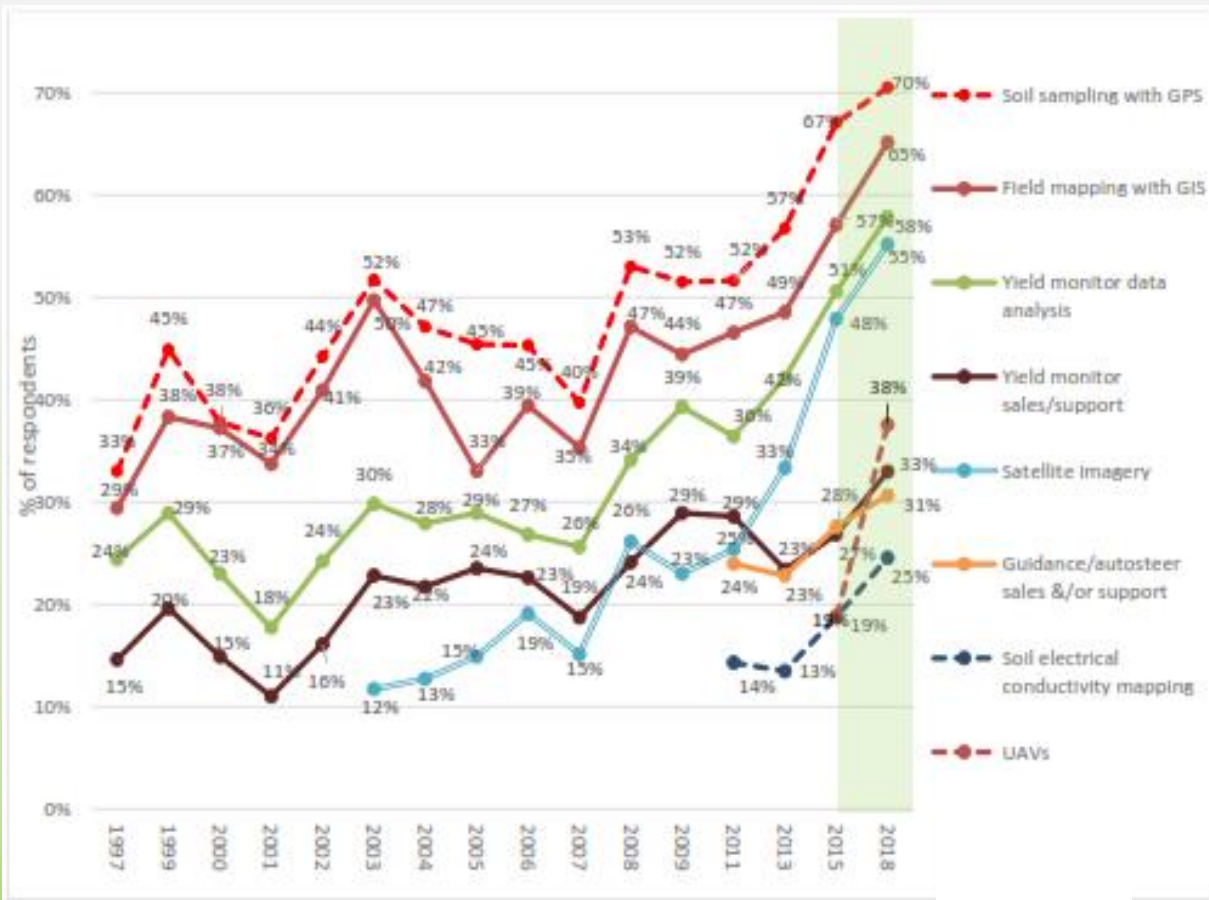


ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΩΝ & ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ (UAS) ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

