



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

# ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΤΕΜΑΧΙΑ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΑΠΟ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ UAV

Κατσίκης Ιωάννης, Γεωπόνος MSc, Υπ. Διδάκτωρ Γ.Π.Α

ΠΜΣ: Γεωπληροφορική – Χωρική Ανάλυση

Ερευνητική Μονάδα GIS, Εργαστήριο Εδαφολογίας, ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ, 2019

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Η χρήση των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων σε συνδυασμό με την αξιοποίηση δεδομένων τηλεπισκόπησης για τη χωρική απεικόνιση καλλιεργειών, έχει δείξει ότι προσφέρει πολλές δυνατότητες για την παρακολούθηση αγρονομικών αλλά και περιβαλλοντικών παραμέτρων.
- Τα UAV αποτελούν έναν πολύ σημαντικό κλάδο της ψηφιακής γεωργίας καθώς δίνουν πληροφορίες με μεγάλη ταχύτητα, ακρίβεια, ευκολία, αξιοπιστία και χωρική ευκρίνεια.

# ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

- Το συγκεκριμένο πείραμα έλαβε χώρα στο κτήμα Γιαλού Σπάτων του Γ.Π.Α.
- Περιείχε 40 πειραματικά τεμάχια κριθαριού 3x3 m ποικιλίας Planet. Ειδικότερα έλαβαν χώρα 5 μεταχειρίσεις όσον αφορά τη ζιζανιοκτονία ως ακολούθως:
- 3 μεταχειρίσεις με προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα με δραστικές ουσίες Prosulfocarb, Pendimethalin, Chlortoluron + Diflufenican
- 1 μεταχείριση με μείγμα μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων (Pinoxaden + Florasulam)
- 1 μεταχείριση χωρίς προσθήκη ζιζανιοκτόνου (Control)
- Οι παραπάνω επεμβάσεις έγιναν σε δύο πυκνότητες σποράς: 14 και 20 kg/στρ.
- Τέλος κατά τη σπορά του κριθαριού έγινε προσθήκη και σπόρων του ζιζανιού *Lolium rigidum* L. με σκοπό τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των παραπάνω μεταχειρίσεων στην καταπολέμησή του.

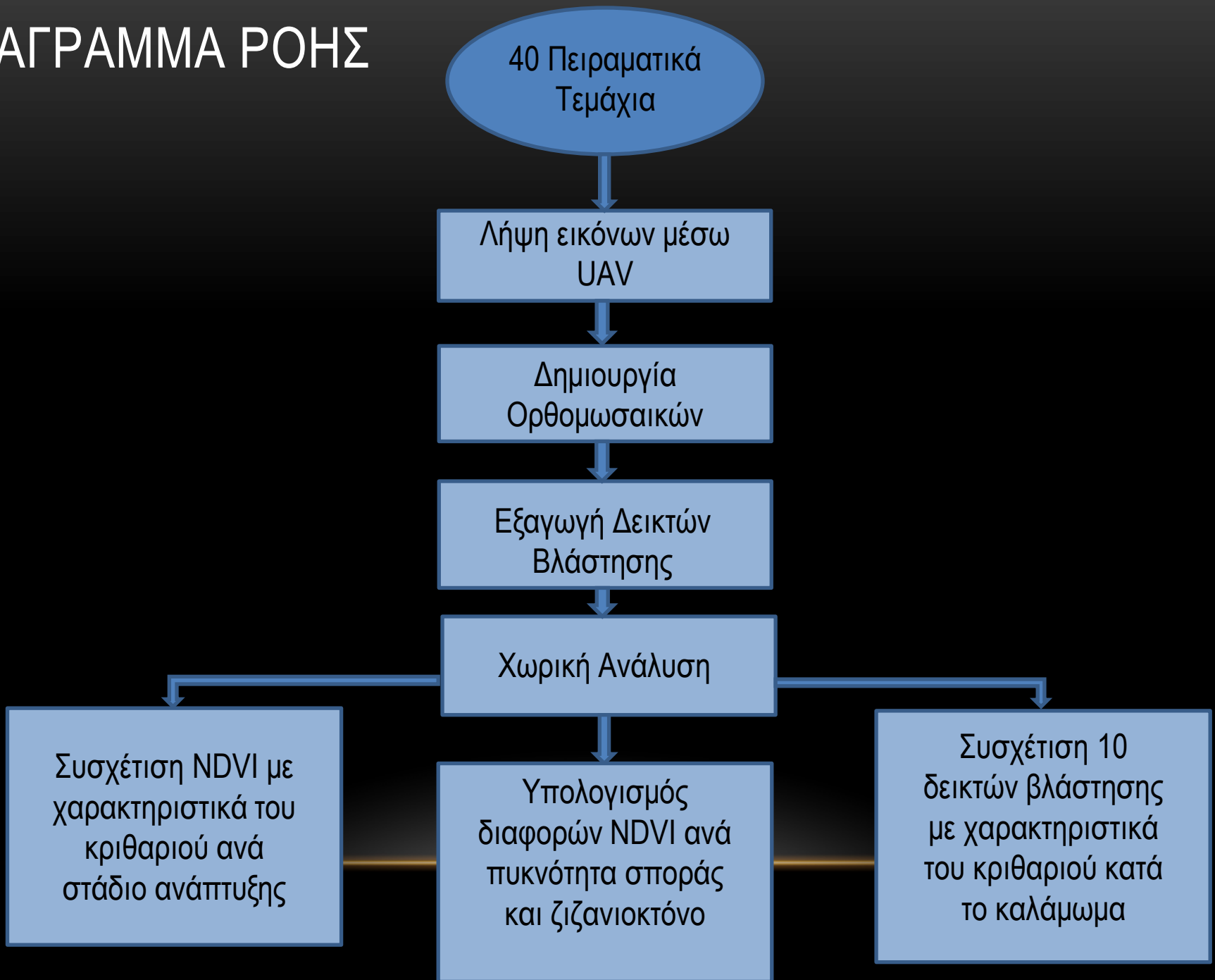
# ΣΤΟΧΟΙ

- Παρακολούθηση της ανάπτυξης και της απόδοσης του κριθαριού μέσω γεωχωρικών τεχνολογιών.
- Διερεύνηση διαφορών μεταξύ δεικτών βλάστησης με το είδος της ζιζανιοκτονίας και την πυκνότητα σποράς.
- Διερεύνηση πιθανών συσχετίσεων μεταξύ δεικτών τηλεπισκόπησης με οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας ανά στάδιο ανάπτυξης.

# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΤΕΜΑΧΙΑ

A1 14 kg/στρ. Constel	B1 14 kg/στρ. Control	C1 20 kg/στρ. Boxer	D1 14 kg/στρ. Stomp	E1 20 kg/στρ. Axial+Mustang
A2 20 kg/στρ. Stomp	B2 14 kg/στρ. Boxer	C2 14 kg/στρ. Axial+Mustang	D2 20 kg/στρ. Constel	E2 20 kg/στρ. Control
A3 14 kg/στρ. Axial+Mustang	B3 20 kg/στρ. Constel	C3 14 kg/στρ. Control	D3 20 kg/στρ. Axial+Mustang	E3 14 kg/στρ. Stomp
A4 20 kg/στρ. Control	B4 14 kg/στρ. Boxer	C4 20 kg/στρ. Stomp	D4 14 kg/στρ. Constel	E4 20 kg/στρ. Boxer
A5 14 kg/στρ. Stomp	B5 20 kg/στρ. Boxer	C5 14 kg/στρ. Constel	D5 20 kg/στρ. Control	E5 14 kg/στρ. Boxer
A6 14 kg/στρ. Axial+Mustang	B6 20 kg/στρ. Stomp	C6 20 kg/στρ. Axial+Mustang	D6 14 kg/στρ. Control	E6 20 kg/στρ. Constel
A7 20 kg/στρ. Boxer	B7 20 kg/στρ. Constel	C7 14 kg/στρ. Control	D7 14 kg/στρ. Stomp	E7 14 kg/στρ. Boxer
A8 14 kg/στρ. Axial+Mustang	B8 20 kg/στρ. Stomp	C8 14 kg/στρ. Constel	D8 20 kg/στρ. Control	E8 20 kg/στρ. Axial+Mustang

# ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ



# ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟ ΕΝΑΕΡΙΟ ΟΧΗΜΑ (UAV)



DJI Matrice 100

# ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ

- Η κάμερα που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Parrot Sequoia η οποία διαθέτει 5 αισθητήρες:
- RGB (16 Mpx)
- Green (550nm, 1,2 Mpx)
- Red (660nm, 1,2 Mpx)
- Red edge (735nm, 1,2 Mpx)
- NIR (790nm, 1,2 Mpx)
- Η χωρική ανάλυση της κάμερας φτάνει κάτω του 0,5 cm.
- Τέλος η κάμερα διαθέτει GPS και αισθητήρα φωτεινότητας.





# ΣΧΕΔΙΟ ΠΤΗΣΗΣ

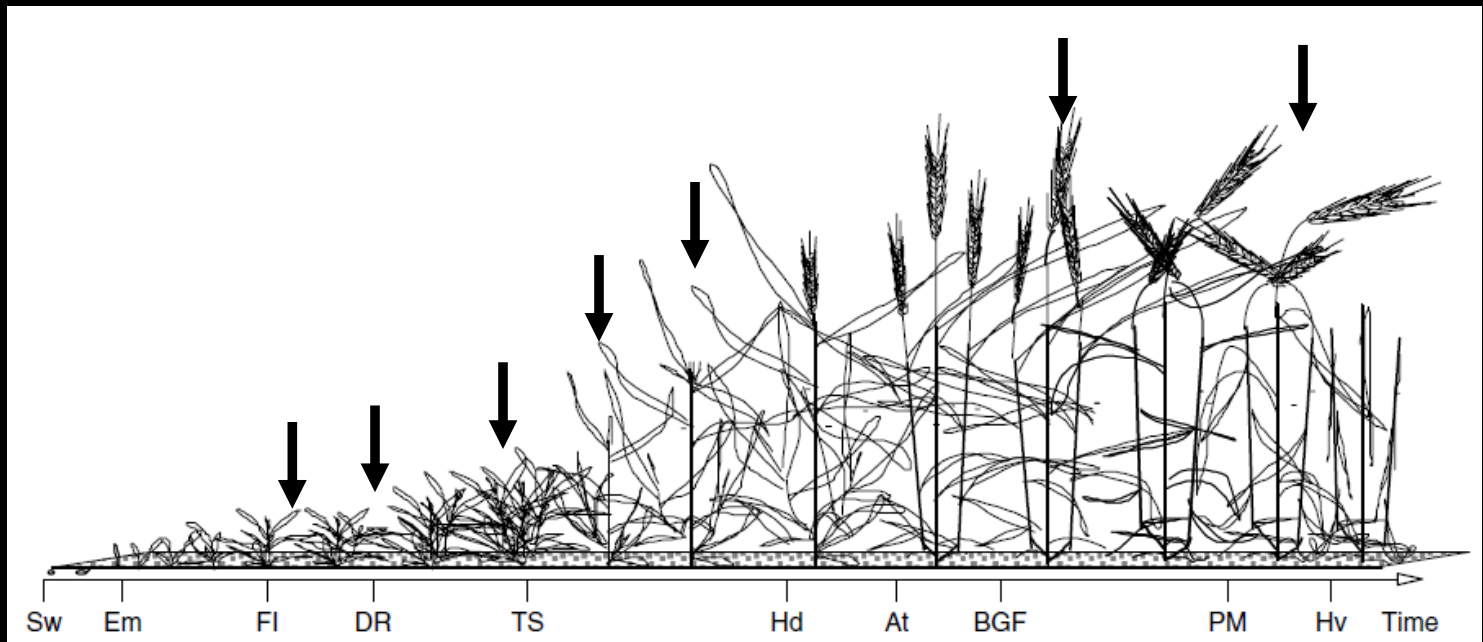
- Διπλό πλέγμα (double grid)
- Υψόμετρο 20 m από την επιφάνεια του εδάφους
- επικάλυψη 80%
- Ταχύτητα λήψης φωτογραφιών 1s.

