



# Καινοτόμα εργαλεία ανάλυσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών σε διάφορα στάδια της αγροδιατροφικής αλυσίδας

Κώστας Καρυώτης, MSc Μαθηματικός, υποψήφιος διδάκτορας  
Αχιλλέας Ζαλίδης, MSc Food Science, υποψήφιος διδάκτορας

**SPECTRA**  
LAB

# SpectraLab

## Laboratory of Remote Sensing, Spectroscopy, and GIS Aristotle University of Thessaloniki

### Research and Development domains



- AI-driven Earth Observation analysis
- Lab & in situ infrared spectroscopy
- Development of smart integrated systems



### On-going projects



**ESA WORLDSOILS**  
SOC maps of Europe  
(10 m resolution)



**H2020 CREDITVIBES**  
Innovation hub to produce  
innovative agro-technologies



**H2020 THEROS**  
Verification & prevention of  
adulterations in foods



**H2020 SCALEAGDATA**  
Scaling agricultural data  
for improved monitoring



**H2020 SOILL**  
Establish coordination  
mechanism for Soil  
Living Labs



**H2020 Carbonica**  
Connect carbon farming  
ecosystems (Excellence Hub)



**H2020 EIFFEL**  
EO applications to address  
climate change



**H2020 SOB4ES**  
AI for soil biodiversity  
ecosystem services



**H2020 MRV4SOC**  
Monitoring, Reporting &  
Verification for SOC



**H2020 AI4SOILHEALTH**  
Soil Health Information  
using AI technologies

**H2020 VALORADA**  
Mapping of soil erosion in  
coastal regions



**15** multidisciplinary  
researchers

**40** journal publications  
(past 5 years)



Regional champion lab in **FAO** and  
participating in **GEO** (GEOGLAM,  
GEOCRADLE, EO4SDGS)

State-of-the-art facilities in  
spectral collection and  
analysis



@spectralab



Spectra Lab, AUTH

**SPECTRA**  
LAB

<https://spectralab.gr/>



# Ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης εργαλειοθήκης για τον εκσυγχρονισμό των ελέγχων συμμόρφωσης με την ΚΑΠ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΥ ΣΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ ΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΎΜΕΣΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΣΗΜΑΝΣΗ.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΆΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ



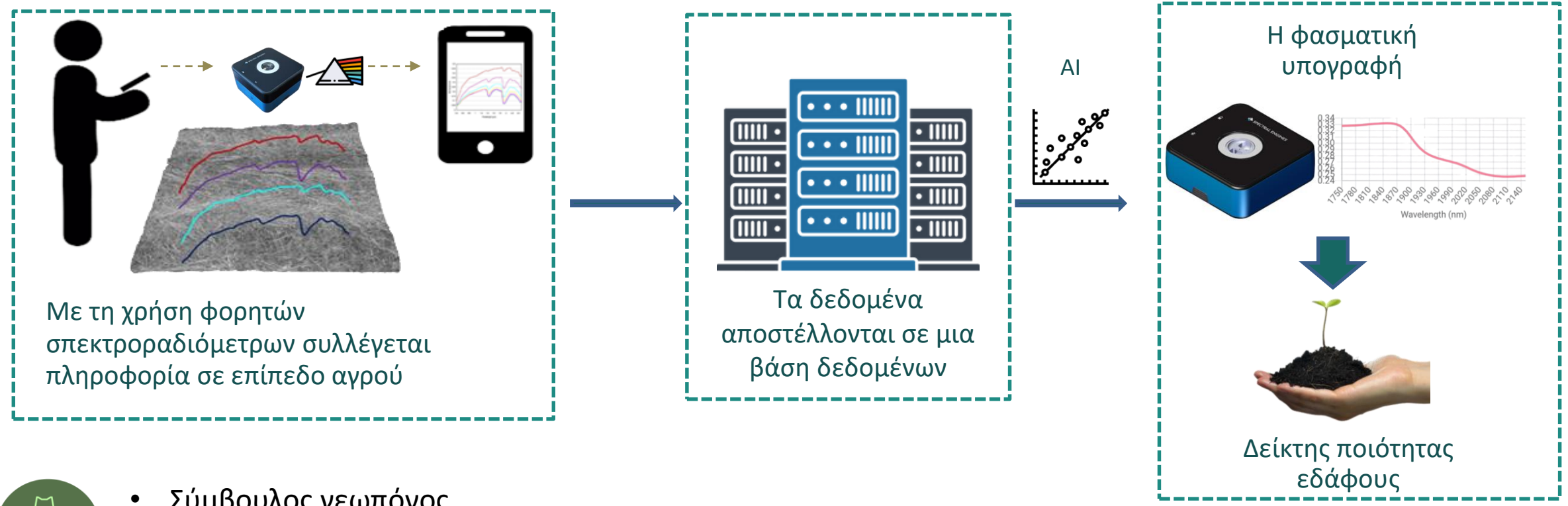
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΕΝΣΩΜΆΤΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΣΕ ΜΙΑ ΕΝΙΑΪΑ ΒΑΣΗ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

# Ο ρόλος μας

Δημιουργία ενός οικοσυστήματος εύχρηστων εργαλείων χαμηλού κόστους που θα επιτρέπουν τη συγκέντρωση πληροφοριών in situ.