CASE STUDY ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΡΥΖΙΟΥ

Ν. Πέρρος*, Δ. Καλύβας**

Εισαγωγή

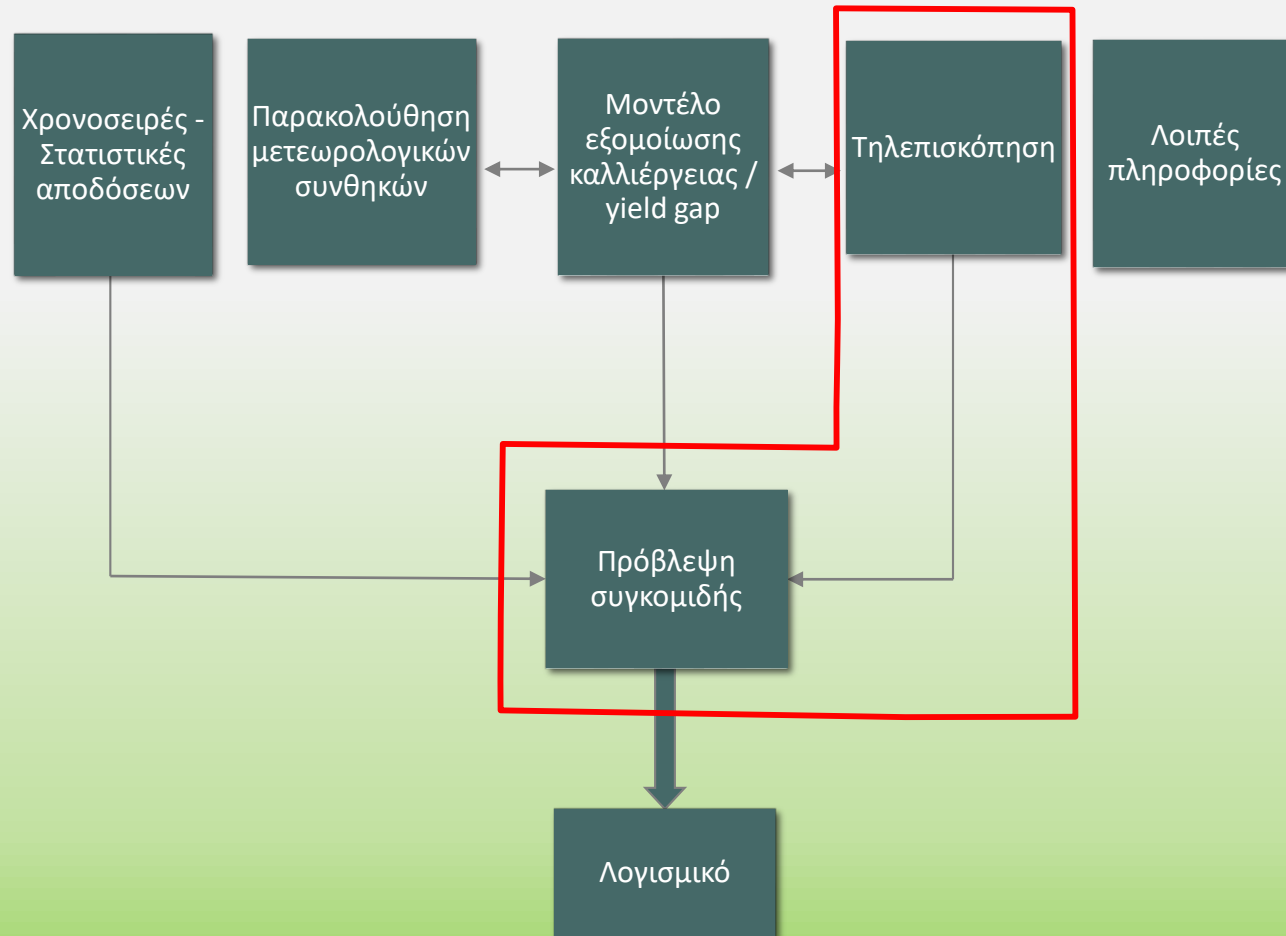


- μέση παγκόσμια παραγωγή από 393 κιλά / στρ. το 1955 σε 800 κιλά/στρ. το 2015.
- με συνδυασμό ποικίλων μεθόδων
- με την υιοθέτηση τεχνολογιών αιχμής.
- εφευρίσκειται ο όρος “Digital Agriculture”
- Η επιχειρησιακή επιτυχία εξαρτάται από την έγκαιρη απόκτηση χαρτογραφικού υποβάθρου

Στόχοι της μελέτης

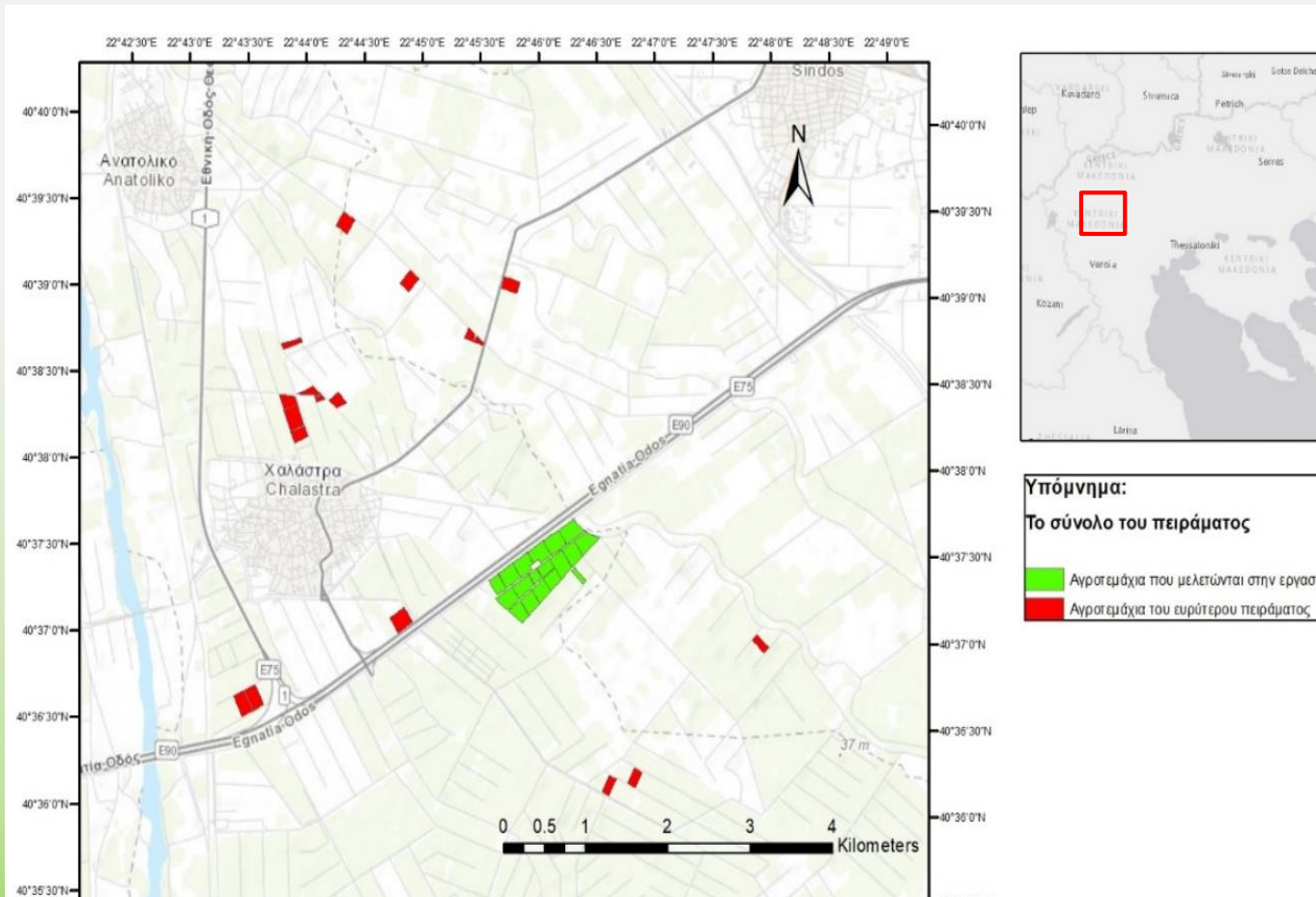
- Η μοντελοποίηση της παραγωγής σε σχέση με τους τηλεπισκοπικούς δείκτες βλάστησης
- Η αναγνώριση των καλύτερα σχετιζόμενων με τη συγκομιδή δεικτών βλάστησης
- Η εύρεση ενδεχομένως ενός βέλτιστου συνδυασμού δεικτών βλάστησης και χρόνου λήψης τηλεπισκοπικών δεδομένων