# PIX4D CAPTURE

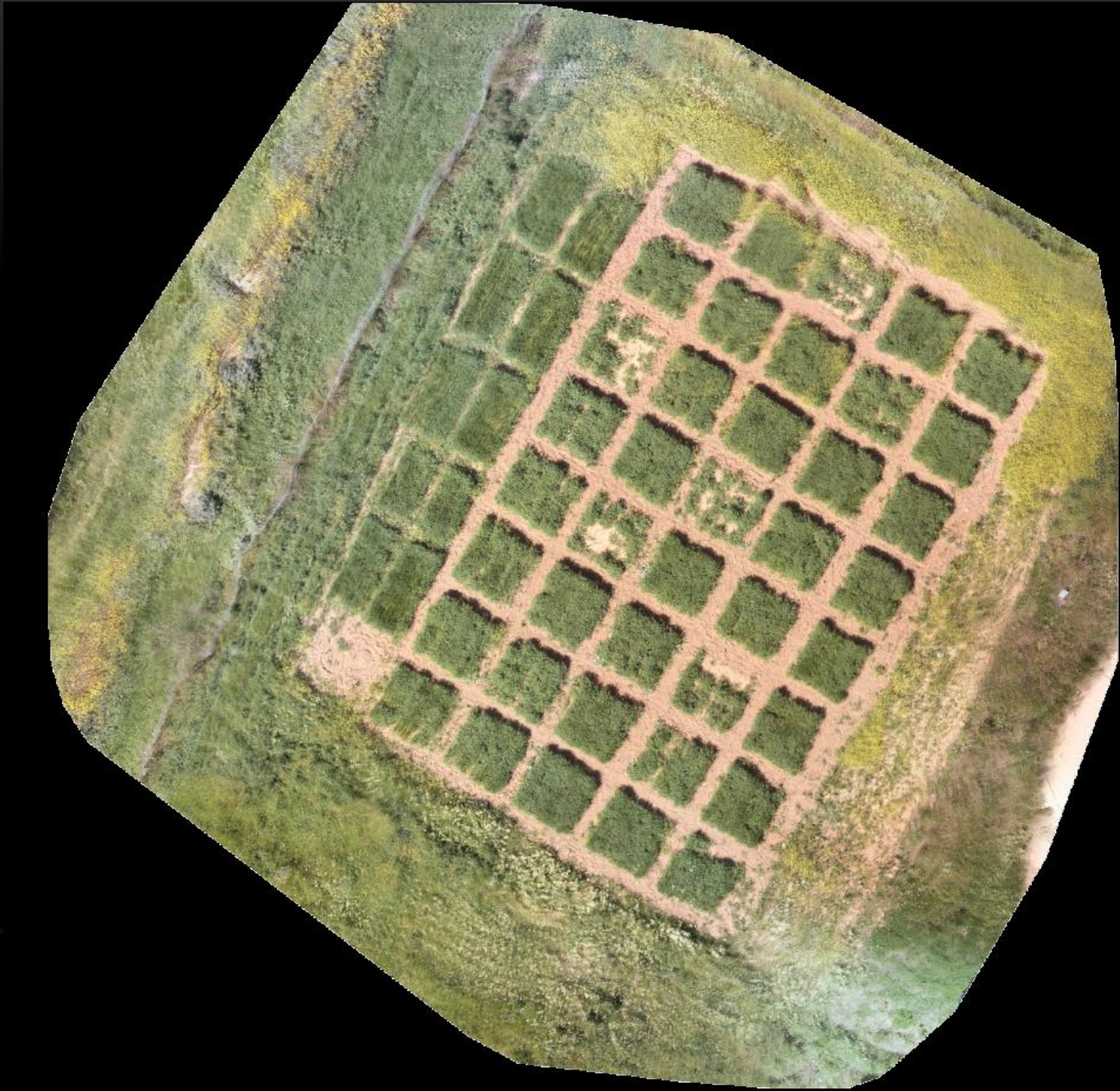


# ΠΤΗΣΕΙΣ

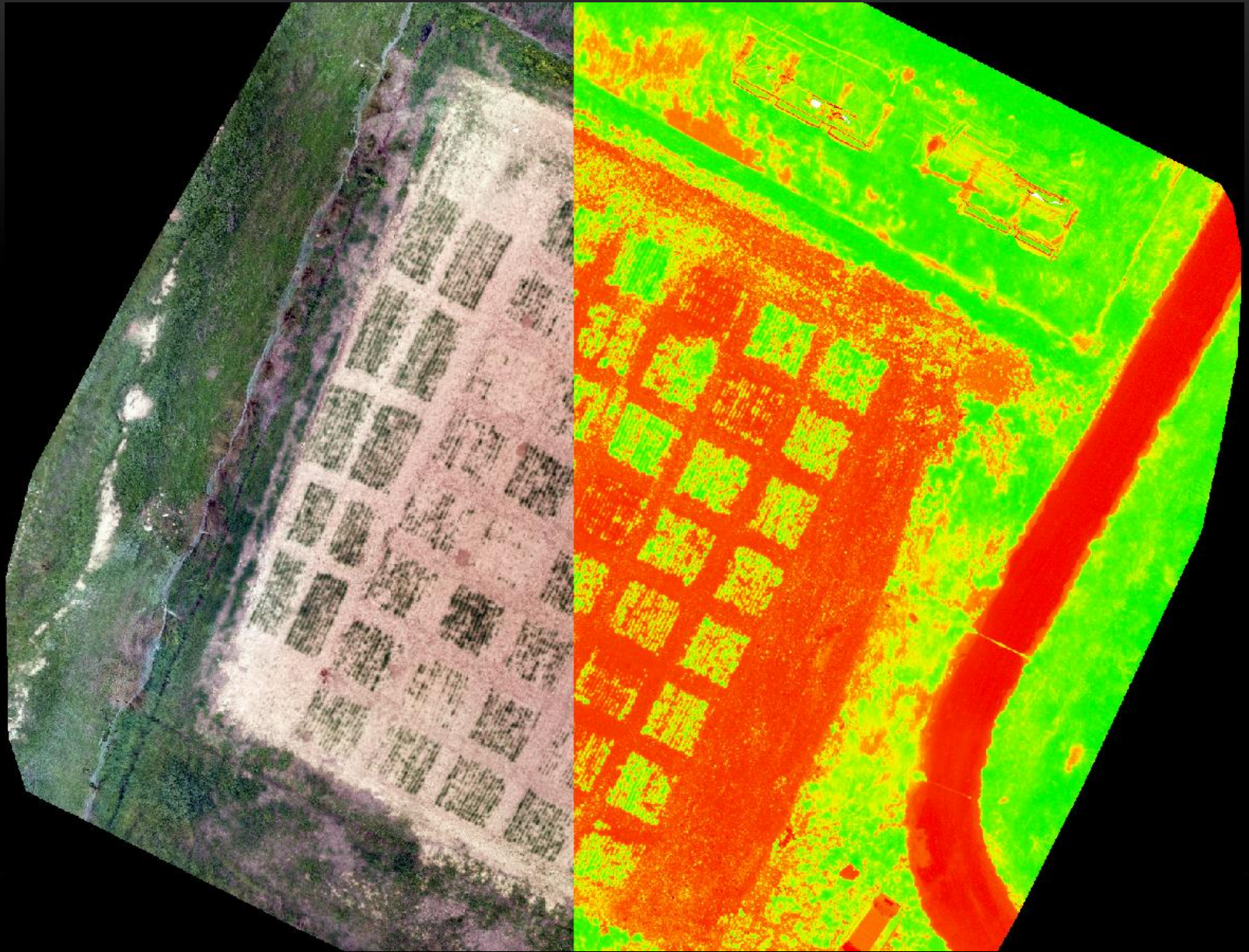
- 1<sup>η</sup> Πτήση 26/1/2018  
(αρχές αδελφώματος)
- 2<sup>η</sup> Πτήση 9/2/2018  
(μέσα αδελφώματος)
- 3<sup>η</sup> Πτήση 27/2/2018  
(τέλος αδελφώματος)
- 4<sup>η</sup> Πτήση 16/3/2018  
(Καλάμωμα)
- 5<sup>η</sup> Πτήση 3/4/2018  
(Διόγκωση κολεού)
- 6<sup>η</sup> Πτήση 4/5/2018  
(Γέμισμα καρπών)
- 7<sup>η</sup> Πτήση 22/5/2018  
(Οικονομική  
ωρίμανση)



# ΟΡΘΟΜΩΣΑΪΚΟ



# RGB-NDVI

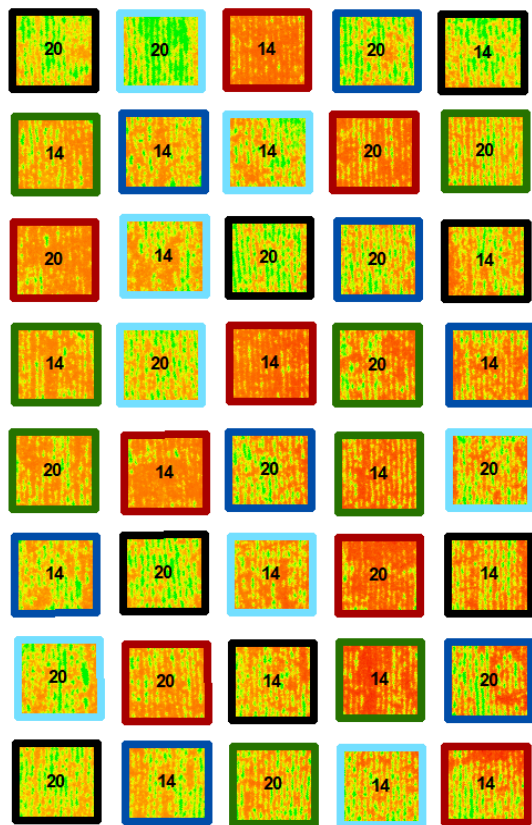


# ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ



# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

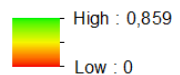
Κατανομή τιμών NDVI/τεμάχιο  
κατά την αρχή του αδελφώματος (26/1/2018)



