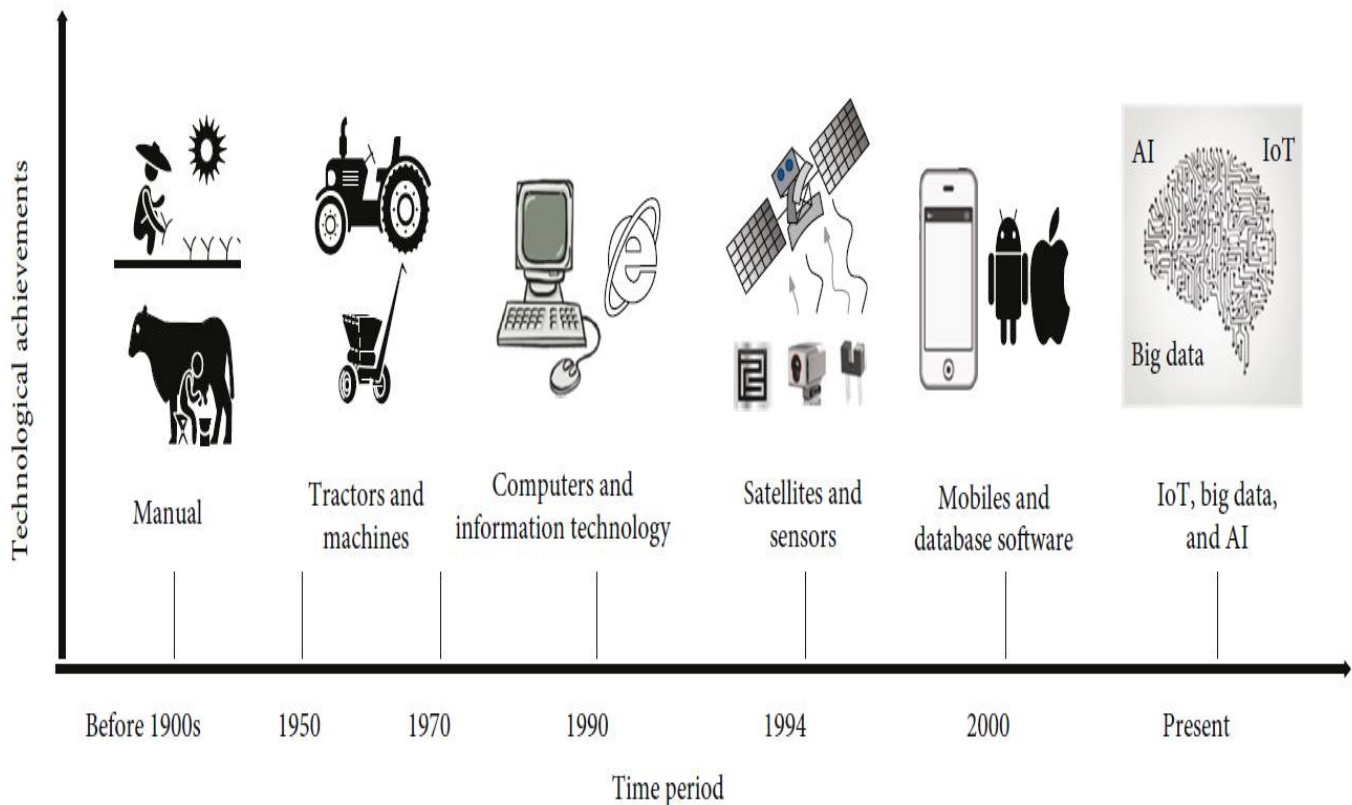


Έξυπνοι αισθητήρες για την παρακολούθηση υπαίθριων καλλιεργειών.
An outdoor crop monitoring system based on wireless sensors



Γιώργος Λαλάκης

Επιβλέπων Καθηγητής: Νίκος Σακκάς

Περιεχόμενα

Πίνακας Εικόνων	6
Περίληψη.....	9
Abstract	10
Εισαγωγή.....	12
1 Γεωργία Ακριβείας	13
1.1 Οι τεχνολογίες και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στη Γεωργία Ακριβείας.....	14
1.1.1 Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (Global Positioning System)-GPS	15
1.1.2 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS)	17
1.1.3 Τηλεπισκόπηση	19
1.2 Χαρτογράφηση παραγωγής.....	24
1.2.1 Συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής για θεριζοαλωνιστικές μηχανές	25
1.3 Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων.....	27
1.3.1 Μέθοδοι δειγματοληψίας του εδάφους	29
1.4 Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (Soil electrical conductivity).....	29
1.5 Ζώνες διαχείρισης (Management Zones)	33
1.6 Εφαρμογή εισρών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application).....	35
2 Αισθητήρες στη Γεωργία Ακριβείας.....	39
2.1 Αισθητήρες Χαρτογράφησης Παραγωγής	41
2.1.1 Καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές- Ποσοτικά Χαρακτηριστικά. ...	41
2.1.2 Καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές- Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	45
2.2 Αισθητήρες για την Μέτρηση Παραμέτρων Εδάφους.....	47
2.3 Συστήματα με αισθητήρες που ελέγχουν/ρυθμίζουν άμεσα τα μηχανήματα εφαρμογής Μεταβλητών Δόσεων Εισρών.....	49
2.4 Ασύρματοι αισθητήρες και ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.....	50
2.5 Εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων (Wireless Sensor Technologies- WST).....	54
3 Εφαρμογές Γεωργίας ακριβείας στην Ελλάδα σε υπαίθριες καλλιέργειες.	59
3.1 Εφαρμογές στο Βαμβάκι.....	60
3.1.1 Το ευρωπαϊκό έργο LIFE HydroSense.....	60
3.1.2 Τα Θρακικά Εκκοκκιστήρια.....	61

3.2	Εφαρμογή σε χειμερινά σιτηρά	62
3.3	Εφαρμογές σε φρούτα	62
3.4	Εφαρμογές σε ελιές.....	64
3.5	Ερευνητικά Ευρωπαϊκά Προγράμματα	66
3.5.1	APOLLO	66
3.5.2	Smart-AKIS.....	69
4	Αξιολόγηση συστημάτων	69
4.1	Πρόγραμμα «Αγρόκτημα του Μέλλοντος» (Future Farm).....	69
4.2	Συστήματα παρακολούθησης διαχείρισης αγροκτημάτων	70
4.3	Αξιοποίηση και Συνδυασμός δεδομένων (Datafusion).....	71
4.4	Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα	71
4.5	Διαθέσιμες Τεχνολογίες στην Αγορά	73
4.5.1	Tule Technologies	73
4.5.2	Pycno	74
4.5.3	Acuity Agriculture	76
4.5.4	Phytech	76
4.5.5	FieldIn	77
4.5.6	Slant Range	77
4.5.7	ScientAct.....	77
4.5.8	Gaiarobotics.....	83
4.5.9	Bosch	84
4.5.10	Agrostis	85
5	Παράδειγμα χρήσης τεχνολογιών Γεωργίας Ακριβείας σε αγρό που καλλιεργείται βαμβάκι.....	87
5.1	Το βαμβάκι	87
5.2	Συγκομιδή-Εκκόκκιση	87
5.3	Εμπόριο, Χρήσεις	88
5.4	Ο αγρός.....	88
5.5	Οικονομικότητα.....	90
6	Συμπεράσματα	93
	Βιβλιογραφία	95
	Παράρτημα Α_ Δείκτες τηλεπισκόπησης που χρησιμοποιούνται στη γεωργία.....	98
I.	NDVI.....	98

II.	NDSI	98
III.	NDWI	98
IV.	NVMI.....	98
V.	SAVI.....	99
VI.	SR ή RVI.....	99
VII.	GNDVI	99
VIII.	CVI.....	99
IX.	NBRI	100
Παράρτημα Β_Τεχνικές Ορολογίες που συνδέονται με τους έξυπνους αισθητήρες.....		100
I.	Αισθητήρες- Sensors	100
II.	Ενσωματωμένο Σύστημα _Embedded System.....	100
III.	IoT.....	100
IV.	Cloud computing	101
V.	Ανάλυση Δεδομένων_ Data Analytics.....	101
VI.	Τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνίας (ΤΠΕ) - Information and Communications Technology (ICT).....	102

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.1:	Η βασική ιδέα λειτουργίας του GPS.....	16
Εικόνα 1.2:	Ένα σύστημα GIS μπορεί να απεικονίσει και να αναλύσει δεδομένα σε πολλά επίπεδα στον ίδιο αγρό. Κάθε επίπεδο μπορεί να έχει πληροφορίες που αφορούν ένα από τα επόμενα: περίγραμμα αγρού, pH εδάφους, χάρτη στράγγισης, χάρτη παραγωγής (Φούντας και Γέμος 2015)	18
Εικόνα 1.3:	Η φυσιολογία των φυτών καθορίζει την ποιότητα (χρώμα) του ανακλώμενου φωτός του φύλλου.	23
Εικόνα 1.4:	Αντανακλάσεις από διαφορετικές συνθήκες του αγρού.....	24
Εικόνα 1.5:	Ηλεκτρική αγωγιμότητα διαφορετικών ειδών εδάφους. Αμμώδες, αργιλώδες, πηλώδες.	30
Εικόνα 1.6:	Το EM38.....	31
Εικόνα 1.7:	Αρχή λειτουργίας του EM38.....	32
Εικόνα 1.8:	Το Verris 3100 μοιάζει σαν ένα γεωργικό εργαλείο οργώματος.	33
Εικόνα 1.9:	Σχεδιάγραμμα του Verris3100, που δείχνει την θέση των ηλεκτροδίων. Το όργανο λαμβάνει δύο σήματα ταυτόχρονα σε διαφορετικά βάθη.....	33
Εικόνα 1.10:	Σχηματική παράσταση λειτουργίας των μεταβλητών εφαρμογής δόσης εισροών με ένα ψεκαστικό. Συστήματα βασισμένα σε χάρτες (αριστερά) και αισθητήρες (δεξιά). ...	37

Εικόνα 1.11: Η δομή ενός οπτικού αισθητήρα που παράγει φως, μήκους κύματος ερυθρού και υπέρυθρου και μετράει την ακτινοβολία που αντανακλάται από το στόχο για να υπολογίσει τον δείκτη βλάστησης NDVI.....	37
Εικόνα 1.12: Σχηματική απεικόνιση με επεξήγηση της λειτουργίας του Weedseeker.	38
Εικόνα 2.1: Ταξινόμηση διατάξεων αισθητήρων σε σχέση με τον τρόπο κατασκευής τους: (α) Σύστημα αισθητήρα με διακριτά κυκλώματα προεπεξεργασίας και επεξεργασίας, (β) Ολοκληρωμένος αισθητήρας και (γ) Έξυπνος αισθητήρας (Βερυκοκίδης 2010).	41
Εικόνα 2.2: Σύστημα μέτρησης ροής σπόρου <i>Greenstar</i> της <i>John Deere</i>	44
Εικόνα 2.3: Ένα καταναμημένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Βερυκοκίδης 2010)	51
Εικόνα 2.4: Τεχνικές ασύρματης επικοινωνίας με ασύρματα δίκτυα (Βερυκοκίδης 2010) ...	51
Εικόνα 2.5: Σύνοψη του συστήματος.....	56
Εικόνα 2.6: Κόμβος 1, Κινούμενο Ρομπότ.....	57
Εικόνα 2.7: Κόμβος 2, Αποθήκη	58
Εικόνα 2.8: Κόμβος 3, ασύρματος ανιχνευτής υγρασίας του εδάφους.	58
Εικόνα 3.1:Χάρτες παραγωγής οπωρώνα μηλιάς για τρία χρόνια. Χωράφι 8 στρεμμάτων, Πτολεμαΐδα	63
Εικόνα 3.2: Χαρτογράφηση της ποιότητας των καρπών στον αγρό των 50 στρεμμάτων. Από αριστερά: μέγεθος καρπών, συνεκτικότητα σάρκας, διαλυτά στερεά και χρώμα, Αιγιά.	63
Εικόνα 3.3: Ο χάρτης μεταβλητότητας του NDVI. Με το σύμβολο «+» φαίνονται οι θέσεις των δέντρων. (Gertsis, et al. 2013).....	64
Εικόνα 3.4: Περιεκτικότητα νερού (Volumetric Water Content -VWC) και φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa), αριστερά. (Gertsis, et al. 2013)	65
Εικόνα 4.1: Δομή ενός πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης αγροκτημάτων. Το σύστημα θα καταγράφει όλα τα στοιχεία κινήσεων και λειτουργίας του ελκυστήρα και των παρελκόμενων και θα τα αποθηκεύει σε βάση δεδομένων. Μπορεί να γίνεται αυτόματη επεξεργασία και να παράγονται χάρτες με την παραλλακτικότητα των αγρών π.χ. σε αντίσταση στην κατεργασία. Αυτό θα δημιουργήσει ισχυρό εργαλείο για τη διαχείριση του εξοπλισμού των αγροκτημάτων, αλλά και των καλλιεργειών. (Φούντας και Γέμτος 2015). .	71
Εικόνα 4.2: Στιγμιότυπο από την εφαρμογή Tule κινητό τηλέφωνο ή υπολογιστή.....	74
Εικόνα 4.3: Τιμολόγηση συνδρομής Tule.....	74
Εικόνα 4.4: Τα διαφορετικά μήκη των αισθητήρων Rycno και τι μετρήσεις παίρνουν.	75
Εικόνα 4.5: Πλατφόρμα Rycno	76
Εικόνα 4.6: Μεταφορά μετρήσεων θερμοκρασίας από τον αισθητήρα στο Cloud της Bosch και από εκεί μέσω κατάλληλης εφαρμογής στο smartphone του αγρότη.....	85
Εικόνα 5.1: Οριοθέτηση αγροτεμαχίου	88
Εικόνα 5.2: Υψομετρικές διαφορές αγροτεμαχίου.....	89
Εικόνα 5.3: Διάταξη αισθητήρων στον αγρό.....	90
Εικόνα 5.4: Διάρθρωση κόστους παραγωγής της καλλιέργειας βαμβακιού (Μπαλαμπάνης 2017).....	92
Πίνακας 5-1: Εξέλιξη της καλλιέργειας σύσπορου βαμβακιού	91

Περίληψη

Η γεωργία ακριβείας (Precision Agriculture) αποτελεί ένα σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων που στηρίζεται στη διαχείριση των εισροών σε ένα αγρό σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας. Τα συστήματα της γεωργίας ακριβείας στηρίζονται στις δυνατότητες που παρέχουν οι νέες τεχνολογίες για την αναγνώριση της χωρικής – χρονικής παραλλακτικότητας των αναγκών της καλλιέργειας και την ανάπτυξη συστημάτων μεταβλητών παροχών των εισροών .

Σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους αγροτικής παραγωγής , όπου οι εισροές παρέχονται ενιαία στον αγρό, θεωρώντας ότι υπάρχει μια αποδεκτή ομοιογένεια στις εδαφολογικές ιδιότητες και τη γονιμότητα του εδάφους, την εδαφική υγρασία , τους πληθυσμούς των ζιζανίων και των εντόμων, και τα χαρακτηριστικά των φυτών, η γεωργία ακριβείας διαχειρίζεται τον αγρό σε μικρότερες περιοχές (διαχειριστικές ζώνες) που εμφανίζουν μια σχετική ομοιομορφία που ανταποκρίνεται περισσότερο στην πραγματικότητα . Με τη γεωργία ακριβείας διαχειριζόμαστε αποτελεσματικότερα την τοπική παραλλακτικότητα ενός αγρού με στόχο :

- Την αύξηση της απόδοσης της παραγωγής.
- Τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
- Την ορθολογική και αποτελεσματικότερη χρήση των χημικών εισροών.
- Τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας .
- Την προστασία του εδάφους και των υπογείων υδάτων.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιεί η γεωργία ακριβείας αποτελούνται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS), γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS), διάφορα είδη αισθητήρων, και συστήματα ελέγχου της εφαρμογής εισροών.

Στην παρούσα εργασία θα εστιάσουμε στο ρόλο των αισθητήρων για την παρακολούθηση διάφορων παραμέτρων που είναι καθοριστικοί για μια αποδοτική και ποιοτική καλλιέργεια. Οι αισθητήρες είναι μηχανισμοί αυτόματης δειγματοληψίας και ταχείας μέτρησης. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες αισθητήρων όπως σοδειάς, αγρού, εδάφους, φυτών, ζιζανίων ή προσβολών. Οι ειδικοί αισθητήρες τοποθετούνται στα χωράφια και συλλέγουν πληροφορίες για θερμοκρασία, υγρασία, καιρικές συνθήκες, ασθένειες κ.ά. Με τη χρήση τέτοιων αισθητήρων κάθε παραγωγός μπορεί να έχει άμεση πρόσβαση σε μια σειρά κρίσιμων για τον αγρό πληροφοριών που σχετίζονται με την φυσιολογική ανάπτυξη και τις ανάγκες της καλλιέργειάς του.

Επίσης θα παρουσιαστούν διάφορες εμπειρίες εφαρμογής Γεωργίας Ακριβείας στην Ελλάδα σε υπαίθριες παραδοσιακές καλλιέργειες και προγράμματα που πραγματοποιούνται αυτή τη στιγμή στον ελλαδικό χώρο, όπως το πρόγραμμα «Αγρόκτημα του Μέλλοντος» και APOLLO. Στην παράγραφο 4.5 αναφέρονται κάποιες από τις εταιρίες που διαθέτουν αισθητήρες και λογισμικά προγράμματα για εφαρμογές Γεωργίας Ακριβείας.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η εφαρμογή αισθητήρων σε βαμβακοκαλλιέργεια περίπου 70 στρεμμάτων. Από το παράδειγμα αυτό προκύπτει ότι ο παραγωγός μπορεί να κάνει απόσβεση του εξοπλισμού από την πρώτη κιόλας καλλιεργητική περίοδο.

Το συμπέρασμα της παρούσας μελέτης είναι ότι η Γεωργία Ακριβείας μπορεί να εφαρμοστεί και σε μικρά αγροτεμάχια με επιτυχία και να προσφέρει αφενός ποιοτικότερα προϊόντα και αφετέρου μεγαλύτερα κέρδη στους παραγωγούς με σεβασμό στους φυσικούς πόρους.

Abstract

Precision Agriculture is a system for delivering agricultural products based on the management of inputs in a field according to the actual needs of the crop. Precision farming systems are based on the potential of new technologies to identify the spatial - time variation of crop needs and the development of variable inputs. Contrary to conventional agricultural production methods where inputs are provided uniformly in the field, considering that there is an acceptable homogeneity in soil and soil fertility, soil moisture, weed and insect populations, and plant characteristics, precision farming manages the field in smaller areas (management areas) that display a relative uniformity that is more responsive to reality. With precision farming, we manage more effectively the local variation of a field, aiming:

- Increasing production performance.
- Improving product quality.
- The rational and more efficient use of chemical inputs.
- Reduce energy consumption.
- Protection of soil and groundwater.

The technologies used by precision farming are comprised of computers, global positioning systems (GPS), geographic information systems (GIS), various types of sensors, and input control systems.

In this thesis we will focus on the role of sensors in monitoring various parameters that are crucial for efficient and qualitative cultivation. The sensors provide automatic sampling and rapid measurement. There are various categories of sensors such as crops, fields, soil, plants, weeds or pests. Special sensors are placed in the fields and collect information on temperature, humidity, weather, illness, etc. By using such sensors, each producer has direct access to a range of critical field information related to normal growth and the needs of his crop.

We will also present various open-air traditional crop applications of Precision and programs currently taking place in Greece, such as “Farm of the Future” program and APOLLO. Section 4 lists some of the companies that provide sensors and software programs for Precision Agriculture applications.

In Section 5, a smart agriculture application is presented in a 70000m² field with cotton. The results are that the farmer can achieve the amortization of the capital which is spent during the first year.

The conclusion of this study is that Precision Agriculture can be applied to small parcels successfully and offer both better products and higher profits to producers respecting natural resources.

Εισαγωγή

Με την εκμηχάνιση της γεωργίας κατέστη εφικτό στους γεωργούς να κάνουν εργασίες μεγάλης κλίμακας σε λίγο χρόνο. Σε αυτή τη περίπτωση, η διαχείριση των αγροκτημάτων γίνεται με βάση τους μέσους όρους της παραγωγής, των ιδιοτήτων του εδάφους και των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας. Η βασική υπόθεση είναι ότι οι αγροί είναι ομοιόμορφοι. Η τυπική διαχείριση στηρίζεται στη δειγματοληψία του εδάφους σε τυχαία σημεία του αγρού και καθορισμό της ποσότητας του λιπάσματος με βάση τον μέσο όρο των εδαφικών ιδιοτήτων. Έτσι, το λίπασμα διανέμεται ομοιόμορφα σε όλο τον αγρό, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η χωρική παραλλακτικότητα του εδάφους και της παραγωγής. Με τον τρόπο αυτό, σε μερικά σημεία του αγρού εφαρμόζεται μεγαλύτερη ποσότητα λιπάσματος από την απαιτούμενη με αποτέλεσμα την σπατάλη του λιπάσματος και μείωση της ποιότητας του παραγομένου προϊόντος και σε άλλες περιοχές μικρότερη ποσότητα από την απαιτούμενη, με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής. Το ίδιο συνέβαινε και με τις υπόλοιπες εισροές, όπως τα φυτοφάρμακα και το νερό άρδευσης, τα οποία εφαρμόζονταν ομοιόμορφα στον αγρό.

Η εφαρμογή νέων τεχνολογιών στη γεωργία, δίνει σήμερα τη δυνατότητα να μετρηθεί η χωρική και χρονική παραλλακτικότητα των παραμέτρων παραγωγής και να αναπτυχθούν συστήματα Γεωργίας Ακριβείας. Η Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture) είναι ένα σύστημα διαχείρισης των αγρών που χρησιμοποιεί τεχνολογίες πληροφορικής και πληροφοριών (ΤΠΕ), ώστε να λαμβάνεται υπόψη η παραλλακτικότητα των αγρών, με σκοπό την βελτίωση της οικονομικής απόδοσής τους και την μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιεί η γεωργία ακριβείας αποτελούνται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS), γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS), διάφορα είδη αισθητήρων, και συστήματα ελέγχου της εφαρμογής εισροών.

Οι πρώτες εφαρμογές άρχισαν στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και κλιμακώθηκαν την δεκαετία 1990, με χαρτογράφηση της παραγωγής των σιτηρών. Στις εφαρμογές αυτές η ροή και η υγρασία των σιτηρών μετρούνταν κατά τη λειτουργία της μηχανής συγκομιδής και συνδυάζονταν με καταγραφή της ταχύτητας εργασίας και τη γεωγραφική θέση της μηχανής, ενώ η εκτίμηση του πλάτους εργασίας γινόταν από τον ίδιο τον χειριστή ή από άτομο που ήταν πάνω στη μηχανή. Τα στοιχεία αυτά απετέλεσαν τη βάση για την παραγωγή χαρτών που εμφανίζουν τη χωρική κατανομή της παραγωγής με χρήση λογισμικού γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (GIS) (Φούντας και Γέμτος 2015).

Στην Ελλάδα, όπως και σε όλο τον Ευρωπαϊκό Νότο, υπάρχει μια καθυστέρηση στη χρήση των τεχνολογιών αυτών, λόγω των ειδικών συνθηκών που επικρατούν στις χώρες αυτές. Κάποιες από αυτές τις συνθήκες είναι: οι μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις, η προσκόλληση σε παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής και το εν γένει χαμηλό μορφωτικό επίπεδο των γεωργών. Ωστόσο η ανάγκη μείωσης του κόστους παραγωγής θα οδηγήσει και τις χώρες του Νότου στην υιοθέτηση αυτών των πρακτικών.

Το πρώτο σημαντικό στάδιο για την γεωργία ακριβείας είναι η συλλογή στοιχείων, η οποία γίνεται με ηλεκτρονικά συστήματα. Το πιο σημαντικό στάδιο για τη Γεωργία Ακριβείας είναι η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Ο κύριος στόχος αυτής της φάσης είναι η ανεύρεση ζωνών διαχείρισης (management zones), εντός του αγροτεμαχίου, που χαρακτηρίζονται από κοινά εδαφολογικά ή αγρονομικά χαρακτηριστικά. Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης των αγροτεμαχίων, μας παρέχει τη δυνατότητα για καλλιεργητικές επεμβάσεις με μεταβαλλόμενες δόσεις (variable rate application). Επόμενο στάδιο είναι η δημιουργία συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support Systems) για τη διαχείριση των δεδομένων Γεωργίας Ακριβείας από τους παραγωγούς.

1 Γεωργία Ακριβείας

Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture) είναι μια νέα μέθοδος διαχείρισης των αγρών, σύμφωνα με την οποία οι εισροές (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, σπόρος, νερό άρδευσης) και οι καλλιεργητικές πρακτικές εφαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών, καθώς αυτές διαφοροποιούνται στον χώρο και στον χρόνο (Whelan και McBratney 2000). Οι κύριοι στόχοι της Γεωργίας Ακριβείας είναι:

- η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών,
- η βελτίωση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων,
- η πιο αποδοτική χρήση των αγροχημικών,
- η εξοικονόμηση της ενέργειας,
- η προστασία του εδάφους και των νερών από την ρύπανση.

Η προϋπόθεση για την εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας και κατ' επέκταση την εφαρμογή των εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application) είναι η γνώση τη χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας. Η χωρική παραλλακτικότητα είναι η παραλλακτικότητα σε μετρούμενα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και του εδάφους στον χώρο. Παραλλακτικότητα υπάρχει σε όλους τους αγρούς και μπορεί να παρατηρηθεί στη γονιμότητα του εδάφους, στην υγρασία, στη μηχανική σύσταση του εδάφους, στην τοπογραφία, στην ανάπτυξη των φυτών και στους πληθυσμούς εχθρών και ασθενειών. Μερικές εδαφικές ιδιότητες είναι σταθερές με το χρόνο ή μεταβάλλονται ελάχιστα από χρόνο σε χρόνο, όπως η οργανική ουσία και η μηχανική σύσταση του εδάφους. Άλλες ιδιότητες, όπως τα επίπεδα των νιτρικών και η υγρασία του εδάφους, μπορεί να αλλάζουν πολύ με το χρόνο. Επίσης, η κατάσταση της καλλιέργειας μπορεί να μεταβληθεί μέσα σε ώρες, για αυτό είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη και η χρονική παραλλακτικότητα.

Παρόλα αυτά το γεγονός ότι ένας αγρός έχει παραλλακτικότητα δεν σημαίνει πάντα ότι έχει νόημα να εφαρμοστεί Γεωργία Ακριβείας. Πρέπει αρχικά να μετρηθεί το μέγεθος της παραλλακτικότητας, στη συνέχεια, να βρεθούν οι αιτίες που προκαλούν αυτή την παραλλακτικότητα και τέλος, να βρεθεί τρόπος για να γίνει διαχείριση της παραλλακτικότητας (Φούντας και Γέμτος 2015).

1.1 Οι τεχνολογίες και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στη Γεωργία Ακριβείας

Οι τεχνολογίες & τεχνικές που χρησιμοποιεί η Γεωργία Ακριβείας έχουν σχέση με όλα τα στάδια παραγωγής από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή και είναι οι εξής:

- **GPS και GIS.** Είναι συστήματα που επιτρέπουν την ακριβή χαρτογράφηση των αγρών και την ερμηνεία της παραλλακτικότητας των αγρών.
- **Χαρτογράφηση παραγωγής.** Με τη χαρτογράφηση παραγωγής γίνεται καταγραφή και συλλογή δεδομένων της παραγωγής από συγκεκριμένες θέσεις στον αγρό.
- **Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων** με την οποία γίνεται καταγραφή της γονιμότητας των αγρών.
- **Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους.** Σήμερα, μία από τις απλούστερες και οικονομικότερες μετρήσεις παραμέτρων του εδάφους που χρησιμοποιείται στη γεωργία ακριβείας είναι αυτή της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECa). Η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους ενοποιεί ένα ευρύτερο σύνολο παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγή μιας καλλιέργειας. Στους παράγοντες αυτούς περιλαμβάνεται η περιεκτικότητα σε νερό, η μηχανική σύσταση του εδάφους, η οργανική ουσία, το βάθος σκληρού ορίζοντα, CEC, αλατότητα καθώς και τα ανταλλάξιμα ασβέστιο και μαγνήσιο. Η μεταβλητότητα όλων αυτών των παραγόντων στην έκταση του χωραφιού είναι πιθανόν να προκαλεί την αντίστοιχη μεταβλητότητα της παραγωγής. Η χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να γίνει εύκολα με τη σύνδεση μιας συσκευής μέτρησης αγωγιμότητας πάνω σε παρελκόμενο όχημα και την προσαρμογή ενός δέκτη εντοπισμού γεωγραφικής θέσης (GPS).
- **Τηλεπισκόπηση.** Με την τηλεπισκόπηση συλλέγονται πληροφορίες για ένα αντικείμενο, χωρίς να υπάρχει επαφή. Οι δύο πιο συνηθισμένες μέθοδοι τηλεπισκόπησης είναι οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι το βασικό στοιχείο της τηλεπισκόπησης.
- **Τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης (Variable Rate Application).** Με την τεχνολογία αυτή οι εισροές εφαρμόζονται στον αγρό σε διαφορετικές δόσεις στις διάφορες περιοχές του αγρού ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής. Υπάρχουν δύο μέθοδοι τεχνολογίας διαφοροποιούμενης δόσης: η βασισμένη σε χάρτες και η βασισμένη σε αισθητήρες. Η βασισμένη σε χάρτες απαιτεί έναν χάρτη εφαρμογής (prescription map) και ένα GPS που καθορίζει τη θέση στον αγρό. Καθώς το μηχάνημα που εφαρμόζει τις εισροές προχωρά στον αγρό, αλλάζει τη δόση με βάση τον χάρτη εφαρμογής (τις συντεταγμένες των ζωνών διαχείρισης). Η μέθοδος που βασίζεται σε αισθητήρες δεν απαιτεί ούτε χάρτη ούτε GPS. Αισθητήρες είναι τοποθετημένοι στη μηχανή εφαρμογής και μετρούν χαρακτηριστικά του εδάφους ή της καλλιέργειας, καθώς κινείται στον αγρό. Η πληροφορία μεταδίδεται σε ένα πρόγραμμα που υπολογίζει τις ανάγκες του εδάφους ή των φυτών και μεταφέρει την πληροφορία σε μια διάταξη εφαρμογής που διανέμει τις εισροές.

