



Common borders. Common solutions.

2^{ος} Κύκλος Κατάρτισης

«Εφαρμογή ανάλυσης δορυφορικών εικόνων στην άρδευση ακριβείας στην πεδιάδα του Νέστου»

Ιωάννης Δ. Τσακμάκης, Υπ. Διδάκτορας ΔΠΘ
Συλαίος Γεώργιος, Καθηγητής ΔΠΘ

15 Ιουνίου 2022



CERTH
CENTRE FOR
RESEARCH & TECHNOLOGY
HELLAS

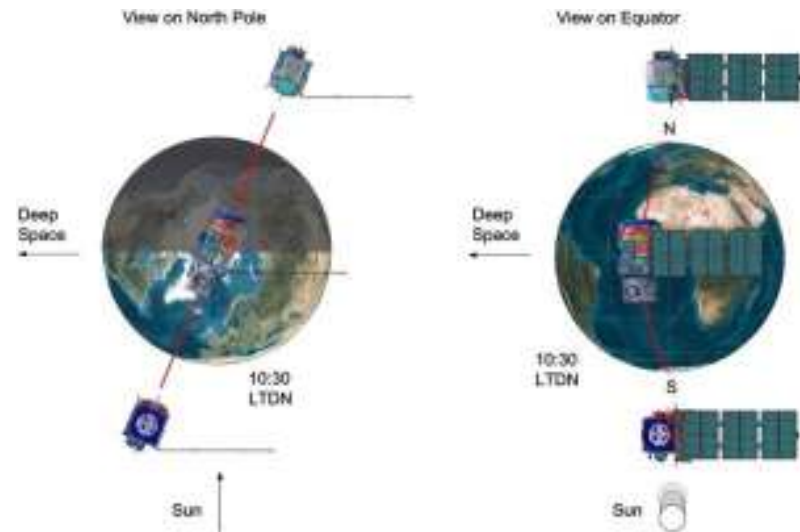


Αποστολή Sentinel 2

Αποστολή Sentinel 2

Η αποστολή **Sentinel 2** τέθηκε σε τροχιά στο πλαίσιο του προγράμματος **Κοπέρνικος** (Copernicus Programme) το οποίο υλοποιείται με την από κοινού συνεργασία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission EC) και της Ευρωπαϊκής Διαστημικής Υπηρεσίας (European Space Agency ESA), με στόχο την παρακολούθηση της επιφάνειας της γης (έδαφος, παράκτιες περιοχές).

- Η αποστολή **αποτελείται από ένα σχηματισμό δύο δορυφόρων** (Sentinel-2A S2A εκτοξεύτηκε στις 23 Ιουνίου 2015· Sentinel-2B S2B εκτοξεύτηκε στις 7 Μαρτίου 2017), οι οποίοι βρίσκονται σε πολική τροχιά, τοποθετημένοι στην ίδια ήλιο-σύγχρονη τροχιά, με διαφορά φάσης μεταξύ τους 180°.
- Σε κάθε περιστροφή οι δορυφόροι **σαρώνουν μία λωρίδα γήινης επιφάνειας πλάτους 290 km**, στα γεωγραφικά πλάτη από 56° νότια έως 84° βόρεια, με **μέσο χρόνο επανα-επισκεψιμότητας 5 ημέρες** στην περιοχή του ισημερινού.
- Σε κάθε δορυφόρο της αποστολής είναι **τοποθετημένος ένας πολυφασματικός αισθητήρας** (Multispectral Instrument, MSI).



Αποστολή Sentinel 2



Από τον Μάρτιο του 2018 η αποστολή διαθέτει ελεύθερα στους ενδιαφερόμενους χρήστες τα προϊόντα επιπέδου L1C και L2A

- Το προϊόν **L1C** αφορά την ανάκλαση της ακτινοβολίας στο **επάνω μέρος** της ατμόσφαιρας της γης (Top Of Atmosphere, TOA).
- Το προϊόν L2A αφορά την ανάκλαση της ακτινοβολίας στο **κάτω μέρος** της ατμόσφαιρας (Bottom of Atmosphere, BOA).
- Το προϊόν L2A προκύπτει μετά από **επεξεργασία** του προϊόντος L1C από εξειδικευμένους αλγορίθμους.
- Κάθε προϊόν καλύπτει μία έκταση περίπου 110×110 km ($\sim 1^\circ \times 1^\circ$).