Υπόμνημα  
Ζιζανιοκτόνο

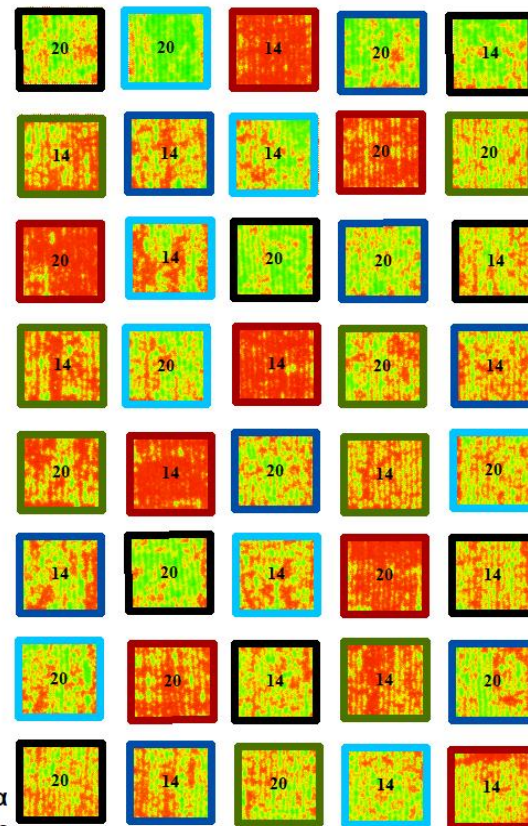
- Boxer
- Constel
- Control
- Mustang
- Stomp

NDVI



14: Πυκνότητα σποράς 14 kg/στ  
20: Πυκνότητα σποράς 20 kg/στ

Κατανομή τιμών NDVI/τεμάχιο  
κατά τα μέσα του αδελφώματος (9/2/2018)



Υπόμνημα  
Ζιζανιοκτόνο

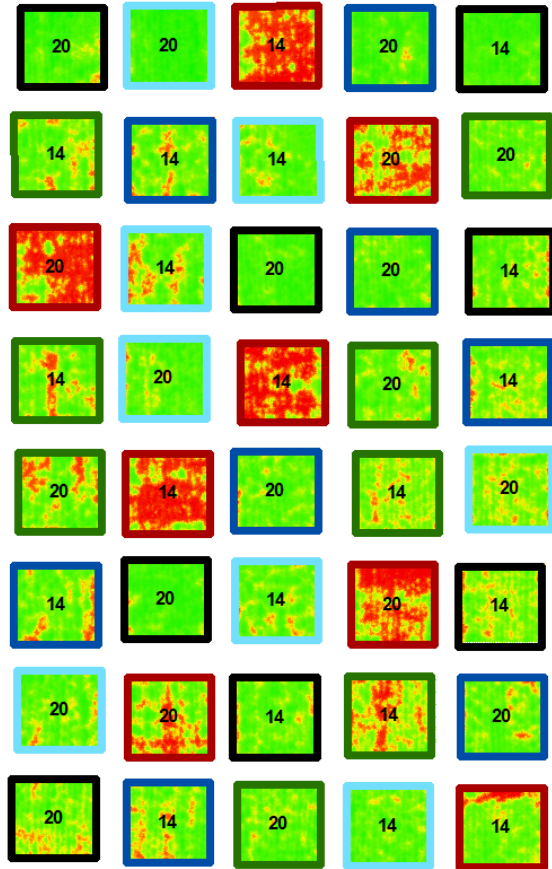
- Boxer
- Constel
- Control
- Mustang
- Stomp

NDVI



14: Πυκνότητα σποράς 14 kg/στ  
20: Πυκνότητα σποράς 20 kg/στ

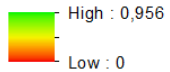
Κατανομή τιμών NDVI/τεμάχιο  
κατά το τέλος του αδελφώματος (27/2/2018)



Υπόμνημα  
Ζιζανιοκτόνο

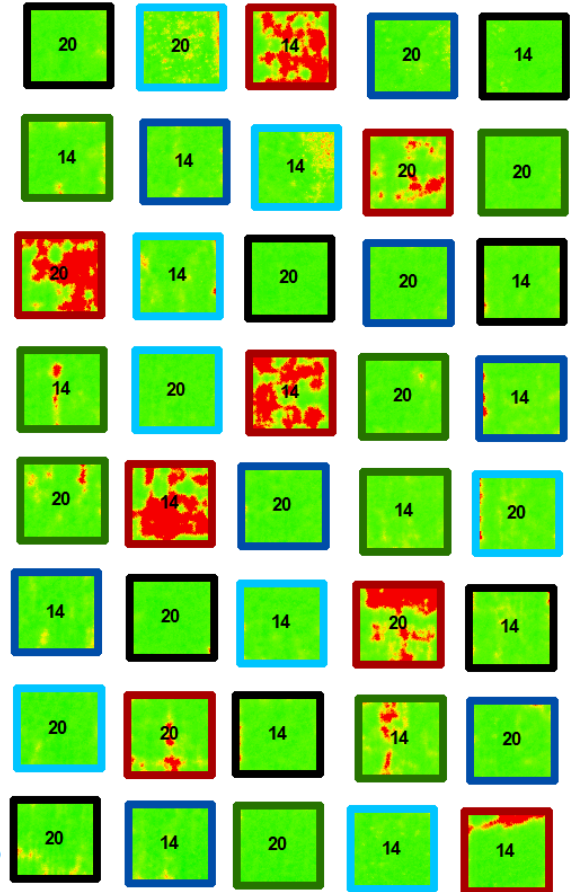
- Boxer
- Constel
- Control
- Mustang
- Stomp

NDVI



14: Πυκνότητα σποράς 14 kg/στ  
20: Πυκνότητα σποράς 20 kg/στ

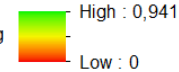
Κατανομή τιμών NDVI/τεμάχιο  
κατά το καλάμωμα (16/3/2018)