- Σύμβουλος γεωπόνος
- Παραγωγός
- Οργανισμός πληρωμών



# Το σπεκτροραδιόμετρο

SPECTRA  
LAB



- Spectral range 1750 -2150 nm, με ανάλυση 18 nm
- Ενσωματωμένη πηγή φωτός
- Διαστάσεις: 25x45x17.5 mm<sup>3</sup>, βάρος 160g
- Μπαταρία: 5V επαναφορτιζόμενη Li-ion
- Συνδεσιμότητα: Bluetooth
- Θερμοκρασίες περιβάλλοντος: Λειτουργία μεταξύ 10° και 50°C



# Η εφαρμογή – λήψη φασματικής υπογραφής



The screenshot shows the login interface for the DIONE MEMS Spectrometer device. It includes the European Commission logo, the DIONE logo, and a sign-in form with fields for Email Address and Password, and a SIGN IN NOW button. Below the form is a link for Google Sign-In. To the right, a spectral graph displays a red line representing the white reference spectrum, with the y-axis ranging from 4600 to 5200 and the x-axis from 1750 to 2127 nm. A BACK button is located below the graph.

The screenshot shows the measurement interface for the DIONE MEMS Spectrometer device. It includes the DIONE MEMS Spectrometer device title, a WHITE REFERENCE checkbox (checked), and a SOIL SAMPLE button. A spectral graph displays a red line representing the soil sample spectrum, with the y-axis ranging from 0.395 to 0.445 and the x-axis from 1750 to 2127 nm. A BACK button is located below the graph. Below the graph, the text "SOC: 1.14%" is displayed.



# Διαχείριση δεδομένων - Backend



## DIONE's σύστημα διαχείρισης δεδομένων

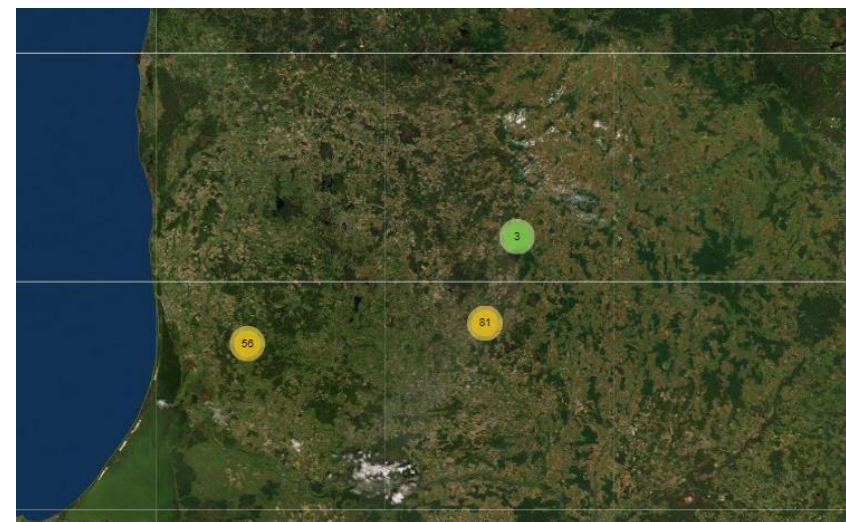
User	Email	Sample	Location	Date	Instrument
Zachariou	avraam.zach@gmail.com	CY_A0_510_19.8	35.0096937, 33.3501928	11:28:57, 10/09/2021	SE Scanner (01A440F002E)
Zachariou	avraam.zach@gmail.com	CY_A0_526_15.9	35.0141781, 33.3805435	11:36:24, 10/09/2021	SE Scanner (01A440F002E)
Zachariou	avraam.zach@gmail.com	CY_A0_448_4.7	35.0096937, 33.3501928	12:50:27, 10/09/2021	SE Scanner (01A440F002E)
Zachariou	avraam.zach@gmail.com	CY_A0_549_3.9	35.0141781, 33.3805435	13:25:49, 10/09/2021	SE Scanner (01A440F002E)
Zachariou	avraam.zach@gmail.com	CY_A0_410_2.1	35.0018824, 33.3747553	10:06:56, 10/09/2021	SE Scanner (01A440F002E)
Zachariou	avraam.zach@gmail.com	CY_A0_435_3.1	34.9943943, 33.3719336	10:02:53, 10/09/2021	SE Scanner (01A440F002E)
Zachariou	avraam.zach@gmail.com	CY_A0_452_1.8	35.0096937, 33.3501928	11:11:28, 10/09/2021	SE Scanner (01A440F002E)
Zachariou	avraam.zach@gmail.com	CY_A0_413_3.2	34.9943943, 33.3719336	09:45:23, 10/09/2021	SE Scanner (01A440F002E)