Λίστα με τις μπάντες του πολυφασματικού αισθητήρα

Sentinel 2	wavelength (micrometres)	Resolution (meters)
Band 1 (coastal aerosol)	0.44	60
Band 2 (Blue)	0.49	10
Band 3 (Green)	0.56	10
Band 4 (Red)	0.66	10
Band 5 (Red Edge 1)	0.70	20
Band 6 (Red Edge 2)	0.74	20
Band 7 (Red Edge 3)	0.78	20
Band 8 (NIR)	0.83	10
Band 8A (NIR Vapor)	0.86	20
Band 9 (Water Vapor)	0.94	60
Band 10 (SWIR-Cirrus)	1.37	60
Band 11 (SWIR-1)	1.61	20
Band 12 (SWIR-2)	2.20	20



Κανόνες ονοματοθεσίας των προϊόντων της αποστολής Sentinel 2



MMM_MSIXXX_YYYYMMDDHHMMSS_Nxxyyy_ROOO_Txxxxx_<Product Discriminator>.SAFE

- **MMM**: είναι το όνομα ταυτοποίησης του δορυφόρου (S2A/S2B).
- **MSIXXX**: MSIL1C υποδηλώνει τα προϊόντα επιπέδου 1C, ενώ το MSIL2A τα προϊόντα επιπέδου 2A.
- **YYYYMMDDHHMMSS**: Η ημερομηνία και ώρα όπου έγινε η λήψη της εικόνας .
- **Nxxyyy**: Ο αριθμός βασικής γραμμής επεξεργασίας του ωφέλιμου φορτίου δεδομένων από το υπεύθυνο τμήμα (στη γη).
- **ROOO**: Ο αριθμός της σχετικής τροχιάς του δορυφόρου (R001 – R143).
- **Txxxxx**: Ονομασία πλακιδίου (tile/granule).
- **SAFE**: Η διαμόρφωση του προϊόντος (format).



Σχετικές τροχιές του Sentinel 2: R000

Η αποστολή Sentinel 2 σαρώνει την επιφάνεια της γης ακολουθώντας **143** σχετικές τροχιές

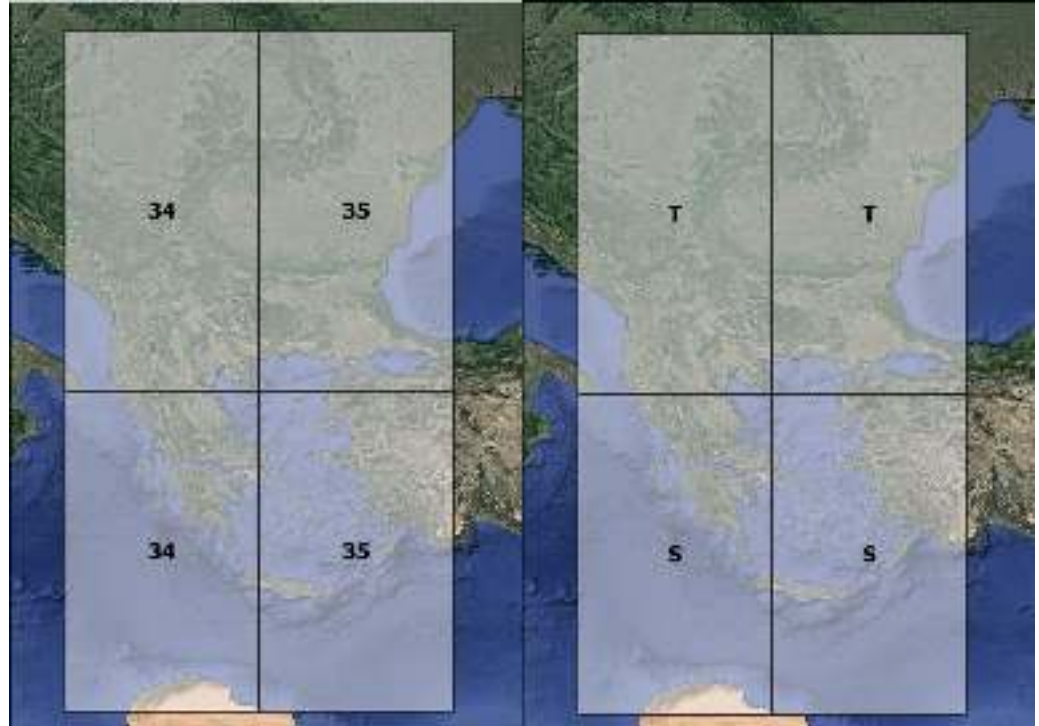
- Οι σχετικές τροχιές οι οποίες παράγουν προϊόντα τα οποία αφορούν τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη της Ελλάδας είναι:
 - Η σχετική τροχιά **R064**
 - Η σχετική τροχιά **R136**
 - Η σχετική τροχιά **R093**
 - Η σχετική τροχιά **R050**
 - Η σχετική τροχιά **R007**
 - Η σχετική τροχιά **R107**



Αριθμός Πλακιδίου: Txxxxx

Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή (UTM)

- Το σύστημα ονοματοθεσίας των προϊόντων της αποστολής Sentinel 2 βασίζεται στο **γεωδαιτικό προβολικό σύστημα της UTM**.
- Από Ανατολή προς Δύση το διεθνές σφαιροειδές διαιρείται σε **60 μεσημβρινές ζώνες των 6°**.
- Με αρχή τον Ισημερινό, το σφαιροειδές, διαιρείται σε **10 ζώνες** σταθερού πλάτους των 8° έως τον νότιο παράλληλο των 80° (C-M), σε **9 ζώνες** των 8° έως των βόρειο παράλληλο των 72° (N-W) και **1 ζώνη** των 12° μεταξύ 72° και 84° βόρειο παραλλήλου (X).
- Ο Ελλαδικός χώρος εμπίπτει στις μεσημβρινές ζώνες **34-35** και στις παράλληλες ζώνες **S-T** (T34Txx, T35Txx, T34Sxx, T35Sxx).