Υπόμνημα  
Ζιζανιοκτόνο

- Boxer
- Constel
- Control
- Mustang
- Stomp

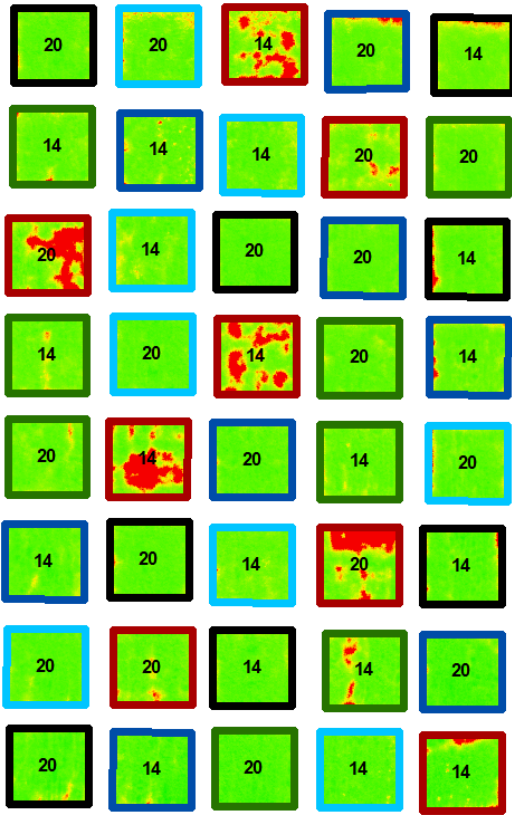
NDVI



14: Πυκνότητα σποράς 14 kg/στ  
20: Πυκνότητα σποράς 20 kg/στ

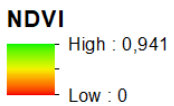


Κατανομή τιμών NDVI/τεμάχιο  
κατά τη διόγκωση κολεού (3/4/2018)



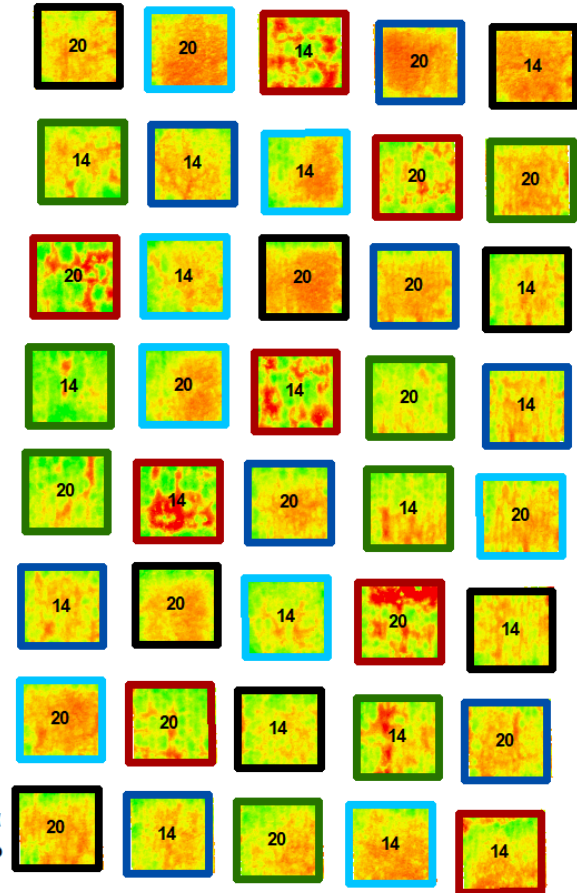
Υπόμνημα  
Ζιζανιοκτόνο

- Boxer
- Constel
- Control
- Mustang
- Stomp



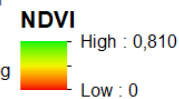
14: Πυκνότητα σποράς 14 kg/στ  
20: Πυκνότητα σποράς 20 kg/στ

Κατανομή τιμών NDVI/τεμάχιο  
κατά το γέμισμα των καρπών (4/5/2018)



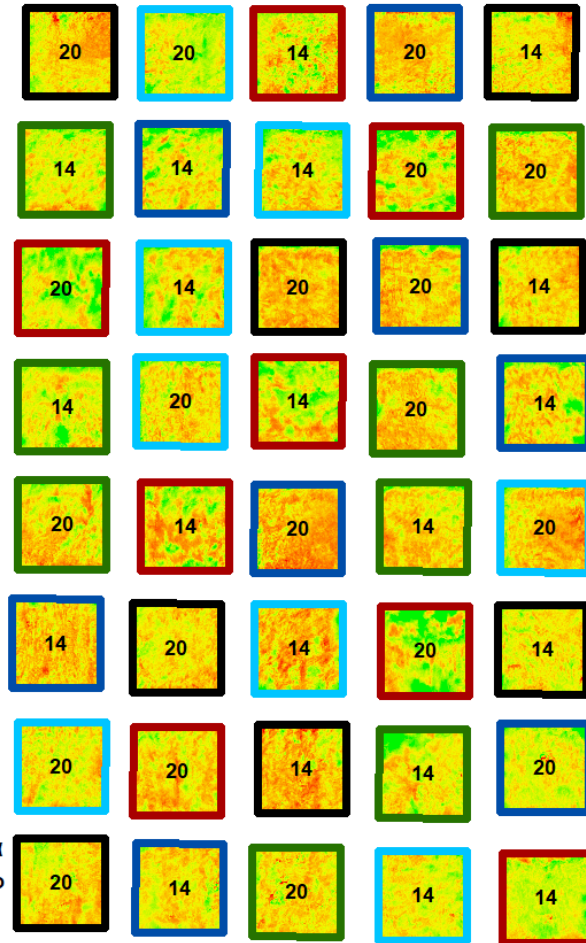
Υπόμνημα  
Ζιζανιοκτόνο

- Boxer
- Constel
- Control
- Mustang
- Stomp








14: Πυκνότητα σποράς 14 kg/στ  
20: Πυκνότητα σποράς 20 kg/στ

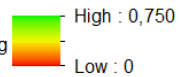
Κατανομή τιμών NDVI/τεμάχιο  
κατά την οικονομική ωρίμανση (22/5/2018)