## Η υπογραφή μιας μέτρησης



## Χωρική κατανομή των μετρήσεων

Φωτογραφία του σημείου δειγματοληψίας



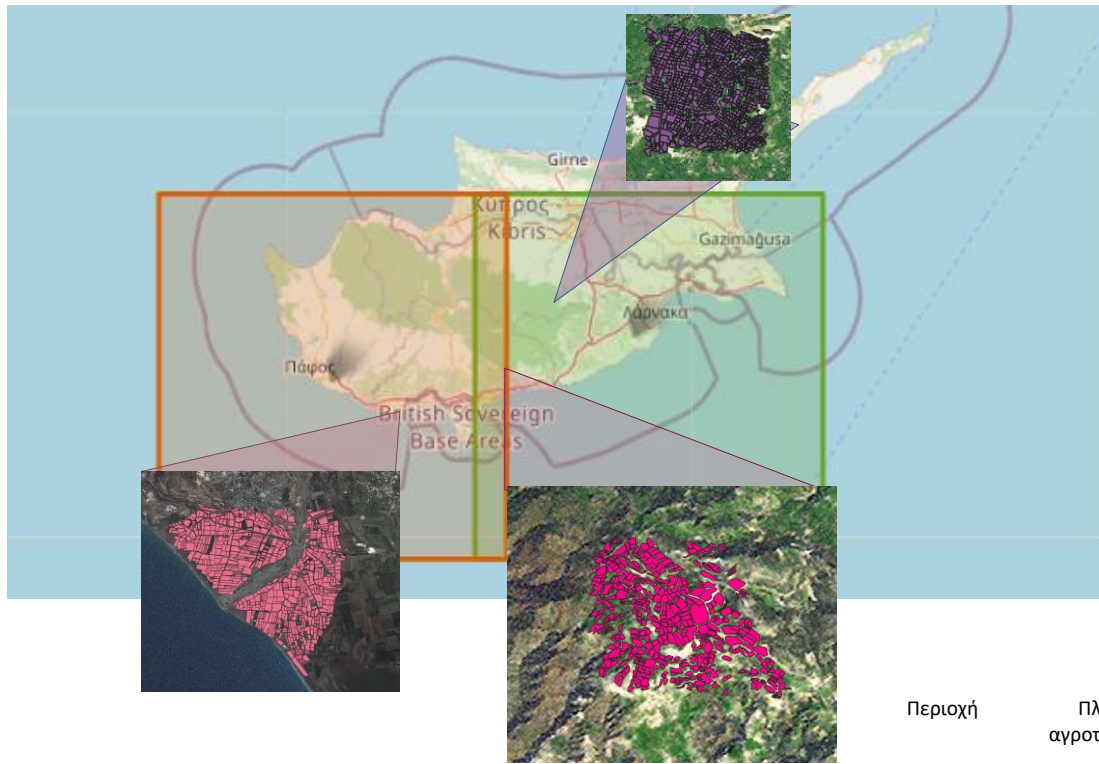




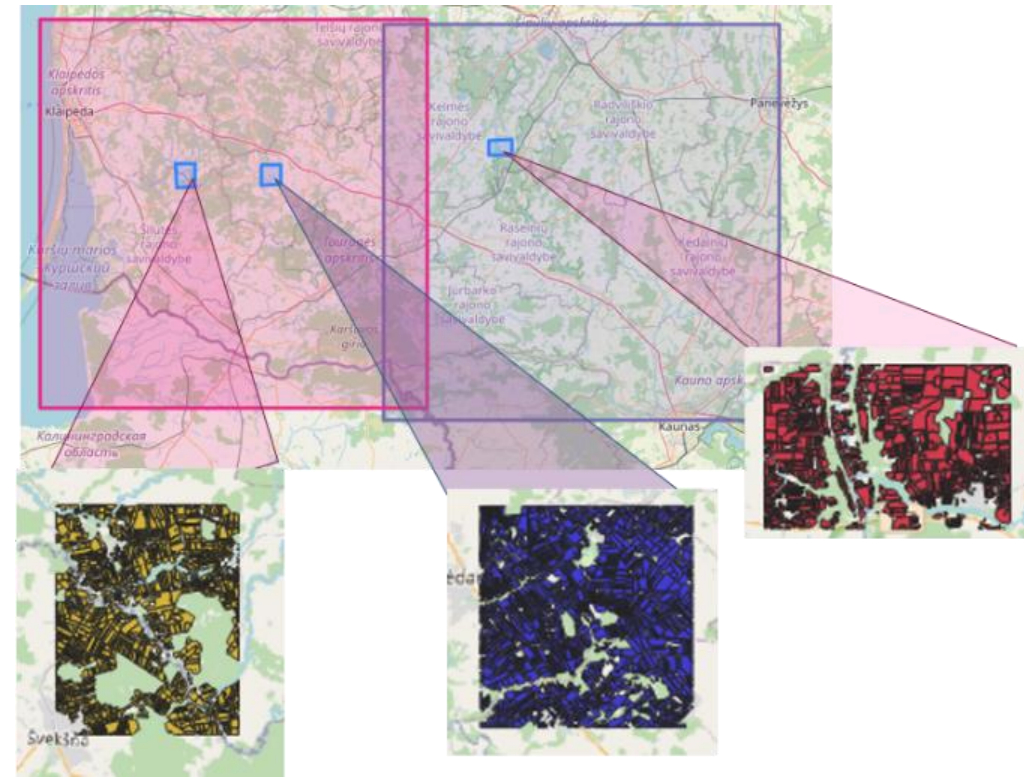
# Πιλοτικές περιοχές



Δύο χώρες – τρεις περιοχές σε κάθε χώρα



Περιοχή	Πλήθος αγροτεμαχίων	Έκταση (km <sup>2</sup> )
Λεύκαρα	412	1.01
Αγία Βαρβάρα	986	2.24
Επισκοπή	873	5.07



Συνολική έκταση 9.3 km<sup>2</sup>



# Πιλοτικές δραστηριότητες



Συγκέντρωση φασματικών υπογραφών από 1200 σημεία και περίπου 240 φυσικά δείγματα για τη βαθμονόμηση και επαλήθευση των μοντέλων εκτίμησης εδαφικών ιδιοτήτων