Τα μοντέλα πρόβλεψης της συγκομιδής



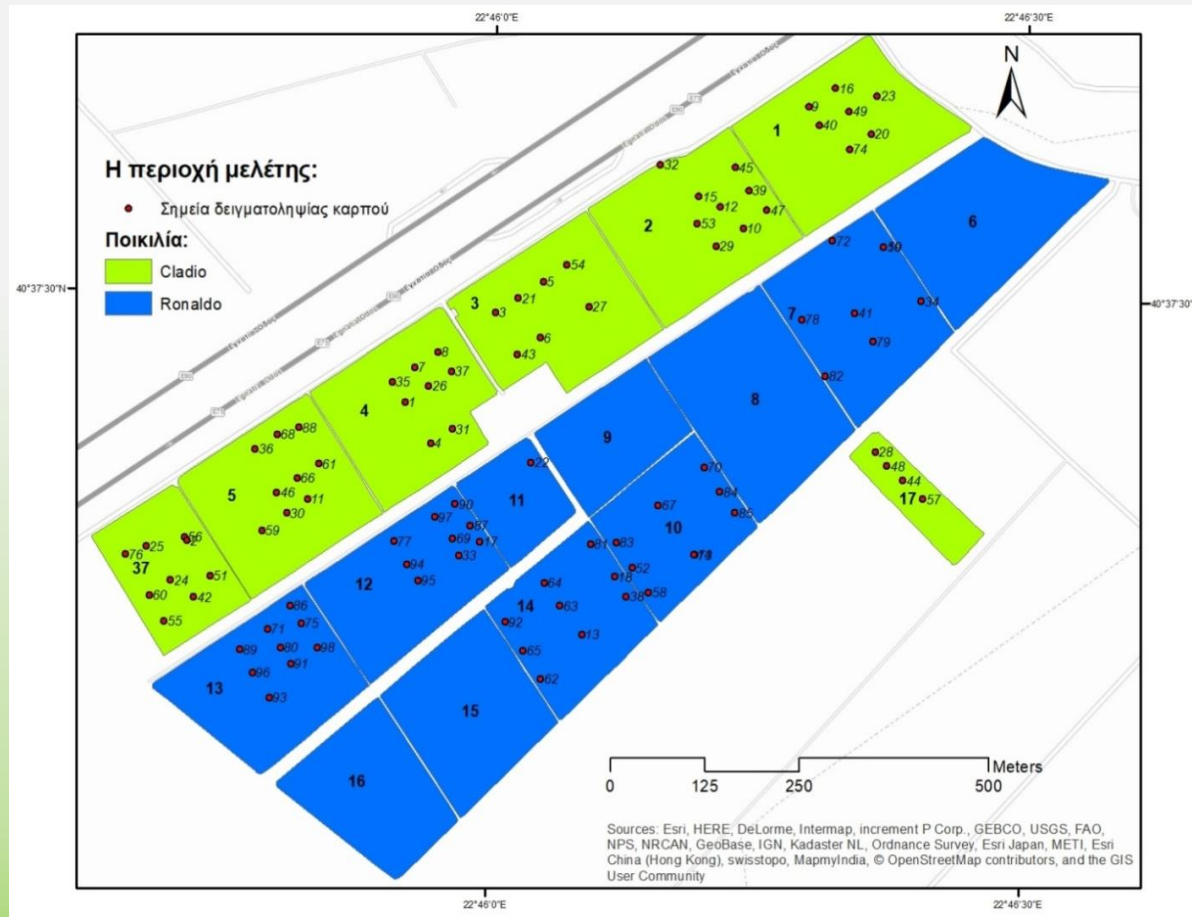
- Απώτερος στόχος είναι η βελτίωση της παραγωγής
- Μια προσέγγιση για τη βελτίωση είναι η πρόβλεψη της παραγωγής
- Η ακριβής πρόβλεψη οδηγεί σε αντιμετώπιση προβλημάτων
- 3 τύποι μοντέλων
 - στοχαστικά (προσομοίωσης – ανάπτυξης)
 - εμπειρικά – στατιστικά
 - υβριδικά μοντέλα

Η περιοχή μελέτης



- Χαλάστρα Θεσσαλονίκης
- Επιλέχθηκαν 18 αγροτεμάχια
- 2 ποικιλίες: Gladio (τύπου Indica) & Ronaldo (τύπου Japonica)
- 580 στρέμματα
- Πειραματικές συνθήκες αγρού

Τα πρωτογενή δεδομένα



- πολύγωνα αγροτεμαχίων & ποικιλία
- 97 σημειακές μετρήσεις συγκομιδής (από πολύγωνα έκτασης 0.25 m², αναγωγή σε kg/στρ.)
- Πολυφασματικές εικόνες υπερυψηλής ανάλυσης σε 4 ημερομηνίες
- Αγρονομικά δεδομένα

Μέσα & εξοπλισμός

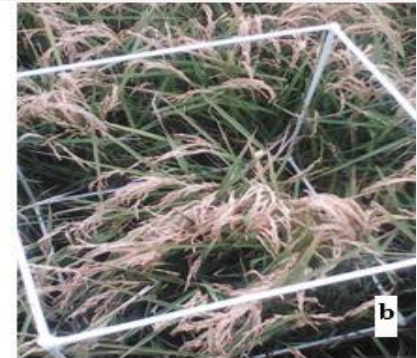
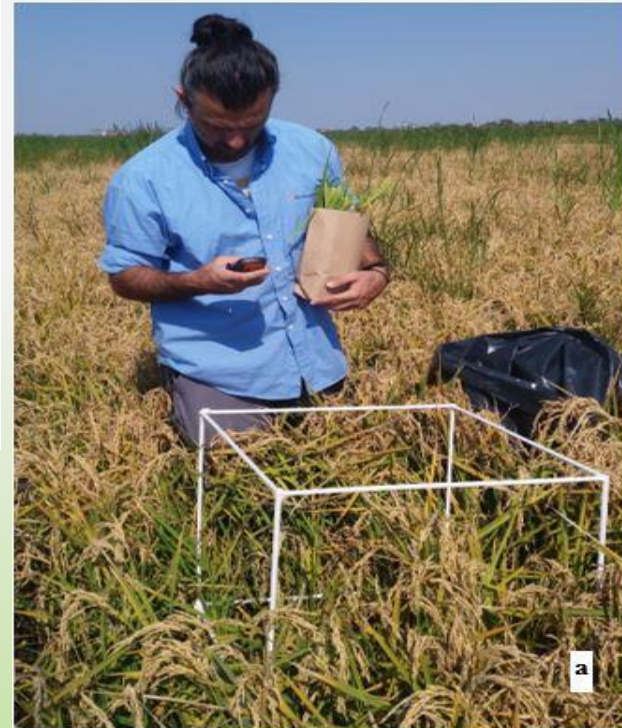