Αριθμός Πλακιδίου: Τχxxxx

Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή (UTM)

- Οι αρχικές ζώνες του UTM διαφρούνται σε επιμέρους **ορθό-εικόνες** (tiles/granules) και προβάλλονται με το σύστημα UTM/WGS84 .
- Η χωρική ανάλυση των tiles είναι ίση με **100×100 χλμ.**
- Μεταξύ των επί μέρους tiles υπάρχει **αλληλοεπικάλυψη 10 χλμ.**
- Το πέμπτο σύμβολο στο όνομα κάθε tile αντιστοιχεί στη **στήλη** που αυτό βρίσκεται π.χ. 34SBJ.
- Το έκτο σύμβολο στο όνομα κάθε ορθό-εικόνας αντιστοιχεί στη **γραμμή** που αυτό βρίσκεται π.χ. 34SBJ



Αλληλοεπικαλύψεις ορθό-εικόνων

- Λόγω των σχετικών τροχιών της αποστολής Sentinel 2 και της προβολής των δορυφορικών εικόνων ως ορθό-εικόνες, υπάρχουν περιπτώσεις όπου περιοχές του διεθνούς σφαιροειδούς **αλληλεπικαλύπτονται**.
- Για παράδειγμα, η περιοχή μεταξύ ποταμού Νέστου και της λίμνης Βόλβης καλύπτεται από τα προϊόντα **T34TGL** και **T35TKF**.
- Για την καλύτερη και αξιόπιστη σύγκριση των δεδομένων μεταξύ δορυφορικών εικόνων που έχουν ληφθεί διαφορετικές χρονικές στιγμές (χρονοσειρές), προτείνεται η **σύγκριση να γίνεται σε δεδομένα των ίδιων προϊόντων**.



Τρόποι ανάκτησης των προϊόντων της αποστολής Sentinel 2

<https://scihub.copernicus.eu/>



A screenshot of the Copernicus Open Access Hub website. The page has a blue header with the Copernicus logo and the text "Copernicus Open Access Hub". Below the header, there is a "Welcome to the Copernicus Open Access Hub" section with introductory text and a "Home" button highlighted with a red box. To the right, there is a "Experts & Stats" section showing statistics like "22,150V" and "112 MM". Below that is a "Products" section with various icons and labels. The main content area features a search bar and a list of articles with icons and titles. The background of the page is a satellite image of a coastal area with a red and white pattern.

