
Ζώνη 5	Ζώνη 2	0.6 - 0.7
Ζώνη 6	Ζώνη 3	0.7 - 0.8
Ζώνη 7	Ζώνη 4	0.8 - 1.1
Ζώνη 8		10.4 - 12.6

Δορυφόροι στη Γεωργία

- Σχετικά με τα δορυφορικά δεδομένα, αν και έχει επιτευχθεί πολύ υψηλή ανάλυση (δηλαδή $10 \times 10 \text{ μ}^2$ / εικονοστοιχείο) για ανοιχτά δεδομένα, προβλήματα, όπως η κάλυψη από τα σύννεφα και η συχνότητα επίσκεψης, κατά τη διάρκεια της οποίας ο δορυφόρος βρίσκεται πάνω από μια περιοχή σε κάθε τροχιακή τροχιά και μόνο τότε μπορεί να συλλέξει δεδομένα, δεν έχουν ακόμα λυθεί.

Επίγειοι Αισθητήρες ανίχνευσης της ανακλαστικότητας

- Οι αισθητήρες που συλλέγουν δεδομένα στο επίπεδο του εδάφους ονομάζονται αισθητήρες εγγύς/επίγειας ανάκλασης.
- Αυτός ο τύπος αισθητήρων προσφέρει προφανώς την υψηλότερη δυνατή ακρίβεια, αλλά η απόκτηση δεδομένων είναι αρκετές φορές πιο χρονοβόρα και απαιτεί φυσική παρουσία μέσα στο χωράφι.
- Αυτός ο τύπος δεδομένων χρησιμοποιείται συχνά για την επαλήθευση των απομακρυσμένα δεδομένων - Μετρήσεις που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ακρίβειας και της εγκυρότητας της απομακρυσμένης μέτρησης.

Επίγειοι Αισθητήρες ανίχνευσης της ανακλαστικότητας

Γεωργικά οχήματα στα οποία έχουν τοποθετηθεί αισθητήρες ανάκλαστικότητας.



ΣμηΕΑ στη Γεωργία

- Στο τελευταίο τρόπο συλλογής τηλεσκοπικών δεδομένων συναντάμε μια νέα τεχνολογία, τα Μη Επανδρωμένα Εναέρια Οχήματα (ΣμηΕΑ, UAV, ή απλά Drones), τα οποία παρέχουν υψηλής ποιότητας δεδομένα γρήγορα και αποτελεσματικά.



ΣμηΕΑ ή Δορυφόροι ?

ΣμηΕΑ

- Μπορεί να εκτελέσει συλλογή δεδομένων ανά πάσα στιγμή.
- Δεν επηρεάζεται από την νεφοκάλυψη.
- Υψηλής ποιότητας δεδομένα - οι πτήσεις είναι συχνά χαμηλότερες από 100 μέτρα υψόμετρο - πολύ υψηλή ανάλυση.