Το σύστημα ψύξης, η υποδοχή της μπαταρίας και ο αισθητήρας φωτός.

Η ειδικά διαμορφωμένη tetracam

Η καρτέλα βαθμονόμησης – calibration

Μπάντες	Εύρος συχνοτήτων (nm)	Peak συχνότητας (nm)	Φάσμα
Band 1	500 – 520	510	Πράσινο
Band 2	640 – 680	660	Κόκκινο
Band 3	690 – 730	710	Red Edge
Band 4	770 – 810	790	Near Infrared



Λήψη σημειακών δεδομένων παραγωγής:
Εντοπισμός θέσης με gps και το πλαίσιο
δειγματοληψίας στον αγρό

Δ.Β. (σύνθετοι)	Περιγραφή του τρόπου υπολογισμού
Normalized difference vegetation index (NDVI)	$\frac{NIR - R}{NIR + R}$
Normalized NIR index (NNIR)	$\frac{NIR}{NIR + Red + G}$
Red Edge difference vegetation index (REDVI)	$NIR - Red$
Normalized difference red edge (NDRE)	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$
Red edge chlorophyll index (Clre)	$\frac{NIR}{Red} - 1$
Modified chlorophyll absorption in reflectance index 1 (MCARI1)	$[NIR - Red - 0.2 * (NIR - G)] * \frac{NIR}{Red}$
Red edge soil adjusted vegetation index (RESAVI)	$1.5 * \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + 0.5)}$
Red edge re-normalized different vegetation index (RERDVI)	$\frac{NIR - Red}{\sqrt{NIR + Red}}$
Transformed vegetation index (TVI)	$\sqrt{\frac{NIR - R}{NIR + R}} + 0.5$
Modified transformed vegetation index 2 (MTVI2)	$\frac{1.5 * [1.2 * (NIR - G) - 2.5 * (R - G)]}{\sqrt{(2NIR + 1)^2 - (6NIR - 5\sqrt{R}) - 0.5}}$

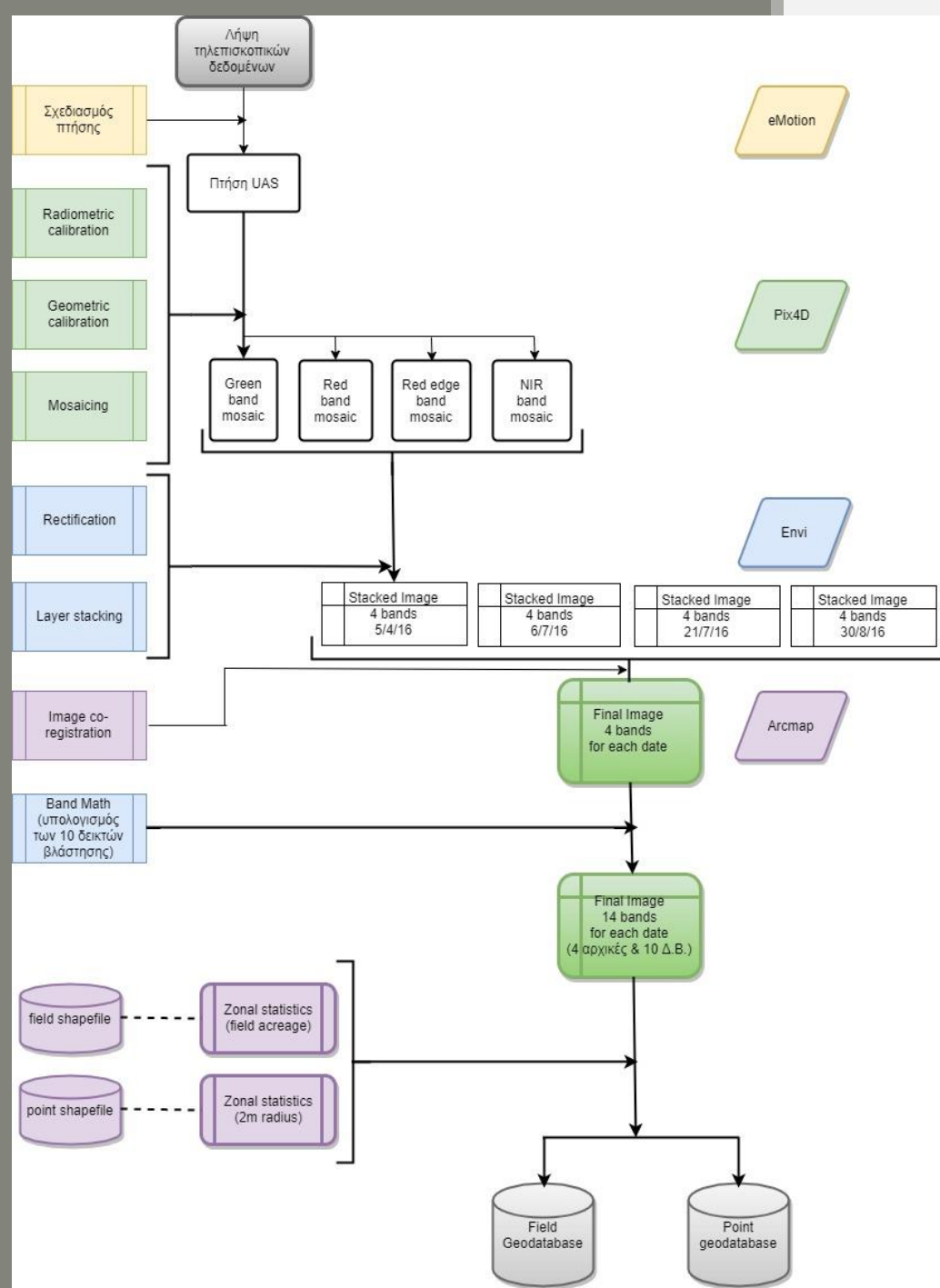
Οι δείκτες βλάστησης (Δ.Β.)