Υπόμνημα  
Ζιζανιοκτόνο

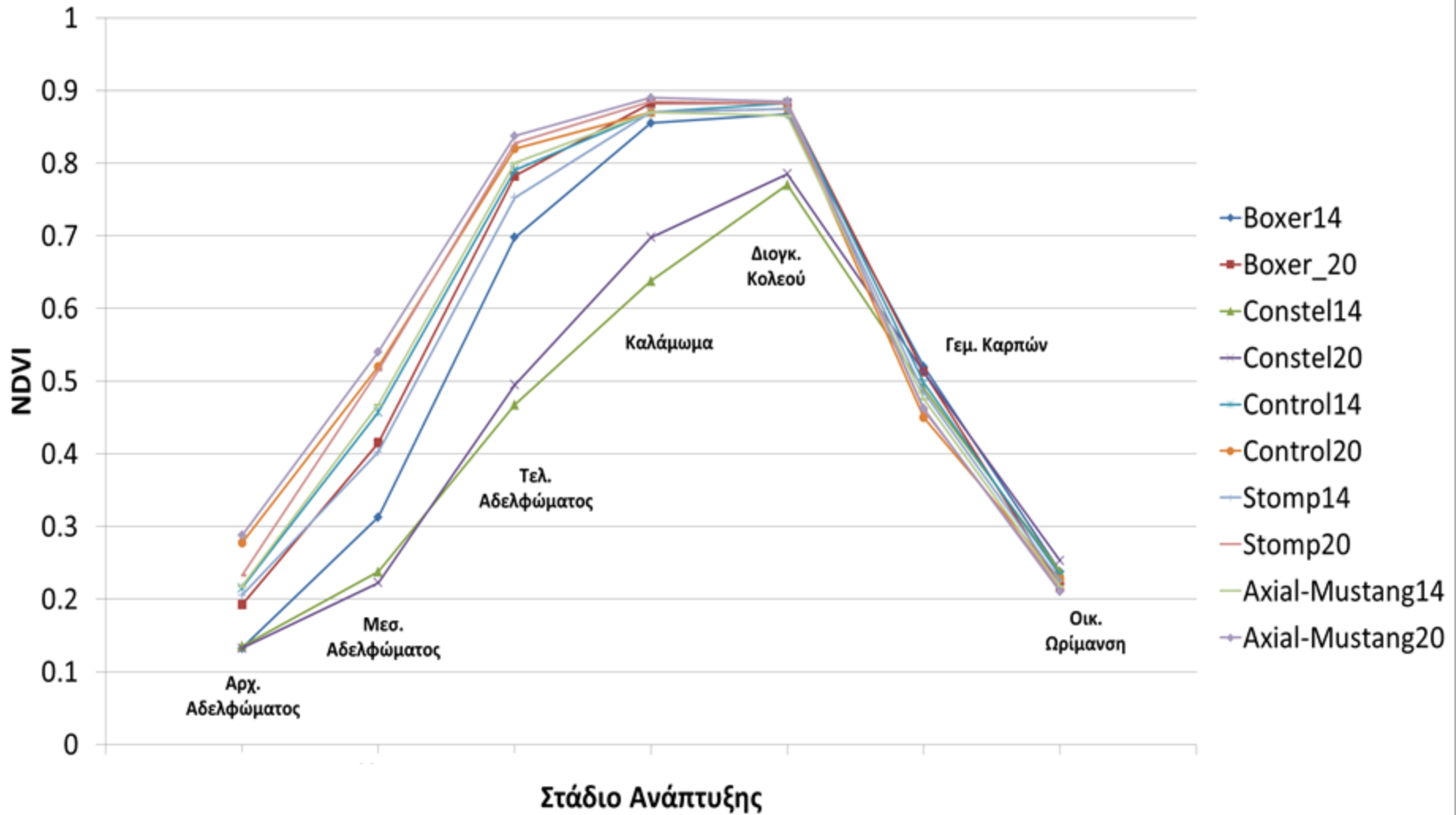
-  Boxer
-  Constel
-  Control
-  Mustang
-  Stomp