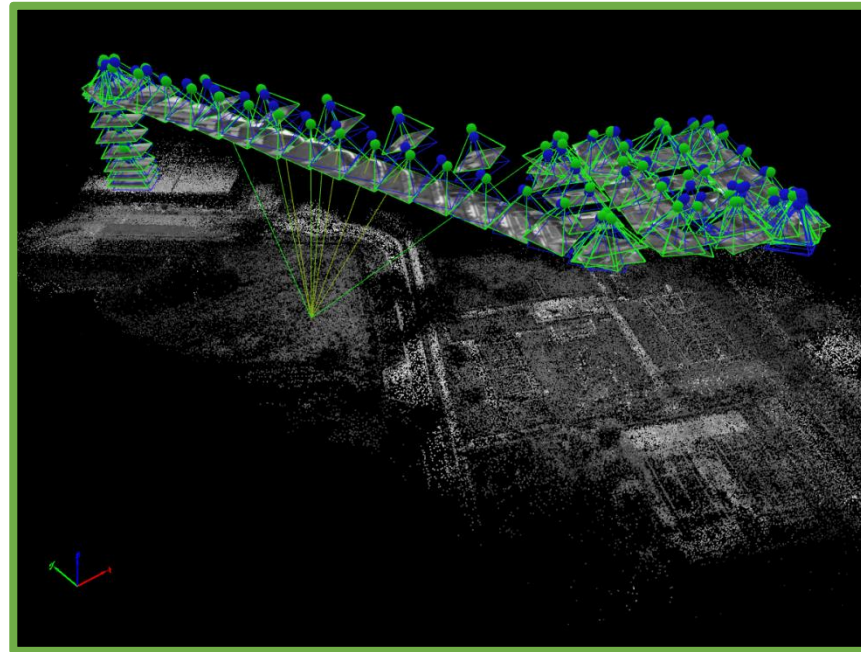
Δορυφόροι

- Υπάρχουν δεδομένα από προηγούμενες περιόδους πάντα διαθέσιμα.
- Εικόνες επαρκούς ακρίβειας για τις περισσότερες γεωργικές εφαρμογές είναι ανοιχτά δεδομένα και επομένως δωρεάν.
- Δεν απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό για τη συλλογή δεδομένων ή παρουσία στο χωράφι.