Δ.Β. (διαχρονικοί)	Περιγραφή του τρόπου υπολογισμού
VI_A	Σύνθετος δείκτης βλάστησης στις 4 Ιουλίου
VI_B	Σύνθετος δείκτης βλάστησης στις 21 Ιουλίου,
VI_C	Σύνθετος δείκτης βλάστησης στις 30 Αυγούστου
MRL(VI)	Προκύπτει από τη γραμμική παλινδρόμηση ενός δείκτη σε 2 ή και 3 ημερομηνίες.
SUM (VI_{AB})	VI _A + VI _B
SUM (VI_{AC})	VI _A + VI _C
SUM (VI_{BC})	VI _B + VI _C
MAX (VI)	Max (VI _A , VI _B , VI _C)

Δευτερογενή δεδομένα & επεξεργασία

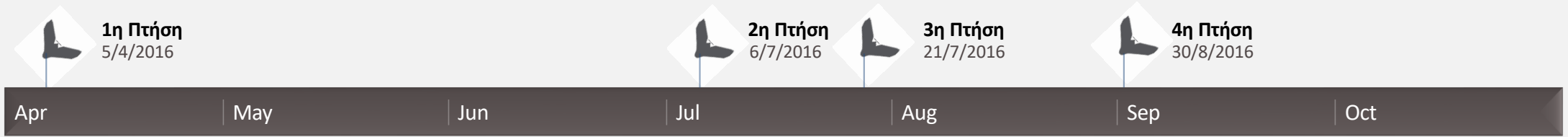
Τα δευτερογενή δεδομένα είναι:

- Διανυσματικό επίπεδο με τις μέσες τιμές των Δ.Β. ανά αγροτεμάχιο
- Διανυσματικό επίπεδο με τις 97 μέσες σημειακές τιμές (σε ακτίνα 2m γύρω από κάθε σημείο) των Δ.Β.