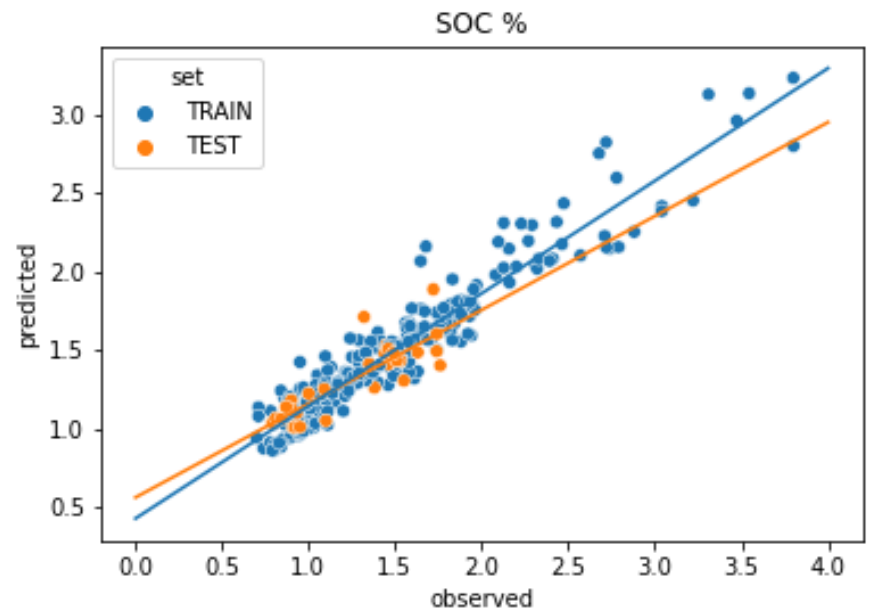


# Χάρτης κατανομής του οργανικού άνθρακα του εδάφους



SOC %  
4.41  
0.17

RMSE	R <sup>2</sup>	RPIQ
0.6	0.82	1.38





# Βασικά εκμεταλλεύσιμα αποτελέσματα



- Αύξηση της ικανότητας παρακολούθησης περιοχών όπου καλύπτονται από μικρά αγροτεμάχια
- Ποσοτικοποίηση της υγείας του εδάφους και παροχή πυκνών χρονικών δεδομένων σε κλίμακα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο
- Οικονομικά αποδοτική μέθοδος για την in situ αξιολόγηση της κατάστασης της υγείας του εδάφους χωρίς δαπανηρές εργαστηριακές αναλύσεις



# Μελλοντικές προεκτάσεις



- Το προτεινόμενο πλαίσιο θεωρείται αρθρωτό → μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικές, περιβαλλοντικές παρατηρήσεις και σπεκτροραδιόμετρα εδάφους
- Μπορεί να επεκταθεί σε ένα ευρύτερο σύνολο ιδιοτήτων του εδάφους προς παρακολούθηση
- Διερεύνηση της συνέργειας με τις τυπικές κάμερες κινητών τηλεφώνων ή με δορυφορικά δεδομένα
- Χρήση σπεκτροραδιομέτρων για τον εντοπισμό νοθειών και ακατάλληλης χρήσης χημικών ουσιών σε διάφορα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων



# Τα επόμενα βήματα



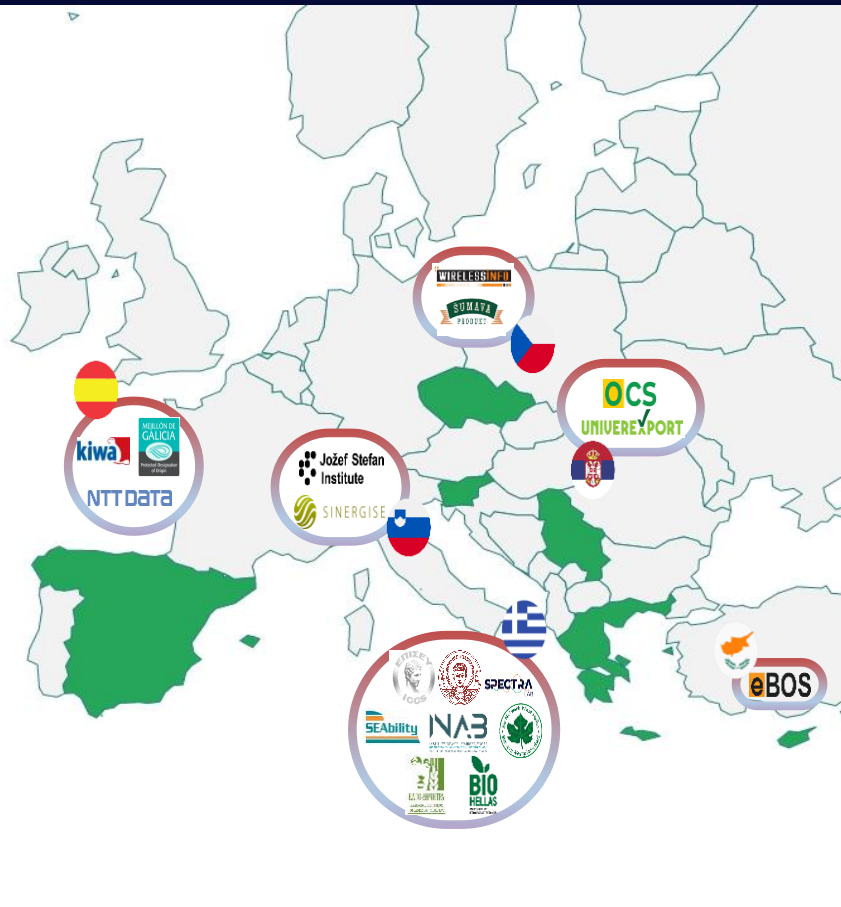
Μετατροπή της ανάκλασης του φωτός σε:



- Εκτιμήσεις της «καθαρότητας» του προϊόντος μέσω της ποσοτικοποίησης των αποκλίσεων της συγκέντρωσης σε θρεπτικά από αυτά της σήμανσης



- Ανίχνευση χρήσης ουσιών που απαγορεύονται από τους κανονισμούς βιολογικής γεωργίας



6 χώρες



17 εταιρείες

Στόχος του THEROS είναι η ανάπτυξη μιας ψηφιακής εργαλειοθήκης για τον εκσυγχρονισμό της διαδικασίας πιστοποίησης οργανικών και ΠΓΕ προϊόντων καθώς και για την ανίχνευση νοθείας σε προϊόντα τροφίμων.