1.1.1 Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (Global Positioning System)-GPS

Το GPS είναι παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού γεωγραφικής θέσης, ακίνητου ή κινούμενου χρήστη, το οποίο βασίζεται σε ένα "πλέγμα" εικοσιτεσσάρων δορυφόρων της Γης, εφοδιασμένων με ειδικές συσκευές εντοπισμού, οι οποίες ονομάζονται "πομποδέκτες GPS". Οι πομποδέκτες αυτοί παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρό του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Επίσης, σε συνδυασμό με ειδικό λογισμικό χαρτογράφησης μπορούν να απεικονίσουν γραφικά τις πληροφορίες αυτές (wikipedia GPS n.d.).

Το GPS αποτελείται από τρία μέρη: το δορυφορικό τμήμα, το τμήμα ελέγχου και το τμήμα χρήσης.

Το **δορυφορικό τμήμα** αποτελείται από 24 δορυφόρους που κινούνται σε τροχιά γύρω από τη γη σε απόσταση 20.200km πάνω από την επιφάνεια της γης. Κάθε δορυφόρος κάνει μια περιστροφή γύρω από τη γη κάθε 12 ώρες. Οι δορυφόροι ακολουθούν 6 τροχιές με 4 δορυφόρους σε κάθε τροχιά. Αυτή η διάταξη των δορυφόρων εξασφαλίζει ότι τουλάχιστον 4 δορυφόροι θα στέλνουν σήμα σε οποιοδήποτε σημείο της γης 24 ώρες τη μέρα.

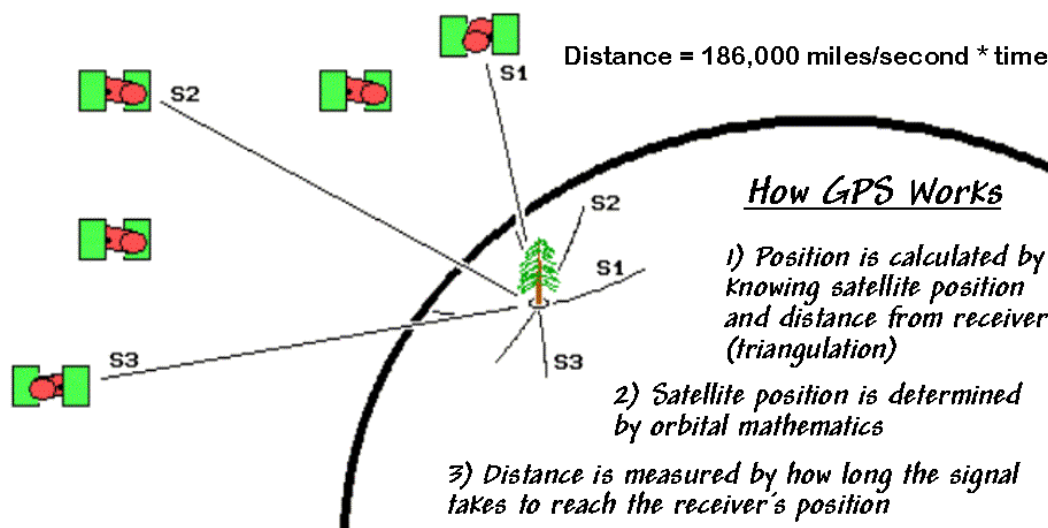
Το **τμήμα ελέγχου** αποτελείται από τους επίγειους σταθμούς που είναι τριών ειδών: ο κεντρικός σταθμός ελέγχου που βρίσκεται στο Colorado Springs των ΗΠΑ, οι 5 σταθμοί παρακολούθησης και οι 3 σταθμοί ελέγχου.

Οι σταθμοί παρακολούθησης είναι εφοδιασμένοι με δέκτες που λαμβάνουν τα σήματα που εκπέμπουν συνεχώς οι δορυφόροι, τα οποία μετά από κάποια επεξεργασία μεταδίδονται στον κεντρικό σταθμό ελέγχου. Ο κεντρικός σταθμός ελέγχου χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να υπολογίσει τις ακριβείς τροχιές των δορυφόρων και να ενημερώνει τα σήματα πλοήγησης.

Το **τμήμα χρήσης** αποτελείται από τους χρήστες που είναι οι πολίτες και ο στρατός που χρησιμοποιούν το GPS για τον προσδιορισμό της θέσης ενός ανθρώπου ή ενός οχήματος στη γη. Οι δέκτες GPS που χρησιμοποιούν οι πολίτες δεν χρειάζονται άδεια λειτουργίας, επειδή δεν στέλνουν σήματα, αλλά μόνο λαμβάνουν σήματα.

Ο δέκτης λαμβάνει σήμα από τους δορυφόρους, το οποίο μεταφράζει σε θέση, εφόσον οι θέσεις των δορυφόρων είναι γνωστές με ακρίβεια σε χώρο και χρόνο. Γνωρίζοντας την απόσταση από δύο δορυφόρους, το σημείο βρίσκεται σε έναν κύκλο που είναι το σημείο τομής των δύο σφαιρών. Γνωρίζοντας την απόσταση από τρεις δορυφόρους, το σημείο βρίσκεται στο σημείο τομής των τριών σφαιρών που είναι δύο σημεία. Το ένα από τα δύο σημεία είναι το ζητούμενο, καθώς βρίσκεται στην επιφάνεια της γης. Όμως, λόγω των λαθών στην εκτίμηση της απόστασης από κάθε δορυφόρο, οι τρεις αποστάσεις που μετράμε από τους τρεις δορυφόρους δεν καθορίζουν ένα σημείο, αλλά ένα τρίγωνο. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται το σήμα από έναν τέταρτο δορυφόρο για να βελτιώσει την εκτίμηση της θέσης του σημείου. Με τον τρόπο αυτό χρησιμοποιώντας σήματα από τέσσερεις δορυφόρους μπορεί να γίνει εκτίμηση της θέσης ενός σημείου στη γη (γεωγραφικό μήκος, γεωγραφ. πλάτος και υψόμετρο), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.1.

Το DGPS είναι ένας τύπος GPS που χρησιμοποιεί ένα σήμα από επίγειους δέκτες για να διορθώσει το σφάλμα που υπάρχει. Το σήμα αυτό προέρχεται από επίγειους σταθμούς των οποίων η θέση είναι γνωστή και λαμβάνοντας οι ίδιοι το σήμα από τους δορυφόρους κάνουν τη διόρθωση και εκπέμπουν το σφάλμα.



Εικόνα 1.1: Η βασική ιδέα λειτουργίας του GPS.

Πηγή: <http://www.innovativegis.com/basis/pfprimer/topic7/topic7.html>

1.1.1.1 Εφαρμογές του GPS στη Γεωργία Ακριβείας

Υπάρχουν διάφορες εφαρμογές του GPS στη Γεωργία Ακριβείας, όπως δημιουργία περιγράμματος αγρών, παρακολούθηση καλλιεργειών και σύνδεση με τα σημεία του αγρού, χαρτογράφηση εδάφους, χαρτογράφηση παραγωγής. Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει έναν δέκτη GPS ή DGPS, μια συσκευή για αποθήκευση της πληροφορίας (πχ ένας φορητός Η/Υ), και λογισμικό για τη δημιουργία και απεικόνιση χαρτών. Ο δέκτης GPS με την κεραία του τοποθετούνται στο όχημα που κινείται στον αγρό.

Για τη δημιουργία περιγράμματος του αγρού απλά ο παραγωγός περπατά ή οδηγεί γύρω από τον αγρό με το GPS και τον φορητό Η/Υ για να καταγράψει τα δεδομένα. Στη συνέχεια, δίνει ένα όνομα στο περίγραμμα όμοιο με το όνομα του αγρού και αποθηκεύει τα δεδομένα.

Με τον ίδιο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για το περίγραμμα, ο παραγωγός περπατά στον αγρό και καταγράφει στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου τις περιοχές που υπάρχουν ζιζάνια, προβλήματα με εχθρούς και ασθένειες ή προβλήματα με τροφοπενίες. Καταγράφοντας τις θέσεις που υπάρχουν τα παραπάνω προβλήματα, ο παραγωγός μπορεί να επιστρέψει και να εφαρμόσει τα κατάλληλα αγροχημικά ή άλλες καλλιεργητικές φροντίδες.

Για τη χαρτογράφηση του εδάφους, το GPS χρησιμοποιείται για να καταγραφεί η θέση που λαμβάνονται τα δείγματα εδάφους και στη συνέχεια, αφού γίνει η ανάλυση των δειγμάτων

στο εδαφολογικό εργαστήριο, δημιουργούνται οι αντίστοιχοι χάρτες χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό για τη δημιουργία χαρτών.

Για τη χαρτογράφηση της παραγωγής, το GPS μαζί με αισθητήρες ροής του υλικού στη μηχανή και ένα σύστημα καταγραφής της ροής, του πλάτους εργασίας, της ταχύτητας εργασίας και της αντίστοιχης θέσης που προσαρμόζονται στις μηχανές συγκομιδής, μπορεί να καταγράψει την παραγωγή σε κάθε θέση του αγρού και στη συνέχεια, να δημιουργηθούν οι αντίστοιχοι χάρτες παραγωγής.

Εκτός από την καταγραφή της θέσης ενός οχήματος το GPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στην πλοήγηση και στην καθοδήγηση ενός οχήματος στον αγρό. Στη Γεωργία Ακριβείας αυτόματα συστήματα καθοδήγησης (auto guidance) υποστηρίζουν ελκυστήρες, φορτηγά και αεροπλάνα για να κρατούν τα παραπάνω μεταφορικά μέσα σε παράλληλες διαδρομές στον αγρό χωρίς να αφήνουν κενά ή επικαλύψεις μεταξύ των παράλληλων διαδρομών (parallel swathing). Με τον τρόπο αυτό μπορούν να εφαρμοστούν χημικά στο έδαφος και στις καλλιέργειες, χωρίς να υπάρχουν κενά που δεν έγινε εφαρμογή του χημικού ή επικαλύψεις που οδηγούν σε υπερ-εφαρμογή η οποία με τη σειρά της έχει σαν συνέπεια το μεγαλύτερο κόστος, την καταστροφή των καλλιεργειών και τον κίνδυνο ρύπανσης του περιβάλλοντος.

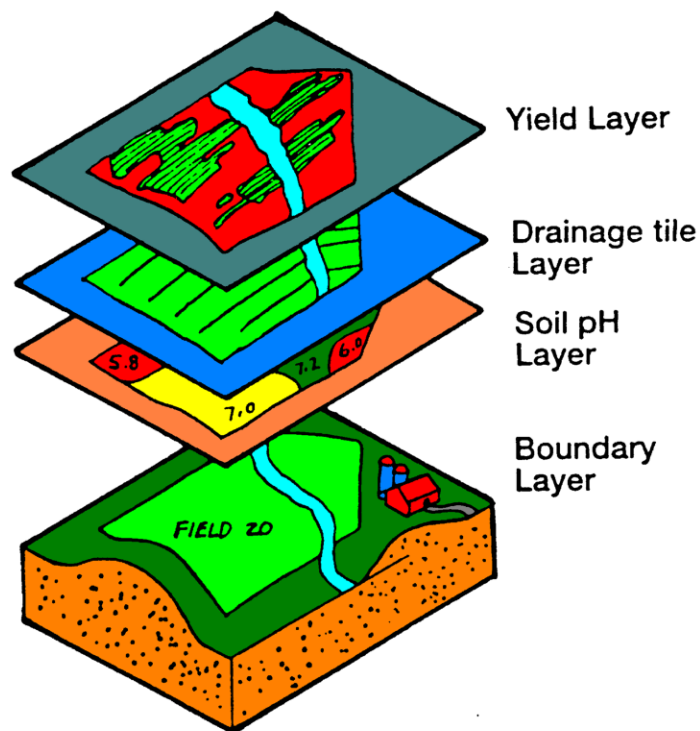
1.1.2 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS)

Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας, οι διάφορες πληροφορίες που αφορούν τον αγρό, αντιπροσωπεύονται από αριθμούς οι οποίοι περιγράφουν μετρήσεις κάποιων παραμέτρων, επιτόπιες παρατηρήσεις, εφαρμογή κάποιας εισροής με διαφοροποιούμενη δόση κλπ. Οι πληροφορίες αυτές με τη βοήθεια του GPS, συνοδεύονται από το γεωγραφικό στίγμα των αντίστοιχων σημείων του αγρού όπου αναφέρονται. Κατά τη δημιουργία ψηφιακών χαρτών μεγάλης ακρίβειας, ο όγκος των πληροφοριών είναι τεράστιος, έτσι ώστε η χρήση κάποιου λογισμικού για την επεξεργασία τους, είναι απαραίτητη.

Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι ένα λογισμικό με τη βοήθεια του οποίου οι πληροφορίες οργανώνονται, αναλύονται και επεξεργάζονται. Οι πληροφορίες σε ένα GIS απεικονίζονται πάντοτε ως ψηφιακοί χάρτες του υπό εξέταση αγρού, γιατί όλες οι πληροφορίες είναι προσδιορισμένες στο χώρο με τη βοήθεια του GPS.

Σε ένα σύστημα GIS εισάγονται πληροφορίες όπως η παραγωγή, η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, η περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά συστατικά. Επίσης, είναι δυνατόν να εισαχθούν παρατηρήσεις (πχ προσβολές από έντομα, ζιζάνια στον αγρό), ή άλλες πληροφορίες όπως ένας χάρτης των σημείων δειγματοληψίας του εδάφους.

Με τη συστηματική συλλογή δεδομένων δημιουργείται ένας αριθμός χαρτών (Εικόνα 1.2), που απεικονίζουν τη μεταβολή διαφόρων παραμέτρων του αγρού ή της καλλιέργειας. Η ανάλυση των παραπάνω δεδομένων οδηγεί στην εξεύρεση των εντοπισμένων περιοριστικών παραγόντων της παραγωγής και με βάση τα στοιχεία αυτά γίνεται προσπάθεια διόρθωσής τους. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί πχ με μια εφαρμογή λιπάσματος με μεταβλητή δόση.



Εικόνα 1.2: Ένα σύστημα GIS μπορεί να απεικονίσει και να αναλύσει δεδομένα σε πολλά επίπεδα στον ίδιο αγρό. Κάθε επίπεδο μπορεί να έχει πληροφορίες που αφορούν ένα από τα επόμενα: περίγραμμα αγρού, pH εδάφους, χάρτη στράγγισης, χάρτη παραγωγής (Φούντας και Γέμτος 2015)

Ένα GIS λογισμικό αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Ένα σύστημα εισαγωγής (data input) χωρικών δεδομένων το οποίο εισάγει και καταχωρεί πληροφορίες που προέρχονται από χάρτες, δορυφορικές εικόνες, πολυφασματικές φωτογραφίες κ.α.
- Ένα σύστημα αποθήκευσης (data storage) και οργάνωσης βάσης δεδομένων
- Ένα σύστημα εμφάνισης δεδομένων (data output) που περιλαμβάνει αποτελέσματα ανάλυσης που εμφανίζονται ή καταχωρούνται όπως πίνακες, χάρτες και σχήματα που εμφανίζονται στην οθόνη ή καταχωρούνται στη μνήμη του Η/Υ.
- Ένα σύστημα ανάλυσης δεδομένων που περιλαμβάνει όλα τα εργαλεία για την απομάκρυνση λαθών από τα δεδομένα, τον υπολογισμό επιφανειών, περιμέτρων, την αλλαγή κλίμακας χαρτών, τη γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων.
- Ένα σύστημα αλληλεπίδρασης (user interface) με τον χρήστη που περιλαμβάνει μενού και εντολές που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία του χρήστη με το πρόγραμμα.

Υπάρχουν δύο μορφές απεικόνισης και αποθήκευσης των δεδομένων σε ένα σύστημα GIS: με διανυσματική μορφή (vector) και με μορφή κυψελίδων (raster). Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα σημεία, οι γραμμές και τα πολύγωνα, ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα συνεχή δεδομένα, αλλά σε κυψελώδη μορφή (grid). Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται με τη μέθοδο της δειγματοληψίας είναι διανυσματικά, ενώ όσα συλλέγονται με αισθητήρες (π.χ. παραγωγής) είναι δεδομένα κυψελίδων.

Χρήση GIS για Γεωργία Ακριβείας

Οι χάρτες δείχνουν την παραλλακτικότητα ενός μετρούμενου μεγέθους στον αγρό. Για τη δημιουργία των χαρτών ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

- Εισαγωγή του περιγράμματος του αγρού (field boundary).
- Εισαγωγή δεδομένων πχ δεδομένα παραγωγής.
- Δημιουργία συνεχούς επιφάνειας με τη διαδικασία της εσωεκτίμησης.
- Επιλογή χρωμάτων και λεζάντας για το χάρτη.
- Εκτύπωση του χάρτη.

Για έναν αγρό μπορούν να προστεθούν διάφορες πληροφορίες σε επίπεδα (data layers) που, στη συνέχεια, συνδυάζονται και λαμβάνονται αποφάσεις για τον ορθότερο τρόπο διαχείρισης του αγρού. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να είναι οι:

- Περίγραμμα του αγρού.
- Χάρτης εδαφικών τύπων.
- Σημεία δειγματοληψίας.
- Χάρτες θρεπτικών στοιχείων.
- Πληθυσμός ζιζανίων.
- Χάρτης στράγγισης.
- Χάρτης παραγωγής.

Η ερμηνεία και η αξιολόγηση των χαρτών πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την ιστορία του αγρού, όπως προβλήματα στη συγκομιδή, προβλήματα στη σπορά, παλαιοί φράχτες, δρόμοι, περιοχές που έχει γίνει βόσκηση από ζώα, θέσεις κτισμάτων, περιοχές στράγγισης κοκ. Πολλά χαρακτηριστικά σημεία σε έναν χάρτη παραγωγής μπορούν να αποδοθούν στους παραπάνω λόγους και όχι σε προβλήματα θρέψης που είναι διαχειρίσιμα. Επίσης, είναι ουσιώδες να υπάρχουν ακριβείς χάρτες πχ στους εδαφικούς χάρτες, διότι ενδέχεται να επηρεάσουν αποφάσεις για τη διαχείριση του αγρού που αφορά πολλά συνεχόμενα χρόνια. Μερικοί χάρτες περιέχουν πληροφορίες που αλλάζουν ελάχιστα με το χρόνο, όπως τύπος εδάφους, τοπογραφία, και περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία. Άλλα μετρούμενα μεγέθη αλλάζουν κάθε χρονιά, όπως οι χάρτες παραγωγής και οι τοποθεσίες που φυτρώνουν τα ζιζάνια. Για τον λόγο αυτό, πρέπει αυτός που λαμβάνει τις αποφάσεις για τη διαχείριση του αγρού να γνωρίζει ποια δεδομένα πρέπει να συλλέγει κάθε χρονιά και την εποχή δειγματοληψίας.

1.1.3 Τηλεπισκόπηση

Με τον όρο τηλεπισκόπηση εννοείται η επιστήμη παρατήρησης φαινομένων και χαρακτηριστικών από απόσταση. Σύμφωνα με τον αρχικό ορισμό, η έννοια της τηλεπισκόπησης μπορεί να συμπεριλάβει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών, τεχνικών ή και φυσιολογικών λειτουργιών, όπως για παράδειγμα την ανθρώπινη όραση. Στην πραγματικότητα, σήμερα με το όρο «τηλεπισκόπηση» εννοούμε «την επιστήμη και την τεχνολογία παρατήρησης και μελέτης των χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας από απόσταση, βάσει της αλληλεπίδρασης των υλικών που βρίσκονται επάνω σε αυτή με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία» (Wikipedia, Τηλεπισκόπηση n.d.). Τα πιθανά

πλεονεκτήματα της τηλεπισκόπησης έναντι των άλλων μεθόδων συλλογής δεδομένων και κυρίως αυτών που χρησιμοποιούν σε εργασίες υπαίθρου είναι:

- Η μελέτη των επιφανειών που εξετάζονται γίνεται σχετικά γρήγορα και κατά συνέπεια, είναι δυνατή η σύγκριση μεταξύ ίδιων δεδομένων από διαφορετικές όμως περιοχές λήψης.
- Η δυνατότητα των συνεχών μετρήσεων η οποία δίνει την ευκαιρία να μελετηθούν διάφορα χαρακτηριστικά και να γίνουν διαχρονικές συγκρίσεις αυτών.
- Η λήψη πληροφοριών σε πολλά μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να ανιχνεύσει διαφορές μεταξύ των βιοφυσικών στοιχείων της επιφάνειας που μελετάται, οι οποίες δεν είναι δυνατόν να γίνουν αντιληπτές με το ανθρώπινο μάτι.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά μιας επιφάνειας που μπορούν να μελετηθούν με την τηλεπισκόπηση είναι:

- Η χωρική θέση ενός αντικειμένου.
- Το υψόμετρο.
- Το χρώμα.
- Η φασματική συμπεριφορά της χλωροφύλλης.
- Η βιομάζα.
- Το ποσοστό υγρασίας της βλάστησης.
- Το ποσοστό υγρασίας του εδάφους.
- Η θερμοκρασία.
- Το μέγεθος και το σχήμα διαφόρων στοιχείων.

Η χρήση της τηλεπισκόπησης στη γεωργία έχει πολλά πλεονεκτήματα. Το βασικότερο είναι ότι τα δεδομένα που συγκεντρώνονται και χρησιμοποιούνται είναι σχετικά χαμηλού κόστους, αν αναλογιστεί κανείς το πλήθος των αποτελεσμάτων που μπορούν να ληφθούν. Επίσης, τα δεδομένα λαμβάνονται πολύ γρήγορα όλο τον χρόνο. Στα θετικά της τηλεπισκόπησης, επίσης, συγκαταλέγεται και η δυνατότητα μελέτης περιοχών που είναι αδύνατον να εξετασθούν με επίγειες μετρήσεις ή που θα απαιτούσαν πολύ χρόνο, χρήματα και πολλές δειγματοληψίες.

Το κυριότερο μειονέκτημα της τηλεπισκόπησης είναι ότι η ποιότητα των δεδομένων εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως η σκόνη και ο φωτισμός. Επίσης, στα αρνητικά της τηλεπισκόπησης συγκαταλέγονται η επεξεργασία των δεδομένων η οποία απαιτεί γνώσεις χρήσεως ηλεκτρονικού υπολογιστή και διαφόρων λογισμικών.

1.1.3.1 Αισθητήρες Τηλεπισκόπησης

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στην τηλεπισκόπηση διακρίνονται σε 2 κατηγορίες: στους ενεργούς και τους παθητικούς αισθητήρες. Η διαφορά τους είναι ότι οι ενεργοί αισθητήρες εκπέμπουν ακτινοβολία για να πραγματοποιήσουν τις μετρήσεις τους, ενώ οι παθητικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν την υπάρχουσα ακτινοβολία από τον ήλιο για να πραγματοποιήσουν τις δικές τους μετρήσεις. Έτσι, γίνεται κατανοητό ότι το σημαντικότερο

μειονέκτημα των παθητικών αισθητήρων είναι η ανικανότητα σωστής μέτρησης κατά τη διάρκεια της νύχτας, αλλά και κατά τη διάρκεια συννεφιασμένων ημερών. Στους ενεργούς αισθητήρες τα μειονεκτήματα επικεντρώνονται στο ότι η εκπεμπόμενη ακτινοβολία μπορεί να επηρεαστεί από άλλες ακτινοβολίες, η γεωμετρική ανάλυση είναι πολύ χαμηλή, τα σήματα δεν περιλαμβάνουν καθαρά φασματικά χαρακτηριστικά και χρειάζεται πολύπλοκη ανάλυση που επιβαρύνει το κόστος. Στην συνέχεια, αναφέρονται τα συστήματα αισθητήρων που απαρτίζουν τις 2 κατηγορίες.

Παθητικοί Αισθητήρες

Ραδιόμετρο: Ένα όργανο που μετρά ποσοτικά την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε κάποια ζώνη μηκών κύματος στο φάσμα. Συνήθως, ένα ραδιόμετρο περαιτέρω πιστοποιείται από το τμήμα του φάσματος που καλύπτει, όπως στην ορατή, στην υπέρυθρη, ή στην ακτινοβολία των μικροκυμάτων.

Φασματικές Κάμερες: Πρόκειται για κάμερες που έχουν τη δυνατότητα λήψης εικόνων σε διαφορετικά μήκη κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Μπορούν να διακριθούν σε πολυφασματικές ή υπερφασματικές ή ultra-φασματικές ανάλογα με την διακριτική ικανότητα των μηκών κύματος που διαθέτουν.

Φωτογραφικό Ραδιόμετρο: Ένα ραδιόμετρο που μπορεί να παρέχει μία δισδιάστατη συστοιχία πίξελ από τα οποία μία εικόνα μπορεί να παράγεται. Η σάρωση μπορεί να πραγματοποιηθεί μηχανικά ή ηλεκτρονικά χρησιμοποιώντας μία διάταξη ανιχνευτών.

Φασματόμετρο: Μία διάταξη που έχει σχεδιαστεί για την ανίχνευση, τη μέτρηση και την ανάλυση σε φασματικό περιεχόμενο της προσπίπτουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Συμβατικά, φασματόμετρα απεικόνισης χρησιμοποιούν πρίσματα για να διακρίνουν τη φασματική ακτινοβολία.

Φασματοραδιόμετρο: Ένα ραδιόμετρο που μπορεί να μετρήσει την ένταση της ακτινοβολίας σε πολλαπλές ζώνες μήκους κύματος (δηλαδή, πολυφασματικά). Οι ζώνες είναι υψηλής φασματικής ανάλυσης. Ο αισθητήρας είναι σχεδιασμένος για την τηλεανίχνευση συγκεκριμένων παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας, τα χαρακτηριστικά σύννεφων, το χρώμα των ωκεανών, η βλάστηση, το ίχνος χημικών στην ατμόσφαιρα, κλπ.

Ενεργοί Αισθητήρες

RADAR (Radio Detection and Ranging): Ένα ραντάρ χρησιμοποιεί έναν πομπό είτε σε ραδιοσυχνότητες είτε σε συχνότητες μικροκυμάτων για να εκπέμπουν παλμούς ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και μια κατευθυντική κεραία ή δέκτη για τη μέτρηση του χρόνου άφιξης της ανακλώμενης ή διασκορπισμένης ακτινοβολίας από μακρινά αντικείμενα. Η απόσταση από το αντικείμενο μπορεί να προσδιοριστεί, επειδή η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία διαδίδεται με την ταχύτητα του φωτός.

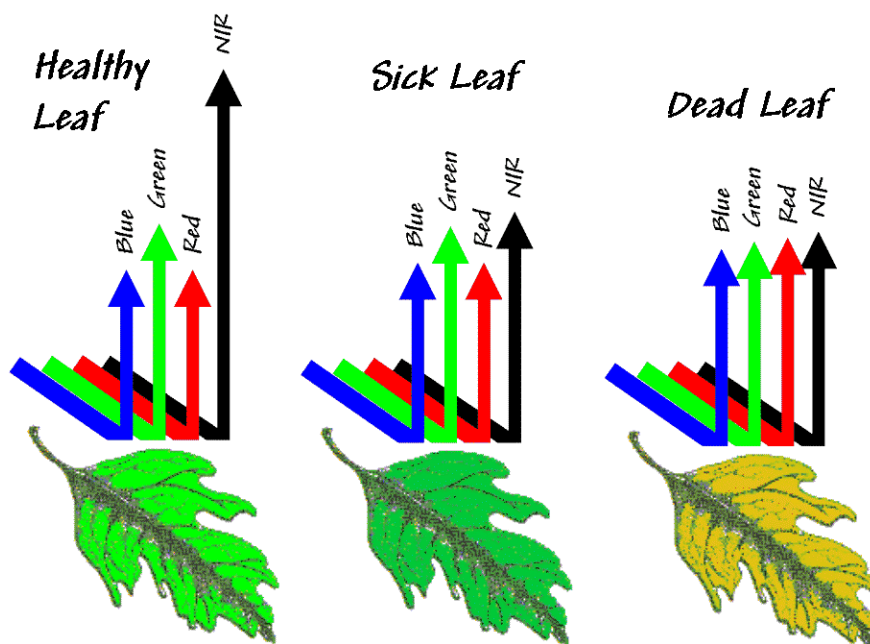
Scatterometer: Είναι ένα υψηλής συχνότητας ραντάρ μικροκυμάτων που έχει σχεδιαστεί ειδικά για τη μέτρηση οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας. Μετρήσεις της αναδιαχεόμενης

ακτινοβολίας μικροκυμάτων στην φασματική περιοχή πάνω από τις επιφάνειες των ωκεανών, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργηθούν χάρτες της ταχύτητας του ανέμου επιφανείας και της κατεύθυνσης.

Lidar (Light Detection and Ranging): Χρησιμοποιεί ένα λέιζερ (ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας) για να μεταδώσει έναν παλμό φωτός και έναν δέκτη με ευαίσθητους ανιχνευτές για τη μέτρηση της οπισθοσκεδαζόμενης ή ανακλώμενης ακτινοβολίας του φωτός. Η απόσταση από το αντικείμενο προσδιορίζεται με την καταγραφή του χρόνου μεταξύ των μεταδιδόμενων και οπισθοσκεδαζόμενων παλμών και χρησιμοποιώντας την ταχύτητα του φωτός για να υπολογίσει την απόσταση που έχει διανυθεί. Τα LIDARs μπορούν να καθορίσουν το ατμοσφαιρικό προφίλ των αερολυμάτων, τα σύννεφα, και άλλων συστατικών της ατμόσφαιρας. **Laser υψομέτρου:** Ένας λέιζερ υψομετρητής χρησιμοποιεί ένα Lidar για να μετρήσει το ύψος του μέσου πάνω από την επιφάνεια. Γνωρίζοντας το ύψος του μέσου σε σχέση με τη μέση επιφάνεια της Γης, η τοπογραφία της υποκείμενης επιφανείας μπορεί να προσδιοριστεί.