Η καλλιέργεια σε μία εικόνα

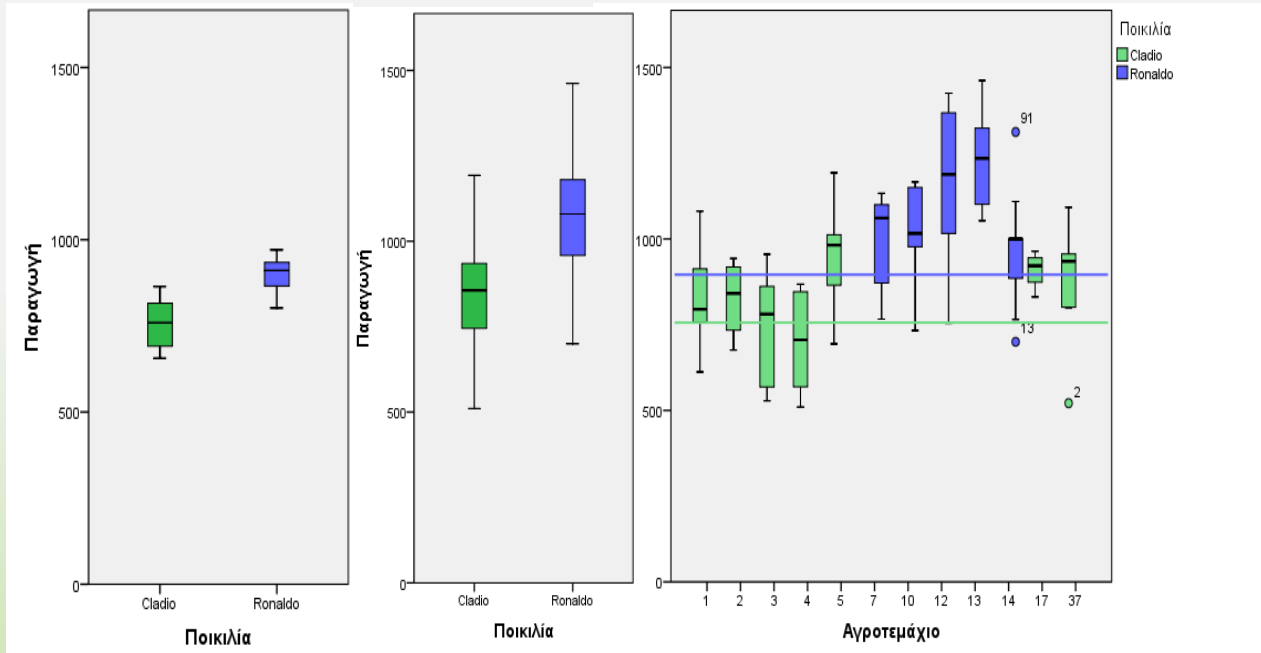
2016



2017



Προκαταρκτική ανάλυση

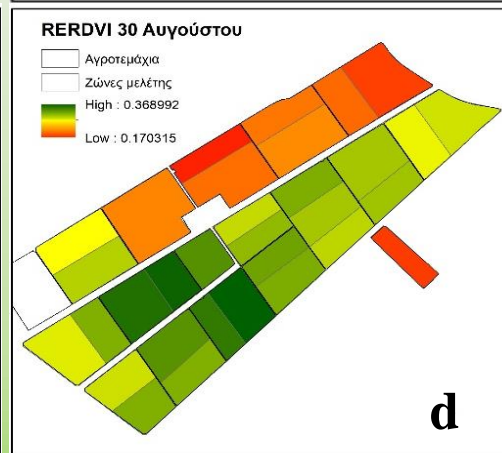
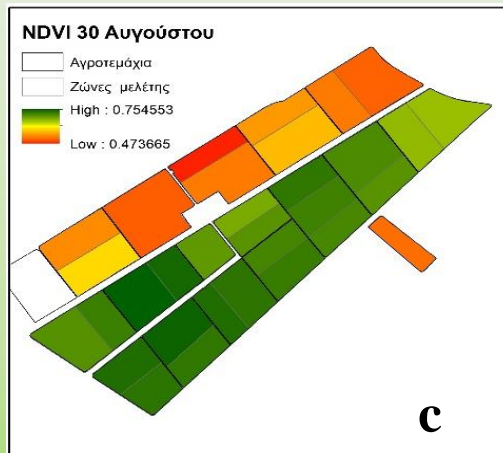
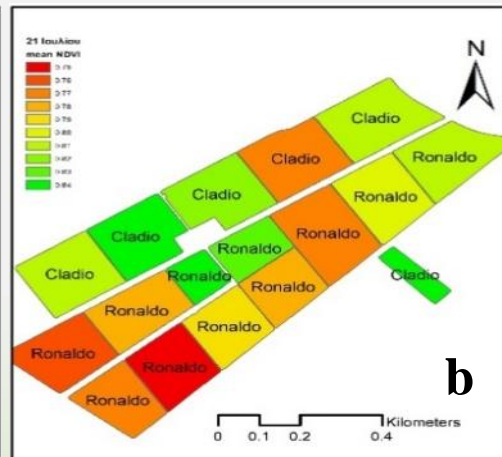
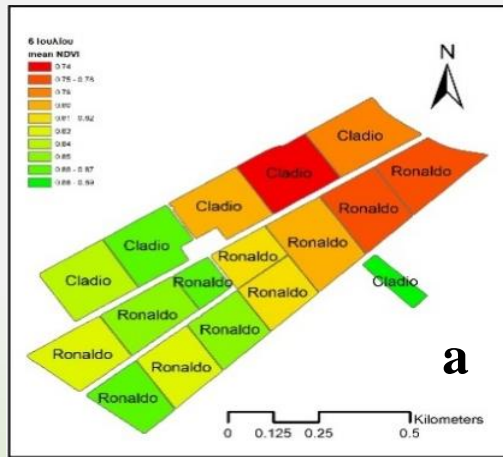


Boxplot της μέσης συνολικής παραγωγής ανά ποικιλία (a), της μέσης σημειακής παραγωγής (b) και των μέσων σημειακών μετρήσεων ανά αγροτεμάχιο και ποικιλία (c).

Τα πρώτα αποτελέσματα αναδεικνύουν:

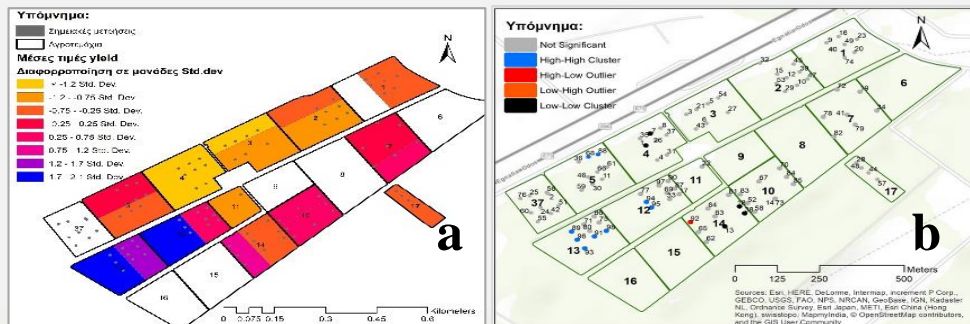
- τη διαφορά στην παραγωγικότητα μεταξύ των δύο ποικιλιών ρυζιού ($F=19.323$, $Sig=0.000$)
- τα σημειακά δεδομένα συγκομιδής όταν εξεταστούν ανά ποικιλία μεροληπτούν ελαφρώς προς τα πάνω διότι...
 - ...ο δειγματολήπτης επέλεγε για τις σημειακές συγκομιδές θέσεις στις οποίες η καλλιέργεια δεν παρουσίαζε πρόβλημα
- Το εύρος των τιμών συγκομιδής, όπως προκύπτει από τα σημειακά δεδομένα παραγωγής είναι σημαντικά αυξημένο

Διαχρονική εξέλιξη των τιμών των Δ.Β.



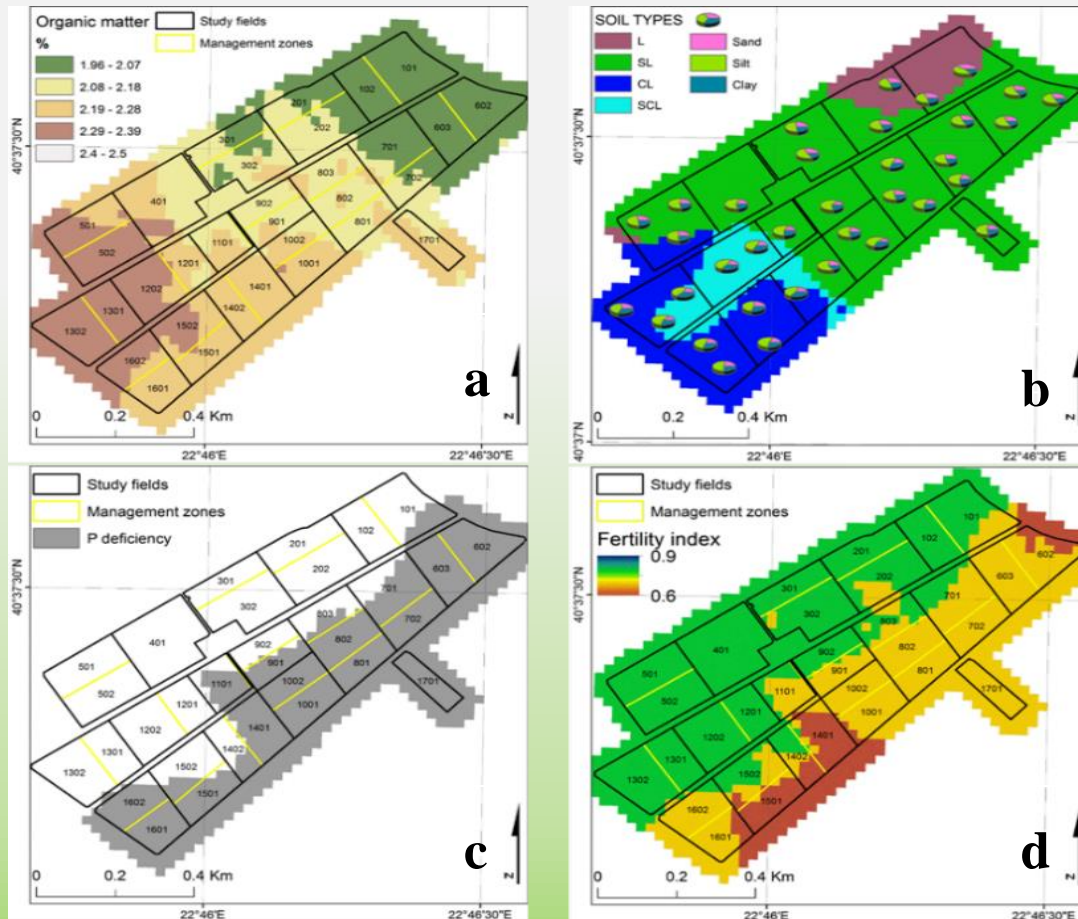
- Οι Δ.Β. εμφανίζονται σημαντικά διαφοροποιημένοι μεταξύ των 3 ημερομηνιών
- Οι παράγοντες «ημερομηνία» και «ποικιλία» είναι στατιστικά σημαντικοί
- Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται και στη διαχρονική εξέλιξη σε ομοιογενείς ζώνες