# THEROS Πιλοτικές εφαρμογές



## Pilot 1: Serbia



## Pilot 2: Greece



## Pilot 3: Czech Republic



## Pilot 4: Spain



### Pilot Scope

Πιλοτική εφαρμογή με χρήση της ψηφιακής εργαλειοθήκης του THEROS με στόχο την ανίχνευση νοθείας και προστασία της αυθεντικότητας στα τρόφιμα

Πιλοτική εφαρμογή για την πιστοποίηση πρακτικών οργανικής γεωργίας

The pilot demonstration will focus on the design and validation of an extended innovative business model aimed primarily at supporting the availability of organic food.

This pilot demonstration will define and engage a group of supply chain participants, aiming to cover 100% of the value chain, including initial harvesting, aggregation, transformation, shipping, packaging and selling events.

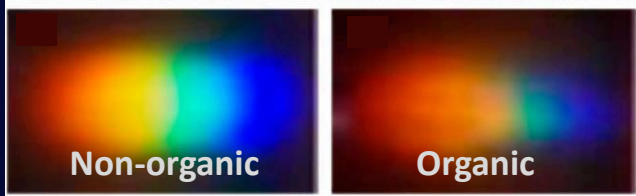
### Use of THEROS innovations

Υπηρεσίες παρατήρησης Γης, **φωτονικά συστήματα MEMS**, Green accountability tool, Dynamic Digital Product Passport, Εργαλείο ιχνηλασιμότητας με τεχνολογία blockchain, Verification engine, πλατφόρμα διαχείρισης δεδομένων και εναρμονισμού

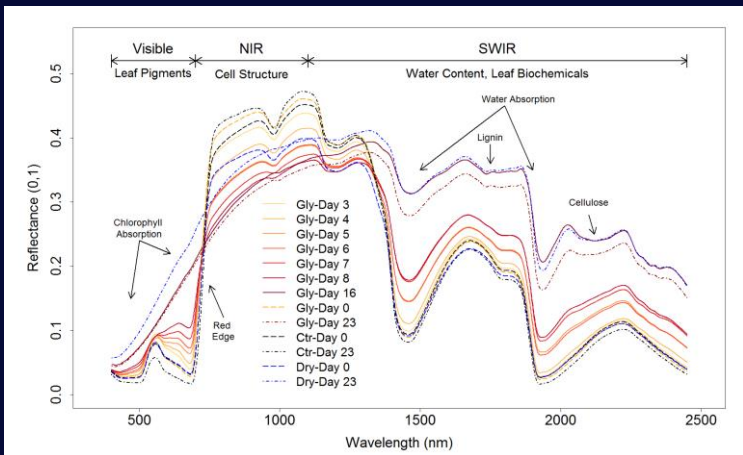
IoT sensors network, Blockchain based traceability system, Verification engine, Digital marketplace, and Data management and harmonization platform

DNA based authenticity kit, Dynamic Digital Product Passport, Blockchain based traceability system, Verification engine, and Data management and harmonization platform

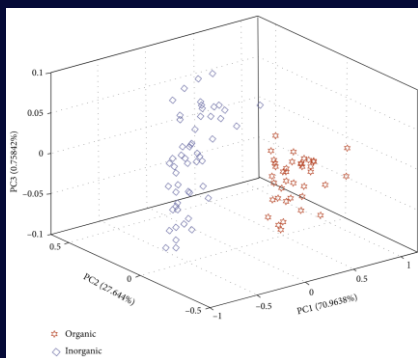
Οργανικά προϊόντα



Visible characteristics

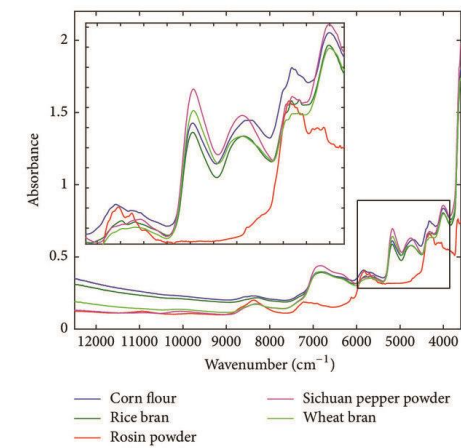
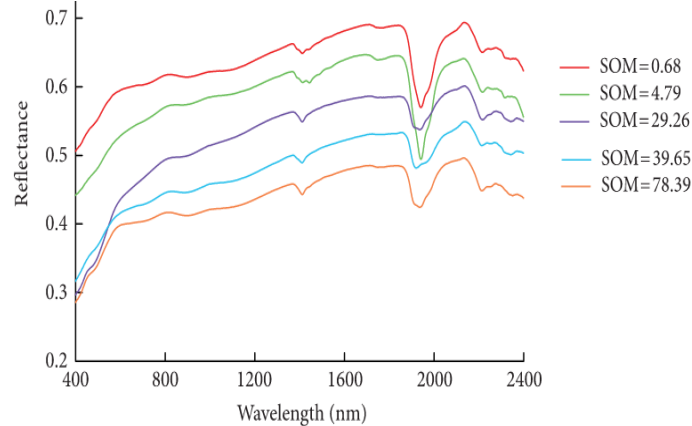
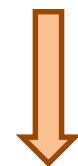
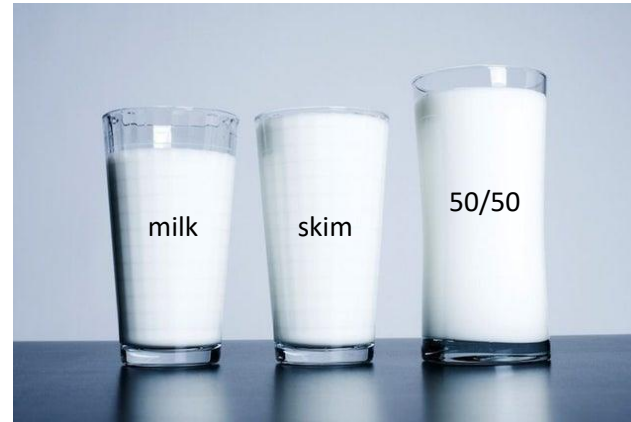