Από τους παραπάνω αισθητήρες πολύ μεγάλο μερίδιο στην τηλεπισκόπηση με τη χρήση UAV εμφανίζουν οι παθητικοί αισθητήρες και συγκεκριμένα οι φασματικές κάμερες.

Οι δύο πιο συνηθισμένες μέθοδοι τηλεπισκόπησης είναι οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι το βασικό στοιχείο της τηλεπισκόπησης. Όταν η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έρχεται σε επαφή με ένα αντικείμενο, μπορεί να ανακλαστεί, να απορροφηθεί ή να διέλθει. Ανάλογα με το αντικείμενο στο οποίο προσπίπτει η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, διαφορετικά μήκη κύματος της ακτινοβολίας αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο. Μετρώντας την ανακλώμενη ακτινοβολία από τα φυτά μπορούμε να συλλέξουμε πληροφορίες για την περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε νερό, για τη θρεπτική κατάσταση των φυτών και για άλλα χαρακτηριστικά των φυτών, όπως φαίνεται και στις παρακάτω Εικόνες (Εικόνα 1.3 & Εικόνα 1.4).



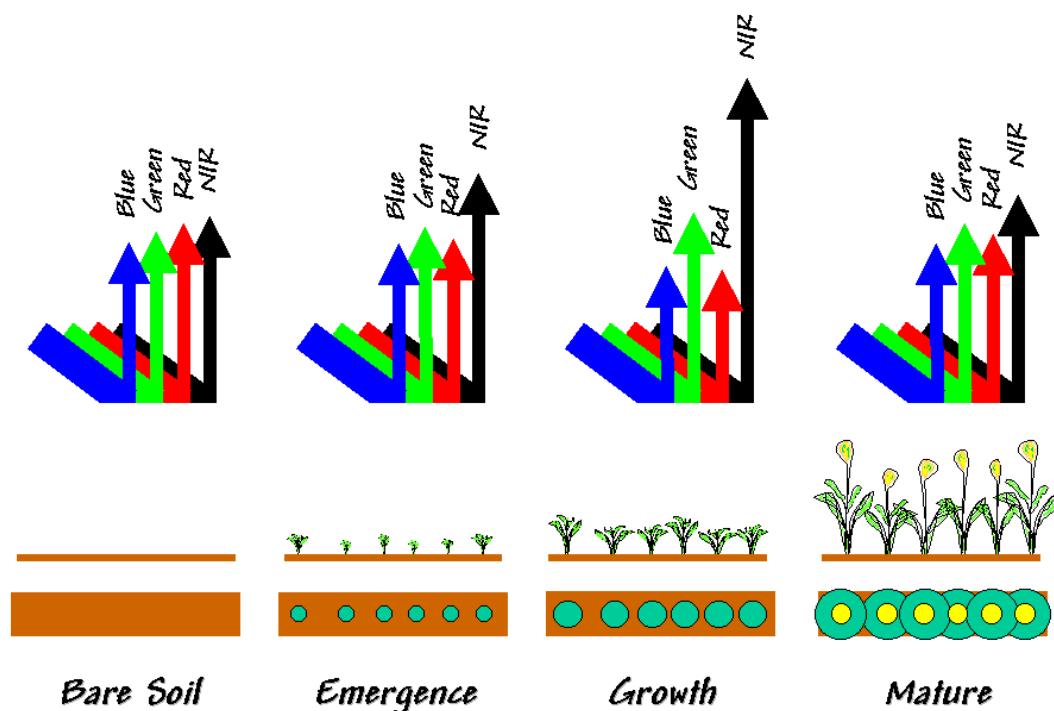
Εικόνα 1.3: Η φυσιολογία των φυτών καθορίζει την ποιότητα (χρώμα) του ανακλώμενου φωτός του φύλλου.
 Πηγή: <http://www.innovativegis.com/basis/pfprimer/topic7/topic7.html>

Η φυσιολογία ενός φύλλου καθορίζει τη σχετική απορρόφηση και ανάκλαση του φωτός. Οι χλωροπλάστες που περιέχουν χλωροφύλλη Α και Β, απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος του μπλε και του κόκκινου φωτός για την ενέργεια που απαιτείται στη φωτοσύνθεση που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη και τη συντήρηση των φυτών. Άλλες χρωστικές στο φύλλο (δηλαδή, καροτίνες) απορροφούν μικρότερες ποσότητες των άλλων μηκών κύματος φωτός. Βαθύτερα στο φύλλο υπάρχει το σπογγώδες παρέγχυμα, το οποίο λειτουργεί σαν καθρέφτης και αντανακλά, το φιλτραρισμένο πια φως, πίσω στο περιβάλλον. Για αυτό το λόγο βλέπουμε τα φυτά να έχουν πράσινο χρώμα. Ένα μη υγιές φύλλο, φαίνεται πολύ διαφορετικό λόγω του ότι αλλάζει η πίεση του νερού και καταρρέει το σπογγώδες παρέγχυμα μέσα σε λίγες ώρες και έτσι μειώνεται σημαντικά η απόδοση του αντανακλαστικού φωτός. Ωστόσο οι χλωροπλάστες μπορεί να συνεχίζουν να εργάζονται (απορροφώντας τη μπλε και την κόκκινη ακτινοβολία) και η μεταβολή του χρώματος του φύλλου να είναι αργή από το πράσινο προς το καφέ.

Ωστόσο, αυτό που κάνει την τηλεπισκόπηση διαφορετική είναι η ικανότητά της να βλέπει το ανακλώμενο φως πέρα από το ορατό μπλε, πράσινο και κόκκινο φως. Το "αόρατο" εγγύς υπέρυθρο φως (near-infrared light-NIR) είναι σε μήκη κύματος ακριβώς πέρα από το κόκκινο φως που μπορούν να ανιχνεύσουν τα μάτια σας. Αυτά τα μήκη κύματος δεν επηρεάζονται από τις χρωστικές του φυτού και αντανακλώνται σε μεγάλο βαθμό από το σπογγώδες παρέγχυμα. Όταν οι "φυσαλίδες" σε αυτό το τμήμα μιας φύλλου καταρρέουν, υπάρχει μια άμεση και δραματική αλλαγή στην ανάκλαση του εγγύς υπέρυθρου φωτός. Δηλαδή ενώ ένα κλαδί φαίνεται σαν πράσινο για μέρες, η τηλεανίχνευση ανιχνεύει μια δραματική διαφορά στο εγγύς υπέρυθρο φως μέσα σε λίγες ώρες.

Στην Εικόνα 1.4 επεκτείνεται η συζήτηση των βασικών εννοιών της φυτικής φυσιολογίας και των αλληλεπιδράσεων της με το φως από ένα φυτό σε ένα ολόκληρο πεδίο. Από μια

απλοποιημένη άποψη, καθώς προστίθεται περισσότερη βιομάζα, η καμπύλη ανάκλασης για γυμνό έδαφος (παρόμοια με νεκρό φύλλο) μετατρέπεται σε φασματική υπογραφή που αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο πράσινο φύλλο. Καθώς η καλλιέργεια ωριμάζει, το μοτίβο ανάκλασης αλλάζει ξανά. Πώς μεταβάλλεται η φασματική υπογραφή παρέχει πολύτιμη εικόνα των συνθηκών του πεδίου.



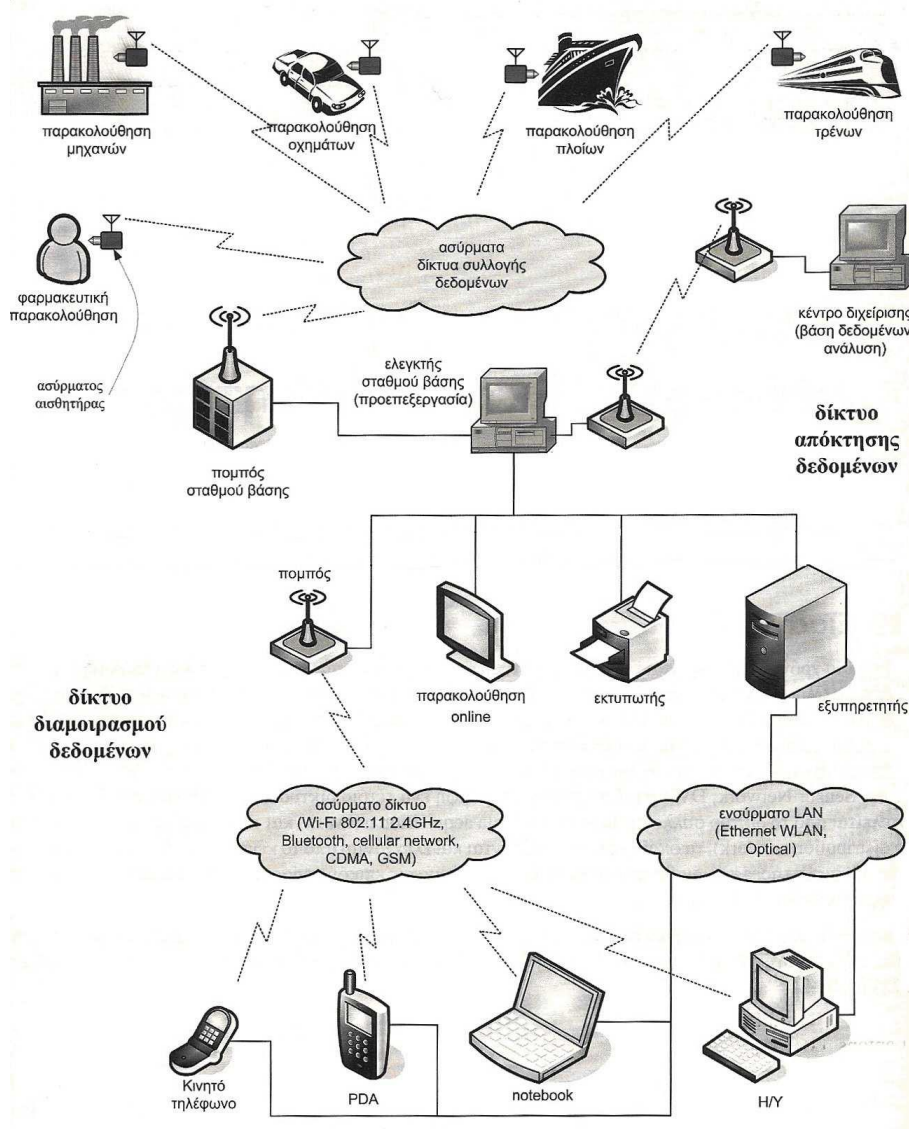
Εικόνα 1.4: Αντανάκλασεις από διαφορετικές συνθήκες του αγρού.
 Πηγή: <http://www.innovativegis.com/basis/pfprimer/topic7/topic7.html>

Οι φασματικές πληροφορίες μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους και να μας δώσουν ορισμένους δείκτες. Συγκεκριμένα, οι δείκτες αυτοί που αναφέρονται στη βλάστηση ονομάζονται δείκτες βλάστησης. Έτσι, δείκτες βλάστησης μπορούν να οριστούν οι δείκτες που συνδυάζουν φασματικές πληροφορίες από επιλεγμένα μήκη κύματος σε μια τιμή, η οποία σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ή μία ιδιότητα της βλάστησης, και συνήθως αποτελούν το μέτρο εκτίμησης της υγιούς βλάστησης. Γίνεται συνδυασμός των φασματικών καναλιών που πολλαπλασιάζονται ή διαιρούνται μεταξύ τους και δημιουργούν μια τιμή για κάθε εικονοστοιχείο (pixel) της εικόνας. Η παραγόμενη τιμή δείχνει τον βαθμό και την ποσότητα της υγιούς βλάστησης (Ξενούλης 2011).

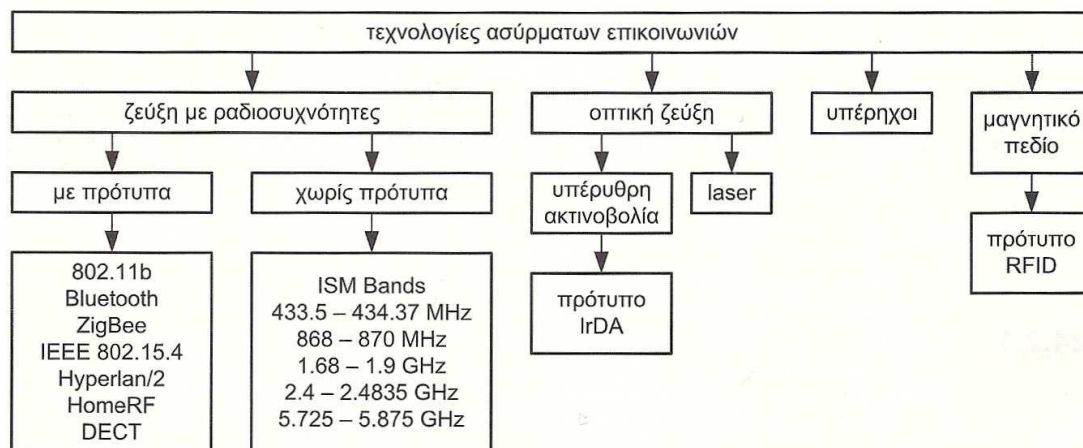
2.1 Στο Ασύρματοι αισθητήρες και ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

Οι αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι σε μεγάλη γεωγραφική έκταση μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους ασύρματα, σχηματίζοντας ένα καταμεμημένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Distributed Wireless Sensor Network, DWSN). Στη γενική του μορφή ένα τέτοιο δίκτυο παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.3: Ένα καταμεμημένο ασύρματο δίκτυο

αισθητήρων Αποτελείται από το δίκτυο συλλογής δεδομένων (data acquisition network) και το δίκτυο διανομής δεδομένων (data distribution network), τα οποία παρακολουθούνται και ελέγχονται από το κέντρο διαχείρισης (management center). Οι αισθητήρες που διαθέτουν τη δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας αναφέρονται ως «ασύρματοι αισθητήρες» (wireless sensors). Η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων σε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων υλοποιείται χρησιμοποιώντας RF (radio frequency), οπτική ζεύξη (πχ. υπέρυθρη), ζεύξη με υπερήχους και μαγνητική ζεύξη, όπως φαίνεται παραστατικά στην Εικόνα 2.4.



Εικόνα 2.3: Ένα κατανεμημένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων



Εικόνα 2.4: Τεχνικές ασύρματης επικοινωνίας με ασύρματα δίκτυα

Η οπτική ζεύξη με υπέρυθρη ακτινοβολία έχει τα πλεονεκτήματα του χαμηλού κόστους και της ανοχής σε παρεμβολές από ηλεκτρικά σήματα και χρησιμοποιείται ευρύτατα στην επικοινωνία υπολογιστικών συστημάτων (πχ. Laptops, PCs κλπ.) με περιφερειακές συσκευές. Σε εφαρμογές τηλεμετρίας η ασύρματη μετάδοση των δεδομένων που παράγονται από τα συστήματα μετρήσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας GSM (Global System for Mobile Communications) χρησιμοποιώντας GSM μόντεμ ή GPRS (General Packet Radio Service) μόντεμ.

Πρότυπα ασύρματης επικοινωνίας

Τα Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (Wireless Personal Area Networks, WPANs) είναι δίκτυα χωρίς προκαθορισμένη δικτυακή υποδομή, όπου οι κόμβοι του δικτύου επικοινωνούν μεταξύ τους σε ακτίνα, συνήθως της τάξης των αρκετών μέτρων. Οι ασύρματοι αισθητήρες μπορούν να λειτουργούν ως κόμβοι τέτοιων δικτύων αρκεί να διαθέτουν την κατάλληλη διεπαφή, σύμφωνα με το αντίστοιχο πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση του δικτύου. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των σημαντικότερων τυποποιημένων προτύπων ασύρματης επικοινωνίας, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την ανάπτυξη Ασύρματων Προσωπικών δικτύων, περιγράφονται στη συνέχεια:

Πρότυπο IEEE 802.11

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα τα οποία είναι συμβατά με το πρότυπο IEEE 802.11 ονομάζονται και δίκτυα Wi-Fi (Wireless Fidelity). Συχνά χρησιμοποιούνται και για τη διασύνδεση με το Internet. Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα σημεία πρόσβασης (Access Points, AP) που ενώνουν το ασύρματο δίκτυο με ένα ενσύρματο δίκτυο. Σε ένα ασύρματο δίκτυο που ακολουθεί το πρότυπο IEEE 802.11, οι σταθμοί (πχ. laptops, PCs, κλπ.) μπορούν να επικοινωνούν, είτε μεταξύ τους, είτε με το AP.

Το πρότυπο Bluetooth

Το πρότυπο Bluetooth (IEEE 802.15.1) άρχισε να χρησιμοποιείται το 1998 και με στόχο την ασύρματη RF επικοινωνία ηλεκτρονικών συσκευών (πχ. PCs, laptops, εκτυπωτές, κλπ.)

μεταξύ τους και με το Internet. Η μέγιστη απόσταση των συσκευών που επικοινωνούν κυμαίνεται από 1 m έως 100m. Κάθε συσκευή μπορεί να είναι ο «master» και να επικοινωνεί με έως 7 (slaves). Ο «master» και οι slaves αποτελούν ένα δίκτυο που ονομάζεται «piconet». Διαφορετικά piconets μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με γέφυρες (bridges).

Το πρότυπο IrDA

Το πρότυπο Infrared Data Association (IrDA) είναι τεχνολογίας WPAN και χρησιμοποιείται για την ασύρματη επικοινωνία και τη δικτυακή σύνδεση συσκευών με υπέρυθρη ακτινοβολία. Η μέγιστη απόσταση επικοινωνίας είναι 1m (στην έκδοση χαμηλής ισχύος η μέγιστη απόσταση είναι 0.1m)

Το πρότυπο ZigBee

Το πρότυπο ZigBee (IEEE 802.15.4) επιτρέπει την ασύρματη, δικτυακή επικοινωνία συσκευών και σε αντίθεση με τα πρότυπα Bluetooth και Wi-Fi χαρακτηρίζεται από το χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το χαμηλό κόστος. Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιείται ευρύτατα σε αυτοματισμούς και εφαρμογές ελέγχου από απόσταση (πχ. ιατρικές συσκευές, αυτοματισμούς κτιρίων και κατοικιών, συστήματα συναγερμού, κλπ.). Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε οι κόμβοι του δικτύου να λειτουργούν με μπαταρία επειδή η κατανάλωση ενέργειας είναι χαμηλή, η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι αρκετά μεγάλη (1 με 2 χρόνια). Η απόσταση μετάδοσης για κάθε κόμβο κυμαίνεται από 10 m έως 75 m , ανάλογα με την ισχύ του πομπού.

Το πρότυπο RFID

Τα συστήματα RFID (Radio Frequency Identification) αναπτύχθηκαν αρχικά ως εναλλακτική λύση στο σύστημα γραμμωτού κώδικα (barcode) και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εφαρμογές ασύρματης ηλεκτρονικής ταυτοποίησης, όπως σε συσκευασίες προϊόντων, σε ταυτότητες και διαβατήρια, σε πιστωτικές κάρτες, στον έλεγχο βιβλίων μιας βιβλιοθήκης, στον έλεγχο της διάβασης από διόδια κλπ. Επίσης, το πρότυπο RFID χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με αισθητήρες που κατασκευάζονται σε ολοκληρωμένα κυκλώματα (πχ. MEMS) για την ανάπτυξη ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Ένα σύστημα μεταφοράς πληροφορίας σύμφωνα με το πρότυπο RFID αποτελείται από μία ή περισσότερες ετικέτες (tags) που τοποθετούνται στα αντικείμενα και αποθηκεύουν τη χρήσιμη πληροφορία, η οποία σχετίζεται με κείμενο που φέρει την ετικέτα (πχ. κωδικό αναγνώρισης, μετρήσεις από αισθητήρες κλπ.), καθώς και μία ή περισσότερες σταθερές ή κινητές συσκευές ασύρματης εγγραφής ή ανάγνωσης της πληροφορίας που αποθηκεύεται στις ετικέτες, οι οποίες ονομάζονται αναγνώστες (readers). Κάθε ετικέτα έχει ένα μοναδικό κωδικό ανάγνωσης, ώστε να μπορεί ο αναγνώστης να τη διακρίνει από τις υπόλοιπες ετικέτες του συστήματος. Μια ετικέτα περιλαμβάνει μία διάταξη εκπομπής ή λήψης των δεδομένων και ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα για την αποθήκευση των πληροφοριών και τον έλεγχο της επικοινωνίας της ετικέτας με έναν ή περισσότερους αναγνώστες. Στις παθητικές ετικέτες η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων τους συλλέγεται μαγνητική ή χωρητική σύζευξη της ετικέτας και του αναγνώστη, είτε μέσω των

ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει ο αναγνώστης τα οποία διαδίδονται στο χώρο μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας. Στις ενεργές ετικέτες η ενέργεια αυτή παρέχεται από συσσωρευτή, οπότε οι ενεργές ετικέτες έχουν τη δυνατότητα να ξεκινούν την επικοινωνία τους με τον αναγνώστη. Οι ημι-παθητικές ετικέτες τροφοδοτούνται από συσσωρευτή, αλλά μπορούν να επικοινωνούν με τον αναγνώστη μόνο όταν τους ζητηθεί από αυτόν, ενώ κατά το υπόλοιπο διάστημα παραμένουν ανενεργές, εξοικονομώντας έτσι την ενέργεια του συσσωρευτή. Κάθε αναγνώστης μπορεί να επικοινωνεί με όσες ετικέτες βρίσκονται μέσα στην περιοχή εμβέλειας του με σκοπό την εγγραφή ή και ανάγνωση δεδομένων. Η πληροφορία που λαμβάνεται από τον αναγνώστη μεταφέρεται στη συνέχεια σε μία κεντρική μονάδα (πχ. Η/Υ) για περαιτέρω επεξεργασία. Η επικοινωνία μεταξύ ετικετών και αναγνώστων για τη μεταφορά της πληροφορίας πραγματοποιείται, είτε με αμφίδρομη μετάδοση (full-duplex), είτε με ημιαμφίδρομη μετάδοση (half-duplex). Τόσο η μεταφορά των δεδομένων, όσο και η μεταφορά ενέργειας από τον αναγνώστη στην ετικέτα πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας τις ίδιες διατάξεις εκπομπής ή λήψης. Η μεταφορά των δεδομένων από τον αναγνώστη στην ετικέτα και αντίστροφα, υλοποιείται με μία από τις παρακάτω μεθόδους :

- Μέσω μαγνητικής σύζευξης της ετικέτας και του αναγνώστη, όπου οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι πηνία με μαγνητική σύζευξη μεταξύ τους.
- Μέσω χωρητικής σύζευξης της ετικέτας και του αναγνώστη, όπου οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι αγώγιμες επιφάνειες που αποτελούν τους οπλισμούς πυκνωτών.
- Μέσω της διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει είτε ο πομπός του αναγνώστη, είτε ο πομπός της ετικέτας, ανάλογα με την κατεύθυνση μεταφοράς της πληροφορίας.
- Μέσω των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει ο αναγνώστης και τα οποία διαδίδονται στο χώρο μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας και στη συνέχεια ανακλώνται στην ετικέτα (οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι κεραίες). Στην περίπτωση αυτή η ετικέτα δεν διαθέτει πομπό μετάδοσης των δεδομένων, οπότε δεν μπορεί να ξεκινήσει η ίδια την επικοινωνία με τον αναγνώστη.

Για να αποστείλει πληροφορία η ετικέτα προς τον αναγνώστη μεταβάλλει την αντίσταση φορτίου της κεραίας της, οπότε μεταβάλλεται (διαμορφώνεται) ανάλογα με τη μεταδιδόμενη πληροφορία η ποσότητα της ισχύος που ανακλάται στην ετικέτα και στη συνέχεια φτάνει στον αναγνώστη (backscattering). Στις εφαρμογές του προτύπου RFID στην ανάπτυξη ασύρματων δικτύων αισθητήρων, κάθε ετικέτα περιλαμβάνει, επιπλέον, αισθητήρα και μετατροπέα A/D. Για παράδειγμα, για τη μέτρηση και επιτήρηση των συνθηκών αποθήκευσης ή μεταφοράς ευπαθών προϊόντων αναπτύσσεται ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων με την τοποθέτηση μιας ετικέτας, που περιλαμβάνει αισθητήρα (πχ. θερμοκρασίας, υγρασίας, επιτάχυνσης, κλπ.) σε κάθε αντικείμενο που αποθηκεύεται ή μεταφέρεται. Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων μπορεί να αναπτυχθεί επίσης, χρησιμοποιώντας τους αναγνώστες πολλών ανεξάρτητων συστημάτων RFID ως κόμβους ενός ασύρματου δικτύου. Στην περίπτωση αυτή, κάθε αναγνώστης συλλέγει δεδομένα από

ετικέτες διάσπαρτες σε μια γεωγραφική έκταση οι οποίες περιλαμβάνουν αισθητήρες, και τα προωθεί μέσω του ασύρματου δικτύου σε μία κεντρική μονάδα επεξεργασίας.

2.2 Εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων (Wireless Sensor Technologies- WST)

Στην γεωργία, υπάρχουν αρκετές προκλήσεις στη χρήση των ραδιοσυχνοτήτων λόγω των μεγάλων αποστάσεων κάλυψης, της ενδεχόμενης πυκνής βλάστησης, τη σύνθετη τοπογραφία και τις διάφορες καιρικές συνθήκες.

Το WSN αποτελεί σημαντικό ζήτημα στην περιβαλλοντική παρακολούθηση. Το σχετικά χαμηλό κόστος των συσκευών επιτρέπει την εγκατάσταση ενός πυκνού πληθυσμού κόμβων που μπορεί να αντιπροσωπεύει επαρκώς τη μεταβλητότητα που υπάρχει στο περιβάλλον. Έτσι, παρέχονται πληροφορίες σχετικά με την εκτίμηση κινδύνου, όπως για παράδειγμα την ειδοποίηση των αγροτών κατά την έναρξη της ζημίας από τον παγετό και γενικότερα καλύτερη ενημέρωση για το μικροκλίμα. Ένα άλλο παράδειγμα εποπτείας του κλίματος είναι η πρόβλεψη πλημμύρας μέσω ασύρματων αισθητήρων, οι οποίοι μπορούν να ανιχνεύσουν βροχοπτώσεις, στάθμη νερού και καιρικές συνθήκες. Οι αισθητήρες παρέχουν πληροφορίες σε ένα κεντρικό σύστημα βάσης δεδομένων]. Οι παρουσίασαν έναν χάρτη διανομής υγρασίας που κατασκευάστηκε με την συνεργασία WST και GIS. Οι αισθητήρες ανίχνευσης υγρασίας τοποθετήθηκαν σε προκαθορισμένες θέσεις με τη βοήθεια GPS και τα δεδομένα αξιολογήθηκαν με GIS.

Ερευνητές έχουν συνδυάσει αισθητήρες οι οποίοι μετρούν τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους σε διάφορα βάθη με ασύρματα δίκτυα που στέλνουν τα δεδομένα αυτόματα σε μονάδα ελέγχου προς επεξεργασία . Τα συστήματα εγκαθίστανται σε πολυετείς φυτείες κατά κύριο λόγο, αλλά και σε ετήσιες, και συγκεντρώνουν στοιχεία σε πραγματικό χρόνο για διάφορες βασικές παραμέτρους που αφορούν την κατάσταση των φυτών, το έδαφος κλπ. Οι αισθητήρες αυτοί αποτελούν χρήσιμο εργαλείο παρέχοντας στον παραγωγό τη δυνατότητα να διαχειριστεί έγκαιρα και με τον κατάλληλο τρόπο καλλιεργητικές επεμβάσεις στα διάφορα τμήματα του αγρού.

Η χρήση ασύρματων δικτύων σε συνδυασμό με αισθητήρες συνδέονται κυρίως με την εφαρμογή τεχνολογιών μεταβλητών εισροών (άρδευση, λίπανση κ.α.) και παροχή δεδομένων και προειδοποιήσεων στους παραγωγούς. Οι πραγματοποίησαν την εφαρμογή WSN (ZigBee) σε αμπελώνα στην Ισπανία. Το δίκτυο αποτελούνταν από 12 κόμβους με έως και τέσσερις διαφορετικούς αισθητήρες μέτρησης της θερμοκρασίας και υγρασίας του περιβάλλοντος, της υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους και της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις διαβιβάζονταν στον χρήστη μέσω LAN, WLAN ή μέσω του Διαδικτύου και χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση των βασικών παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα και για την ανάπτυξη ενός πληροφορικού συστήματος προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις της αμπελοκαλλιέργειας, επιτρέποντας την εύκολη ανάλυση των δεδομένων. Ηλεκτρονικά χαμηλής ενέργειας και μπαταρίες μεγάλης διάρκειας που μπορούν να συνδυαστούν με μικρά φωτοβολταϊκά ή ηλιοσυλλέκτες δίνουν τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης του κόστους εγκατάστασης συστημάτων με ασύρματους αισθητήρες, ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμα.

Η ασύρματη τεχνολογία έχει βρει εφαρμογή και σε συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής.

Οι σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε βαμβακοφυτεία χρησιμοποίησαν ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για τον έλεγχο και προγραμματισμό της άρδευσης. Οι μετρήσεις που έκαναν οι αισθητήρες ήταν υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους. Το δίκτυο αποτελούταν από έναν κεντρικά τοποθετημένο δέκτη συνδεδεμένο σε φορητό υπολογιστή και πολλαπλούς κόμβους αισθητήρων εγκατεστημένους στο πεδίο. Οι κόμβοι των αισθητήρων αποτελούνται από:

- αισθητήρες (μέχρι τρεις αισθητήρες υγρασίας εδάφους Watermark® και μέχρι τέσσερα θερμοζεύγη)
- ειδικά σχεδιασμένη ηλεκτρονική πλακέτα και
- ετικέτα αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (RFID) που μεταδίδει δεδομένα στον δέκτη.