Χωρική ανάλυση της παραλλακτικότητας



- Αναγνωρίζονται 3 High – High και 1 Low – Low cluster
- επί συνόλου 18 σημειακών φασματικών outlier:
 - ✓ 8 αποτελούν outlier 1 φορά σε ένα Δ.Β. και μία ημ/νία,
 - ✓ 7 αποτελούν outlier σε πολλούς Δ.Β.
 - ✓ 3 είναι outlier σε πολλούς Δ.Β. & ημ/νίες

Η παραλλακτικότητα του εδάφους

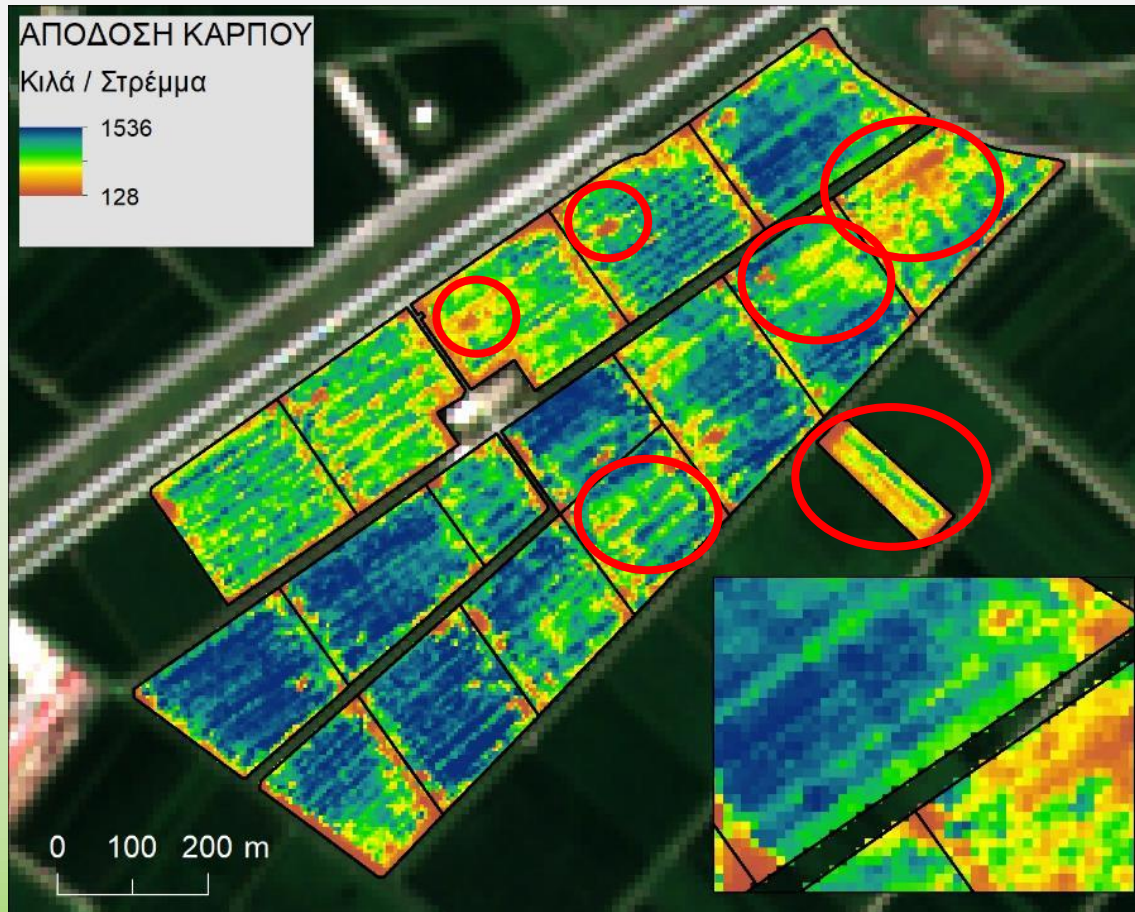


Όταν το ρύζι καλλιεργείται υπό κατάκλιση:

- Η οργανική ουσία του εδάφους επιδρά βοηθητικά στην παραγωγή
- Η παραγωγή είναι αυξημένη σε βαριά, αργιλώδη εδάφη
- Είναι επιρρεπές στην ανεπάρκεια του φωσφόρου

Από 35 αναλύσεις εδάφους περιεκτικότητα σε οργανική ύλη (a), εδαφική σύσταση (b), έλλειψη φωσφόρου (c), fertility Index (d).