NIR characteristics



Classification

Νοθεία





# Πιστοποίηση οργανικής γεωργίας

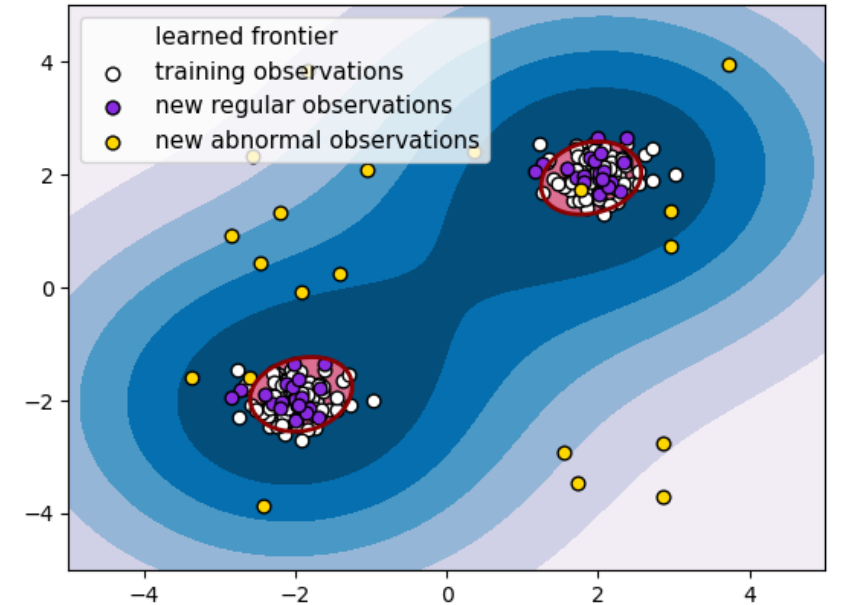
## Standard classification method (1<sup>ο</sup> στάδιο)

Δημιουργία βάσης δεδομένων με δεδομένα αναφοράς (φασματική βιβλιοθήκη) με χρήση Vis-Nir φασματοσκοπίας σε οργανικά και μη οργανικά προϊόντα

## Chemometrics (2<sup>ο</sup> στάδιο)

Δημιουργία αναλυτικής βιβλιοθήκης λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών προϊόντων, σε διαφορετικά φαινολογικά στάδια για πιστοποίηση οργανικής γεωργίας (yes/no)

Novelty Detection for two batches of organic fruits (apples)