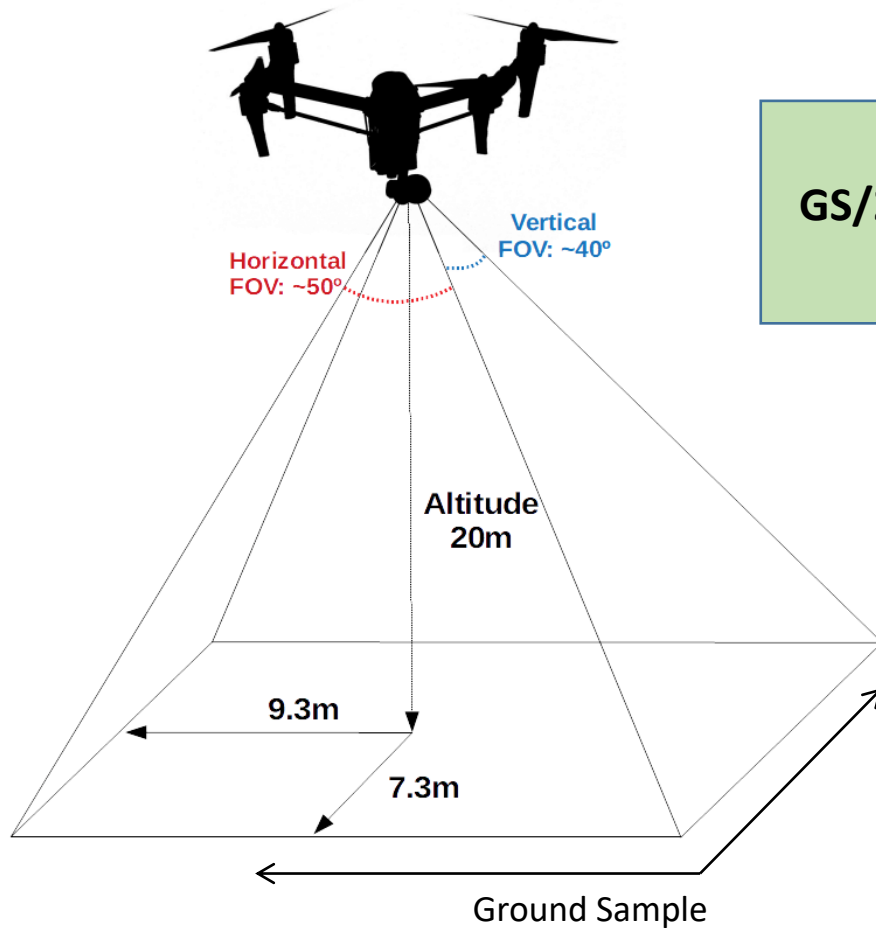
Σχεδιασμός Πτήσεων

- ❑ Η διαδικασία χαρτογράφησης με ΣμηΕΑ αφορά τη συλλογή φωτογραφιών για τη δημιουργία των ορθοφωτογραμμετρικών χαρτών (ή ορθομωσαϊκών).
- ❑ Η φωτογραμμετρική διαδικασία "ράβει" κάθε μεμονωμένη εικόνα με τις γειτονικές της, με βάση τα δεδομένα γεωαναφοράς και τα κοινά σημεία τους.
- ❑ Τα κοινά σημεία σχετίζονται άμεσα με τις παραμέτρους πτήσης "**overlap**" (εμπρόσθια αλληλοεπικάλυψη) και "**sidelap**" (πλευρική αλληλοεπικάλυψη), αναφερόμενες στην κοινή περιοχή που καλύπτεται σε κάθε φωτογραφία.
- ❑ Υψηλότερη επικάλυψη μεταφράζεται σε υψηλότερη ακρίβεια και χαμηλότερα επίπεδα αβεβαιότητας για την υπολογισμένη γεωμετρία.