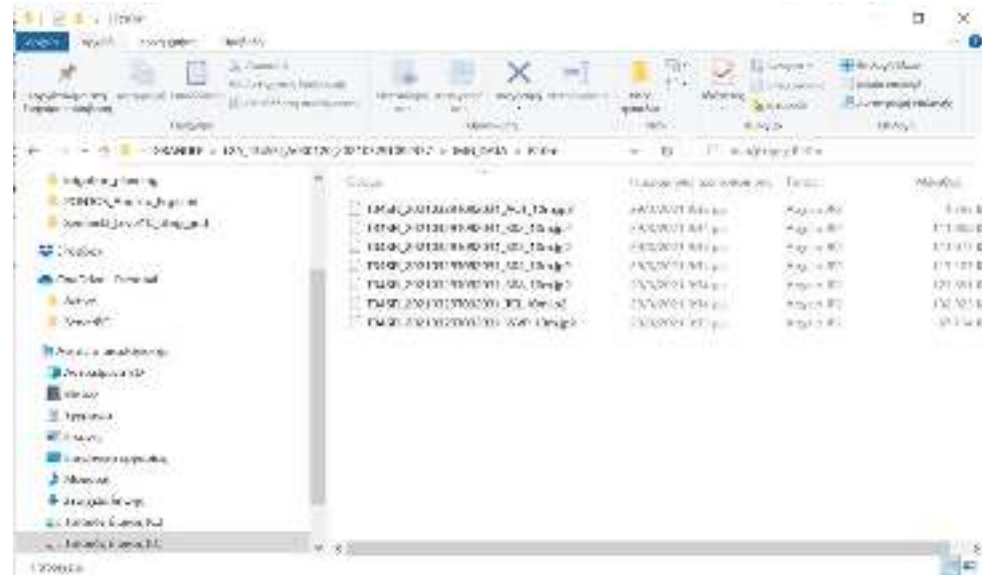


<https://scihub.copernicus.eu/>

- Μετάβαση στον ιστότοπο

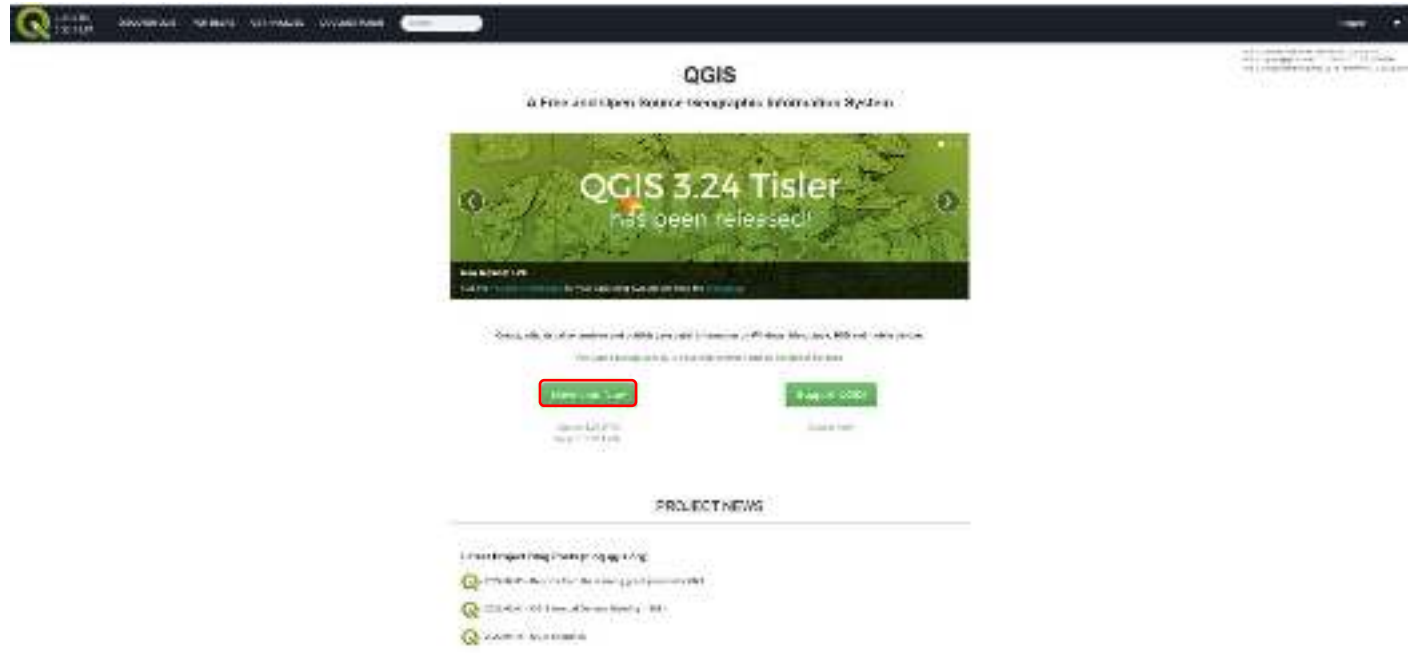
<https://scihub.copernicus.eu/>

- Οι **μπάντες** οι οποίες έχουν ληφθεί και είναι διαθέσιμες στα προϊόντα των δορυφορικών εικόνων βρίσκονται αποθηκευμένες στο ακόλουθο μονοπάτι:
path\S2A_MSIL2A_20210329T092031_N0214_R093_T34SFJ_20210329T124804.SAFE\GRANULE\L2A_T34SFJ_A030120_20210329T092337\IMG_DATA
- Μέσα στο φάκελο αυτό υπάρχουν τρεις υπο-φάκελοι με τα ονόματα **R10m**, **R20m**, **R60m**. Οι αριθμοί στα ονόματα αυτά υποδηλώνουν τη χωρική ανάλυση των δορυφορικών εικόνων που είναι αποθηκευμένες μέσα σε αυτούς, π.χ. στο φάκελο R10m είναι αποθηκευμένες οι εικόνες με μέγεθος εικονοστοιχείου (pixel) 10×10 μέτρα.



<https://qgis.org/en/site/>

- Λογισμικό γεωγραφικών πληροφοριών QGIS



The screenshot shows the QGIS website homepage. At the top, there is a navigation bar with the QGIS logo and menu items: "HOME", "DOWNLOAD", "FOR BEGINNERS", "GET INVOLVED", and "CONTACT US". The main heading reads "QGIS" followed by "A Free and Open Source Geographic Information System". Below this is a large green banner announcing "QGIS 3.24 Tisler has been released!". Underneath the banner, there are two buttons: "Download QGIS" (highlighted with a red box) and "Get the code". Below the buttons, there is a "PROJECT NEWS" section with a list of recent updates, each accompanied by a small QGIS icon.