error train: 21/200 ; errors novel regular: 6/40 ; errors novel abnormal: 1/40



Control bodies, certification bodies and authorities

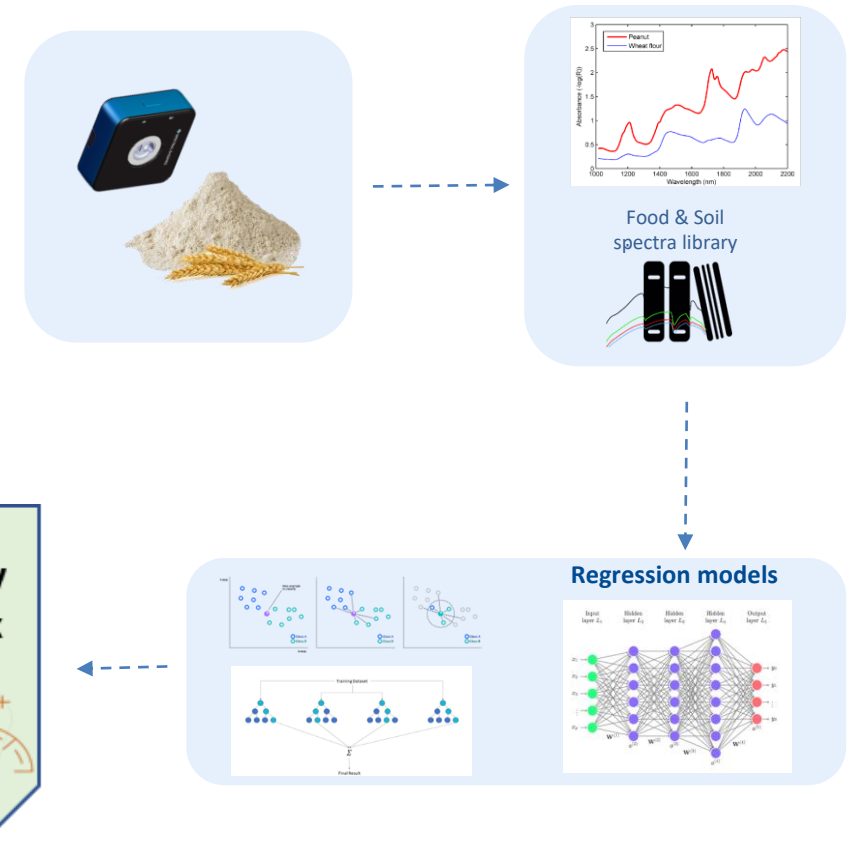


Organic Food labelling detection



# Πιστοποίηση αυθεντικότητας

- Επιλογή προϊόντων που αποτελούν βασικά αγαθά (π.χ. αλεύρι σίτου, γάλα) και υπόκεινται συχνά σε νοθεία
- Ανάλυση με τον κατάλληλο αισθητήρα MEMS για δημιουργία τη φασματικής υπογραφής και προσθήκη στις φασματικές βιβλιοθήκες τροφίμων
- Χρήση κατάλληλων τεχνικών μοντελοποίησης για εξακρίβωση νοθείας
- Δημιουργία δείκτη “καθαρότητας” / purity index



# Ποιοτικά χαρακτηριστικά κρέατος

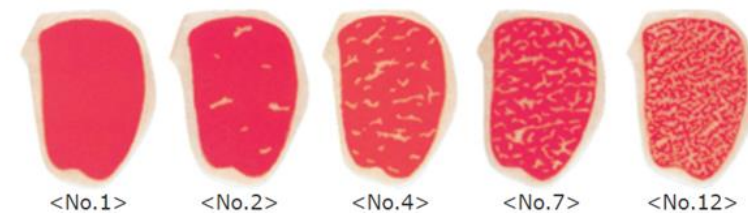
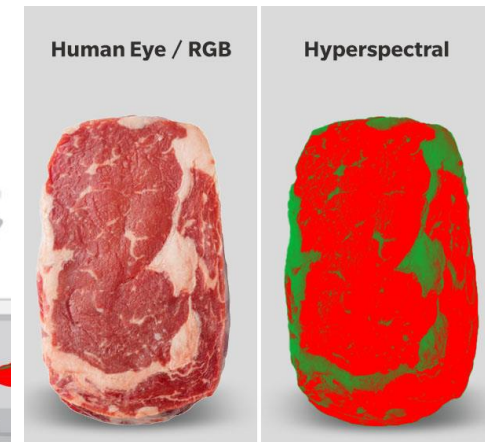
## Λίπος

### ΛΙΠΟΣ / Ενδομυϊκό λίπος →

Το συνολικό ποσοστό λίπους σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα του κρέατος. Η τοποθεσία, η κατηγορία και ο βαθμός οξείδωσης του λίπους είναι κρίσιμοι παράγοντες για τη διατροφική και εμπορική αξία των προϊόντων κρέατος.

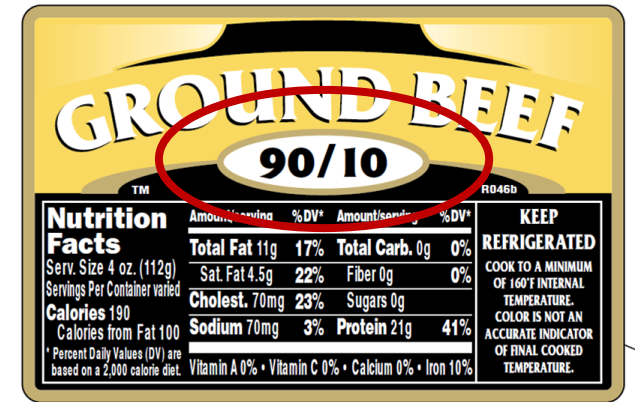
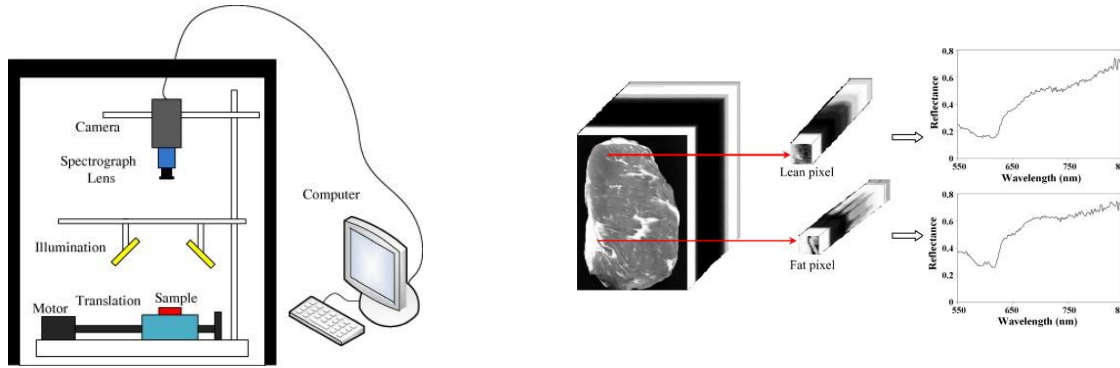
Οι καταναλωτές απαιτούν ακριβείς διατροφικές πληροφορίες και το ενδομυϊκό λίπος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια επιλογής.