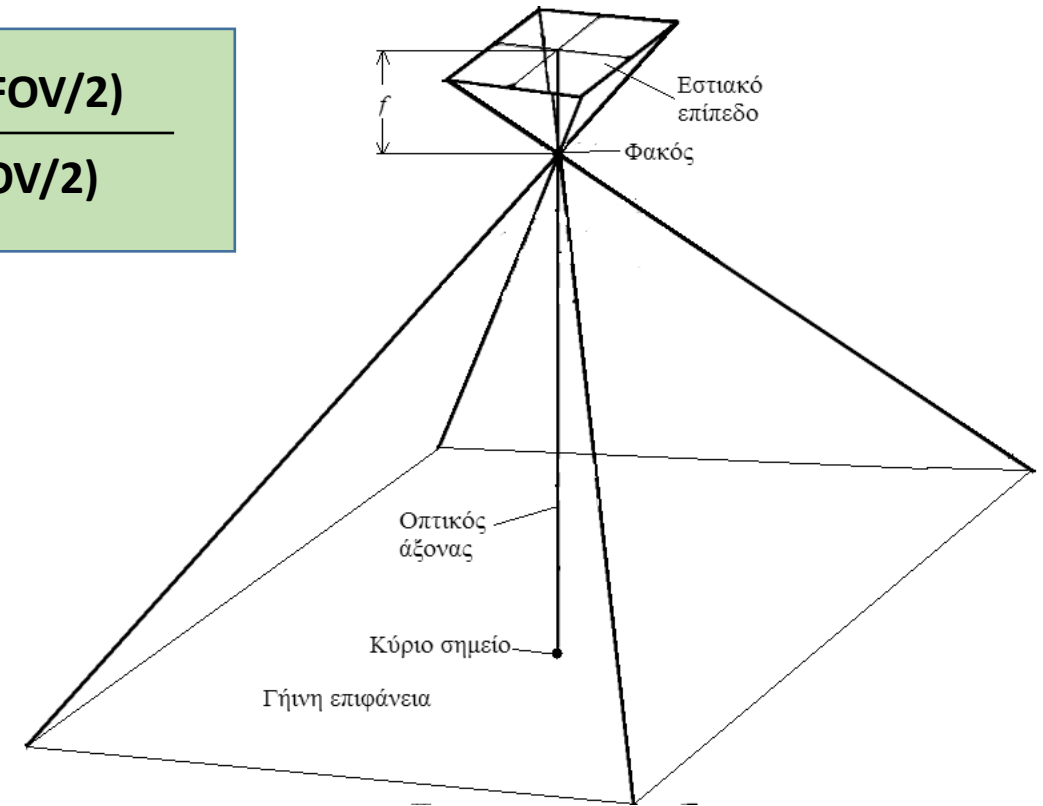
Σχεδιασμός Πτήσεων



Σχεδιασμός Πτήσεων

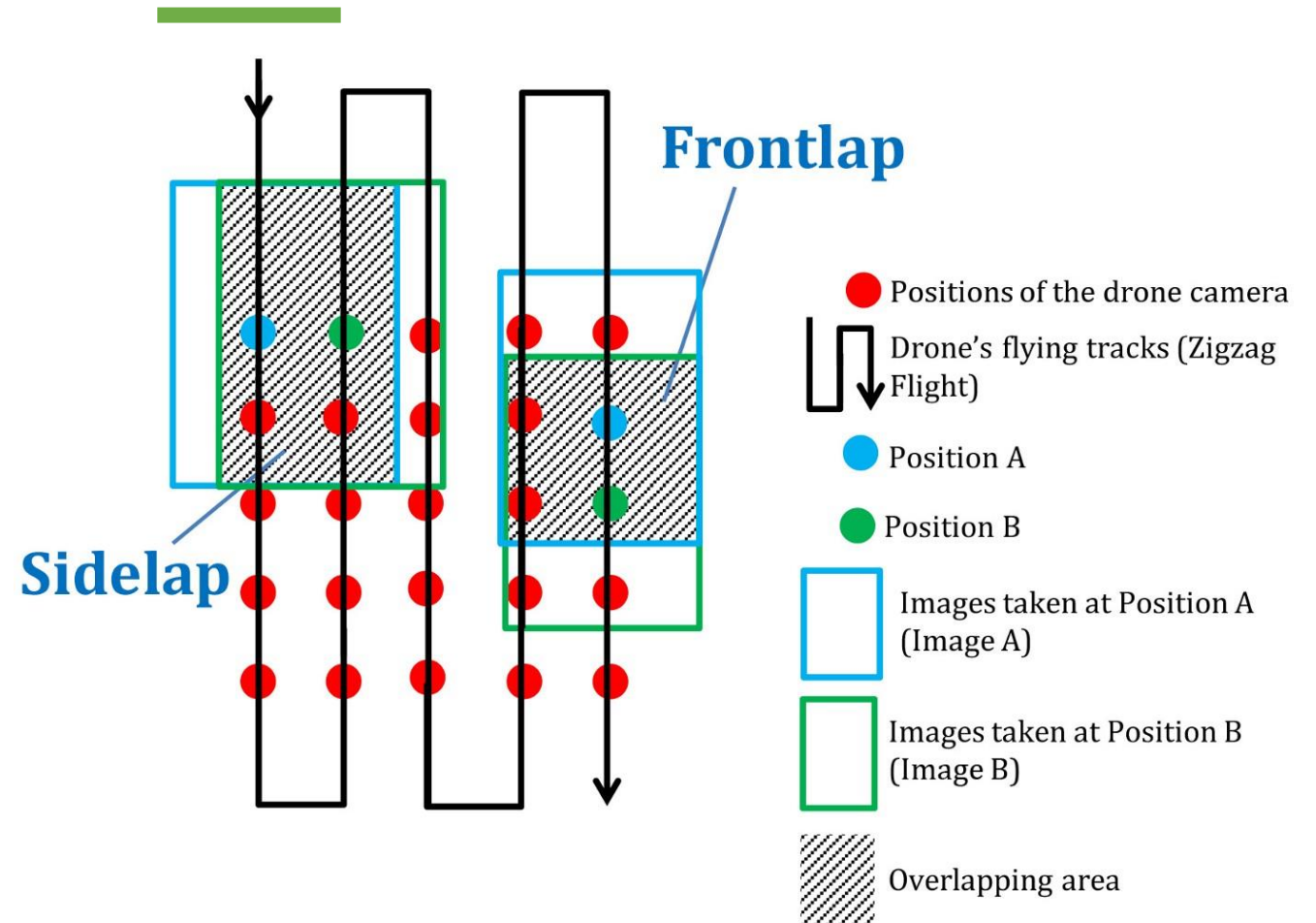


$$GS/2 = \frac{Alt. \times \sin(FOV/2)}{\sin(90-FOV/2)}$$



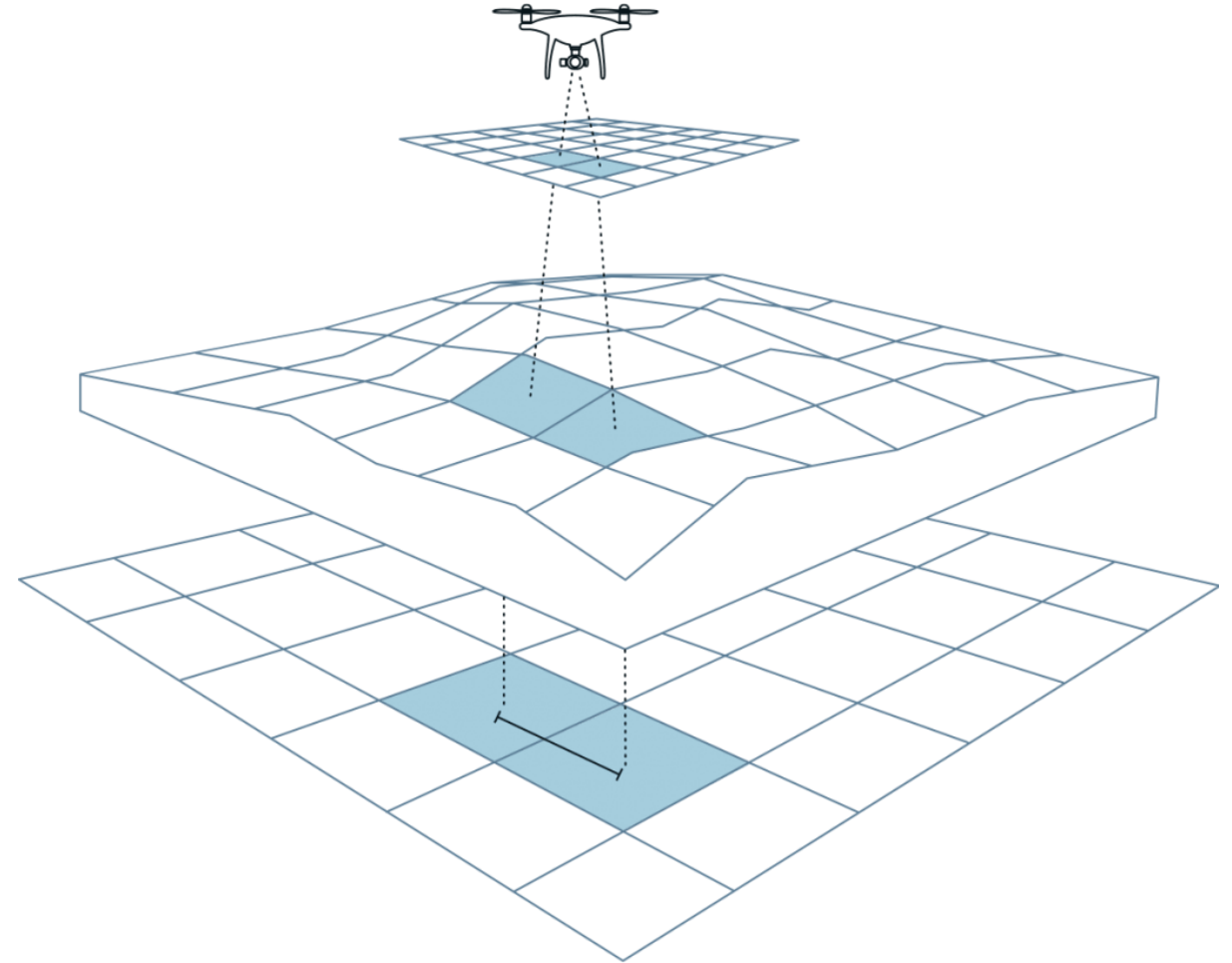
Σχεδιασμός Πτήσεων

- 80% και 70% αντίστοιχα, μια συνήθης πρακτική.
- Διασφαλίζει ότι ο αλγόριθμος θα είναι σε θέση να εντοπίσει επαρκή κοινά σημεία για τη δημιουργία ακριβούς ορθοφωτοχάρτη.



Σχεδιασμός Πτήσεων

- ↗ Υψομέτρου
- ↘ Ανάλυσης
- ↗ Κάλυψης
- ↘ Χρόνου Πτήσης



Η εργασία αυτή υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Πράξης «Ευφυής Γεωργία και Κυκλική Βιοοικονομία-SmartBIC» (MIS5047106) που εντάσσεται στη Δράση «Ενίσχυση των Υποδομών Έρευνας και Καινοτομίας» και χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία» στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ 2014-2020, με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης).