Χωρική ανάλυση της παραλλακτικότητας – η πραγματικότητα



- Παρατηρούνται διαφορές στην παραγωγή μεταξύ των 2 ποικιλιών που καλλιεργήθηκαν στα ίδια χωράφια το 2017
- Αναγνωρίζονται ζώνες μειωμένης παραγωγής στην περίμετρο των αγροτεμαχίων αλλά...
- **...και εντός του ίδιου αγροτεμαχίου**

Συσχέτιση των σύνθετων Δ.Β. με την παραγωγή

Δ.Β.	General (N=18)			Ronaldo (N=11)			Gladio (N=7)		
	Booting	Panicle heading	Ripening	Booting	Panicle heading	Ripening	Booting	Panicle heading	Ripening
NDVI	.268	.054	.510*	.781**	-.064	.620*	.939**	.835*	-.370
NNIR	.224	.017	.333	.781**	-.098	.668*	.942**	.874*	-.101
REDVI	.451	-.230	.604**	.698*	-.009	.612*	.921**	.836*	.178
NDRE	.287	-.242	.609**	.731**	-.034	.783**	.946**	.846*	-.215
CIre	.382	-.227	.685**	.752**	-.059	.735*	.946**	.855*	-.190
MCARI1	.464	-.229	.740**	.722*	-.058	.697**	.975**	.830*	.009
RESAVI	.386	-.237	.611**	.754**	-.024	.784**	.940**	.843*	-.046
RERDVI	.390	-.236	.614**	.744**	-.021	.771**	.941**	.842*	.003
TVI	.188	.120	.614**	.783**	-.061	.771**	.936**	.816*	.003
MTVI2	-.557*	-.048	-.433**	-.691*	-.177	-.453	-.924**	-.854*	-.519

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed), * . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Συσχέτιση των διαχρονικών Δ.Β. με την παραγωγή

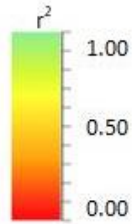
Ronaldo						Gladio					
NDVI			RERDVI			NDVI			MCARI1		
	C	B	A		C	B	A		C	B	A
A	0.76	0.61	0.78	A	0.77	0.34	0.74	A	0.01	0.01	0.94
B	0.67	0.06	0.61	B	0.17	0.02	0.61	B	0.01	0.84	0.14
C	0.62	0.67	0.66	C	0.77	0.50	0.80	C	0.37	0.53	0.70

Max (NDVI) = **0.78** Max (RERDVI) = **0.77** Max (NDVI) = **0.94** Max (MCARI1) = **0.98**
 MRL_{ABC} = **0.75**** MRL_{ABC} = **0.81**** MRL_{ABC} = **0.78**** MRL_{ABC} = **0.61***

Δ.Β. (διαχρονικοί)	Περιγραφή του τρόπου υπολογισμού
VI _A	Σύνθετος δείκτης βλάστησης στις 4 Ιουλίου
VI _B	Σύνθετος δείκτης βλάστησης στις 21 Ιουλίου,
VI _C	Σύνθετος δείκτης βλάστησης στις 30 Αυγούστου
MRL(VI)	Προκύπτει από τη γραμμική παλινδρόμηση ενός δείκτη σε 2 ή και 3 ημερομηνίες.
SUM (VI _{AB})	VI _A + VI _B
SUM (VI _{AC})	VI _A + VI _C
SUM (VI _{BC})	VI _B + VI _C
MAX (VI)	Max (VI _A , VI _B , VI _C)

ΥΠΟΜΝΗΜΑ			
	C	B	A
A	VI _A +VI _C	VI _A +VI _B	VI _A *
B	VI _B +VI _C	VI _B *	MAX _{AB}
C	VI _C *	MAX _{BC}	MAX _{AC}

MAX (VI) = MAX (VI_A, VI_B, VI_C)
 MRL_{ABC} = aVI_A + bVI_B + cVI_C + d



A: 06/07/2016
 B: 21/07/2016
 C: 30/08/2016

Συμπεράσματα

- Όλοι οι Δ.Β. επηρεάζονται από τη φυσιολογία και τη φαινολογία των φυτών
- Οι διαφορές αποτυπώνονται στη διαχρονική μελέτη των δεικτών βλάστησης
- Η Gladio είναι πρωιμότερη κατά περίπου 20 ημέρες, με ζωηρότερη ανάπτυξη και ενώ καθυστερεί να εισέλθει στο στάδιο της ωρίμανσης, εντούτοις ωριμάζει στη συνέχεια με πολύ πιο γρήγορο ρυθμό
- Η παραλλακτικότητα εντός των αγροτεμαχίων που αποδίδεται στην εδαφική σύσταση και τη θρέψη επηρεάζει με προβλέψιμο τρόπο τις τιμές των πιο ευαίσθητων δεικτών βλάστησης
- Οι σύνθετοι δείκτες βλάστησης **RERDVI** και **MCARI1** έχουν μεγάλο βαθμό συσχέτισης με την παραγωγή ακόμη και όταν υπολογίζονται πρώιμα, στο στάδιο του booting

Κριτική

- Η αξιοποίηση του μεγαλύτερου πλήθους μετρήσεων των σημειακών δεδομένων συγκομιδής δεν είχε αποτέλεσμα καθώς η συσσώρευση συστηματικών σφαλμάτων κατά τον υπολογισμό των δεικτών βλάστησης εισήγαγε πολλά φασματικά outlier.
- Απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια κατά τη λήψη των δεδομένων πεδίου, ενδεχομένως με τη χρήση RTK GPS
- Για την ποικιλία Ronaldo η χρήση των διαχρονικών δεικτών βλάστησης αυξάνει την ακρίβεια πρόβλεψης της συγκομιδής ενώ το αντίθετο παρατηρείται με την ποικιλία Gladio
- Ο υπολογισμός των διαχρονικών δεικτών βλάστησης από περισσότερες ημερομηνίες, π.χ. ανά εβδομάδα, ενδεχομένως να βελτιώσει περαιτέρω την ακρίβεια της πρόβλεψης της παραγωγής
- Η δημιουργία **πραγματικού μοντέλου πρόβλεψης** απαιτεί περισσότερα δεδομένα

Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας!!!