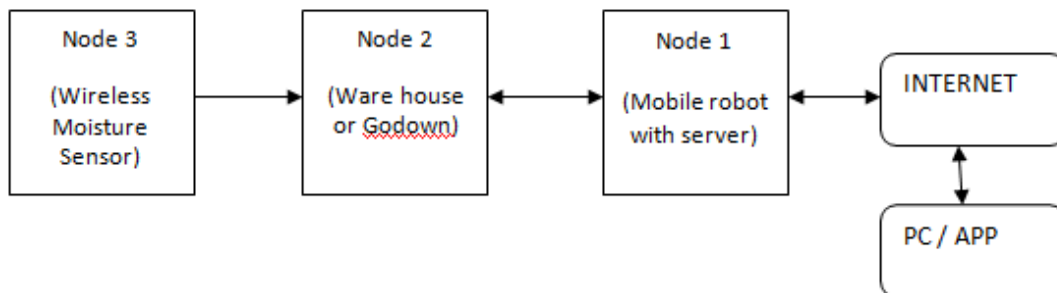
Το σχετικά χαμηλό κόστος του συστήματος (περίπου 2400USD για ένα σύστημα κόμβων 20 αισθητήρων) επέτρεψε την εγκατάσταση ενός πυκνού πληθυσμού αισθητήρων υγρασίας εδάφους που μπορούν να αντιπροσωπεύουν επαρκώς την εγγενή μεταβλητότητα του εδάφους που υπάρχει στο χωράφι. Το δίκτυο καθορίζει το χρονοδιάγραμμα και τα ποσά για εφαρμογές άρδευσης σε πραγματικό χρόνο.

Σε άλλη έρευνα, οι εφάρμοσαν σύστημα μεταβλητής άρδευσης σε αγρό έκτασης 1500 ha ο οποίος χωρίστηκε σε 7 τμήματα με διαφορετικές ανάγκες σε άρδευση. Η άρδευση στο κάθε τμήμα ελέγχονταν από κέντρο ελέγχου. Τα κέντρα ελέγχου επικοινωνούσαν μεταξύ τους μέσω ασύρματου δικτύου. Αποδείχτηκε ότι με την εφαρμογή του συστήματος μεταβλητής άρδευσης εξοικονομήθηκε 30 έως 60% αρδευτικού νερού.

Οι προτείνουν ένα πιο ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης του αγρού με τη χρήση αυτοματισμών και τεχνολογιών IoT (Internet of Things), Βλέπε Παράρτημα Β. Το κύριο χαρακτηριστικό της εργασίας τους είναι ένα τηλεκατευθυνόμενο ρομπότ(με τη χρήση GPS), το οποίο αναλαμβάνει το βοτάνισμα, τον ψεκασμό, την μέτρηση της υγρασίας, την απομάκρυνση μέσω εκφοβισμού πουλιών και ζώων κλπ. Η δεύτερη λειτουργία του συστήματός τους είναι η «έξυπνη» άρδευση σύμφωνα με τις μετρήσεις πεδίου που λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο. Και τρίτον, η «έξυπνη» διαχείριση αποθήκης η οποία περιλαμβάνει συντήρηση θερμοκρασίας, συντήρηση υγρασίας και ανίχνευση κλοπής στην αποθήκη. Ο έλεγχος όλων αυτών των λειτουργιών γίνεται μέσω οποιασδήποτε απομακρυσμένης έξυπνης συσκευής ή υπολογιστή συνδεδεμένου στο Internet και οι λειτουργίες διεξάγονται με διασύνδεση αισθητήρων, μονάδων Wi-Fi ή ZigBee, κάμερας και ενεργοποιητών με μικροελεγκτή και Raspberry Pi.

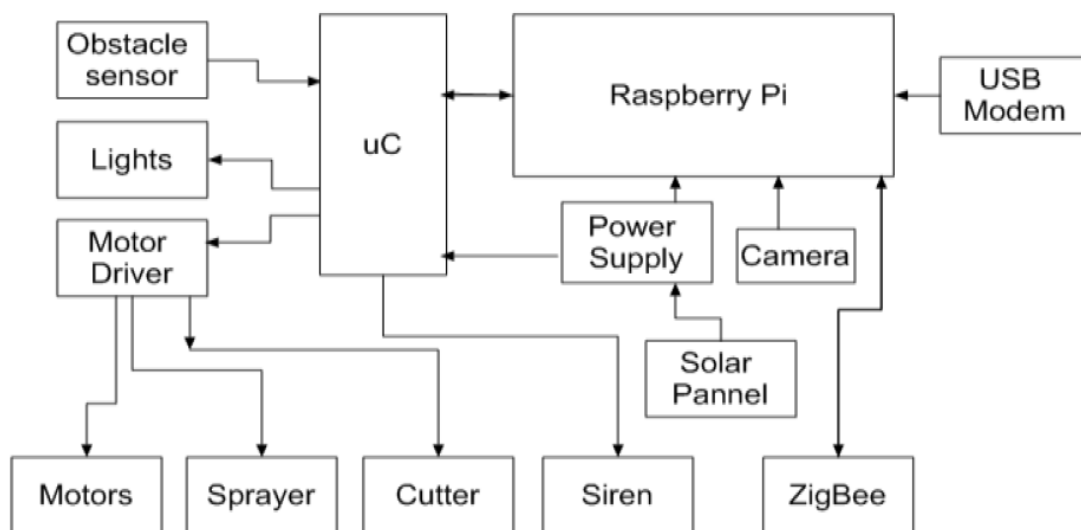
Στην Εικόνα 2.5 φαίνεται η συνολική διάταξη του συστήματος. Στο παρόν σύστημα, κάθε κόμβος αποτελείται από διαφορετικούς αισθητήρες και συσκευές, που είναι ασύρματα διασυνδεδεμένοι με έναν κεντρικό εξυπηρετητή. Ο διακομιστής στέλνει και λαμβάνει πληροφορίες από τον τελικό χρήστη χρησιμοποιώντας σύνδεση στο διαδίκτυο. Υπάρχουν δύο τρόποι λειτουργίας του συστήματος: αυτόματη λειτουργία και χειροκίνητη λειτουργία. Στην αυτόματη λειτουργία το σύστημα παίρνει τις δικές του αποφάσεις και ελέγχει τις εγκατεστημένες συσκευές, ενώ με τον χειροκίνητο τρόπο, ο χρήστης μπορεί να ελέγχει τις

λειτουργίες του συστήματος χρησιμοποιώντας εφαρμογές Android ή τις εντολές του υπολογιστή.



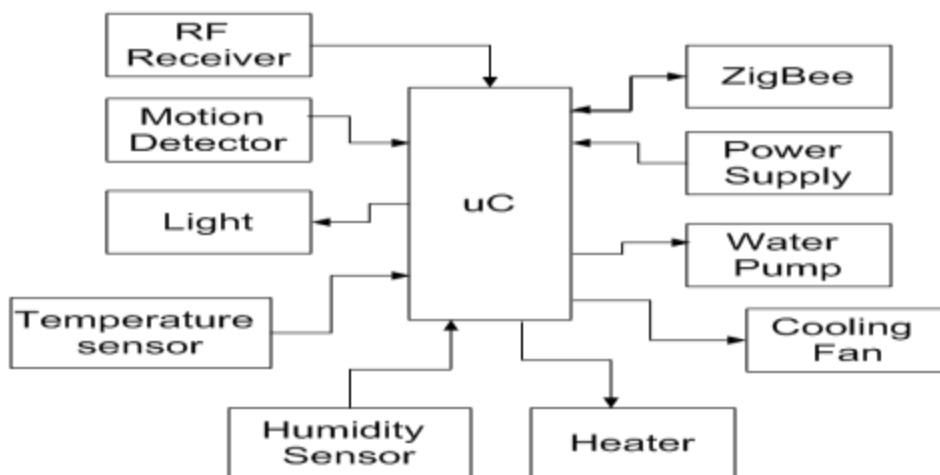
Εικόνα 2.5: Σύνοψη του συστήματος

Στην Εικόνα 2.6 φαίνεται η διάταξη Node(κόμβος) 1. Το Node1 είναι το κινητό ρομπότ, το οποίο μπορεί να ελέγχεται εξ αποστάσεως με χρήση υπολογιστή, καθώς μπορεί να προγραμματιστεί έτσι ώστε να πλοηγείται αυτόνομα εντός των ορίων του πεδίου, χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες που παρέχονται από τη μονάδα GPS. Το τηλεχειριζόμενο ρομπότ διαθέτει διάφορους αισθητήρες και συσκευές όπως κάμερα, αισθητήρα εμποδίων, σειρήνα, κόπτη και ψεκαστήρα.



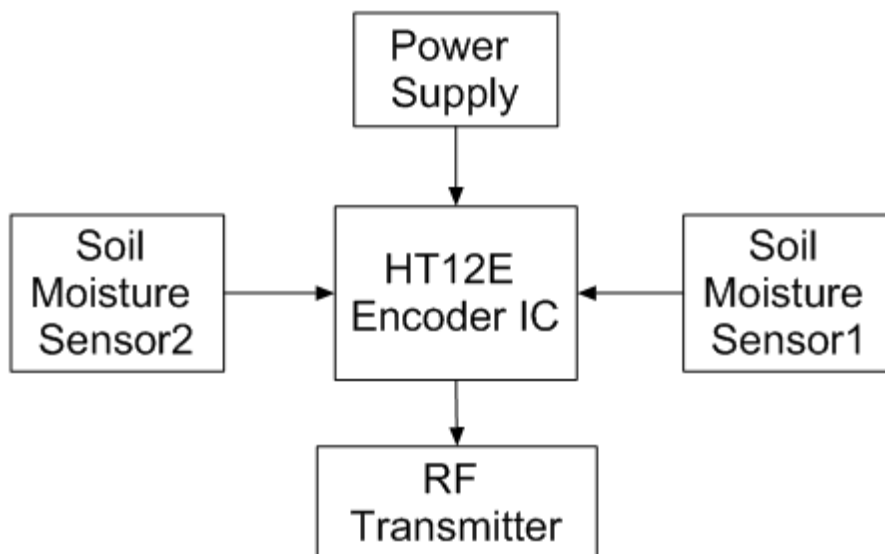
Εικόνα 2.6: Κόμβος 1, Κινούμενο Ρομπότ

Ο Κόμβος 2 είναι η αποθήκη. Αποτελείται από ανιχνευτή κίνησης, αισθητήρα φωτός, αισθητήρα υγρασίας, αισθητήρα θερμοκρασίας, θερμαντήρα χώρου, ανεμιστήρα ψύξης και είναι πλήρως διασυνδεδεμένο με μικροελεγκτή AVR. Ο ανιχνευτής κίνησης όταν αντιληφθεί κίνηση στο δωμάτιο, έχοντας τη λειτουργία ασφαλείας ενεργοποιημένη, θα στείλει σήμα προειδοποίησης στο χρήστη μέσω του Raspberry pi και έτσι θα παρέχει ανίχνευση κλοπής. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας και ο αισθητήρας υγρασίας ανιχνεύσουν τιμές κάτω από το κατώτατο όριο, τότε το θερμαντικό σώμα ή ο ανεμιστήρας θα ενεργοποιηθούν αυτόματα για την συντήρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Το Node2 θα ελέγχει επίσης την αντλία νερού ανάλογα με τα δεδομένα υγρασίας του εδάφους που λαμβάνει από τον Κόμβο 3.



Εικόνα 2.7: Κόμβος 2, Αποθήκη

Ο κόμβος(Node) 3 είναι ένας έξυπνος κόμβος άρδευσης με χαρακτηριστικά όπως: Έξυπνος έλεγχος της αντλίας νερού βασισμένος σε δεδομένα πεδίου πραγματικού χρόνου, δηλ. Αυτόματη ενεργοποίηση / απενεργοποίηση της αντλίας μετά την επίτευξη της απαιτούμενης στάθμης υγρασίας εδάφους (στην αυτόματη λειτουργία). Στη χειροκίνητη λειτουργία δίνεται η δυνατότητα Ενεργοποίησης / απενεργοποίησης της αντλίας νερού μέσω κινητού τηλεφώνου ή υπολογιστή και η συνεχής παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους.



Εικόνα 2.8: Κόμβος 3, ασύρματος ανιχνευτής υγρασίας του εδάφους.

Ένα ακόμα παράδειγμα σύνδεσης δικτύου αισθητήρων μέτρησης υγρασίας του εδάφους με τον χρήστη, με την βοήθεια τεχνολογίας IoT, είναι και η εργασία των .Κι εδώ ο στόχος των ερευνητών είναι να συλλέξουν πληροφορίες για την υγρασία. Έπειτα, το σύστημα να μπορεί να αξιολογήσει της πληροφορίες αυτές και να πάρει αποφάσεις. Και τέλος, το σύστημα να επικοινωνεί με τον χρήστη ασύρματα, ώστε ο χρήστης να μπορεί να γνωρίζει την κατάσταση στο πεδίο από πουδήποτε. Στο ίδιο πλαίσιο οι , χρησιμοποίησαν τους παρακάτω αισθητήρες:

- Παθητικός υπέρυθρος αισθητήρας, (PIR sensor_ passive infrared sensor). Ο αισθητήρας αυτός χρησιμοποιείται για την ανίχνευση κίνησης ανθρώπων, ζώων ή άλλων αντικειμένων, μέσω της ανίχνευσης υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται ή αντανακλάται από αντικείμενα.
- Αισθητήρας υγρασίας εδάφους, μετρά έμμεσα την ογκομετρική περιεκτικότητα νερού στο έδαφος. Η μέτρηση άμεση μέτρηση μπορεί να είναι ηλεκτρική αντίσταση, διηλεκτρική σταθερά ή αλληλεπίδραση με νετρόνια.
- Αισθητήρας βροχής, αντιλαμβάνεται την βροχή και δίνει σήμα να σταματήσει η άρδευση.
- Αισθητήρας υγρασίας. Εδώ χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας DFRobot DHT11, ο οποίος μετράει και θερμοκρασία.

Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: Arduino ide, Proteus simulation, Dreamweaver, Mysql και Wamp.

Ο στο άρθρο του επισημαίνει ότι παρόλο που η κινεζική κυβέρνηση έχει θέσει κάποιες υποδομές στην υπηρεσία των γεωργικών πληροφοριών, εξακολουθούν να υπάρχουν προβλήματα στον γεωργικό εκσυγχρονισμό, όπως ότι:

1^{ον} δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στο υλικό (hardware) από ότι στο λογισμικό (software) και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην παρέχονται πληροφορίες υψηλής ποιότητας, που να καλύπτουν τις ανάγκες παραγωγής των αγροτών.

2^{ον} οι πληροφορίες δεν χρησιμοποιούνται επαρκώς από τους αγρότες και η επίδραση των πληροφοριών στη γεωργία και τους αγρότες δεν είναι αξιοσημείωτη.

Ο συγγραφέας προτείνει λοιπόν την χρήση τεχνολογίας cloud computing και την οπτικοποίηση, ώστε να κατασκευαστεί "σύννεφο γεωργικών πληροφοριών" (agricultural information cloud), συνδυάζοντας την τεχνολογία IOT και την τεχνολογία RFID, ώστε να προωθηθεί η ταχεία ανάπτυξη της γεωργικής πληροφόρησης. Δηλαδή, ότι πληροφορία είναι δυνατό να συλλεχθεί από τον αγρό ή που αφορά τον αγρό, να συλλέγεται και να αποθηκεύεται σε μια βάση δεδομένων που να είναι προσβάσιμη από τους ενδιαφερόμενους.

3 Εφαρμογές Γεωργίας ακριβείας στην Ελλάδα σε υπαίθριες καλλιέργειες.

Στην Ελλάδα, η πρώτη γνωστή εφαρμογή χαρτογράφησης παραγωγής έγινε το φθινόπωρο του 2001 σε καλλιέργεια βαμβακιού. Η εγκατάσταση του αισθητήρα έγινε σε μια Βαμβακοσυλλεκτική μηχανή δύο σειρών και οι πρώτοι χάρτες παραγωγής παρήχθησαν την ίδια περίοδο. Οι πρώτες εφαρμογές έγιναν από το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε συνεργασία με το ΙΧΤΕΛ του ΕΘΙΑΓΕ(τώρα ονομάζεται ΕΛΓΟ-Δήμητρα) και την εταιρεία Παπαοικονόμου ΑΕΒΕ που προμήθευσε τους αισθητήρες. Το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας συνέχισε την εργασία με εφαρμογές στο βαμβάκι και αργότερα σε σιτηρά (Καλαμπόκι και σκληρό σιτάρι) και από το 2005 άρχισε εκτεταμένες εφαρμογές σε καλλιέργειες υψηλής αξίας όπως μήλα,

αμπέλι, ελιές και αχλάδια, ενώ άρχισαν εφαρμογές σε ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης αγροκτημάτων (farm Management Information Systems), αλλά και σε ρομποτική, .

Παράλληλα, εφαρμογές αρχίζουν και σε άλλα εργαστήρια όπως της Γεωργικής Μηχανολογίας του ΑΠΘ με εφαρμογές σε ροδάκινα και εφαρμογές σε ανάλυση στοιχείων, χρήση UAV (unmanned Aerial Vehicles) και στη ρομποτική. Στην Αμερικανική Γεωργική Σχολή αναπτύχθηκαν δράσεις με εφαρμογές Γεωργίας ακριβείας σε βαμβάκι και σε ελιές, αλλά και εφαρμογές τηλεπισκόπησης με UAV. Στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών αναπτύχθηκαν εφαρμογές σε καρπούζια, σε αμπέλι, αλλά και εφαρμογές σε ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης αγροκτημάτων και σε ρομποτική. Στο ΕΘΙΑΓΕ σε συνεργασία με το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας αναπτύχθηκαν εφαρμογές σε βαμβάκι, ενώ στην Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας του ΤΕΙ Θεσσαλίας έγιναν εφαρμογές σε συστήματα κατεύθυνσης μηχανημάτων στο χωράφι. Το ΚΕΤΕΑΘ συντόνισε ένα πρόγραμμα για «το Αγρόκτημα του Μέλλοντος» για εφαρμογές νέων τεχνολογιών στη Γεωργία. Τα Εργαστήρια Τηλεπισκόπησης και Αγρομετεωρολογίας των Πανεπιστημίων (ΑΠΘ, Θεσσαλίας), αλλά και στο ΕΘΙΑΓΕ (ΙΧΤΕΛ) αναπτύχθηκαν εφαρμογές τηλεπισκόπησης με μετρήσεις της παραλλακτικότητας των αγρών με ανάλυση εικόνων από δορυφόρους UAV και επίγεια μέσα.

3.1 Εφαρμογές στο Βαμβάκι

Η πρώτη εφαρμογή χαρτογράφησης της παραγωγής ήταν σε αγρό πενήντα στρεμμάτων στην Καρδίτσα το 2001. Έκτοτε και για τα επόμενα τέσσερα έτη, έγιναν εντατικές μετρήσεις τόσο στο χωράφι αυτό όσο και σε γειτονικούς αγρούς. Από όλες τις μετρήσεις, αλλά και από άλλες σε άλλες περιοχές της Θεσσαλίας απεδείχθη ότι υπήρχε σημαντική παραλλακτικότητα της παραγωγής, ακόμα και σε μικρά αγροτεμάχια κάτι που είναι η βάση για αποδοτική εφαρμογή της ΓΑ. Στο αγροτεμάχιο έγινε μέτρηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας με ένα μηχάνημα VERIS 3000, έγινε δειγματοληψία εδάφους και αναλύσεις στο εργαστήριο.

3.1.1 Το ευρωπαϊκό έργο LIFE HydroSense

Για την υλοποίηση του έργου συνεργάστηκαν:

- Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας (συντονιστής του έργου)
- Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα»
- Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο
- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Καταλυτική για την επιτυχία του έργου ήταν η ενεργή συμμετοχή τριών αγροτών του Θεσσαλικού κάμπου, οι οποίοι διέθεσαν και καλλιέργησαν τμήμα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων τους όπως όριζαν οι πιλοτικές επιταγές του HydroSense.

Κάθε αγρός έπρεπε να είναι αντιπροσωπευτικός των διαφορετικών – από εδαφολογικής και κλιματικής πλευράς – περιοχών του Θεσσαλικού κάμπου. Επιπλέον, κάθε αγρός έπρεπε να χαρακτηρίζεται από έντονη χωρική παραλλακτικότητα, δηλαδή ποικιλομορφία στα εδαφικά

του χαρακτηριστικά και ιδιαίτερα στην περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία. Ο στόχος του HydroSense ήταν να χωρίσει κάθε αγρό σε τμήματα, ανάλογα με την οργανική ουσία του εδάφους, και έπειτα να παρέχει νερό και λίπασμα σε κάθε τμήμα ξεχωριστά, ανάλογα με τις ανάγκες που αυτό εμφανίζει. Για να επιτευχθεί αυτό, το πρώτο βήμα ήταν να εντοπίσει τις ζώνες κάθε αγρού με διαφορετική περιεκτικότητα σε οργανική ουσία.

Στη συνέχεια, σε κάθε ζώνη τοποθετήθηκε ένα μόνιμο δίκτυο ασύρματων υπέρυθρων αισθητήρων (SmartCrop) και αισθητήρων υγρασίας εδάφους, χάρη στο οποίο ήταν εφικτός ο υπολογισμός των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Με βάση τις τιμές των αισθητήρων, που συλλέγονταν από όλη την επιφάνεια της καλλιέργειας και λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές καιρικές συνθήκες, το σύστημα δημιουργούσε έναν ηλεκτρονικό χάρτη, ο οποίος έδειχνε σε ποια σημεία του αγρού τα φυτά «διψάνε» περισσότερο και χρειάζονται πότισμα.

Η φιλοσοφία της τεχνολογίας SmartCrop στηρίζεται στο ίδιο το φυτό ως το βασικό αισθητήρα προκειμένου να ανιχνευθούν εγκαίρως οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό. Με τη συνεχή παρακολούθηση της θερμοκρασίας στο φύλλωμα της καλλιέργειας και τη σύγκρισή της με τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, το σύστημα SmartCrop, παρακολουθεί τη διαθεσιμότητα του νερού για διαπνοή από τα στομάτια των φύλλων. Όταν το φυτό “δεν διψάει” η θερμοκρασία του φυλλώματος της καλλιέργειας είναι λίγο μικρότερη από τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας κατά τις ώρες της ηλιοφάνειας το καλοκαίρι, λόγω της εξάτμισης των υδρατμών που διαπνέει το φυτό. Όταν η θερμοκρασία του φυλλώματος της καλλιέργειας αυξηθεί και προσεγγίζει τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, τα φυτά δεν μπορούν να προσλάβουν αρκετό νερό για να μειώσουν τη θερμοκρασία τους μέσω της διαπνοής. Τότε, το σύστημα σημαίνει συναγερμό, πριν τα συμπτώματα των φυσιολογικών διεργασιών μετατραπούν σε περιοριστικό παράγοντα για την απόδοση. Έτσι, ο παραγωγός ήταν σε θέση να ποτίζει με διαφορετικές ποσότητες νερού κάθε τμήμα του αγρού.

Για τον προγραμματισμό της λίπανσης, χρησιμοποιήθηκε ένα ακόμη σετ αισθητήρων. Αξιοποιήθηκαν δύο φορητοί πολυφασματικοί αισθητήρες (WeedSeeker), οι οποίοι δύνανται να υπολογίσουν τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα των φυτών και σε όλη την επιφάνεια του αγρού. Η συγκέντρωση χλωροφύλλης μεταφράζεται, με ειδικό λογισμικό, σε χάρτη λίπανσης αζώτου. Έτσι ο παραγωγός ήταν σε θέση να εφαρμόσει διαφορετικές ποσότητες λιπάσματος σε κάθε τμήμα του αγρού.

Η ορθολογική στοχευμένη φυτοπροστασία επετεύχθη μέσω ειδικών παγίδων για τα έντομα και ενός μηχανήματος που σαρώνει όλη την περιοχή μεταξύ των φυτεμένων σειρών, και ψεκάζει με ζιζανιοκτόνο μόνο τα σημεία στα οποία έχουν φυτρώσει ζιζάνια.

Επιτεύχθηκε εξοικονόμηση 18% αρδευτικού νερού, 35% λιπασμάτων και 62% ζιζανιοκτόνων βελτιώνοντας την αποδοτικότητα εφαρμογής τους.

3.1.2 Τα Θρακικά Εκκοκκιστήρια

Στο βαμβάκι, μέχρι πρόσφατα δεν είχε γίνει κάποια συστηματική εφαρμογή Γ.Α. στην Ελλάδα, παρόλο που σε Αμερική, Αυστραλία και τελευταία στη Βραζιλία έχουν προχωρήσει πολύ και θεωρούν ότι αυτός είναι ο μόνος δρόμος για να είναι ανταγωνιστικοί.

Στην Ελλάδα, σε σύγκριση με αυτές τις χώρες, το πρόβλημα είναι ότι έχουμε πολύ μικρό κλήρο. Ακόμη και μεγάλοι παραγωγοί μας, έχουν την έκτασή τους διεσπαρμένη σε πολλά κομμάτια, μακριά το ένα από το άλλο. Αυτό αποτρέπει τις επενδύσεις που χρειάζονται (μετεωρολογικοί σταθμοί, αισθητήρες, αντένες GPS κλπ.), γιατί δεν είναι λογικό να αγοράζονται για κάθε αγροτεμάχιο τους. Εδώ η επιχείρηση βρήκε τον ρόλο της. Να παίξει δηλαδή τον ρόλο του ενδιάμεσου, του διαχειριστή δηλ. της γεωργίας ακριβείας σε μια μεγαλύτερη έκταση. Έτσι επέλεξαν στη Ροδόπη μία έκταση 5.500 στρεμμάτων περίπου, όπου εφαρμόζεται από τις εταιρείες GAIA ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ-NEUROPUBLIC.

Τα πρώτα δεδομένα ήταν τα εδαφολογικά των χωραφιών. Επίσης κάθε 5 ημέρες έρχονται φωτογραφίες από τους δορυφόρους Sentinel της ΕΕ. Οι πληροφορίες που δίνουν αυτές είναι εντυπωσιακές (αντίστοιχες μιας ακτινογραφίας σε άνθρωπο). Επίσης τοποθετήθηκαν στη περιοχή μετεωρολογικοί σταθμοί και αισθητήρες υγρασίας. Με τα συνολικά στοιχεία που μαζεύονται και τα ημερολόγια με τις καλλιεργητικές φροντίδες των παραγωγών στη συγκεκριμένη έκταση που καταγράφουν οι γεωπόνοι μας, μπορούν να δοθούν πολύ πιο εμπειριστωμένες συμβουλές στον καθένα ξεχωριστά για την σωστή άρδευση, λίπανση αλλά και αντιμετώπιση ασθενειών. Η εταιρία πιστεύει ότι με την πάροδο του χρόνου, τα αποτελέσματα θα είναι εντυπωσιακά, και το οικονομικό όφελος ορατό στους βαμβακοπαραγωγούς.

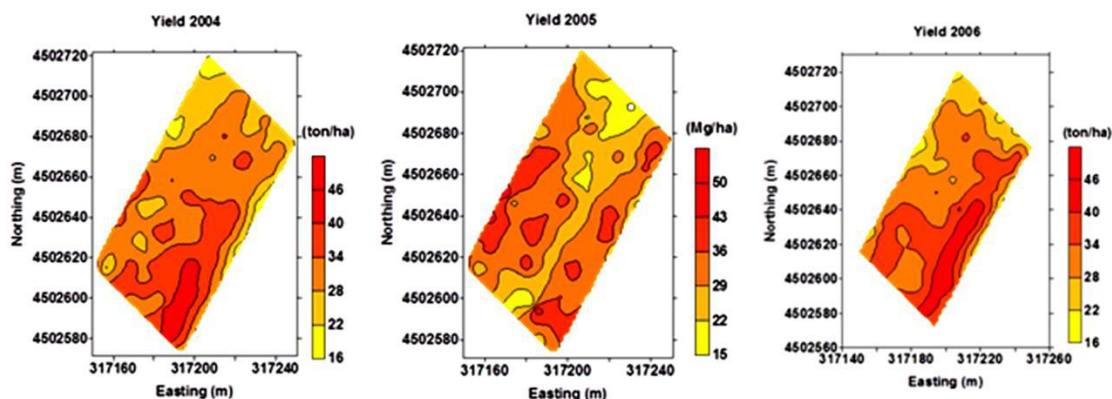
3.2 Εφαρμογή σε χειμερινά σιτηρά

Ο στα πλαίσια της διατριβής του μεταπτυχιακού του έκανε χαρτογράφηση της παραγωγής κατά τη συγκομιδή της καλλιεργητικής περιόδου 2009-2010, σε οκτώ διαφορετικούς αγρούς σιταριού στην ευρύτερη αγροτική περιοχή των Σοφάδων του Ν. Καρδίτσας και εκτίμηση της συμπίεσης στη διεύθυνση του εδάφους σε ένα από τα αγροτεμάχια. Το σύστημα καταγραφής της παραγωγής τοποθετήθηκε σε θεριζοαλωνιστική μηχανή CLAAS Dominator 106. Το σύστημα χαρτογράφησης της παραγωγής που χρησιμοποιήθηκε είναι της Ag Leader Technology και αποτελείται από τα εξής μέρη: Το GPS, την κεντρική οθόνη (monitor), τα καλώδια κεντρικής διανομής ρεύματος και πληροφοριών (power cable), τον αισθητήρα μέτρησης υγρασίας σπόρων (moisture sensor), τον αισθητήρα καταγραφής ροής παραγωγής της καλλιέργειας (grain flow sensor), τον αισθητήρα ταχύτητας αναβατορίου (elevator speed sensor), τον αισθητήρα ταχύτητας θεριζοαλωνιστικής μηχανής (ground speed sensor), τον αισθητήρα θέσης μηχανισμού θερισμού μετρήσεων (header sensor).