- Πρόβλεψη ενδομυϊκού λίπους (% IMF / **marbling**) με χρήση υπερφασματικής κάμερας σε προϊόντα κρέατος ( $R^2 = 0.92$ ,  $SE_{CV} = 0.45$ )
- Δημιουργία βιβλιοθηκών με φασματικές υπογραφές τεμαχίων κρέατος με σκοπό την κατάταξη τους σε διαφορετικές κατηγορίες ποιότητας ανάλογα με το ποσοστό ενδομυϊκού λίπους. Η χρήση της υπερφασματικής ανάλυσης (με κάμερα) έχει υιοθετηθεί σε γραμμές παραγωγής για τη γρήγορη και μη καταστρεπτική ταξινόμηση.

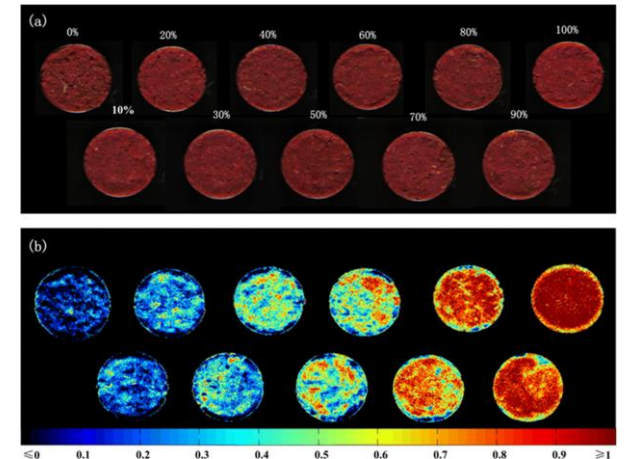


# Ποιοτικά χαρακτηριστικά κρέατος Λίπος

SPECTRA  
LAB



- Ποσοτικοποίηση του συνολικού λίπους με μη καταστρεπτική μέθοδο για την δημιουργία διατροφικών πληροφοριών στην ετικέτα.
- Πρόσφατες έρευνες έχουν δημιουργήσει προφίλ αμινοξέων για το κρέας με χρήση υπερφασματικής κάμερας



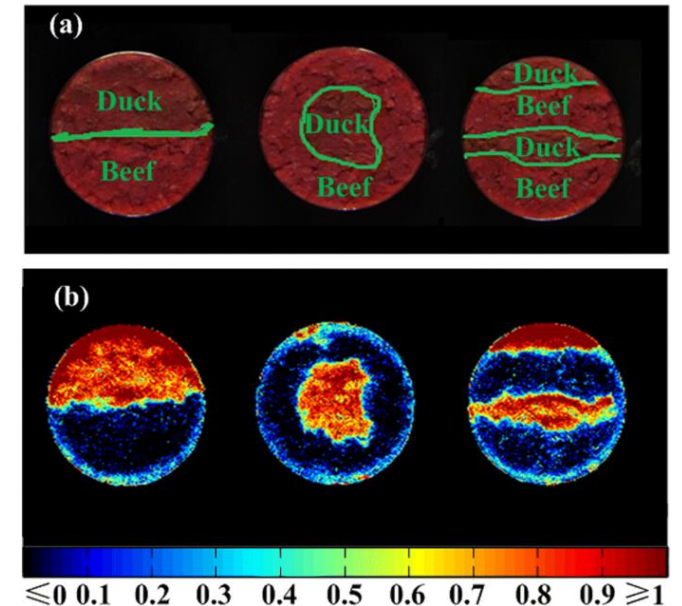
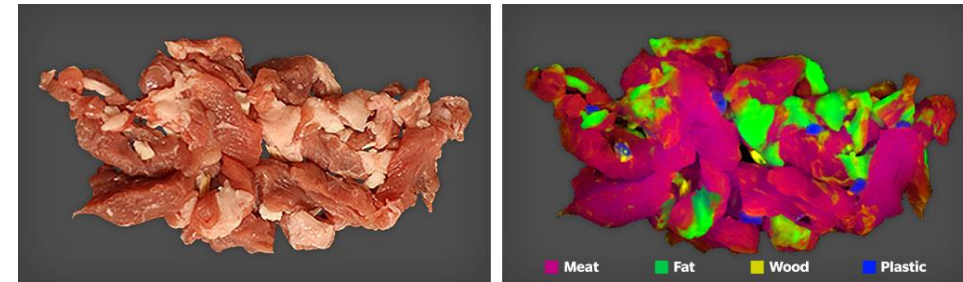


# Νοθεία στο κρέας

ΝΟΘΕΙΑ →

Προσθήκη φθηνότερων/χαμηλότερης ποιότητας κρεάτων, άλλων συστατικών ή τροποποίηση των αναγραφόμενων συστατικών με στόχο το οικονομικό όφελος

- Ανίχνευση μη βρώσιμων υλικών σε τεμάχια κρέατος ( $R^2\rho = 0.94$ )
- Ανίχνευση νοθείας σε βόειο κιμά με προσθήκη κιμά κοτόπουλου σε ποσοστό 0-50% (w/w) ( $R^2\rho = 0.97$ ; RMSEP = 2.45%).
- Ανίχνευση νοθείας σε κρέας πάπιας με βοδινό (380–1012 nm) με υψηλή ακρίβεια ( $R^2\rho = 0.96$ , RMSEP = 6.58%, όριο ανίχνευσης= 7.59%)
- Ανίχνευση νοθείας με αλλοιωμένο κιμά βοδινού ( $R^2\rho = 0.95$ ; RMSEP = 5.67%).





<https://spectralab.gr/>



Spectra Lab, AUTH



@spectralabgr



spectralab.gr



Spectra Lab AUTH

**SPECTRA**  
LAB

Thank you for  
your attention!

Aristotle University  
of Thessaloniki