<https://qgis.org/en/site/>

- Μετάβαση στο λογισμικό γεωγραφικών πληροφοριών QGIS

Βλαστικοί Δείκτες

Βλαστικοί Δείκτες (Vegetation Indices, VI)

- Κατά τη διάρκεια της **φωτοσύνθεσης** η χλωροφύλλη που παράγουν τα φυτά **απορροφά κόκκινο και μπλε** φως από το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ενώ **αντανακλά** το μεγαλύτερο μέρος του φωτός που προέρχεται από το **εγγύς υπέρθυρο**.
- Ως **βλαστικός δείκτης** ορίζεται μία **συνάρτηση** της ανάκλασης του φωτός σε **δύο ή περισσότερες φασματικές μπάντες**.
- Σήμερα οι βλαστικοί δείκτες χρησιμοποιούνται στη **γεωργία ακριβείας** ως μέσα για την αποτίμηση της **ανάπτυξης** και της **υγειούς κατάστασης** των φυτών.

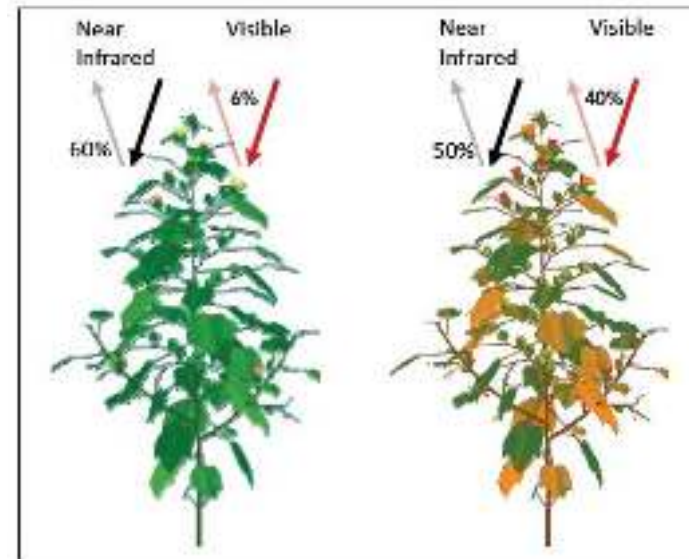


Δείκτης Βλαστικής Κανονικοποιημένης Διαφοράς Normalized Difference Vegetation Index, NDVI

- Ο δείκτης **βλαστικής κανονικοποιημένης διαφοράς** είναι ένας απλός **γραφικός δείκτης** ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εικόνες οι οποίες έχουν ληφθεί από εναέρια μέσα (π.χ., δορυφόροι, μη επανδρωμένα αεροσκάφη, κτλ.) για να εκτιμηθεί εάν σε μια περιοχή υπάρχει ζωντανή πράσινη βλάστηση.
- Ορίζεται ως:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

$$NDVI = \frac{Band8 - Band4}{Band8 + Band4}$$



Υπολογισμός του δείκτη NDVI με τη χρήση των προϊόντων της αποστολής Sentinel 2



<https://qgis.org/en/site/>

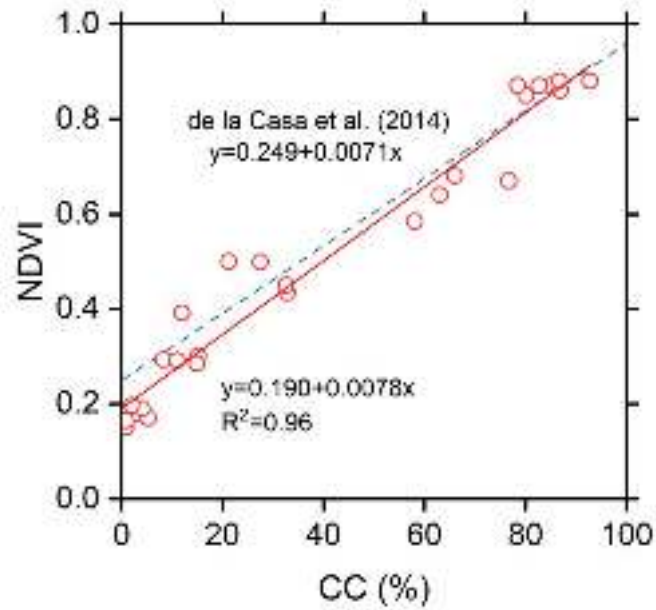
- Μετάβαση στο λογισμικό γεωγραφικών πληροφοριών QGIS