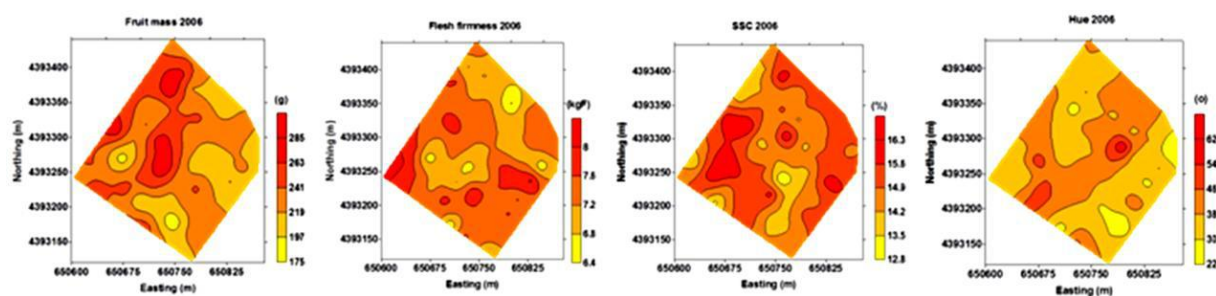
3.3 Εφαρμογές σε φρούτα

Στην Ελλάδα, μέθοδοι Γεωργίας Ακρίβειας πραγματοποιήθηκαν σε οπωρώνες που συγκομίζονται με τα χέρια (μήλα, αμπέλια και αχλάδια). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν (απόδοση και ποιότητα, ιδιότητες εδάφους, τηλεανίχνευση), αποθηκεύτηκαν σε βάσεις GIS, αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας γεωστατιστικές μεθόδους για την ανάπτυξη ζωνών διαχείρισης και χρησιμοποιήθηκαν συστήματα υποστήριξης αποφάσεων για να βοηθηθούν οι αγρότες στη διαχείριση των καλλιεργειών. Η εφαρμογή στα μήλα ξεκίνησε το 2005 με πρώτη χαρτογράφηση της παραγωγής σε οπωρώνα 8 στρεμμάτων στην Πτολεμαΐδα και συνεχίστηκε σε οπωρώνα 50 στρεμμάτων στη περιοχή Αγιάς, Λάρισας. Από τις πρώτες μετρήσεις έγινε φανερό ότι υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα στην παραγωγή. Η

χαρτογράφηση της παραγωγής που έγινε με τα χέρια πραγματοποιήθηκε με ζύγισμα των κιβωτίων συγκέντρωσης των καρπών. Οι χάρτες παραγωγής (Εικόνα 3.1) έδειξαν σημαντική παραλλακτικότητα με το Νοτιο-Δυτικό τμήμα του αγρού να δίνει μεγαλύτερη παραγωγή. Παρόμοια παραλλακτικότητα έχουμε και στον αγρό της Αγιάς με το κεντρικό τμήμα του αγρού να δίνει τη μεγαλύτερη παραγωγή. Στην Εικόνα 10.13 φαίνονται τα αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Και σε αυτά η παραλλακτικότητα είναι υψηλή με τα υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά να μην είναι σε περιοχές του αγρού με υψηλότερη παραγωγή, εκτός από το μέγεθος των καρπών.



Εικόνα 3.1:Χάρτες παραγωγής οπωρώνα μηλιάς για τρία χρόνια. Χωράφι 8 στρεμμάτων, Πτολεμαΐδα



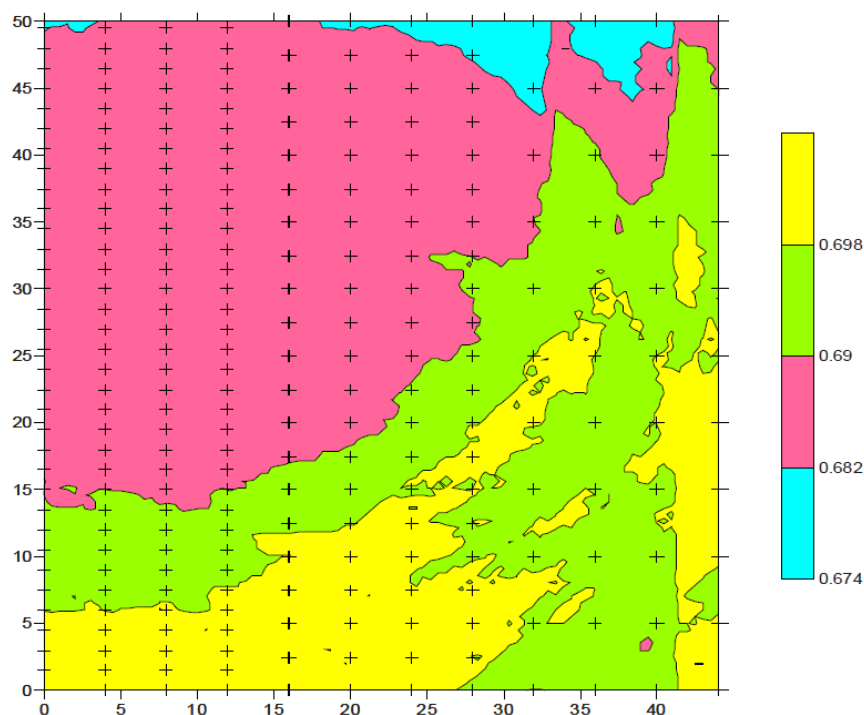
Εικόνα 3.2: Χαρτογράφηση της ποιότητας των καρπών στον αγρό των 50 στρεμμάτων. Από αριστερά: μέγεθος καρπών, συνεκτικότητα σάρκας, διαλυτά στερεά και χρώμα, Αγιά.

Αργότερα έγινε μέτρηση του δείκτη βλάστησης NDVI, με ένα όργανο CIRCLE, από πάνω από την κόμη και από τα πλάγια. Οι μετρήσεις έγιναν σε όλη τη βλαστική περίοδο. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική παραλλακτικότητα στην παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του οπωρώνα. Σύμφωνα με την ανάλυση των στοιχείων, το κέρδος του παραγωγού από την εφαρμογή μεταβλητών δόσεων του λιπάσματος είναι σημαντικό και τις δύο χρονιές της έρευνας. Αν θεωρηθεί ότι η τιμή πώλησης των μήλων είναι 0.30 ευρώ/κιλό και ότι η τιμή του λιπάσματος ήταν 0.70 ευρώ/κιλό και για τις δύο χρονιές, τότε για το 2011 η ποσότητα του λιπάσματος που χρησιμοποιήθηκε με την μεταβλητή λίπανση μειώθηκε κατά 32.4% σε σχέση με την ομοιόμορφη εφαρμογή και το κέρδος του παραγωγού αυξήθηκε κατά 21%. Το 2012 αντίστοιχα, η μείωση της ποσότητας του λιπάσματος με την εφαρμογή γεωργίας ακριβείας ήταν της τάξης του 56.6% και το κέρδος του παραγωγού αυξήθηκε κατά 9%. Οι γραμμές του οπωρώνα όπου εφαρμόστηκαν μεταβλητές δόσεις λιπάσματος είχαν μικρότερη παραγωγή σε σχέση με τις υπόλοιπες

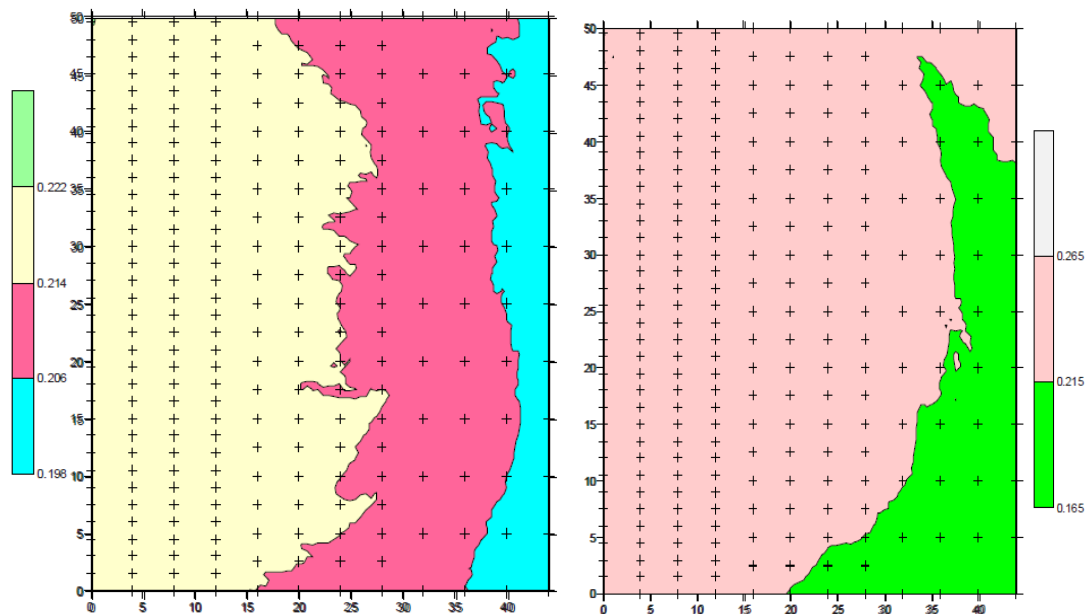
γραμμές. Αυτό είναι λογικό, καθώς χρησιμοποιήθηκε πολύ λιγότερο λίπασμα από ότι θα χρησιμοποιούνταν με την ομοιόμορφη εφαρμογή. Παρά την μειωμένη παραγωγή η εφαρμογή μεταβλητών δόσεων λιπάσματος αποδεικνύεται πολύτιμη καθώς με την χρήση μικρότερης ποσότητας λιπάσματος το καθαρό κέρδος του παραγωγού είναι πολύ μεγάλο. Σημαντικό είναι ότι η μικρότερη παραγωγή συνδυάστηκε με βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών.

3.4 Εφαρμογές σε ελιές

Η καλλιέργεια της ελιάς περιορίζεται στη Μεσόγειο ή σε περιοχές με παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες. Για να αυξηθεί η ελαιοπαραγωγή, μια λύση είναι να φυτεύονται οι ελιές πυκνότερα ανά μονάδα γης. Μέχρι τώρα η συγκομιδή της ελιάς γινόταν σχεδόν εξολοκλήρου με τα χέρια και το κόστος συλλογής αποτελεί πάνω από το 85% του κόστους παραγωγής της ελιάς. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια έχει εκμηχανιστεί και η συλλογή ελιάς, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους παραγωγής. Επιπλέον, οι νέοι τρόποι συλλογής απαιτούν πυκνή φύτευση ελαιόδεντρων και έχουν αλλάξει σημαντικά τις πρακτικές που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια της ελιάς. Οι παρουσιάζουν την εφαρμογή αρχών γεωργίας ακριβείας με χρήση απλών και φιλικών αισθητήρων, σε ελαιοκαλλιέργειες με υψηλότερη πυκνότητα φύτευσης από τις συμβατικές φυτείες. Οι ιδιότητες του εδάφους που μετρήθηκαν ήταν υγρασία εδάφους και φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα, με την χρήση των αισθητήρων ProChek και 5TE. Ενώ η ιδιότητα των φυτών που μετρήθηκε ήταν ο δείκτης NVDI (βλέπε Παράρτημα Α) με GreenSeeker. Από τα δεδομένα που συνέλεξαν έφτιαξαν χάρτες, όπως φαίνεται και στις: Εικόνα 3.3 και Εικόνα 3.4.



Εικόνα 3.3: Ο χάρτης μεταβλητότητας του NDVI. Με το σύμβολο «+» φαίνονται οι θέσεις των δέντρων.



Εικόνα 3.4: Περιεκτικότητα νερού (Volumetric Water Content -VWC) και φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa), αριστερά.

Οι σε εμπορικό ελαιώνα παραγωγής λαδιού στην Πελοπόννησο (έκτασης 91 στρεμμάτων), πραγματοποίησαν χαρτογράφηση της παραγωγής με ζύγισμα των σάκων όπου τοποθετούνταν οι ελιές και καθορισμό της θέσης τους με χρήση GPS. Ελήφθησαν δείγματα εδάφους και έγιναν αναλύσεις στο εργαστήριο. Με βάση τα αποτελέσματα δημιουργήθηκαν χάρτες εφαρμογής για φωσφόρο, κάλιο και ασβέστη για διόρθωση του pH. Η εφαρμογή των λιπαντικών στοιχείων έγινε με το χέρι και με βάση τις δύο ζώνες που δημιουργήθηκαν προστέθηκε μια ή δύο δόσεις λιπάσματος. Επιτεύχθηκε σημαντική βελτίωση του pH και εξοικονόμηση λιπάσματος, καθώς ο παραγωγός προσέθετε σε όλο το χωράφι την υψηλή δόση εφαρμογής.

Η Ομάδα Παραγωγών Ελαιόλαδου «Νηλέας» συμμετέχει στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα IoF 2020 (International Orienteering Federation). Το συγκεκριμένο πρόγραμμα αφορά τη διασύνδεση αισθητήρων που μπαίνουν στο χωράφι αλλά και στο ελαιοτριβείο, στο πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας, με στόχο την παραγωγή ποιοτικότερου και οικονομικότερου προϊόντος, και μάλιστα με ελεγχόμενο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το πρόγραμμα χρηματοδοτείται από την ΕΕ με έρευνα σε 19 διαφορετικές καλλιέργειες. Σε ό,τι αφορά την καλλιέργεια της ελιάς η εφαρμογή του γίνεται στην περιοχή της Χώρας Μεσσηνίας, μέσω του «Νηλέα» και στην Αλμερία της Ισπανίας. Στην Ελλάδα επιστημονικά υπεύθυνοι είναι το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και ο καθηγητής Σπύρος Φουντάς. Ο τελευταίος είπε: «Το έργο έχει διάρκεια 4 χρόνια, ξεκίνησε το 2017 και ολοκληρώνεται το 2020. Βάζουμε αισθητήρες στο έδαφος, μετράμε δηλαδή την υγρασία του εδάφους και θα γίνεται αυτόματα η άρδευση, με βάση ένα έξυπνο σύστημα που έχει εγκατασταθεί. Επίσης θα φτιάξουμε και ένα σύστημα για πρόληψη των ασθενειών. Σε ένα δεύτερο επίπεδο θα βάλουμε αισθητήρες στο ελαιοτριβείο, ώστε να παρακολουθούμε θερμοκρασία, υγρασία, χρόνο μάλαξης. Φυσικά όλα αυτά θα παρακολουθούνται με πολλές εξετάσεις για να δούμε την τελική ποιότητα του παραγόμενου λαδιού».

3.5 Ερευνητικά Ευρωπαϊκά Προγράμματα

3.5.1 APOLLO

<http://apollo-h2020.eu/gr/>

Το APOLLO αναπτύσσει και δοκιμάζει οικονομικώς προσιτές και εύχρηστες γεωργικές συμβουλευτικές υπηρεσίες βάσει δωρεάν διαθέσιμων δεδομένων Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης (ΔΤ), που έχουν, κατά κύριο λόγο (όχι, όμως, αποκλειστικώς) στόχο τους ιδιοκτήτες μικρών αγροκτημάτων καθώς και τις αγροτικές ενώσεις και τους γεωργικούς συμβούλους. Στο APOLLO συμμετέχουν εννέα εταίροι από πέντε Ευρωπαϊκές χώρες (Ελλάδα, Ισπανία, Αυστρία, Βέλγιο και Σερβία), οι οποίοι συνδυάζουν την εμπειρογνωμοσύνη τους στη γεωπονία, στις γεωργικές υπηρεσίες, στην εδαφολογία, στην τηλεπισκόπηση, και στη δορυφορική τηλεπισκόπηση. Στο έργο συμμετέχουν δύο αγροτικές ενώσεις – του Αγροτικού Συνεταιρισμού Πέλλας (ACP) στην Ελλάδα, της Αγροτικής Ένωσης του Δήμου Ruma (UPOR) στη Σερβία, οι οποίες θα εφαρμόσουν πιλοτικά και θα δοκιμάσουν πρώτες τις υπηρεσίες του APOLLO. Μια τρίτη πιλοτική εφαρμογή θα γίνει στην Ισπανία. Η κεντρική ιδέα του έργου APOLLO βασίζεται στις παρακάτω θεμελιώδεις έννοιες, οι οποίες καθιστούν τις υπηρεσίες οικονομικώς προσιτές, προσβάσιμες και εύχρηστες:

Οικονομικώς προσιτές

- Η διαθεσιμότητα δωρεάν και ανοικτών δεδομένων από το Πρόγραμμα Copernicus της Ευρωπαϊκής Ένωσης (και άλλων ανοικτών πηγών, π.χ. του Landsat), προσφέρει την ευκαιρία για την ανάπτυξη οικονομικών, εξατομικευμένων υπηρεσιών με ευκρίνεια κατάλληλη για εφαρμογές που στοχεύουν στους ιδιοκτήτες μικρών αγροκτημάτων
- Οι Μεθοδολογίες **αυτοματοποιημένης επεξεργασίας** υποστηρίζουν την ανάπτυξη οικονομικώς προσιτών υπηρεσιών
- Η πρωτοποριακή χρήση των δεδομένων του Sentinel-1, για την εκτίμηση της υγρασίας του εδάφους, επιτρέπει την αποφυγή χρήσης δαπανηρών και δύσχρηστων αισθητήρων που λειτουργούν από το έδαφος και γεωδαιτικών ερευνών για τη βελτιστοποίηση των επιχειρήσεων άρδευσης και οργώματος.

Προσβάσιμες

- Οι υπηρεσίες του APOLLO είναι διαθέσιμες ανά πάσα στιγμή μέσω του παγκόσμιου ιστού και εφαρμογών κινητών συσκευών. Η εφαρμογή του παγκόσμιου ιστού παρέχει πλήρη πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες και τα δεδομένα του APOLLO, ενώ η εφαρμογή κινητών συσκευών θα χρησιμοποιείται για την βασική ενημέρωση και την έγκαιρη προειδοποίηση σε περίπτωση έκτακτων συνθηκών
- Οι υπηρεσίες του APOLLO είναι εφαρμόσιμες για πολλαπλά είδη καλλιεργειών και παρόλο που είναι διαμορφωμένες για ιδιοκτήτες μικρών αγροκτημάτων, θα είναι διαθέσιμες και για αγροκτήματα άλλου μεγέθους

- Οι διεπιφάνειες του APOLLO και τα υποστηρικτικά έγγραφα θα διατίθενται σε διάφορες γλώσσες – αρχικά στις τρεις γλώσσες των πιλοτικών χωρών (Ελλάδα, Σερβία, Ισπανία) .

Εύχρηστες

- Οι τέσσερις εμβληματικές υπηρεσίες (Προγραμματισμός οργώματος και άρδευσης, παρακολούθηση ανάπτυξης καλλιέργειας και εκτίμηση καλλιεργητικής απόδοσης) του APOLLO δίνουν προτεραιότητα στην ευκολία χρήσης και έχουν σχεδιαστεί ώστε να ελαχιστοποιούν την επιβάρυνση του τελικού χρήστη.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Οι υπηρεσίες του APOLLO βασίζονται στη χρήση αρκετών τεχνολογιών στους τομείς της **Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης** και της **γεωπονικής προτυποποίησης**.

Δορυφορική Τηλεπισκόπηση

Η Δορυφορική Τηλεπισκόπηση (ΔΤ) αναφέρεται στη συλλογή πληροφοριών για τον πλανήτη μας, μέσω της χρήσης τεχνολογιών τηλεπισκόπησης, όπως είναι οι αναρτημένοι σε δορυφόρους ή αεροσκάφη χωρίς χειριστή (drones) αισθητήρες. Το Πρόγραμμα Copernicus παρέχει δωρεάν και ανοιχτά δεδομένα ΔΤ προς χρήση από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, πολίτες και επιχειρήσεις. Το έργο APOLLO χρησιμοποιεί όλα τα οφέλη αυτού του πολύτιμου πόρου, ενώ αντλεί πληροφορίες και από άλλες πηγές παγκοσμίως διαθέσιμων δεδομένων.

Υγρασία Εδάφους

Τα δεδομένα της Δορυφορική Τηλεπισκόπησης από αισθητήρες των δορυφόρων έχουν δείξει τη δυνατότητά τους να εκτελούν ποσοτικές μετρήσεις της υγρασίας του εδάφους επί γυμνών επιφανειών, καθώς και επί επιφανειών που καλύπτονται από χαμηλή βλάστηση. Χάρη στην ικανότητά τους να λειτουργούν με όλες τις καιρικές συνθήκες και να έχουν ευρεία κάλυψη, τα δεδομένα από το Ραντάρ Συνθετικού Διαφράγματος [Synthetic Aperture Radar (SAR)] προσφέρουν την ευκαιρία παρακολούθησης μεγάλων εκτάσεων με υψηλή χωρική ευκρίνεια. Με τη χρήση των εικόνων SAR, όπως εκείνων που λαμβάνει ο δορυφόρος Sentinel-1 του Προγράμματος Copernicus, μπορεί να δοθεί μια αρκετά ακριβής εκτίμηση της υγρασίας του επιφανειακού εδάφους.

Οι μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν για τον υπολογισμό της υγρασίας του εδάφους από τους αισθητήρες του SAR βασίζονται στις παρακάτω αρχές: Ακτινοβολία μικροκυμάτων που εκπέμπεται από το SAR αντανακλάται από την επιφάνεια της γης. Το επιστρέφον σήμα (γνωστό ως “οπισθοσκέδαση”) συλλαμβάνεται από τους αισθητήρες. Το σήμα επηρεάζεται από πολλαπλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων και των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης (τραχύτητα, τοπογραφικές συνθήκες), καθώς και του οργάνου μέτρησης. Αυτό που είναι ζωτικής σημασίας όμως, είναι ότι το σήμα επηρεάζεται από την ικανότητα του εδάφους να παρουσιάζει αντίσταση σε ηλεκτρικό πεδίο, μια ιδιότητα γνωστή

ως “διηλεκτρικότητα”, που συνήθως εκφράζεται για συγκεκριμένο υλικό σε σχέση με εκείνη του κενού και αναφέρεται ως “διηλεκτρική σταθερά”.

Η διηλεκτρική σταθερά του εδάφους έχει υψηλή συσχέτιση με την υγρασία του εδάφους. Συνεπώς, αν υποθεθεί ότι τα χαρακτηριστικά της εδαφικής επιφάνειας παρουσιάζουν μικρές διαφορές συν τω χρόνω, οι μεταβολές στο επιστρέφον σήμα του SAR συσχετίζονται με τις μεταβολές στην περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία.

Οι χάρτες υγρασίας εδάφους που δημιουργούνται από τα δεδομένα του Sentinel-1 είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν υπό των φορέων που διαχειρίζονται τη διανομή του ύδατος ή υπό των ίδιων των παραγωγών ώστε να προγραμματιστεί η άρδευση των αγρών τους με αποδοτικότερο τρόπο.

Θερμοκρασία και βροχόπτωση

Η πλατφόρμα του APOLLO θα δημιουργεί χάρτες κλιματικών αλλαγών, δηλαδή της θερμοκρασίας και του υετού με εδαφική ευκρίνεια 1km χρησιμοποιώντας δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς και ΔΤ, σε καθημερινή βάση. Οι προβλέψεις που αφορούν τον τόπο και τον χρόνο θα γίνονται για τις μέσες, μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες με τη χρήση χωροχρονικών γαιοστατιστικών μοντέλων με χρονική σειρά 8 ημερών εικόνων Φασματοραδιομέτρου Απεικόνισης Μέτριας Ευκρίνειας και τοπογραφικές στοιβάδες (ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο και τοπογραφικός δείκτης υγρασίας). Τα δεδομένα του Sentinel θα αρχίσουν να χρησιμοποιούνται με την έναρξη των επιχειρήσεων της κατάλληλης αποστολής.

Τα αρχεία του καθημερινού υετού λαμβάνονται από το Δίκτυο Βάσης Παγκόσμιων Ιστορικών Κλιματικών Δεδομένων (GHCND) του Εθνικού Κέντρου Κλιματικών Δεδομένων (NCDC/ΕΚΚΔ). Η μεθοδολογία εκτίμησης υετού επί χωροχρονικών καννάβων υψηλής ευκρίνειας βασίζεται στη χωροχρονική παλινδρόμηση Gauss (kriging). Οι κύριες επιπρόσθετες παράμετροι στο πρότυπο είναι το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM) και τοπογραφικές στοιβάδες. Εκτός αυτών, θα χρησιμοποιηθούν και δεδομένα ΔΤ που αφορούν τον υετό, π.χ. την τεχνική CMORPH, για την ενίσχυση του προτύπου.

Ανάπτυξη καλλιέργειας

Η υπηρεσία παρακολούθησης ανάπτυξης της καλλιέργειας αποτελεί ιδιαίτερα κοινή υπηρεσία στα προϊόντα της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης που αφορούν τη γεωργία. Ωστόσο, οι εν λόγω υπηρεσίες παρέχουν συνήθως αποτελέσματα που βασίζονται μόνον στον Δείκτη Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς (NDVI). Εκτός αυτού, το APOLLO θα χρησιμοποιεί και προηγμένους δείκτες βλάστησης που προέρχονται από τα δεδομένα του Sentinel-2 για τον κατ’ εκτίμηση υπολογισμό των βιοφυσικών παραμέτρων των καλλιεργειών (π.χ. Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας [LAI], Περιεχόμενο Χλωροφύλλης/Αζώτου) ώστε να παρέχει ακριβέστερες υπηρεσίες παρακολούθησης της ανάπτυξης των καλλιεργειών. Η βελτιωμένη ευαισθησία τόσο του απόλυτου όσο και του σχετικού δείκτη ανάπτυξης της καλλιέργειας παρέχει έγκαιρες πληροφορίες για εν δυνάμει προβλήματα.

Βιομάζα

Η βιομάζα είναι μία παράμετρος των καλλιεργειών που απαιτείται ως μεταβλητή εισροών στα πρότυπα πρόβλεψης απόδοσης σοδειάς. Για την εφαρμογή του APOLLO, τα πρότυπα του κατ' εκτίμηση υπολογισμού της βιομάζας πρέπει να είναι εφαρμόσιμα στις σχετικές επιχειρήσεις σε όλη την Ευρώπη. Η ακρίβεια των πληροφοριών δεν πρέπει να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και της γεωργικής πρακτικής. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, το έργο APOLLO αναπτύσσει αρκετά μοντέλα για τον κατ' εκτίμηση υπολογισμό της βιομάζας, αναλόγως των κύριων ομάδων καλλιεργειών (καλλιέργειες με παρόμοια φυλλική δομή και αρχιτεκτονική κόμης) από τα δεδομένα του Sentinel-2 (και του Landsat 8 για να βελτιωθεί η χρονική ευκρίνεια).

Γεωπονική προτυποποίηση

Στα γεωπονικά πρότυπα χρησιμοποιούνται τα δεδομένα της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης. Ο ρόλος τους είναι να μεταφράσουν τα εν λόγω δεδομένα σε πληροφορίες που έχουν σημασία και νόημα για τους παραγωγούς. Έτσι, οι παραγωγοί λαμβάνουν πληροφορίες που τους βοηθούν να είναι αποδοτικότεροι στις γεωργικές τους επιχειρήσεις. Για παράδειγμα, οι παραγωγοί λαμβάνουν πληροφορίες από το APOLLO που αφορούν την άρδευση π.χ. τον χρόνο εφαρμογής και την ποσότητα νερού που πρέπει να χρησιμοποιήσουν. Επιπλέον, είναι δυνατόν να λάβουν πληροφόρηση για την ανάπτυξη των καλλιεργειών τους η οποία τους βοηθά να ανιχνεύσουν εγκαίρως προβλήματα όπως η εμφάνιση επιβλαβών οργανισμών.

3.5.2 Smart-AKIS

<https://www.smart-akis.com>

Το Smart AKIS είναι ένα Ευρωπαϊκό Δίκτυο που επιχειρεί να ενσωματώσει τεχνολογίες και λύσεις έξυπνης γεωργίας μεταξύ της κοινότητας των γεωργών στην Ευρώπη και να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ των επαγγελματιών και των ερευνητών για τον εντοπισμό νέων λύσεων έξυπνης γεωργίας που να ταιριάζουν στις ανάγκες των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Ακόμα είναι το Θεματικό Δίκτυο Έξυπνης Γεωργίας που προωθείται από το EIP-AGRI και χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Ορίζοντα 2020 της ΕΕ. Το πρόγραμμα Smart-AKIS στοχεύει στην εξέταση της καταλληλότητας και της χρήσης τεχνολογιών έξυπνης γεωργίας (TEG) στη γεωργία της ΕΕ, στους οποίους συμμετέχουν αγρότες, βιομηχανία γεωργικών μηχανημάτων, πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα, γεωργική μηχανική και δημόσιοι οργανισμοί.