NDVI

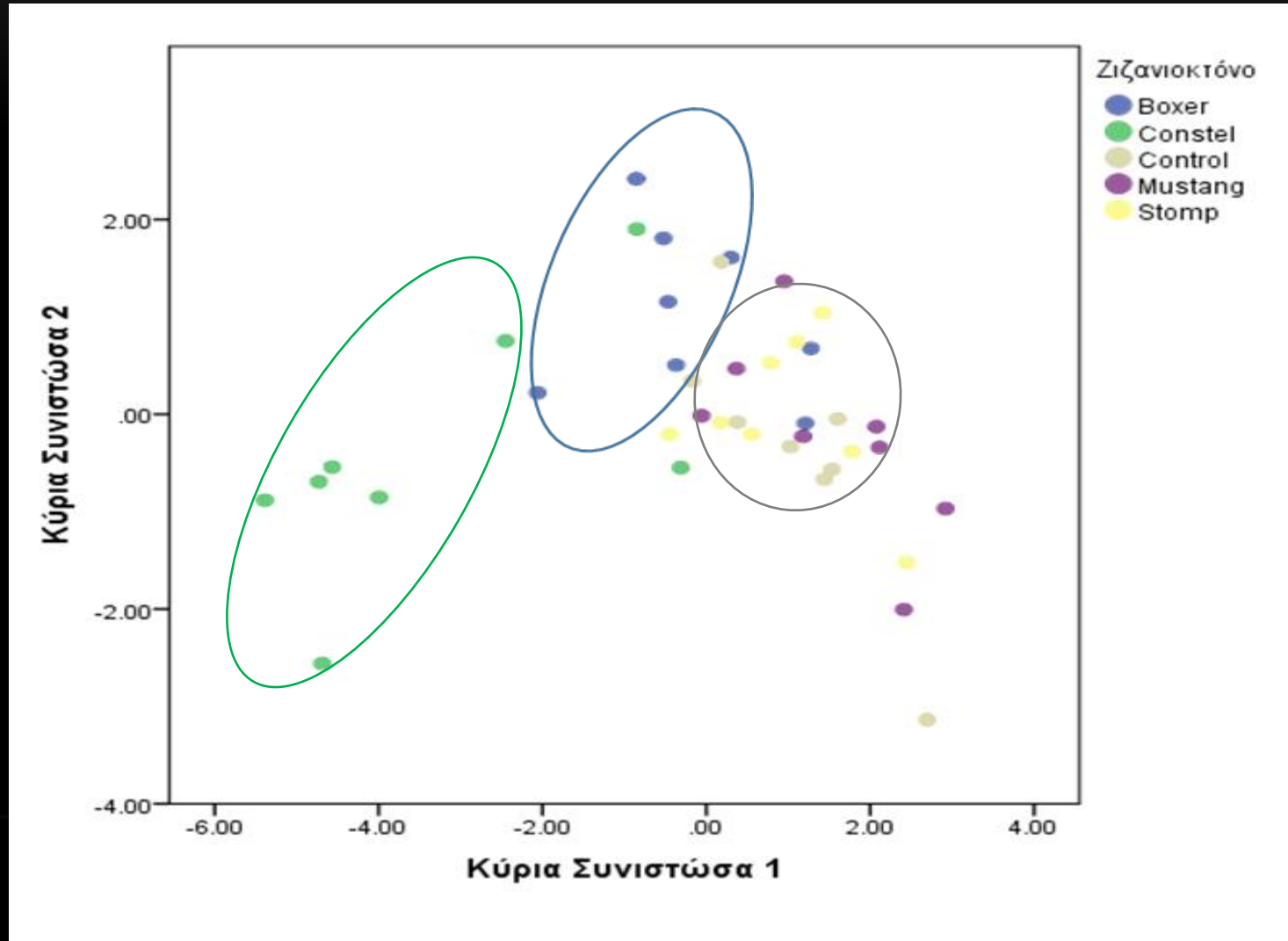


14: Πικνότητα σποράς 14 kg/στ  
20: Πικνότητα σποράς 20 kg/στ

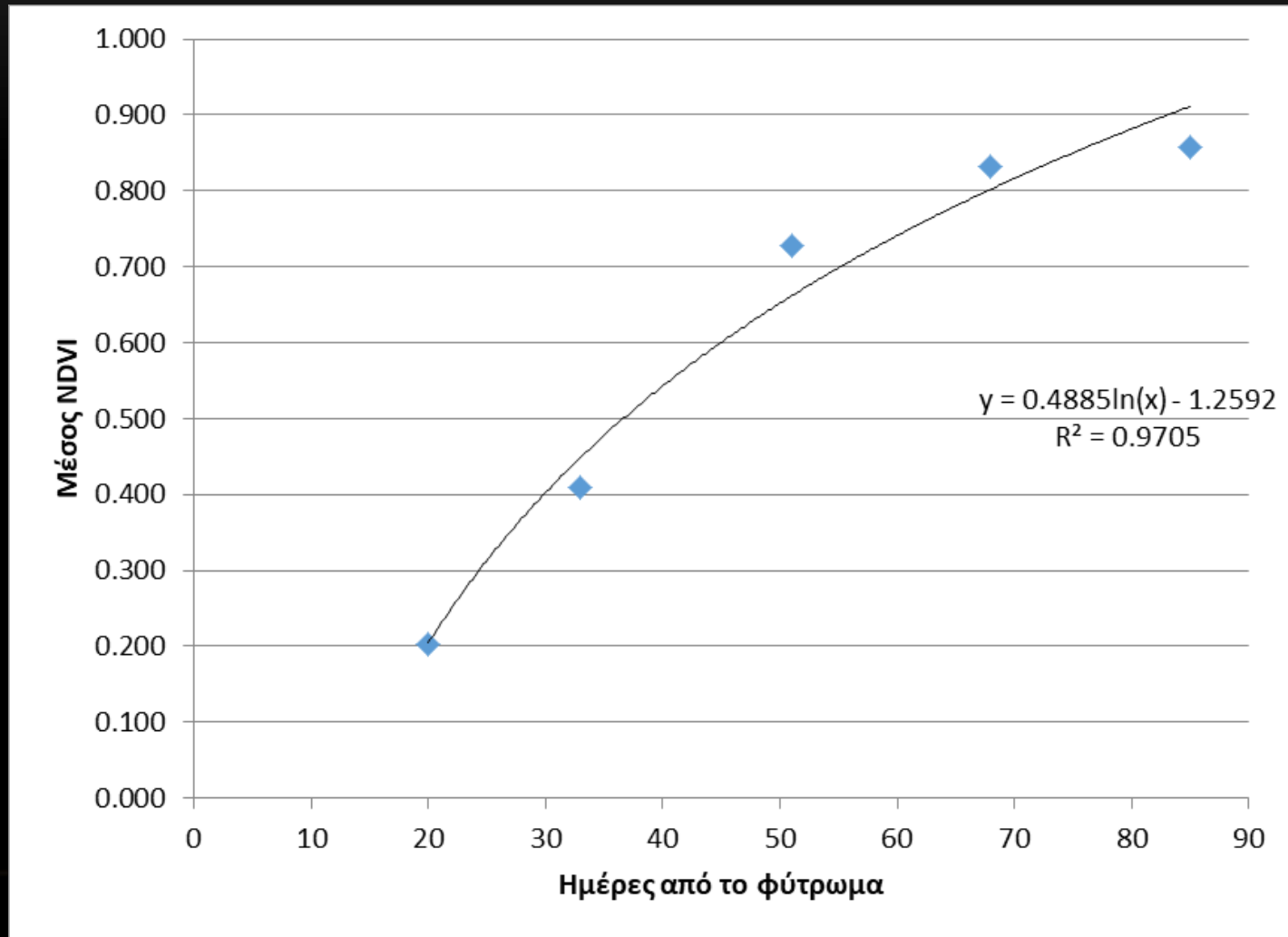
# ΜΕΣΟΣ NDVI ΑΝΑ ΠΤΗΣΗ



# ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ NDVI - ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΟΥ (PCA)



# ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ ΜΕΣΩ ΤΟΥ NDVI



# ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ NDVI ΜΕ ΤΑ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑ ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

NDVI	Απόδοση σε βιομάζα	Απόδοση σε καρπό	Β. χιλίων κόκκων	Αρ. Στάχων	Αρ. καρπών/στάχου	Καρποί /m <sup>2</sup>	Μήκος στάχου	Πρωτεΐνη
Αρχές αδελφώματος	0,386*	0,277	-0,503**	0,449**	0,078	0,440**	-0,274	-0,025
Μέσα αδελφώματος	0,514**	0,461**	-0,570**	0,594**	0,178	0,601**	-0,310	-0,181
Τέλος αδελφώματος	0,650**	0,624**	-0,542**	0,671**	0,226	0,702**	-0,205	-0,389*
Καλάμωμα	0,693**	0,712**	-0,473*	0,679**	0,222	0,730**	-0,063	-0,453**
Διόγκωση κολεού	0,632**	0,642**	-0,324	0,625**	0,258	0,612**	-0,006	-0,472**
Γέμισμα καρπών	-0,032	0,002	0,235	-0,095	0,045	-0,097	0,183	-0,234
Οικονομική ωρίμανση	-0,269	-0,274	0,231	-0,328*	-0,048	-0,337*	0,187	0,213

# ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΜΕ ΤΑ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΟΥ ΚΑΛΑΜΩΜΑΤΟΣ

Pearson Correlation	NDVI	GNDVI	NDRE	OSAVI	RESAVI	MCARI	Clgreen	Clre	EVI2	RDVI
Συνολικό Βάρος	<b>0,700**</b>	0,681**	0,655**	0,684**	0,636**	0,623**	0,647**	0,636**	0,654**	0,661**
Βιομάζα	-0,003	-0,032	-0,029	-0,004	-0,024	-0,036	-0,088	-0,036	-0,008	-0,002
Απόδοση σε Βιομάζα	<b>0,693**</b>	0,674**	0,649**	0,675**	0,629**	0,618**	0,642**	0,631**	0,646**	0,652**
Απόδοση σε Καρπό	<b>0,712**</b>	0,694**	0,672**	0,694**	0,650**	0,641**	0,667**	0,654**	0,663**	0,671**
Βάρος 1000 κόκκων	-0,473**	-0,514**	-0,580**	-0,519**	<b>-0,613**</b>	-0,602**	-0,577**	-0,597**	-0,578**	-0,560**
Αριθμός Στάχων	0,679**	0,678**	<b>0,687**</b>	0,680**	0,680**	0,671**	0,675**	0,677**	0,676**	0,676**
Αριθμός Καρπών/Στάχου	0,222	0,222	0,238	0,217	0,226	0,237	0,219	0,235	0,205	0,211
καρποί/μ <sup>2</sup>	0,730**	0,738**	0,751**	0,740**	<b>0,753**</b>	0,740**	0,750**	0,746**	0,747**	0,744**
Μήκος Στάχου	-0,063	-0,085	-0,142	-0,061	-0,132	-0,169	-0,132	-0,158	-0,064	-0,060
Πρωτεΐνη (%)	<b>-0,453**</b>	-0,421**	-0,356*	-0,442**	-0,351*	-0,314*	-0,365*	-0,332*	-0,418**	-0,427**

# ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ NDVI

Pearson Correlation	Συνολικό Βάρος	Βιομάζα	Απόδοση σε βιομάζα	Απόδοση σε καρπό	Β. χιλίων κόκκων	Αρ. στάχων	Αρ. καρπών/στάχυ	1000 Καρποί /m <sup>2</sup>	Μήκος στάχυ	Πρωτεΐνη
Άθροισμα NDVI (Πτήσεις 1-5)	<b>0,631**</b>	<b>0,150</b>	<b>0,629**</b>	<b>0,591**</b>	<b>-0,532**</b>	<b>0,664**</b>	<b>0,226</b>	<b>0,680**</b>	<b>-0,220</b>	<b>-0,404**</b>
Άθροισμα NDVI όλων των πτήσεων	<b>0,653**</b>	<b>0,165</b>	<b>0,648**</b>	<b>0,611**</b>	<b>-0,529**</b>	<b>0,677**</b>	<b>0,239</b>	<b>0,689**</b>	<b>-0,206</b>	<b>-0,428**</b>
Μέση Τυπική Απόκλιση NDVI (Πτήσεις 1-5)	<b>0,257</b>	<b>0,015</b>	<b>0,240</b>	<b>0,359*</b>	<b>0,210</b>	<b>0,131</b>	<b>0,157</b>	<b>0,117</b>	<b>0,0307</b>	<b>-0,369*</b>
Μέση Τυπική Απόκλιση NDVI όλων των πτήσεων	<b>0,641**</b>	<b>0,091</b>	<b>0,632**</b>	<b>0,698**</b>	<b>-0,253</b>	<b>0,584**</b>	<b>0,267</b>	<b>0,607**</b>	<b>-0,026</b>	<b>-0,570**</b>
Μέγιστος NDVI	<b>0,661**</b>	<b>0,136</b>	<b>0,652**</b>	<b>0,655**</b>	<b>-0,373*</b>	<b>0,652**</b>	<b>0,260</b>	<b>0,637**</b>	<b>-0,093</b>	<b>-0,493**</b>



# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των 2 πυκνοτήτων σποράς με βάση το δείκτη βλάστησης NDVI και ήταν εντονότερη κατά τα 2 πρώτα στάδια ανάπτυξης.
- Το ζιζανιοκτόνο Chlortoluron + Diflufenican ενώ ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικό έναντι των ζιζανίων, προκάλεσε σημαντικές απώλειες (φυτοτοξικότητα) και στην καλλιέργεια. Το μείγμα ζιζανιοκτόνων Pinoxaden + Florasulam παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές NDVI.
- Οι σημαντικότερες συσχετίσεις των δεικτών βλάστησης με τις οργανοληπτικές ιδιότητες βρέθηκαν στο στάδιο του καλαμώματος (4η πτήση) και αυτό είναι σημαντικό διότι υπάρχει δυνατότητα επέμβασης σε αυτό το στάδιο.
- Τα ζιζάνια ήταν πιο ευδιάκριτα κατά την οικονομική ωρίμανση (7η πτήση) όπου το κριθάρι είχε κιτρινίσει και εντοπίστηκαν κυρίως στις άκρες των τεμαχίων εκτός από τις επεμβάσεις με το προφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο Chlortoluron + Diflufenican
- όπου εντοπίστηκαν και στο κέντρο των τεμαχίων.

- Οι υπόλοιποι δείκτες βλάστησης που υπολογίστηκαν στο στάδιο του καλαμώματος δεν έδειξαν σε γενικές γραμμές σημαντικότερες συσχετίσεις από τον NDVI.
- Οι διαχρονικοί δείκτες βλάστησης NDVI έδειξαν σχετικά μικρότερες συσχετίσεις με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κριθαριού σε σχέση με τον NDVI κατά το καλάμωμα, με μεγαλύτερες αυτές του Μέγιστου NDVI και του Μέσου NDVI όλων των πτήσεων.

# ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- Μελλοντικά θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν πτήσεις σε χαμηλότερα υψόμετρα και με άλλες πολυφασματικές κάμερες υψηλότερης χωρικής ανάλυσης ή ακόμη και υπερφασματικές κάμερες με μεγαλύτερο αριθμό φασματικών καναλιών ώστε να υπολογιστούν και άλλοι βασικοί αλλά και διαχρονικοί δείκτες βλάστησης όπως ο EVI, ο LAI, και ο CWSI.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ !!!



# BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

**Bailey** and Gatrell (1995) *Interactive spatial data analysis*, Longman

**Burrough P.A.** (1986) *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford University Press, Oxford.

**B.J. Choudhury**, N.E. DiGirolamo, (1995) *Quantifying the effect of emissivity on the relations between AVHRR split window temperature difference and atmospheric precipitable water over land surfaces*, Remote Sensing of Environment, Elsevier

**Fischer** and Wang (2011) *Spatial Data Analysis Models: Methods and Techniques*, Springer

**Fotheringham S**, Brunson C., Charlton M. (2000) *Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis*

**Gemtos T.A.**, Markinos A, Toullos L, Pateras D., Zerva G. (2003) *A Precision Farming Application in the Small Cotton Farms of Greece*

**Gitelson A**, Viña A, Arkebauer T. J, Rundquist D.C, Keydan G, Leavitt B. (2003) *Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies*, Geophysical Research Letters Vol 30, Issue 5

**Gitelson A**, Gritz Y, Merzylak M. (2003) *Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves*, Journal of Plant Physiology Vol 160, Issue 3, 2003, pp 271-282

**Θωμόπουλος Ι., (2018)** – Αξιολόγηση Ποικιλιών Βυνοποιήσιμου Κριθαριού ως προς τα Αγρονομικά και Ποιοτικά Χαρακτηριστικά τους με Μεθόδους Χωρικής Ανάλυσης σε Περιβάλλον Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS), Μεταπτυχιακή Διατριβή, ΓΠΑ, Αθήνα

**Καραμάνος Α. (2008)** Τα Σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων, εκδόσεις Παπαζήση», Αθήνα

**Κουτσόπουλος Κ, (2005)** Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και ανάλυση χώρου, Επανεκδοση: "Παπασωτηρίου", 2002, Θεσσαλονίκη

**Μαρκογιάννη, (2011)** Χωροχρονικές μεταβολές βλάστησης και χρήσεων γης σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης της τεχνητής Λ. Πλαστήρα με χρήση GIS και δεδομένων τηλεπισκόπησης. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γ.Π.Α, Αθήνα

**Μέρτικας, (1999)** Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή ανάλυση εικόνας. Εκδόσεις Ίων,

Στέλλα Παρίκου και ΣΙΑ Ο.Ε.

**Μπλαδενόπουλος Κ (2002)** Το ύψος του φυτού και η σχέση του με άλλα γνωρίσματα στο κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.) Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Σειρά Ι, Τόμος, 2002

**Πέρρος Ν. (2019)** – Χωρική ανάλυση αγρονομικών και τηλεπισκοπικών (UAS) δεδομένων για την πρόβλεψη παραγωγής καλλιέργειας ρυζιού, Μεταπτυχιακή Διατριβή, ΓΠΑ, Αθήνα

**Στατεράς Δ., (2018)** – Χωρικά Μοντέλα Εκτίμησης Χαρακτηριστικών Κόμης και Παραγωγής Ελαιόδενδρων με τη Χρήση Εικόνων Υψηλής Ανάλυσης από Πλατφόρμα UAV, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γ.Π.Α, Αθήνα

**Φουντάς Σ., Γέμτος Ι., (2015).** Γεωργία Ακριβείας, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα 130-137.