Μοντέλα Προσομοίωσης Ανάπτυξης Φυτών

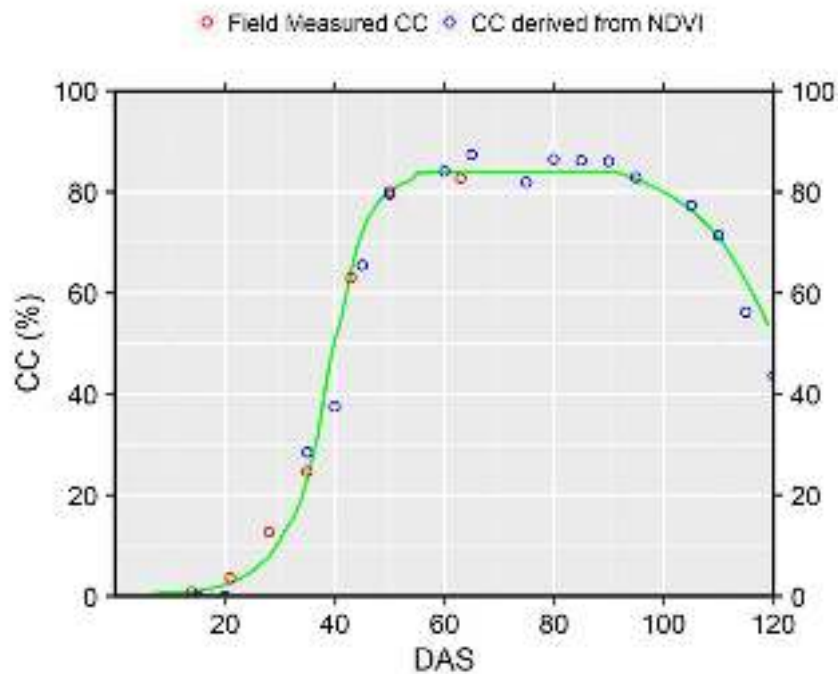
- **Πράσινη Βλαστική Κάλυψη** (Green Canopy Cover, **CC**): το τμήμα του αγρού (ή ποσοστό του αγρού) που **καλύπτεται** από το **πράσινο τμήμα** των φυτών (π.χ. φύλλα, βλαστούς, κτλ.). Αποτελεί μία εναλλακτική του πιο διαδεδομένου **Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας** (Leaf Area Index, **LAI**)



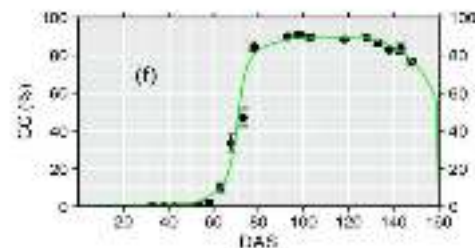
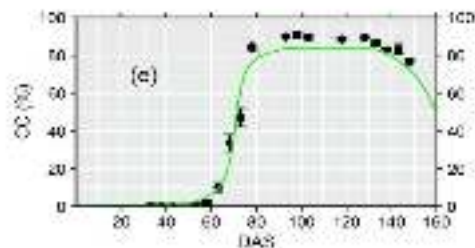
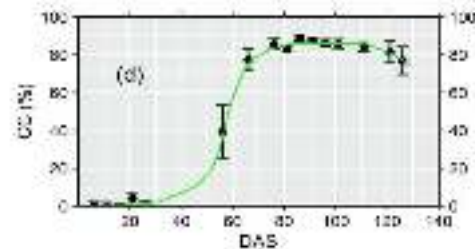
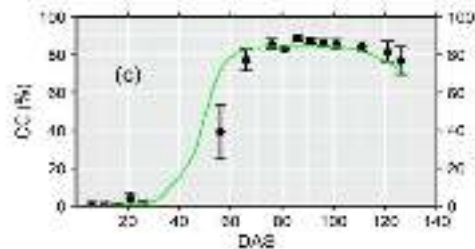
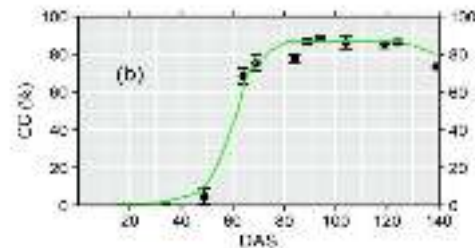
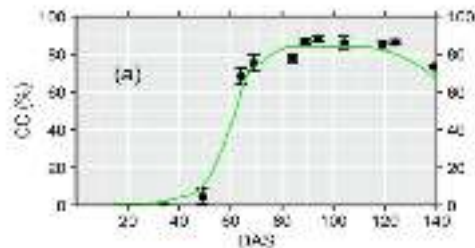
Συσχέτιση Πράσινης Βλαστικής Κάλυψης και NDVI