4 Αξιολόγηση συστημάτων

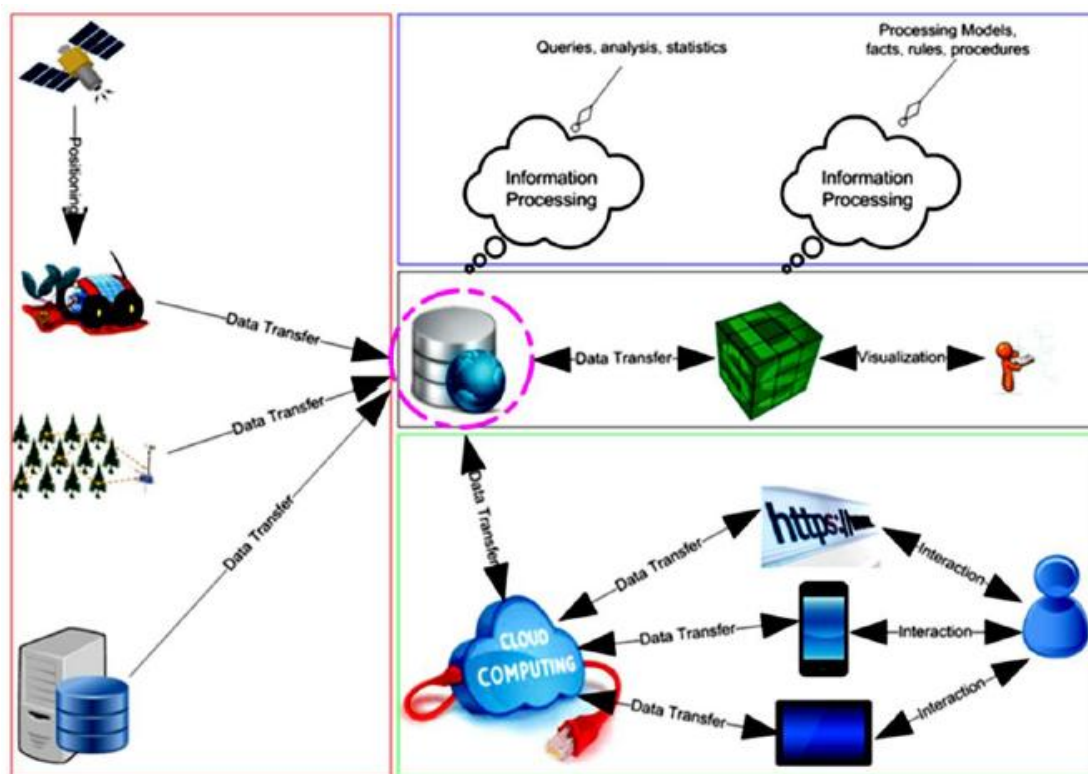
4.1 Πρόγραμμα «Αγρόκτημα του Μέλλοντος» (Future Farm)

Το πρόγραμμα αυτό χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο πλαίσιο του Προγράμματος Πλαισίου 7 και είχε συντονιστή τον Καθηγητή Blackmore και το Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης Θεσσαλίας (ΚΕΤΕΑΘ). Στόχος του προγράμματος ήταν η ανάπτυξη των τεχνικών της γεωργίας ακριβείας για τη δημιουργία ενός συστήματος

διαχείρισης αγροκτημάτων με δημιουργία βάσεων δεδομένων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για έλεγχο των αγροκτημάτων. Στο πρόγραμμα μελετήθηκαν οι στρατηγικές των αγροτών και οι νέες τεχνολογίες που μπορούν να συνδυαστούν με τις απαιτήσεις των πολιτικών της ΕΕ. Μέρος του προγράμματος κάλυψε θέματα ρομποτικής και χρήσης βιοκαυσίμων για κάλυψη των αναγκών σε ενέργεια του αγροκτήματος. Στο πρόγραμμα μετείχε και ένα αγρόκτημα της Θεσσαλίας που εφάρμοσε κάποιες από τις τεχνικές της ΓΑ .

4.2 Συστήματα παρακολούθησης διαχείρισης αγροκτημάτων

Η χρήση αισθητήρων για τη λήψη δεδομένων δημιουργεί μια μεγάλη βάση δεδομένων που είναι γεωδεμένα και μπορούν να δώσουν σημαντικές πληροφορίες για όλες τις δραστηριότητες του αγροκτήματος. Παράλληλα, ηλεκτρονικοί αισθητήρες εγκαταστάθηκαν στους γεωργικούς ελκυστήρες για να διευκολύνουν τον χειρισμό τους και τη λειτουργία των παρελκομένων. Με την αποδοχή της τυποποίησης του IISOBUS (ISO1783) από τους περισσότερους κατασκευαστές, έχουμε στους ελκυστήρες και στα παρελκόμενα μια σειρά αισθητήρων που μετρούν και μεταφέρουν στους χειριστές ένα πλήθος στοιχείων που μπορούν με κατάλληλη διαμόρφωση των συστημάτων να αποθηκευτούν. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να αποτελέσουν μια βάση δεδομένων που μπορεί να αποτελέσει το υπόβαθρο για την ανάπτυξη ενός συστήματος πλήρους καταγραφής των δραστηριοτήτων του αγροκτήματος, ώστε να δημιουργηθεί ένα σύστημα διαχείρισης του αγροκτήματος και ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας. Ένα σύστημα αυτής της μορφής αναπτύσσεται στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Το πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων αποτελείται συνολικά από 3 διαφορετικές εφαρμογές: (i) εφαρμογή android για smartphones και tablets, (ii) εφαρμογή windows για καταγραφή των δεδομένων του ελκυστήρα, και (iii) ιστοσελίδα για την προβολή των δεδομένων. Το σύστημα έχει τη δομή της Εικόνας 4.1.



Εικόνα 4.1: Δομή ενός πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης αγροκτημάτων. Το σύστημα θα καταγράφει όλα τα στοιχεία κινήσεων και λειτουργίας του ελκυστήρα και των παρελκόμενων και θα τα αποθηκεύει σε βάση δεδομένων. Μπορεί να γίνεται αυτόματη επεξεργασία και να παράγονται χάρτες με την παραλλακτικότητα των αγρών π.χ. σε αντίσταση στην κατεργασία. Αυτό θα δημιουργήσει ισχυρό εργαλείο για τη διαχείριση του εξοπλισμού των αγροκτημάτων, αλλά και των καλλιεργειών..

4.3 Αξιοποίηση και Συνδυασμός δεδομένων (Datafusion)

Η ΓΑ με τους αισθητήρες που χρησιμοποιεί συγκεντρώνει έναν τεράστιο αριθμό δεδομένων που είναι δύσκολη η επεξεργασία τους. Για να μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε τα δεδομένα αυτά πρέπει να αναπτυχθούν βάσεις δεδομένων που θα τα κάνουν διαθέσιμα και να αναπτυχθεί λογισμικό που θα μπορεί να τα αξιοποιεί. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν αλγόριθμοι που μπορούν να «εκπαιδευτούν» με βάση τα δεδομένα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων με χρήση διαφόρων εισροών. Τέτοιες τεχνικές είναι τα νευρωνικά δίκτυα (neural networks) και οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες (fuzzy cognitive maps). Οι αλγόριθμοι αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για αναγνώριση ζιζανίων και ασθενειών στα φυτά και για ανάλυση δεδομένων από εφαρμογές ΓΑ στο βαμβάκι, μήλα και αμπέλι. Η προσπάθεια συνεχίζεται με τον συνδυασμό μετρήσεων από διάφορους αισθητήρες που συνδυαζόμενοι, θα μπορούσαν να δώσουν καλύτερες πληροφορίες από τους μεμονωμένους.

4.4 Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της Γεωργίας Ακριβείας όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι:

- Ακριβής γνώση των χαρακτηριστικών του αγροτεμαχίου, τύπος του εδάφους, το pH, τα θρεπτικά στοιχεία, το νερό και η στράγγισή του κ.ά
- Ακριβής γνώση των απαιτήσεων της καλλιέργειας σε θρεπτικά συστατικά, νερό και την κλινική τους εικόνα από άποψη παρασίτων.

- Κατά συνέπεια η Γ.Α. αντιμετωπίζει την παραλλακτικότητα του αγρού και εφαρμόζει την κατάλληλη εισροή, στο σημείο που χρειάζεται, στην κατάλληλη δόση και στο σωστό χρόνο. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση των καλλιεργητικών εισροών και φυσικά ανάπτυξη πιο εύρωστων και πιο παραγωγικών φυτών γιατί καλύπτονται ακριβώς οι ανάγκες τους. Επομένως μειώνεται και το κόστος παραγωγής. Επιπροσθέτως, η εφαρμογή των εισροών στη σωστή δοσολογία παρέχει ποιοτικά προϊόντα κατάλληλα για τις σύγχρονες ανάγκες των καταναλωτών.
- Η αλόγιστη χρήση νερού, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων έχουν προκαλέσει τεράστιες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αυτές περιλαμβάνουν την υποβάθμιση του εδάφους σε βαθμό ερημοποίησης, τη μείωση των υδατικών πόρων στους υδροφορείς, τη διείσδυση του υφάλμυρου νερού στις παράκτιες περιοχές, την αλάτωση και τη ρύπανση των εδαφών και τελικά την παραγωγή προϊόντων κατώτερης ποιότητας και σε πολλές περιπτώσεις επικίνδυνων προς κατανάλωση. Με τη Γεωργία Ακριβείας η σχέση και η αλληλεξάρτηση μεταξύ της γεωργίας και του περιβάλλοντος είναι άμεση και δυναμική. Η σωστή διαχείριση και εφαρμογή των εισροών μειώνει στο ελάχιστο τις επιζήμιες επιπτώσεις της γεωργίας στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου.

Το βασικότερο μειονέκτημα της χρήσης πρακτικών Γ.Α. είναι το κόστος του εξοπλισμού το οποίο όμως μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Στην Ελλάδα επειδή αντιστοιχούν λίγα στρέμματα ανά παραγωγό και είναι μικρές οι καλλιέργειες, η αγορά και η εγκατάσταση του εξοπλισμού δεν είναι συμφέρουσα. για να γίνουν κάποιες εφαρμογές απαιτείται εξοπλισμός μικρού ή μεγάλου κόστους που αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει σε μεγάλη κλίμακα. Για παράδειγμα σε ελάχιστες μηχανές συγκομιδής υπάρχουν συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής. Ο εξοπλισμός αυτός δεν είναι υψηλού κόστους (γύρω στις 5.000 € σε μηχανές που κοστίζουν πάνω από 100.000 €) αλλά οι αγρότες δεν έχουν ενημερωθεί όσο χρήσιμοι είναι οι χάρτες παραγωγής στη διαχείριση των αγροκτημάτων τους. Άλλα μηχανήματα όμως όπως τα συστήματα μεταβλητών δόσεων λιπασμάτων κοστίζουν 30.000€ και σύμφωνα με μελέτες στη Γερμανία πρέπει να καλύπτουν πάνω από 2000 στρέμματα ετησίως (ένας στόχος αρκετά εύκολος για τους επαγγελματίες ιδιοκτήτες μηχανημάτων) για να είναι οικονομικά αποδοτικά δηλαδή το κόστος απόσβεσης και λειτουργίας να είναι χαμηλότερο από το κόστος του λιπάσματος που εξοικονομείται. Μπορεί αυτό τον κίνδυνο να τον αναλάβει ένας ιδιώτης; Ναι, αν τα σχέδια βελτίωσης αντί να προωθούν και να επιδοτούν την αγορά τεράστιων τρακτέρ που δεν αποσβένονται με τίποτα, να προωθούν και να επιδοτούν ισχυρά καινοτόμα μηχανήματα ώστε οι ιδιώτες να αναλάβουν το σχετικό κίνδυνο. Επίσης τα παραπάνω προβλήματα θα μπορούσαν να λυθούν με τη δημιουργία ομάδων παραγωγών ή συνεταιρισμών. Η δημιουργία ομάδων παραγωγών και συνεταιρισμών μπορεί να δώσει και απάντηση στην έλλειψη γνώσεων από πλευράς των παραγωγών, αφού μπορεί να απασχολεί τουλάχιστον ένα άτομο που να μπορεί να καθοδηγεί τους παραγωγούς για τις νέες τεχνολογίες καθώς και να απαντά σε ερωτήματα που προκύπτουν από πλευράς τους. Ένα άλλο σημαντικό ερώτημα είναι σε ποιόν θα ανήκουν τα big data του αγροτικού τομέα.

4.5 Διαθέσιμες Τεχνολογίες στην Αγορά

Σε αυτή τη παράγραφο θα παρουσιαστούν κάποιες εταιρίες που διαθέτουν «έξυπνους» αισθητήρες και τα ανάλογα λογισμικά για εφαρμογές Γεωργίας Ακριβείας σε υπαίθριες καλλιέργειες.

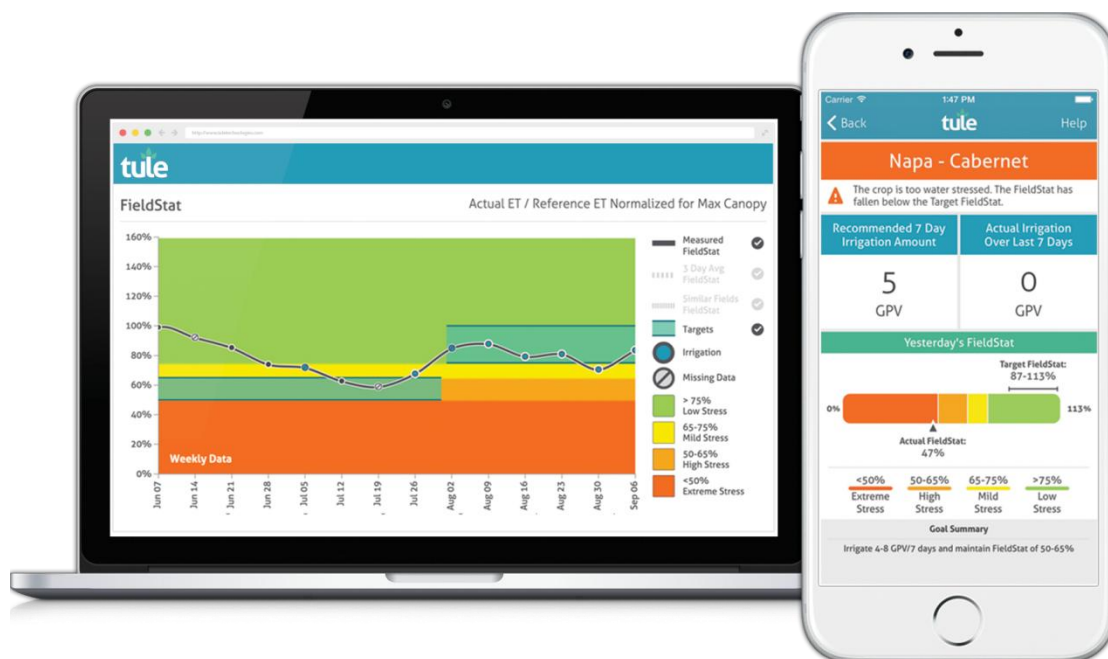
4.5.1 Tule Technologies

<https://www.tuletechnologies.com/>

Το Tule εξετάζει τις απώλειες νερού στο πεδίο αντί για το διαθέσιμο νερό στη ριζική ζώνη, ώστε να προγραμματιστεί η άρδευση. Μπορεί να μετρήσει την πραγματική εξατμισοδιαπνοή του φυτού, με τη χρήση υλικού (hardware) που είναι εγκατεστημένο πάνω από το φυτό.

Χαρακτηριστικά Tule

- Απομακρυσμένη παρακολούθηση της κατάστασης του νερού καλλιέργειας
- Συστάσεις για άρδευση για την κάθε τοποθεσία, υπολογίζοντας όχι μόνο την κατάσταση του νερού καλλιέργειας, αλλά και την ικανότητα αποθήκευσης νερού στο έδαφος.
- Μετρήσεις κλίμακας πεδίου. Ένας αισθητήρας μετρά μέχρι 10 στρέμματα - όχι μόνο ένα σημείο στο έδαφος ή μόνο ένα φυτό.
- Επιβεβαίωση ότι οι εντολές για άρδευση εφαρμόστηκαν επαρκώς.
- Σύγκριση της φυτείας με άλλες.



Εικόνα 4.2: Στιγμιότυπο από την εφαρμογή Tule κινητό τηλέφωνο ή υπολογιστή.

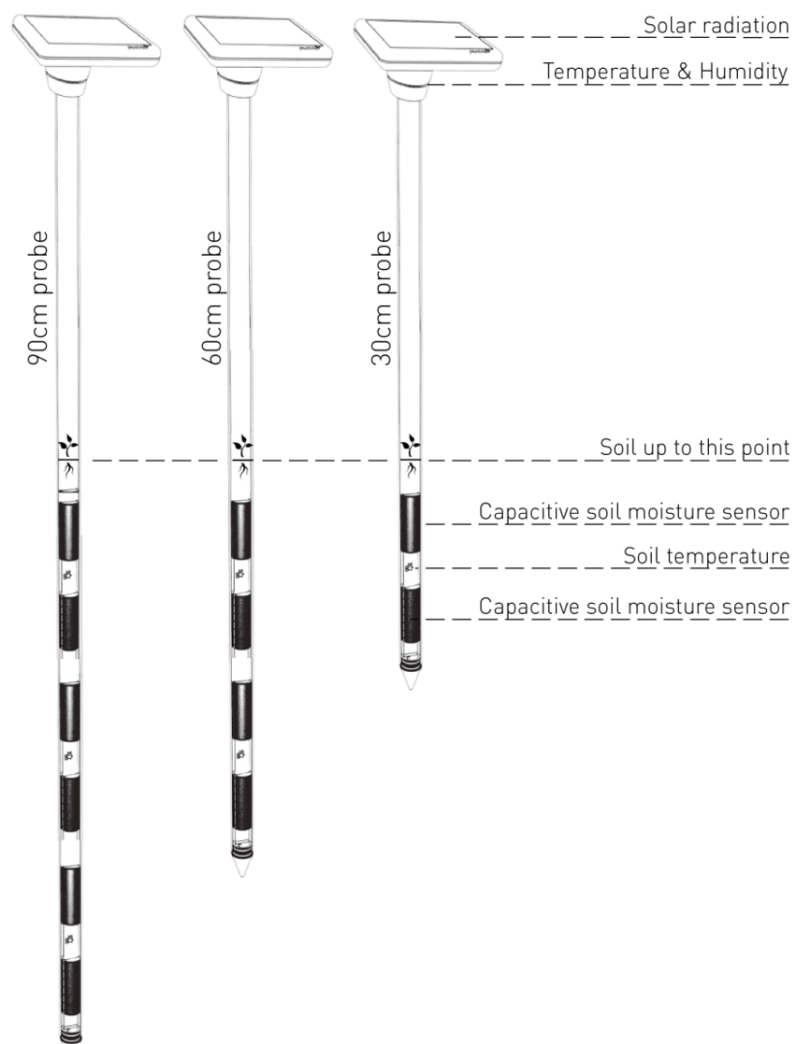
Features	Premium \$1,500/sensor/year	Enterprise \$2,500/sensor/year (25 sensor minimum)
Remote monitoring of crop water status (FieldStat)	✓	✓
Site-specific irrigation recommendations	✓	✓
Field-scale measurements	✓	✓
Status alerts	✓	✓
Atmospheric demand forecast	✓	✓
Irrigation set calculator	✓	✓
Online tutorials and email support	✓	✓
Technical training groups	✓	✓
Web dashboard and iPhone app	✓	✓
Installation and maintenance	✓	✓
Private data - restricted to authorized users	✓	✓
Phone support	✓	✓
Historical comparison to previous years	✓	✓
Private in-person training (up to 2 per year)		✓
SLA for sensor uptime		✓
Enterprise API		✓
End of season custom analysis and review		✓
User roles and permissions		Coming Soon!

Εικόνα 4.3: Τιμολόγηση συνδρομής Tule

4.5.2 Pycno

<https://pycno.co/>

Οι αισθητήρες τους εγκαθίστανται εύκολα από τον ίδιο τον καλλιεργητή, είναι πλήρως αυτόνομοι με ένα ηλιακό πάνελ και εσωτερική μπαταρία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περισσότερες από 160 χώρες (μεταξύ αυτών και η Ελλάδα). Οι αισθητήρες σχηματίζουν ένα δίκτυο μεταξύ τους. Ένας κύριος αισθητήρας (Master), ενεργεί ως πύλη, συλλέγοντας όλες τις μετρήσεις των αισθητήρων και τις ωθεί στο Διαδίκτυο, μέσω κάρτας SIM. Ένα σύμπλεγμα αισθητήρων κόμβων (nodes) χρησιμοποιεί ένα Master για να ωθήσει τα δεδομένα έξω από το αγρόκτημα. Πολλά συμπλέγματα όπως αυτό μπορούν να αναπτυχθούν, αποστέλλοντας δεδομένα ως μία εκμετάλλευση. Πολλές εκμεταλλεύσεις μπορούν να προστεθούν κάτω από κάθε λογαριασμό. Η απόσταση από αισθητήρα σε αισθητήρα είναι μέχρι 500m. Οι αισθητήρες διατίθενται σε διάφορα μεγέθη όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.4.



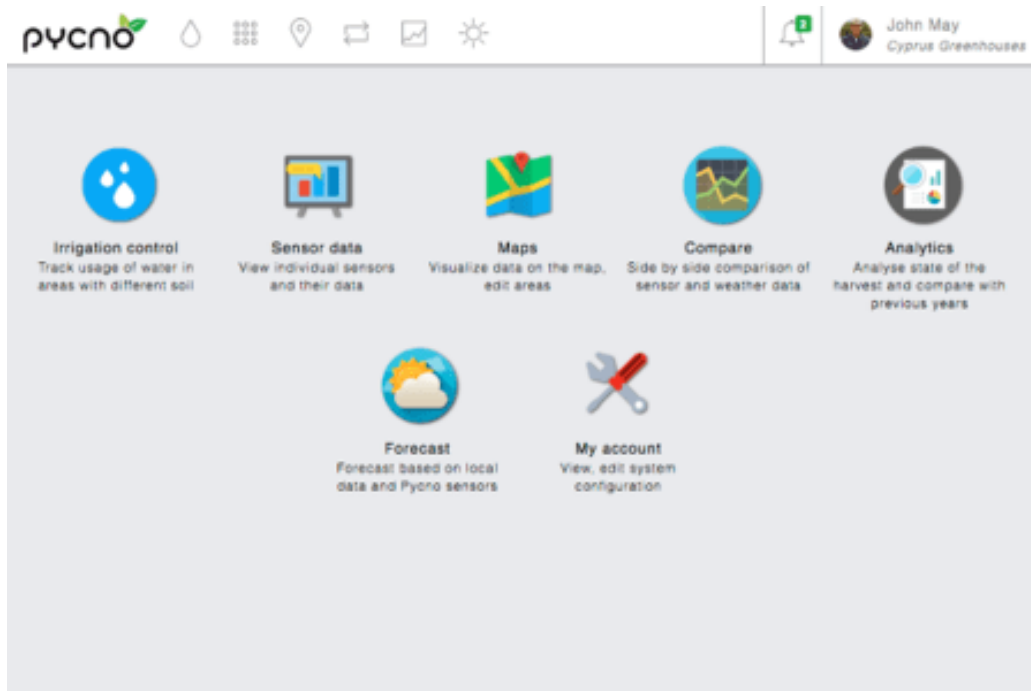
Εικόνα 4.4: Τα διαφορετικά μήκη των αισθητήρων Ργσπο και τι μετρήσεις παίρνουν.

Χαρακτηριστικά της Πλατφόρμας

- Έλεγχος άρδευσης
- Προηγμένη χαρτογράφηση και χάρτες θερμότητας
- Πρόγνωση καιρού
- Πρόβλεψη ασθενειών και ανάπτυξη εντόμων
- Παρουσιάζει τους πιθανούς παράγοντες στρες του φυτού που επηρεάζουν την ανάπτυξή του

Η τιμή αγοράς μιας τετράδας αισθητήρων (1 master+ 3 nodes) με όλα τα απαραίτητα για την εγκατάσταση και λειτουργία τους είναι:

- Για 30cm μήκος 1799 \$
- Για 60cm μήκος 1999 \$
- Για 90cm μήκος 2199 \$



Εικόνα 4.5: Πλατφόρμα Pycno

4.5.3 Acuity Agriculture

Και αυτή η εταιρία προσφέρει μέσω αισθητήρων και λογισμικού πληροφορίες για την καλλιέργεια. Πιο συγκεκριμένα:

- Ανωμαλίες Νερού: Παρακολούθηση της πορείας του νερού, Στρατηγικά χρονοδιαγράμματα άρδευσης. Αποστολή ειδοποιήσεων για ανωμαλίες στο πότισμα.
- Έλεγχος παρασίτων: Αποφυγή των φιλικών προς τους επιβλαβείς οργανισμούς συνθκών. Διάγραμμα ανάπτυξης παρασίτων
- Κλιματική μεταβλητότητα: Πρόβλεψη παγετού, Μείωση πτώσης φρούτων από τους μεγάλους ανέμους
- Χρόνος συγκομιδής: Ακριβής παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών. Υπόδειξη κατάλληλων χρόνων για ψεκασμούς, ώστε να μεγιστοποιηθεί η απόδοση.
- Συντήρηση εδάφους: Μέτρηση της αλατότητας εδάφους, Διατήρηση μιας υγιούς ζώνης ριζών, Μείωση της απορροή και την έκπλυσης.

4.5.4 Phytech

<https://www.phytech.com/>

Σε αυτή την εφαρμογή τοποθετούνται αισθητήρες σε επιλεγμένα φυτά που παρακολουθούν συνεχώς τις μικρο-αλλαγές της διαμέτρου του στελέχους, που είναι επιστημονικά αποδεδειγμένοι δείκτες καταπόνησης. Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο στο σύννεφο (cloud) της Phytech για περαιτέρω αναλύσεις. Η Phytech εφαρμόζει, κατοχυρωμένους με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, αλγόριθμους που μετατρέπουν τα πρωτογενή δεδομένα σε δεδομένα της κατάστασης της συγκεκριμένης καλλιέργειας. Οι προγνωστικές αναλύσεις και οι δυνατότητες πληροφοριών για τα φυτά παρέχουν σημαντικές ειδοποιήσεις και συστάσεις. Η εταιρία εκτιμά αύξηση κέρδους ανά εκτάριο:

126\$ για το καλαμπόκι, 316\$ για τα αμύγδαλα και 82,5\$ για το βαμβάκι. Εκτός από αυτές τις καλλιέργειες, η εταιρία έχει αναπτύξει αλγόριθμους για μήλα και εσπεριδοειδή. Επιπλέον με τη χρήση των προϊόντων της υπάρχει πάνω από 40% εξοικονόμηση νερού, αύξηση της παραγωγής και μείωση κινδύνων.

4.5.5 FieldIn

<https://fieldintech.com/>

Προσφέρει λύσεις λογισμικού διαχείρισης ζιζανίων σε οπωρώνες, ελαιώνες και αμπελώνες, βοηθώντας τους καλλιεργητές να εξοικονομήσουν χρήματα από τις πρακτικές διαχείρισης παρασίτων, μειώνοντας τις συνολικές εφαρμογές φυτοφαρμάκων και εξαλείφοντας τα λάθη ψεκασμού.

4.5.6 Slant Range

<https://www.slantrange.com/>

Η Slant Range παρέχει συστήματα αισθητήρων και αναλύσεων για χρήση σε τηλεκατευθυνόμενα αεροσκάφη (drones). Οι σημαντικότερες παράμετροι που υπολογίζει είναι: η μέτρηση της πυκνότητας των φυτών και των ζιζανίων, η καταπόνηση των φυτών από παράσιτα, την έλλειψη θρεπτικών ουσιών και την αφυδάτωση. Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί η εταιρία μειώνει δραστικά το κόστος των πτήσεων, καθώς απαιτεί επικάλυψη μόνο 20%, καλύπτοντας τέσσερις φορές περισσότερη έκταση ανά πτήση από τις παραδοσιακές μεθόδους.

Τα οπτικά ακριβείας παρέχουν φασματική απεικόνιση με ανάλυση ακρίβειας εκατοστού για την εξαγωγή ισχυρών νέων αναλυτικών στοιχείων. Οι δυνατότητες ανάλυσης ενισχύονται κατά πολύ και από τον επεξεργαστή Qualcomm Snapdragon που φέρει ο αισθητήρας.

Οι αισθητήρες SlantRange έχουν σχεδιαστεί για μετρήσεις χαμηλού υψομέτρου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σχεδόν οποιοδήποτε drone. Η εταιρία έχει κατοχυρώσει με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας την πατέντα του αισθητήρα με βαθμονόμηση ηλιακού φωτός.

Τα αποτελέσματα είναι άμεσα, στο σημείο συλλογής, δεν χρειάζεται σύνδεση με το διαδίκτυο ή υπολογιστικά συστήματα υψηλού επιπέδου. Ενώ, προσφέρεται η δυνατότητα καθολικής φορητότητας των δεδομένων σε πολλές τυποποιημένες μορφές.

4.5.7 ScientAct

<http://www.scientact.gr>

Η ScientAct A.E. ιδρύθηκε το 1995 στην Θεσσαλονίκη, ενώ από το 2001 έλαβε πιστοποιητικό διασφάλισης ποιότητας ISO 9001. Δραστηριοποιείται στον χώρο της υψηλής τεχνολογίας και των εφαρμογών της, στους τομείς του εξοπλισμού περιβαλλοντολογικής έρευνας, βιομηχανικών εφαρμογών και εργαστηριακού εξοπλισμού. Πιο συγκεκριμένα παρέχει τις παρακάτω υπηρεσίες:

- ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ (Μετεωρολογικοί Σταθμοί - Αισθητήρες - Καταγραφικά - Φορητά Όργανα)

- ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ (Υδρολογικοί Σταθμοί - Αισθητήρες - Καταγραφικά - Φορητά Όργανα)
- ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (Αγρομετεωρολογικοί Σταθμοί - Αισθητήρες - Φορητά Όργανα κ.ά.)
- ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ (Όργανα Πεδίου και Εργαστηρίου - Αισθητήρες – Καταγραφικά)
- ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ (Σταθμοί Μέτρησης Εξωτερικού και Εσωτερικού χώρου - Αισθητήρες - Φορητά Όργανα)
- Α.Π.Ε. (Σταθμοί - Αισθητήρες Μέτρησης Ηλιακού και Αιολικού Δυναμικού)
- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ (Όργανα και Αναλώσιμα Εργαστηρίων Έρευνας και Βιομηχανίας)
- ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ (Προπλάσματα - Εποπτικά Υλικά - Εργαστηριακές Ασκήσεις)

Πιο συγκεκριμένα στον τομέα της Γεωργίας Ακριβείας διατίθενται οι παρακάτω τεχνολογίες:

Αγρο-μετεωρολογικοί σταθμοί μέτρησης με δυνατότητα πρόβλεψης ασθενειών. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται μέσω γραμμής GPRS - INTERNET (κινητή τηλεφωνία). Ο χειριστής έχει την δυνατότητα να δει και να επεξεργαστεί τα δεδομένα μέσω internet από οποιοδήποτε σημείο του κόσμου. Η εφαρμογή internet η οποία λαμβάνει και επεξεργάζεται τις μετρήσεις είναι σε πολλές διαφορετικές γλώσσες όπως Αγγλικά, Ελληνικά, Βουλγάρικα, κ.ά. Ο σταθμός λειτουργεί με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και ηλιακό συλλέκτη ο οποίος φορτίζει τις μπαταρίες. Η λήψη και καταγραφή των μετρήσεων στον σταθμό είναι επιλεγόμενη από τον χρήστη στην περιοχή 10-120 λεπτά. Ο ρυθμός αποστολής των μετρήσεων από τον σταθμό στο internet είναι επιλεγόμενος από τον χειριστή και συγκεκριμένα επιλογή αποστολής ανά 10 λεπτά έως και ανά 24 ώρες. Ο χειριστής έχει την δυνατότητα να προγραμματίσει όρια τιμών για όλους τους αισθητήρες. Σε περίπτωση που κάποιος από τους αισθητήρες βγει εκτός ορίων, τότε ο σταθμός μπορεί να στείλει αυτόματα, γραπτό μήνυμα σε αριθμό κινητού τηλεφώνου που έχει επιλέξει ο χειριστής ή e-mail. Τα δεδομένα εμφανίζονται σε μορφή πίνακα. Ο χειριστής έχει την δυνατότητα να επιλέξει ποια από τα δεδομένα θα εμφανίζονται και ποια όχι. Ο χειριστής μπορεί να επιλέξει την εμφάνιση δεδομένων συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Με ένα κλικ του ποντικιού υπολογίζονται και εμφανίζονται αυτόματα, οι ημερήσιες και οι μηνιαίες τιμές των μετρούμενων παραμέτρων. Ο χειριστής μπορεί να δει τις μετρήσεις σε μορφή γραφημάτων. Μπορεί να επιλέξει ποιες παράμετροι θα εμφανίζονται στο γράφημα. Το γράφημα μπορεί να εμφανίζει τις ωριαίες, ημερήσιες ή μηνιαίες τιμές. Το σύστημα υπολογίζει και εμφανίζει ημεροβαθμούς για επιλεγόμενο χρονικό διάστημα και με επιλεγόμενο κατώφλι. Το σύστημα υπολογίζει και εμφανίζει την εξατμισοδιαπνοή (ET). Το σύστημα μπορεί να υπολογίζει την επικινδυνότητα προσβολών από ασθένειες για δέντρα, αμπέλι, πατάτες, κρεμμύδια, καρότα, ντομάτες, μήλα, αχλάδια, πορτοκάλια, κτλ.

Φορητός Μετρητής Χλωροφύλλης. Πρόκειται για εξαιρετικά ακριβή και μη καταστροφική μέθοδο. Το όργανο ερμηνεύει με ακρίβεια την περιεχόμενη χλωροφύλλη σε φυτά. Η μέτρηση της περιεχόμενης χλωροφύλλης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οργάνωση και την βελτιστοποίηση των συνθηκών ανάπτυξης των φυτών αλλά και για σκοπούς προστασίας του περιβάλλοντος.

Φορητό όργανο μέτρησης Φωτοσύνθεσης. Φορητό σύστημα μέτρησης της φωτοσύνθεσης, Διαπνοής και Στοματικής Αγωγιμότητας των φύλλων, εξαιρετικά μικρών διαστάσεων και βάρους με πλήρες σύστημα ρύθμισης και ελέγχου του μικροκλίματος.

Φορητό όργανο μέτρησης Φθορισμού της Χλωροφύλλης. Το σύστημα είναι φορητό και βασίζεται στην αρχή της φθορισμομετρίας διαμόρφωσης πλάτους παλμών (pulse amplitude modulation, PAM). Μετρούμενοι παράμετροι: F_0 , F_m , F_m' , F , F_0' , F_v/F_m (max Yield), $\Delta F/F_m'$ (Yield), qP , qN , NPQ, PAR και $^{\circ}C$.

Εξειδικευμένα συστήματα Φθορισμού Χλωροφύλλης.

- Συστήματα με συνεχόμενη διέγερση (continuous).
- Συνδυασμός οργάνων μέτρησης φωτοσύνθεσης και φθορισμού χλωροφύλλης.
- Συνδυασμός οργάνων φθορισμού χλωροφύλλης με μικροσκόπιο.
- Υποβρύχια όργανα μέτρησης φθορισμού χλωροφύλλης.
- Εκπαιδευτικά συστήματα φθορισμού χλωροφύλλης.

Φορητό όργανο μέτρησης φυλλικής επιφάνειας. Διαθέτει μεγάλη ψηφιακή οθόνη στην οποία εμφανίζονται τα αποτελέσματα μέτρησης καθώς επίσης και η εικόνα του φύλλου που σαρώνει το σύστημα. Δεν προκαλεί καμία βλάβη ή αλλοίωση στο φύλλο. Διαθέτει εσωτερική μνήμη για την αποθήκευση των δεδομένων μέτρησης και των εικόνων. Το σύστημα διαθέτει ειδικό scanner, καθώς επίσης και ενσωματωμένο μικροϋπολογιστή, ο οποίος εκτελεί τις διαδικασίες μέτρησης. Το σύστημα μετρά: Φυλλική επιφάνεια, μήκος φύλλου, πλάτος φύλλου, μέσο όρο φυλλικής επιφάνειας σε ομάδα φύλλων, αθροιστική φυλλική επιφάνεια.

Σύστημα επεξεργασίας εικόνας φυτοπαθολογίας. Σύστημα επεξεργασίας εικόνας ειδικά σχεδιασμένο για φυλλοδιαγνωστική. Αποτελείται από φωτεινή τράπεζα προσπίπτων φωτισμού, έγχρωμη κάμερα υψηλής ανάλυσης και software επεξεργασίας εικόνας το οποίο “τρέχει” με Windows. Το σύστημα είναι το πλέον κατάλληλο για εφαρμογές φυτοπαθολογίας συνδυάζοντας υψηλή ακρίβεια και μεγιστοποιημένη αυτοματοποίηση. Παρέχει αυτόματη μέτρηση υγιούς και νοσούσας επιφάνειας. Μετράει και αναλύει επιφάνεια, μήκος, πλάτος, περίμετρο, γωνία, μέσο όρο ακτινών, μεταβλητότητα ακτινών, αλληλεξάρτηση μεταβλητότητας ακτινών και μέσου όρου ακτινών, κυκλικότητα, επιμήκυνση και παράγοντα σχήματος. Το σύστημα παρέχει την δυνατότητα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων.

Δείκτης φυλλικής επιφάνειας – LAI. Φορητό - εύχρηστο όργανο για αναλύσεις παραμέτρων θόλου καλλιεργειών. Η λειτουργία του οργάνου βασίζεται σε έναν πολυαισθητήρα μήκους 1 μέτρου ο οποίος μετρά την PAR ακτινοβολία. Το όργανο έχει την δυνατότητα λειτουργίας είτε τελείως αυτόνομα με την χρήση ενός φορητού οργάνου μέτρησης καταγραφής και ανάλυσης των μετρήσεων είτε με απευθείας σύνδεση με υπολογιστή. Το όργανο μετρά την προσπίπτουσα καθώς και την διερχόμενη PAR ακτινοβολία σε θόλους φυτικών καλλιεργειών. Το όργανο συνοδεύεται από δεύτερο αισθητήρα χάρη στον οποίο είναι δυνατός ο προσδιορισμός της αναλογίας μεταξύ της απευθείας και της εκ διαχύσεως

προσπίπτουσας PAR ακτινοβολίας πάνω στην καλλιέργεια. Το όργανο προσφέρει απευθείας υπολογισμό και ένδειξη του LAI (Leaf Area Index). Η ηλεκτρονική μονάδα είναι ένας πλήρης ηλεκτρονικός υπολογιστής πολύ μικρών διαστάσεων και διαθέτει οθόνη υγρών κρυστάλλων υψηλής ευκρίνειας. Η χρήση της ηλεκτρονικής μονάδας είναι εξαιρετικά εύκολη καθώς το λογισμικό είναι δομημένο στην μέθοδο των εικονιδίων και των menus (όπως ακριβώς τα Windows).

Σύστημα ανάλυσης παραμέτρων θόλου μεγάλων καλλιεργειών. Είναι ένα πλήρες σύστημα βασιζόμενο σε πρόγραμμα Windows για εύκολη επεξεργασία ημισφαιρικών εικόνων. Η μέθοδος της ημι-σφαιρικής φωτογράφισης είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανάλυση της φυτοκάλυψης, ιδιαίτερα για ψηλά και μη συγκεκριμένης μορφής φυτά, όπως τα δάση. Οι φωτογραφίες λαμβάνονται σε ομοιόμορφες συνθήκες ουράνιου θόλου, με κατεύθυνση από το έδαφος προς τον ουρανό. Για την λήψη της φωτογραφίας χρησιμοποιείται φακός 18 megapixel. Το σύστημα χρησιμοποιεί εκτός από την λαμβανόμενη εικόνα τα δεδομένα της περιοχής λήψης της, προκειμένου να παράγει τις μετρήσεις της δομής φυτοκάλυψης. Με τον συνδυασμό των παραπάνω πληροφοριών και ενός μοντέλου ηλιακής ακτινοβολίας, το σύστημα μπορεί να προβλέψει τα επίπεδα ακτινοβολίας πάνω και κάτω από τα φυτά, καθώς επίσης τους συντελεστές της απευθείας, της διάχυτης και της ολικής ακτινοβολίας. Αποτυπώνοντας την ηλιακή διαδρομή πάνω από την φυτεία και λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος του ηλιακού δίσκου, το σύστημα υπολογίζει την ύπαρξη ηλιακών κηλίδων και την σχετική ηλιακή ακτινοβολία για κάθε ημερολογιακή ημέρα.

Στοματική Αγωγιμότητα Φύλλων- Πορόμετρο. Το όργανο είναι κατάλληλο για την μέτρηση της στοματικής αγωγιμότητας των φυτών. Ο θαλαμίσκος μέτρησης διαθέτει αισθητήρα θερμοκρασίας για την επίτευξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας καθώς επίσης και αισθητήρα υγρασίας. Το όργανο διαθέτει αισθητήρα μέτρησης της PAR ακτινοβολίας. Η όλη διάταξη του αισθητήρα είναι τέτοια ώστε η μέτρηση να μην προκαλεί την καταστροφή του προς μέτρηση φύλλου. Το όργανο έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης, σε εσωτερική μνήμη, των μετρήσεων, επίσης διαθέτει θύρα για την σύνδεση με υπολογιστή και την ανάκληση των μετρήσεων για περαιτέρω επεξεργασία. Συνοδεύεται από καλώδιο για την σύνδεση με υπολογιστή και κατάλληλο software. Το όργανο επιδέχεται ως παράμετρο την Βαρομετρική Πίεση, έτσι ώστε με κατάλληλη μετατροπή να γίνεται αντιστάθμιση και της Βαρομετρικής Πίεσης.

Κλασικό όργανο μέτρησης Υδατικού Δυναμικού Φύλλων. Πλήρως φορητό σύστημα μέτρησης του υδατικού Δυναμικού των φύλλων. Το όργανο παρέχει ακριβή και με ασφαλή μέτρηση και υπολογισμό του stress νερού, φυτικών ιστών. Ο σχεδιασμός του συστήματος σφράγισης του θαλάμου ελαχιστοποιεί την καταστροφή του βλαστού των φύλλων. Η παρεχόμενη πίεση συνεχώς παρακολουθείται από μετατροπέα πίεσης τύπου ημιαγωγού. Ο χρήστης ανά πάσα στιγμή μπορεί να “παγώσει” την ένδειξη της πίεσης με το απλό πάτημα ενός πλήκτρου. Διαθέτει βελονοειδή βαλβίδα, ώστε ο χρήστης να μπορεί να ρυθμίσει με ακρίβεια την ταχύτητα ανόδου της πίεσης στον θάλαμο.

Ηλεκτρονικό όργανο μέτρησης Υδατικού Δυναμικού Φύλλων και Εδάφους. Πλήρες ψηφιακό όργανο προσδιορισμού του υδατικού δυναμικού φύλλων και εδάφους. Η

χρησιμοποιούμενη μέθοδος μέτρησης είναι η ανίχνευση του σημείου δρόσου με την χρήση ψυχόμενου καθρέπτη πάνω από το δείγμα. Διαθέτει αισθητήρα υπερύθρων για την μέτρηση της θερμοκρασίας του δείγματος.

Ολοκληρωμένα συστήματα μέτρησης ροής χυμών. Ολοκληρωμένα συστήματα μέτρησης και καταγραφής της κίνησης των χυμών σε κάθε είδους φυτών. Τα συστήματα υποστηρίζονται από λογισμικά, τόσο για τον προγραμματισμό της διάταξης, όσο και για την επεξεργασία των μετρήσεων.

Ολοκληρωμένα συστήματα δεντρομέτρων. Πρόκειται για υψηλής ακρίβειας δεντρόμετρα για την μέτρηση της ανάπτυξης των κορμών και των φρούτων. Με τους αισθητήρες αυτούς μπορεί να μετρηθεί η επίπτωση παραγόντων stress στο φυτό μέσω της μέτρησης των αυξομειώσεων στην διάμετρο κορμού, κλαδιών και καρπών.

Όργανα μέτρησης του NDVI. Πλήρης σειρά οργάνων μέτρησης NDVI με 4, 8 ή και παραπάνω μήκη κύματος.

Συστήματα Συλλογής σωματιδίων. Πλήρες συστήματα συλλογής αερομεταφερόμενων σωματιδίων (όπως ασκοσπόρια, κονίδια, κτλ), για τον έλεγχο ψεκασμών.

Όργανα μέτρησης σκληρότητας καρπών (Πενετρόμετρα). Φορητά και εργαστηριακά όργανα μέτρησης της σκληρότητας καρπών με δυνατότητα σύνδεσης σε υπολογιστή.

Συστήματα παρακολούθησης ανταλλαγής αερίων σε φυτά και καρπούς

Μύλοι άλεσης φυτικών ιστών

Αισθητήρες μέτρησης συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα

Φορητά και εργαστηριακά διαθλασίμετρα

Θάλαμοι ανάπτυξης φυτών, ελεγχόμενων συνθηκών

Συστήματα δοκιμών ψεκασμών

Συστήματα παρατήρησης ριζικών συστημάτων στο πεδίο μέσω κάμερας

Πλήρης συστήματα μέτρησης και καταγραφής PAR

Ψυχρόμετρο φύλλων για προσδιορισμό του υδατικού δυναμικού. Το σύστημα είναι κατάλληλο για τον προσδιορισμό του υδατικού δυναμικού των φύλλων με την μέθοδο της ψυχρομετρίας (υγρός βολβός). Το σύστημα αποτελείται από έναν ή περισσότερους θαλάμους μέτρησης κα-θώς επίσης και από μια μετρητική συσκευή (μικροβολτόμετρο).

Οσμόμετρο πίεσης ατμών για φυτικούς και ζωικούς ιστούς. Βασίζεται στην αρχή DEW POINT DEPRESSION με την χρήση ενός υγρομέτρου θερμοζεύγους πάνω στο δείγμα και μέσα σε ένα κλειστό θάλαμο. Το όργανο είναι κατάλληλο για φυτικούς και ζωικούς ιστούς.

Ψηφιακό όργανο μέτρησης της υγρασίας και της πυκνότητας σπόρων. Ανθεκτικού τύπου φορητός μετρητής υγρασίας σιτηρών για μέτρηση κατά τη διαδικασία της συγκομιδής και της αποθήκευσής τους. Το ενσωματωμένο καπάκι ηλεκτροδίου διπλού δίσκου έχει χωρητικότητα μόνο 3-4 γραμμ. επιτρέποντας μια πιο ομοιόμορφη δειγματοληψία και παρέχοντας ακριβείς και επαναλήψιμες μετρήσεις. Ο χρήστης μπορεί να συνδέσει ακόμα προαιρετικά εξαρτήματα για να ελέγχει την υγρασία σε υλικά όπως άχυρο.

Φορητό όργανο ελέγχου stress των φυτών. Ειδικά διαμορφωμένο για την γρήγορη αποτύπωση της κατάστασης stress των φυτών. Το όργανο αποτελείται από την μονάδα ελέγχου (είναι μεγέθους χειρός), και έχει ενσωματωμένο probe.

Φορητό όργανο μέτρησης της “Πράσινης Φθορίζουσας Πρωτεΐνης» (GFP). Καινοτόμο όργανο, το οποίο επιτρέπει την μη καταστροφική ποσοτική μέτρηση της GFP (Green Fluorescent Protein) σε δείγματα φύλλων.

Σύστημα μέτρησης και καταγραφής του profile CO₂. Το σύστημα μπορεί να κάνει αυτόματη δειγματοληψία και μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα από 12 διαφορετικά σημεία. Ιδανικό για την καταγραφή του κάθετου profile του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς διαθέτει εσωτερικό data logger.

OPEC Open Path Eddy Covariance System. Πλήρες σύστημα για συνεχόμενο, μακροχρόνιο και άμεσο προσδιορισμό της επιφανειακής διάχυσης του CO₂. Η συσκευή παρέχει ταυτόχρονη και ταχύτατη μέτρηση των ατμοσφαιρικών διακυμάνσεων, του διοξειδίου του άνθρακα και των υδρατμών. Είναι ειδικά σχεδιασμένο, για την ταυτόχρονη χρήση με ανεμόμετρο υπερήχων, για την συσχέτιση της διάχυσης του CO₂ και του H₂O με τους κάθετους ανέμους.

Λογισμικό για τον υπολογισμό της ET_o. Το λογισμικό είναι συμβατό με όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς της εταιρείας μας.

Ολοκληρωμένο σύστημα μέτρησης παραμέτρων ριζικού συστήματος. Πρόκειται για εξειδικευμένο σύστημα ανάλυσης εικόνας. Μερικές από τις βασικές εργασίες που μπορεί να εκτελέσει το σύστημα είναι: Ανάλυση μήκους ριζικού συστήματος (αλλά και άλλων δειγμάτων), υπολογισμός επιφάνειας, μήκους, μέσου όρου δια-μέτρων, πυκνότητα (σχέση μήκους προς όγκο).

Όργανο μέτρησης της ροής για τον Προσδιορισμό της Υδραυλικής Αγωγιμότητας των Φυτών. Το όργανο είναι σχεδιασμένο για την πραγματοποίηση μετρήσεων της υδραυλικής αγωγιμότητας στο ριζικό σύστημα και στους μίσχους των φυτών, χωρίς να είναι απαραίτητο το σκάψιμο και η αποκάλυψη του ριζικού συστήματος.

Φορητό όργανο μέτρησης της ανάκλασης φωτός των καλλιεργειών. Το όργανο παρέχει δεδομένα για τον κλασικό δείκτη βλαστικότητα, καθώς επίσης και δεδομένα ανακλαστικότητας των καλλιεργειών.

Όλα τα παραπάνω όργανα σε συνδυασμό και με τα αντίστοιχα όργανα μέτρησης παραμέτρων εδάφους και κλιματολογικών συνθηκών δίνουν ολοκληρωμένες λύσεις Γεωργίας Ακριβείας.

4.5.8 Gaiarobotics

www.gaiarobotics.gr

Η Gaia Robotics είναι μια ομάδα ειδικών στην τηλεπισκόπηση και στην γεωπληροφορική με κύριο πεδίο ενδιαφέροντος την Γεωργία ακριβείας. Η εταιρία εδρεύει στα Τσουκαλέϊκα Αχαΐας.

Η Gaia Robotics βοηθά τους πελάτες χρησιμοποιώντας μη επανδρωμένα αεροχημάτα (UAV)(drones) και ειδικό επιστημονικό εξοπλισμό με τα οποία συγκεντρώνει, επεξεργάζεται και αναλύει αγροτικά δεδομένα, συνήθως σε λιγότερο από 24 ώρες. Η δυνατότητα συλλογής πολυφασματικών δεδομένων υψηλής ανάλυσης αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο ο κόσμος προσεγγίζει παραδοσιακές πρακτικές σε ένα ευρύ φάσμα επιχειρήσεων. Από την γεωργία ακριβείας μέχρι και στις ασφαλιστικές εφαρμογές, η εναέρια απεικόνιση βοηθά τους επιχειρηματίες να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις από ποτέ.

Η εταιρία επικεντρώνεται σε αγορές, όπως η γεωργία που χρειάζονται οικονομικά αποδοτικές μεθόδους για να αποτιμήσουν καλύτερα τις αποδόσεις των καλλιεργειών, να αυξήσουν την παραγωγή τους, να μειώσουν τόσο τις δαπάνες τους όσο και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εφαρμογή φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων. Χρησιμοποιώντας τις τελευταίες εξελίξεις στην τεχνολογία και εφαρμόζοντας εξελιγμένα εργαλεία επεξεργασίας και ανάλυσης, η Gaia Robotics μπορεί δώσει την επιχειρηματική λύση που χρειάζεται ο κάθε πελάτης. Οι οπτικοί αισθητήρες καταγράφουν υψηλής ανάλυσης αεροφωτογραφίες που απεικονίζουν ακόμη και τις πιο μικρές λεπτομέρειες και ως εκ τούτου εκθέτουν προβληματικές περιοχές στην καλλιέργεια που δεν είναι ορατές στο ανθρώπινο μάτι. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιεί η εταιρία είναι:

- **AgSense.** Παρακολούθηση και καταγραφή περιβαλλοντικών παραμέτρων και συνθηκών στις αγροτικές καλλιέργειες (αμπελώνες, θερμοκήπια κ.α.)

Διαθέσιμοι Αισθητήρες:

- Θερμοκρασία αέρος
- Υγρασία περιβάλλοντος
- Θερμοκρασία εδάφους
- Υγρασία εδάφους
- Υγρασία φυλλώματος
- Ατμοσφαιρική πίεση
- Ηλιακή ακτινοβολία
- Ταχύτητα/διεύθυνση ανέμου
- Βροχόπτωση
- Και άλλοι...

- **Πολυφασματικός.** Υψηλής ανάλυσης με δυνατότητα παραγωγής δεδομένων ακριβείας μεγαλύτερης του 1cm/pixel Καταγραφή πολλαπλών φασμάτων του φωτός.

Είναι ιδανικός για:

- Μέτρηση – Καταγραφή της υγείας των φυτών
- Εκτίμηση Υδατικής Επάρκειας Καλλιεργειών
- Μέτρηση δεικτών βλάστησης
- Καταμέτρηση των Φυτών
- Πρόληψη Ασθενειών – Εφαρμογές Γεωργίας Ακριβείας

- **Θερμικός – Υπέρυθρος.** Καταγράφει την θερμοκρασία κάθε επιφάνειας.

Είναι ιδανικός για:

- Ανίχνευση θερμικών υπογραφών αντικειμένων
- Κτηνοτροφικές Εφαρμογές (Ανίχνευση- Παρακολούθηση Ζώων)
- Εφαρμογές Επιτήρησης και Ασφάλειας
- Ανίχνευση Διαρροών και άλλες κατασκευαστικές εφαρμογές
- Εφαρμογές Παρακολούθησης και Ασφάλειας

- **Οπτικός.** Κάμερα υψηλής ανάλυσης(RGB). Παράγει φωτογραφίες και βίντεο. Διαφορετικού μήκους φακοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή εικόνων υπερευψηλής ευκρίνειας.

Είναι ιδανικός για:

- Εναέρια χαρτογράφηση και απεικόνιση
- Εφαρμογές φωτογραμμετρίας και παραγωγής τρισδιάστατων μοντέλων
- Αγροτικές εφαρμογές (Μέτρηση φυτών-δεικτών βλάστησης)
- Εφαρμογές εναέριας επιτήρησης
- Τοπογραφικές και άλλες γεωδαιτικές Εφαρμογές

4.5.9 Bosch

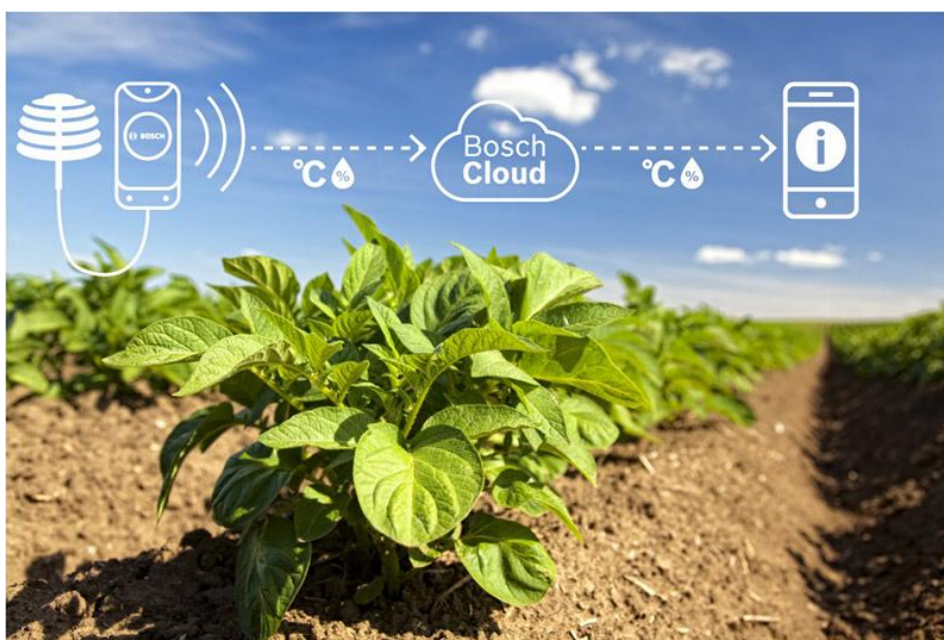
<https://www.bosch.com/stories/smart-agriculture/>

Η Bosch, ως εταιρεία πρωτοπόρος στον τομέα του Internet of Things, προωθεί την υψηλή της τεχνολογία αλλά και μεταφέρει την τεχνογνωσία της για το αυτοκίνητο και στον τομέα της γεωργίας. Είναι από τις λίγες εταιρείες που διαθέτουν ολοκληρωμένες λύσεις για το IoT, δηλαδή και την τεχνολογία αισθητήρων (sensors) και το απαραίτητο λογισμικό (software) και τις αντίστοιχες υπηρεσίες (services).

Χρησιμοποιώντας τη τεχνολογία αισθητήρων MEMS που αρχικά σχεδιάστηκε για τα αυτοκίνητα, η εταιρεία την εφαρμόζει τώρα και στις καλλιέργειες, προκειμένου οι αγρότες να μπορούν να υπολογίζουν με ακρίβεια παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η λίπανση κ.α. Το γεγονός αυτό, ήδη της έχει αποφέρει πωλήσεις αξίας 1 δις ευρώ. Μέσω του Bosch IoT cloud όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων μεταφέρονται στα smartphones των αγροτών, ενώ χάρη σε μία εφαρμογή (app) της εταιρείας, οι αγρότες μπορούν να

επιβλέπουν διαρκώς τις καλλιέργειες τους εξ' αποστάσεως, εξοικονομώντας χρόνο και βελτιώνοντας την ποιότητα και την απόδοση της σοδειάς τους. Επιπλέον, η Bosch διασυνδέει τα τρακτέρ, με σκοπό τα δεδομένα (data) που συλλέγονται να χρησιμοποιούνται από τους αγρότες για την έγκαιρη διάγνωση των βλαβών και την γρήγορη επιδιόρθωσή τους. Τα «έξυπνα» τρακτέρ διαθέτουν ακόμη και πολυφασματικές και υπερφασματικές κάμερες Bosch που αποτυπώνουν εικόνες από την σοδειά και τις στέλνουν στον οδηγό τους μέσω του Bosch IoT cloud αλλά και κάμερες αναγνώρισης αντικειμένων πχ για την παρουσία κάποιου ζώου.

Η αγροτική τεχνολογία που αναπτύσσει η Bosch δεν αποσκοπεί μόνο στην αύξηση της απόδοσης και της ποιότητας της σοδειάς, αλλά και στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Εξού και η συνεργασία της με την Bayer επάνω στη τεχνολογία του «έξυπνου» ψεκασμού. Με τη χρήση πάλι των αισθητήρων διαχωρίζεται η καλλιέργεια από τα ζιζάνια και στη συνέχεια ακολουθεί ο ψεκασμός με παρασιτοκτόνα απευθείας σε αυτά. Με τη χρήση του «έξυπνου» ψεκασμού, οι καλλιέργειες γίνονται πιο αποδοτικές, ενώ μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



Εικόνα 4.6: Μεταφορά μετρήσεων θερμοκρασίας από τον αισθητήρα στο Cloud της Bosch και από εκεί μέσω κατάλληλης εφαρμογής στο smartphone του αγρότη.