Συσχέτιση Προσομοιώσεων και Μετρήσεων



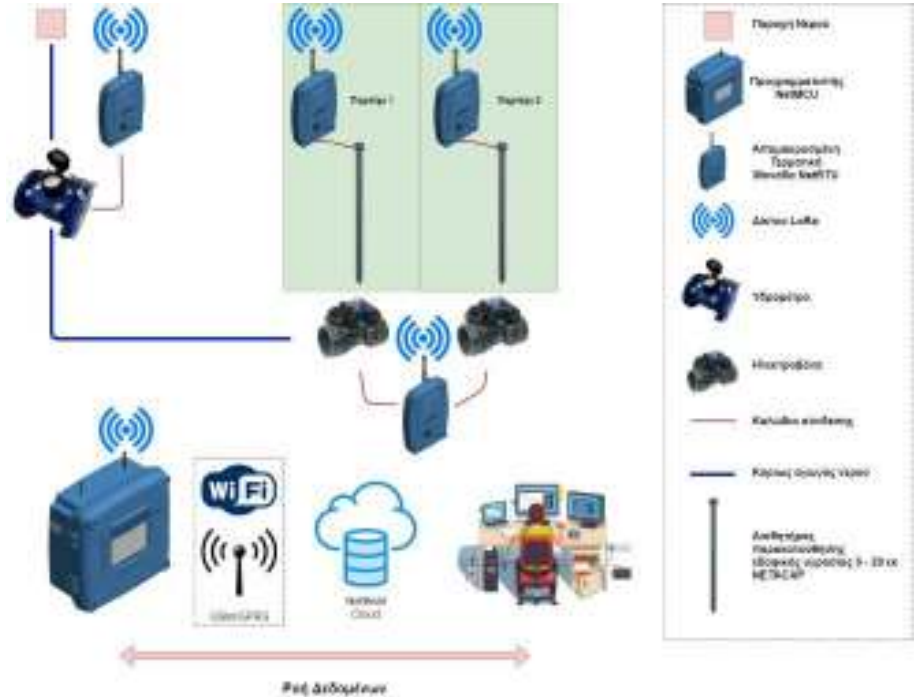
Επικύρωση σε σχεδόν Πραγματικό Χρόνο



Συστήματα καταγραφής δεδομένων πεδίου

Τηλεμετρία και νέφη αποθήκευσης δεδομένων (cloud)

- Τα πρόσφατα επιτεύγματα στον τομέα των δικτύων επιτρέπουν σήμερα τη **σχεδόν σε πραγματικό χρόνο** παρακολούθηση των συνθηκών που επικρατούν στον αγρό.
- Τα συστήματα αυτά αποτελούνται συνήθως από:
 - **μία πύλη** η οποία έχει τη δυνατότητα να αποστέλλει και να αποθηκεύει τα δεδομένα σε cloud
 - **τερματικές απομακρυσμένες μονάδες ελέγχου**, οι οποίες επικοινωνούν με τη πύλη ασύρματα. Στις μονάδες αυτές συνδέονται ενσύρματα μια σειρά από αισθητήρες και όργανα (π.χ. αισθητήρες υγρασίας, αισθητήρες πίεσης, υδρόμετρα, ηλεκτροβάνες, κτλ.)
 - **νέφος δεδομένων**, όπου τα δεδομένα αποθηκεύονται και είναι διαθέσιμα στους ενδιαφερόμενους μέσω έξυπνων συσκευών (H/Y, smartphones, tablets, κτλ.)
 - **Διαδικτυακές εφαρμογές ή εφαρμογές κινητών** για την εύκολη πρόσβαση, επεξεργασία και ερμηνεία των δεδομένων



Αισθητήρες υγρασίας

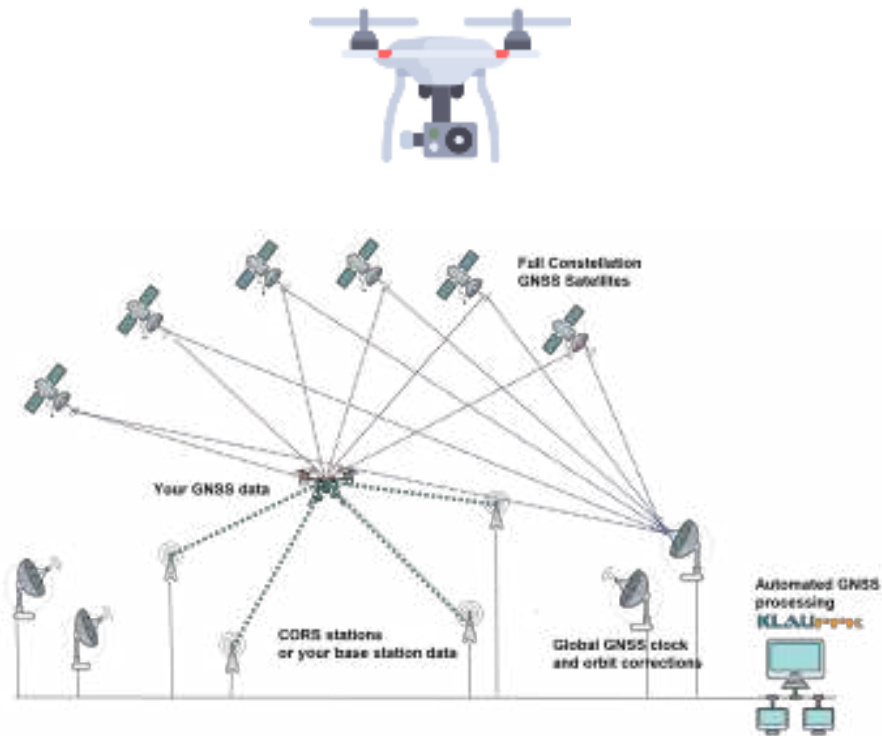


Υδρόμετρο σε αμπελώνες



Πολυφασματικές κάμερες τοποθετημένες σε συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκάφων

- Οι πολυφασματικές κάμερες μπορούν να τραβήξουν εικόνες σε συγκεκριμένα μήκη κύματος, στο εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, π.χ., στην περιοχή του κόκκινου και του εγγύς υπέρυθρου.
- Οι εξελίξεις στις τεχνολογίες των συστημάτων μη επανδρωμένων αεροσκαφών (ΣμηΕΑ) και πιο συγκεκριμένα η ενσωμάτωση στα ΣμηΕΑ του Global Navigation Satellite System (GNSS), κάνουν εφικτή τη δημιουργία και εκτέλεση αποστολών πτήσης υπό την επιτήρηση του χειριστή.
- Με τη χρήση λογισμικών φωτογραμμετρίας (π.χ., Agisoft, Pix4D), οι εικόνες από την επισκόπηση των αγρών μετατρέπονται σε ορθό-χάρτες με ανάλυση εικονοστοιχείου έως και μερικά εκατοστά (εξαρτάται από το ύψος πτήσης και τον φακό της κάμερας)



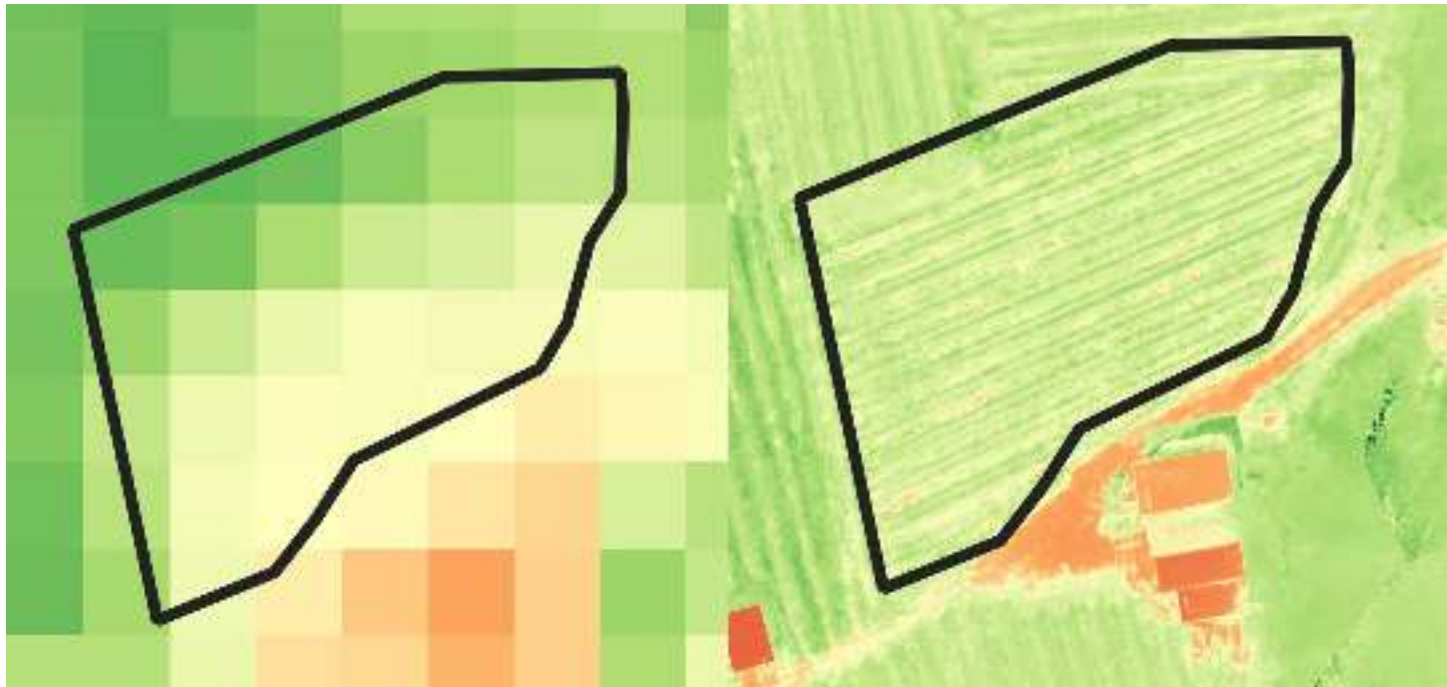
Πολυφασματικές κάμερες τοποθετημένες σε συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκάφων



Πολυφασματικές κάμερες τοποθετημένες σε συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκάφων

Sentinel 2 grid 10×10m

ΣμηΕΑ grid 7×7 cm



Λογισμικά και Πρόσθετα

- Δημιουργία λογαριασμού στο **Copernicus Open Access Hub**
 - <https://scihub.copernicus.eu/>
- Λήψη και εγκατάσταση του **QGIS**
 - <https://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>
- Λήψη και εγκατάσταση του **Semi-Automatic Classification Plugin** για το **QGIS**
 - <https://plugins.qgis.org/plugins/SemiAutomaticClassificationPlugin/>

Ευχαριστώ πολύ!!!