Πηγή: https://i2.prth.gr/files/2017/12/04/field_monitoring_kartoffelfeld_grafik_img_h720.jpg

4.5.10 Agrostis

<https://ifarma.agrostis.gr>

Η Agrostis είναι μία εταιρεία πληροφορικής (ίδρυση 2012) με έδρα τη Θεσσαλονίκη, που έχει στόχο να παρέχει προϊόντα και υπηρεσίες πληροφορικής και νέων τεχνολογιών αποκλειστικά στον πρωτογενή τομέα (Γεωργία – Κτηνοτροφία). Η Agrostis συνδυάζει τεχνογνωσία και εμπειρία πολλών ετών στο χώρο της Γεωπονικής και της Πληροφορικής. Η εταιρεία για την ανάπτυξή της χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα "Νέα Καινοτομική Επιχειρηματικότητα" του ΕΠΑΝ II του ΕΣΠΑ 2007-2013. Όσο αφορά την γεωργία ακρίβειας

έχει αναπτυχθεί και βρίσκεται ήδη στο εμπόριο το ifarma, μια εφαρμογή λογισμικού που απευθύνεται στον σύγχρονο αγρότη για την διαχείριση της Αγροτικής του εκμετάλλευσης. Η εφαρμογή αυτή συμπεριλαμβάνει:

➤ Διαχείριση Καλλιεργειών

Το αντικείμενο αυτής της αρμοδιότητας είναι ο προγραμματισμός, η παρακολούθηση και η καταγραφή εργασιών κατά την καλλιεργητική περίοδο. Ακόμα συμπεριλαμβάνεται και η λεπτομερής παρακολούθηση ποσοτήτων και κόστους εφοδίων και συντελεστών, όπως εργατών, μηχανημάτων, σπόρων, λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων. Επίσης είναι η χρήση καθορισμένων πρότυπων εργασιών και προγραμμάτων καθώς και δυνατότητα δημιουργίας νέων και τέλος η προβολή καλλιεργητικών εργασιών σε ημερολόγιο και η καταγραφή στο χάρτη.

➤ Διαχείριση Αποθεμάτων

Στην αρμοδιότητα αυτή εντάσσεται η καταγραφή αγορών εφοδίων, η αυτόματη καταγραφή χρήσης εφοδίου με την εκτέλεση καλλιεργητικής εργασίας, η υποστήριξη πολλαπλών αποθηκευτικών χώρων, η αναφορές αποθεμάτων και λεπτομερής καταγραφή των συναλλαγών, και η εμφάνιση χρήσης και κόστους για το σύνολο των συντελεστών, εργατών, μηχανημάτων και υλικών ανά αγροτεμάχιο και καλλιέργεια.

➤ Οικονομική Διαχείριση

Στην οικονομική διαχείριση έχουμε την καταγραφή του συνόλου των αγορών και των πωλήσεων, και τον προσδιορισμό των διαθέσιμων προϊόντων προς πώληση μέσα από την εργασία συγκομιδής. Από την άλλη η έξυπνη οικονομική ανάλυση βοηθάει στην ανάλυση κέρδους ανά αγροτεμάχιο, καλλιέργεια και εκμετάλλευση, στην ανάλυση κόστους και στον επιμερισμό ανά κατηγορία κόστους. Ακόμα διαθέτει αυτόματο επιμερισμό του σταθερού κόστους στα αγροτεμάχια και τις καλλιέργειες με βάση την έκταση ή την απόδοση και εμφανίζει δυναμικά γραφήματα και εξάγει αναφορές.

➤ Εφαρμογή για φορητές συσκευές:

Η εφαρμογή διαθέτει:

- Χρήση Offline στο χωράφι
- Αυτόματο συγχρονισμό με τον λογαριασμό του χρήστη στο cloud
- Παρακολούθηση, καταγραφή και δημιουργία καλλιεργητικών εργασιών και ορισμός ειδοποιήσεων
- Λήψη φωτογραφιών με την κάμερα της συσκευής και επισύναψη σε αγροτεμάχιο
- Λήψη ειδοποιήσεων για καθυστερημένες εργασίες και υπενθυμίσεις
- Καταγραφή εργασιών με τη χρήση του GPS της φορητής συσκευής
- Έξυπνα εργαλεία για υπολογισμούς
- Απεριόριστος αριθμός καλλιεργειών ανά εκμετάλλευση

➤ Άλλες δυνατότητες:

- Προβολή αγροτεμαχίων, καλλιεργειών και εργασιών στο χάρτη
- Πλήρης βάση δεδομένων γεωργικών φαρμάκων
- Αποθήκευση εγγράφων
- Καταχώρηση αποτελεσμάτων χημικών αναλύσεων εδάφους, νερού και φύλλων
- Δημιουργία σημείων επαναφοράς δεδομένων
- Όλες οι αναφορές διαθέσιμες σε αρχεία Excel, Word και pdf

Η χρήση των υπηρεσιών της συγκεκριμένης εταιρίας διατίθεται με ετήσια συνδρομή. Για μικρομεσαίες εκμεταλλεύσεις το κόστος είναι 180€/ έτος ενώ για γεωργικές επιχειρήσεις 340€/ έτος. Η εφαρμογή διατίθεται επίσης και για Διαχείριση Ομάδων Παραγωγών και Συμβολαιακή Γεωργία.

5 Παράδειγμα χρήσης τεχνολογιών Γεωργίας Ακριβείας σε αγρό που καλλιεργείται βαμβάκι.

5.1 Το βαμβάκι

Το βαμβάκι είναι φυτό απαιτητικό σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα κατάλληλα εδάφη θεωρούνται αυτά που είναι αμμοπηλώδη με αρκετή ποσότητα αργίλου, οργανικές ουσίες και λίγο άζωτο και φώσφορο. Η απόδοση σε παραγωγή δεν επηρεάζεται εάν το χωράφι φυτεύεται για πολλά χρόνια. Στην Ελλάδα λόγω έλλειψης μεγάλων εκτάσεων καλλιεργείται στο ίδιο χωράφι για πολλά χρόνια και πολλές φορές.

Επειδή το βαμβάκι είναι αρκετά ευαίσθητο φυτό η καταπολέμηση των ζιζανίων είναι αρκετά δύσκολη και η ύπαρξη τους μπορεί να μειώσει αισθητά την παραγωγή. Ο πολλαπλασιασμός του βαμβακιού γίνεται με σπορά αφού πρώτα τα σπόρια υποστούν ειδική επεξεργασία και αφαιρεθούν οι διάφορες ίνες που τα περιβάλλουν. Έτσι ο σπόρος κυλά ευκολότερα στις μηχανές σποράς και διευκολύνει την απορρόφηση της υγρασίας του εδάφους.

Στην Ελλάδα η καλύτερη εποχή για τη σπορά είναι από τις αρχές Απριλίου έως τα μέσα Μαΐου. Η θερμοκρασία κατά τη σπορά πρέπει να είναι γύρω στους 15 βαθμούς καθώς χαμηλότερες θερμοκρασίες καθυστερούν το φύτευμα και οι σπόροι μπορεί να εμφανίσουν μύκητες. Το βαμβάκι δεν εξαντλεί το έδαφος από τα θρεπτικά του στοιχεία. Παρ όλα αυτά μερικές φορές χρειάζεται λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα. Η λίπανση με διάφορα άλλα λιπάσματα δεν έχει δώσει καλύτερα αποτελέσματα στην παραγωγή. Όταν χρειαστεί πότισμα τότε αυτό είναι καλό να γίνεται με τη μέθοδο της τεχνητής βροχής, δηλαδή ράντισμα όλου του φυτού.

5.2 Συγκομιδή-Εκκόκκιση

Για να ωριμάσει το βαμβάκι πρέπει να περάσουν περίπου 2 μήνες από τη σπορά. Η συλλογή του γίνεται με ειδικές μηχανές, που είναι πιο σύνηθες ή με το χέρι που είναι πιο δαπανηρό και επίπονο αλλά το βαμβάκι είναι πιο καθαρό και έτσι έχει και καλλίτερη τιμή στο εμπόριο. Μετά τη συγκομιδή το βαμβάκι μεταφέρεται σε ειδικούς χώρους που λέγονται εκκοκκιστήρια. Εκεί γίνεται ο αποχωρισμός των ινών από το σπόρο. Τα

περισσότερα εκκοκκιστήρια διαθέτουν μηχανισμούς που απομακρύνουν τα διάφορα ξένα σώματα όπως χώμα, φύλλα, σπόρους καθώς και την περιττή υγρασία. Μετά από τις διαδικασίες αυτές τα βαμβάκια, καθαρά πλέον, προωθούνται στο εμπόριο.

5.3 Εμπόριο, Χρήσεις

Η κατασκευή υφασμάτων είναι η βασικότερη από τις διάφορες χρήσεις του βαμβακιού. Το μεγαλύτερο μέρος του Ελληνικού βαμβακιού καταναλώνεται εγχώρια ενώ το υπόλοιπο εξάγεται κυρίως σε μορφή νημάτων. Από το σπόρο του βαμβακιού βγαίνει λάδι (βαμβακέλαιο) που χρησιμοποιείται ως επιτραπέζιο αλλά περιορισμένα. Επίσης από τα υπολείμματα του βαμβακιού παρασκευάζεται η βαμβακόπιτα που χρησιμοποιείται ως ζωτροφή.

5.4 Ο αγρός

Θα περιγραφεί η εφαρμογή μίας από τις τεχνολογίες που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο σε αγρό 74 στρεμμάτων, Εικόνα 5.1 δυτικά της πόλης της Κομοτηνής και 1,2 km Βόρεια του χωριού Ροδίτης. Το αγροτεμάχιο έχει μικρή κλίση, 0,85%, με το ψηλότερο σημείο είναι 60 μέτρα και το χαμηλότερο είναι 56 μέτρα,



Εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.1: Οριοθέτηση αγροτεμαχίου



Εικόνα 5.2: Υψομετρικές διαφορές αγροτεμαχίου.

Στο αγροτεμάχιο αυτό δεν υπάρχει σημαντική χώρο-χρονική παραλλακτικότητα, ώστε να υπάρχει λόγος δημιουργίας ζωνών. Παρόλα αυτά η χρήση αισθητήρων είναι σημαντική για την παρακολούθηση του χωραφιού σε πραγματικό χρόνο, ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες για εισροές στην βαμβακοφυτεία έγκαιρα και χωρίς σπατάλες. Με αυτή τη λογική εγκαταστάθηκαν στο αγροτεμάχιο αισθητήρες της εταιρίας Ρυσπο (§ 4.5.2). Επιλέχθηκαν οι αισθητήρες αυτής της εταιρίας διότι είναι εύκολοι στην τοποθέτησή τους από τον ίδιο τον

αγρότη, δεν έχουν ενεργειακές απαιτήσεις (καθώς λειτουργούν με την ηλιακή ενέργεια, η τιμή τους είναι προσιτή και πλατφόρμα της εφαρμογής είναι εύχρηστη.

Η διάταξη των αισθητήρων φαίνεται στην Εικόνα 5.3. Το μήκος των αισθητήρων που επιλέχθηκαν είναι 90 cm καθώς το ριζικό σύστημα του βαμβακιού μπορεί να φτάσει από τα 60cm έως το 1m.

Για το παρόν αγροτεμάχιο ένα σύμπλεγμα αισθητήρων κρίνεται επαρκές. Το σύμπλεγμα αισθητήρων περιλαμβάνει ένα αισθητήρα Master(M) και 3 Nodes(N).



Εικόνα 5.3: Διάταξη αισθητήρων στον αγρό.

5.5 Οικονομικότητα

Η στρεμματική απόδοση βάμβακος κατά μέσο όρο είναι 241,42 κιλά ανά στρέμμα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.1 . Το αγροτεμάχιο μας είναι 74 στρέμματα, άρα η παραγωγή αναμένεται να είναι **17.865 κιλά** ή 17,8 τόνοι.

Η τιμή σύσπορου βαμβακιού τον Μάιο του 2019 είναι περίπου στα 0,54 ευρώ/κιλό. Άρα η ακαθάριστη αξία παραγωγής είναι στα **9.647** ευρώ. Ενώ ο μέσος όρος της τιμής του σύσπορου βαμβακιού από το 2002 έως το 2010 είναι 0,615 ευρώ το κιλό⁴ (Πίνακας 5.1). Σε όλη την ανάλυση δεν υπολογίζονται οι κρατικές ενισχύσεις προς τους παραγωγούς.

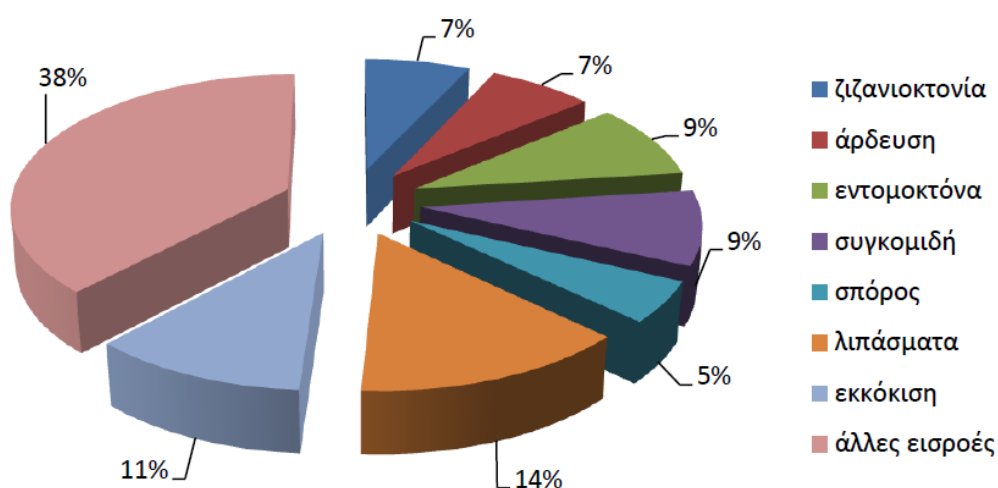
Το συνολικό κόστος παραγωγής ανέρχεται στα 0,88 ευρώ ανά κιλό. Δηλαδή στα 15.721 ευρώ. Σύμφωνα με το γράφημα της Εικόνα 5.4 το 7% του κόστους είναι για ζιζανιοκτονία, 7% για άρδευση, 9% για εντομοκτόνα και το 14% για λίπανση. Η τοποθέτηση αισθητήρων

μπορεί να μειώσει το κόστος σε αυτούς τους τομείς. Δηλαδή η παρέμβαση μπορεί να γίνει στο 37% του κόστους.

Πίνακας 5-1: Εξέλιξη της καλλιέργειας σύσπορου βαμβακιού

ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τόνοι)	ΣΤΡΕΜ. ΑΠΟΔΟΣΗ (κιλά/στρεμ.)	ΤΙΜΗ (δρχ./κιλό)	ΑΚΑΘ. ΑΞΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (σε χιλ. δρχ.)
1961	2.083.600	277.000	133	7,07	1.958.390
1962	2.057.000	253.000	123	6,85	1.733.050
1963	2.312.000	266.000	115	6,7	1.782.200
1964	1.403.000	186.000	133	7,58	1.409.880
1965	1.355.540	205.000	151	7,47	1.531.350
1966	1.403.000	242.000	172	7,07	1.710.940
1967	1.374.000	264.000	192	7,23	1.908.720
1968	1.405.800	210.000	149	8,16	1.713.600
1969	1.487.680	313.000	210	7,17	2.244.210
1970	1.317.100	308.000	234	8,09	2.491.720
1971	1.302.000	330.000	253	9,58	3.161.400
1972	1.650.000	360.000	218	9,93	3.574.800
1973	1.466.000	310.000	211	19	5.890.000
1974	1.510.000	350.000	232	16,56	5.796.000
1975	1.350.000	368.000	273	14,1	5.188.800
1976	1.492.000	340.000	228	23,75	8.075.000
1977	1.820.000	435.000	239	19,86	8.639.100
1978	1.675.000	451.200	269	20,68	9.330.816
1979	1.422.000	320.000	225	24,9	7.968.000
1980	1.411.700	356.000	252	33,12	11.790.720
1981	1.263.000	358.835	284	45,21	16.222.930
1982	1.375.000	315.869	230	62,44	19.722.860
1983	1.680.000	402.506	240	78,73	31.689.297
1984	1.920.000	452.370	236	103,95	47.023.862
1985	2.090.000	526.045	252	109,82	57.770.262
1986	2.100.000	623.592	297	113,87	71.008.421
1987	2.020.000	571.052	283	133,05	75.978.469
1988	2.560.000	749.807	293	137,69	103.240.926
1989	2.800.000	828.944	296	159,9	132.548.146
1990	2.680.000	663.032	247	182,75	121.169.098
1991	2.330.000	680.000	292	238,78	162.370.400

1992	3.212.000	815.000	254	262,32	213.790.800
1993	3.516.000	986.000	280	276,76	272.885.360
1994	3.826.000	1.184.000	309	288,13	341.145.920
1995	4.406.000	1.250.000	284	277,82	347.275.000
1996	4.282.330	962.000	225	294,31	283.126.220
1997	3.862.440	1.058.920	274	295	312.381.400
1998	4.070.000	1.170.000	287	275	321.750.000
1999	4.300.000	1.320.000	307	260	343.200.000
2000	4.050.000	1.235.000	305	298	368.030.000
2001	3.787.378	1.246.839	329	245,34	305.899.480
2002	3.605.000	1.131.500	314	0,88	995.720
2003	3.671.000	972.000	265	1,03	1.001.160
2004	3.837.910	1.254.780	327	0,88	1.104.206
2005	3.630.000	946.000	261	0,9	851.400
2006	3.803.800	765.400	201	0,31	237.274
2007	3.387.240	668.181	197	0,42	280.636
2008	2.841.570	670.000	236	0,2	134.000
2009	2.330.000	600.000	258	0,32	192.000
2010	2.550.000	500.000	196	0,6	300.000



Εικόνα 5.4: Διάθρηση κόστους παραγωγής της καλλιέργειας βαμβακιού

Με τη χρήση των αισθητήρων επετεύχθη μείωση των εισροών αυτών κατά 30%. Δηλαδή το συνολικό κόστος μειώθηκε κατά 11,1%, διαμορφώνεται δηλαδή από 0,88 σε 0,78. Δηλαδή ο παραγωγός εξοικονομεί 1786 ευρώ.

Το κόστος εγκατάστασης των αισθητήρων είναι 2200\$ (περίπου 1959 ευρώ).

Με μια πρώτη ματιά φαίνεται ότι ο παραγωγός κάνει απόσβεση σχεδόν από τον πρώτο χρόνο χρήσης των αισθητήρων. Επιπλέον στους παραπάνω υπολογισμούς δεν λήφθηκε υπόψη η αναμενόμενη αύξηση της παραγωγής ανά στρέμμα, που αναμένεται λόγω καλύτερων συνθηκών καλλιέργειας.

Κάτι ακόμα που προκύπτει από την εξέταση των παραπάνω υπολογισμών είναι ότι η καλλιέργεια βάμβακος είναι ασύμφορη για τους παραγωγούς χωρίς την κρατική ενίσχυση. Επίσης σημειώνεται ότι ο υπολογισμός των εσόδων από την καλλιέργεια βάμβακος είναι πολύπλοκος και ξεπερνά τους σκοπούς της παρούσας εργασίας. Στη παρούσα εργασία μας ενδιαφέρει να αποδείξουμε ότι η εγκατάσταση νέων τεχνολογιών είναι συμφέρουσα για τον μέσο παραγωγό.

6 Συμπεράσματα

Η γεωργία, στην Ελλάδα, χάνει σταδιακά το ρόλο και τη σημασία της σαν τομέας οικονομικής δραστηριότητας και απασχόλησης. Επίσης σήμερα πρέπει να δοθεί έμφαση στην ποιότητα και όχι στη ποσότητα, όπως ήταν η Κοινή Αγροτική Πολιτική του παρελθόντος. Η σημαντικότητα του Αγροτικού τομέα για την Ελλάδα εξακολουθεί να είναι υπολογίσιμη, παρόλο που μειώθηκε, αφού παράγει περίπου το 10% του ΑΕΠ της χώρας, απασχολεί το 20% του εργατικού δυναμικού, τα «νωπά» αγροτικά προϊόντα αποτελούν το 10% του συνόλου των εξαγωγών και τα μεταποιημένα το 30% και τέλος στηρίζει μια σειρά σημαντικών βιομηχανικών κλάδων (βιομηχανίες τροφίμων, καπνού, κλωστοϋφαντουργίας και τον τουρισμό).

Τα ιδιαίτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η Ελληνική Γεωργία σήμερα και που καλείται να λύσει με τη χρήση των νέων τεχνολογιών είναι:

- Μικρός και κατακερματισμένος κλήρος
- Δυσμενείς γεωμορφολογικές συνθήκες
- Ανισομερής κατανομή μεταξύ φυτικής και ζωικής παραγωγής
- Υψηλή εξάρτηση από επιδοτήσεις για μια σειρά αγροτικών προϊόντων
- Περιορισμένη εφαρμογή νέας τεχνολογίας, σύγχρονων μεθόδων παραγωγής και οργάνωσης- διοίκησης των αγροτικών εκμεταλλεύσεων
- Χαμηλό ποσοστό αρδευόμενων εκτάσεων και ανομοιογενής χωροταξική διασπορά των υδάτινων πόρων
- Δυσμενής δημογραφική σύνθεση
- Χαμηλό μορφωτικό επίπεδο
- Ελλείψεις σε μηχανισμούς ενημέρωσης, κατάρτισης, ευαισθητοποίησης του αγροτικού πληθυσμού γενικά και των παραγωγών ειδικά
- Ελλείψεις σε κρίσιμες παραμέτρους για τη σύγκλιση ποιότητας ζωής μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών
- Ανταγωνιστικότητα
 - Χαμηλή παραγωγικότητα (παρά τη συνεχή αύξησή της τα τελευταία χρόνια) εξαιτίας κακού επενδυτικού σχεδιασμού

- Απουσία «επώνυμων» πιστοποιημένων ποιοτικών προϊόντων από την πρωτογενή παραγωγή
 - Μείωση των ιδιωτικών επενδύσεων επί σειρά ετών στις αρχές του 21^{ου} αιώνα.
 - Χαμηλός βαθμός τυποποίησης και μεταποίησης της πρωτογενούς παραγωγής
 - Χαμηλό ποσοστό παραγωγής «βιολογικών» προϊόντων παρά τους εκρηκτικούς ρυθμούς αύξησης της παραγωγής και ζήτησής τους τα τελευταία χρόνια
- Περιβάλλον
- Πιέσεις στο δασικό πλούτο της χώρας για αστική και τουριστική εκμετάλλευση
 - Υφαλμύρωση υδάτων σε παράκτιες περιοχές από την υπερ- άντληση
 - Επιβάρυνση υπόγειων υδάτων και εδαφών σε συγκεκριμένες περιοχές
 - Πιέσεις στη γεωργική γη από αστική και τουριστική ανάπτυξη
 - Μη άσκηση της γεωργικής δραστηριότητας, ιδιαίτερα στις ορεινές περιοχές με αποτέλεσμα την αλλοίωση του τοπίου.

Το κόστος εγκατάστασης αισθητήρων Γ.Α. τείνει συνεχώς να μειώνεται, καθώς υπάρχουν εταιρείες που προσφέρουν υπηρεσίες και με ετήσια συνδρομή. Οι επενδύσεις εξοπλισμού μεγάλης κλίμακας θα μπορούσαν να γίνονται από τους αγροτικούς συνεταιρισμούς ή από εταιρίες που εξειδικεύονται στην παροχή τέτοιων υπηρεσιών, όπως είναι τα Θρακικά Εκκοκκιστήρια για παράδειγμα και όχι από μεμονωμένους τους παραγωγούς.

Οι δαπάνες για τις νέες τεχνολογίες θα μπορούσαν να επιδοτούνται και από το κράτος κατά ένα βαθμό. Όπως και να έχει η εξοπλιστική δαπάνη αποσβάζεται με τον χρόνο λόγω της εξοικονόμησης πόρων από τις εισροές (π.χ. νερό, λίπασμα, φυτοφάρμακα κλπ).

Η ελληνική γεωργία έχει τη δυνατότητα με τη χρήση της πληροφορικής και των νέων τεχνολογιών να παράγει προϊόντα υψηλής ποιότητας, με σεβασμό στο περιβάλλον και να διασφαλίσει ικανοποιητικό εισόδημα στον Έλληνα παραγωγό. Ως φυσική συνέπεια των παραπάνω είναι η τόνωση της ζωής στην ύπαιθρο.

Βιβλιογραφία

Adamchuk, V.I., J.W. Hummel, M.T. Morgan, και S.K. Upadhyaya. «On-the-go soil sensors for precision agriculture.» *Computers and Electronics in Agriculture*, 2004.

Ayday, Can, και Saban Safak. «Application of Wireless Sensor Networks with GIS on the Soil Moisture Distribution Mapping.» *Symposium GIS Ostrava*. Ostrava, 2009. 25-28.

Brasa Ramos, A, F Montero Riquelme, F Montero García, L Orozco, και J.J. Roncero. «Precision viticulture using a Wireless SensorNetwork.» *Acta Horticulturae (ISHS)*, 2010: 307-313.

Corwin, D.L., και S.M. Lesch. «Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture.» *Computers and Electronics in Agriculture*, 2005: 11-43.

Damas, M., A.M. Prados, F. Gomez, and G. Olivares. "HidroBus® system: fieldbus for integrated management of extensive areas of irrigated land." *Microprocessors and Microsystems*, Μάιος 2001: 177-184.

Fountas, S, και συν. «Site-specific management in an olive tree plantation.» *Precision Agriculture*, April 2011: 179-195.

Friedman, S. «Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review.» *Computers and Electronics in agriculture*, 2005: 45-70.

Gemtos, T.A., Ath. Markinos, L Toullos, D Pateras, και G Zerva. «A Precision Farming Application in the Small Cotton Farms of Greece.» *ITAFE conference*. Izmir, Turkey, 2003.

Gemtos, Theofanis, S Fountas, A Tagarakis, και V Liakos. «Precision Agriculture Application in Fruit Crops: Experience in Handpicked Fruits.» *Procedia Technology*, 2013: 324-332.

Gertsis, Athanasios, Dimitrios Fountas, Ionel Arpasanu, and Masianos Michaloudis. "Precision Agriculture Applications in a High Density Olive Grove Adapted for Mechanical Harvesting in Greece." *Procedia Technology*, 2013: 152 – 156.

Gondchawar, Nikesh, και R. S. Kawitkar. «IoT based Smart Agriculture.» *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Ιούλιος 2016: 838-842.

Hydrosense.

http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIFE08_ENV_GR_000570_LAYMAN_EL.pdf.

KESHAVARZI, ALI, και FEREDOON SARMADIAN. «Mapping of Spatial Distribution of Soil Salinity and Alkalinity in a Semi-arid Region.» *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Land Reclamation*, 2012: 3-14.

Lund, E.D., C.D. Christy, και P.E. Drummond. «PRACTICAL APPLICATIONS OF SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY MAPPING.» *2nd European Conference on Precision Agriculture*. 1999.

Markinos, A.T, T.A. Gemtos, D. Pateras, L. Toullos, G. Zerva, και M. Papaconomou. «The influence of cotton variety in the calibration factor of a cotton yield monitor.» *2nd HAICTA conference*. Thessaloniki, 2004. 65-74.

Papageorgiou, E.I, A.T Markinos, and T.A Gemtos. "Soft Computing Technique of Fuzzy Cognitive Maps to connect yield defining parameters with yield in Cotton Crop Production in Central Greece as a basis for a decision support system for precision agriculture application." *Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications*, 2010: 325-362.

Rao, Pinnagadi Venkateswara, K Anuraag, V Aravinth, M Arun David, and E Arun. "Smart Agriculture Monitoring System based on Internet of Things." *International Research Journal of Engineering and Technology*, Μάρτιος 2018: 1952-1956.

Ruiz-Garcia, Luis, Loredana Lunadei, Pilar Barreiro, και Jose Ignacio Robla. «A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and food industry: State of the Art and Current trends.» *Sensors*, 2009: 4728-4750.

Seifi, M.R., R Alimardani, και A Sharifi. «How can soil electrical conductivity measurements control soil pollution?» *Research Journal of Environmental and EarthSciences* , 2010: 235-238.

Surai, S., R Kundu, R Ghosh, και G Bid. «An IoT Based Smart Agriculture System with.» *Journal of Innovation and Research*, Μάιος 2018: 39-42.

TongKe, Fan. «Smart Agriculture Based on Cloud Computing and IOT.» *Journal of Convergence Information Technology*, 1 2013: 210-216.

Vellides, G., M. Tucker, C. Perry, C. Kvien, and C. Bednarz. "A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation." *Computers and Electronics in Agriculture*, Απρίλιος 2008: 44-50.

Whelan, B. M., και A. B. McBratney. «The “Null Hypothesis” of Precision Agriculture.» *Precision Agriculture*, 2000: 265-279.

wikipedia GPS. *wikipedia el*. https://el.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System (πρόσβαση 1 2019).

Wikipedia, Τηλεπισκόπηση. *Wikipedia*. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%BA%CF%8C%CF%80%CE%B7%CF%83%CE%B7> (πρόσβαση 1 2019).

Αγγελοπούλου, Κ. *Γεωργία Ακριβείας στην καλλιέργεια μήλων*. Διδακτορική Διατριβή, Βόλος: Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, 2008.

Βερυκοκίδης, Μανώλης. *ΕΞΥΠΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ -SMART SENSORS*. Πτυχιακή Εργασία, Ηλεκτρολογίας, Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο: ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, 2010.

Μήτσιος. *Γονιμότητα εδαφών. Θρεπτικά στοιχεία φυτών*. Αθήνα.: Zymel,, 2004.

Μπαλαμπάνης, Άγγελος. «Μελέτη της κοστολόγησης της καλλιέργειας βαμβακιού στο Νομό της Αιτωλοακαρνανίας.» Διπλωματική Μεταπτυχιακού, Αγρίνιο, 2017.

Ξενούλης, Μιχαήλ. «Χαρτογράφηση της αναβάσταξης του φυσικού οικοσυστήματος της περιοχής Πάρνηθας Αττικής με χρήση δορυφορικών παρατηρήσεων και γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων.» *Μεταπτυχιακή Διατριβή*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών., 2011.

Στυλιανίδης, Δ.Κ, Α.Δ. Σιμώνης, και Γ.Δ. Συργιανίδης. *Θρεψη, Λίπανση φυλλοβόλων οπωροφόρων δένδρων*. Αθήνα,: Εκδόσεις Σταμούλη, 2002.

Φασνάκης, Γεώργιος. *Η χρήση των νέων τεχνολογιών της πληροφορικής στη γεωργία και στην κτηνοτροφία*. Διπλωματική εργασία Μεταπτυχιακού, Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών, Κοζάνη: ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, 2012.

Φούντας, Σπύρος, και Θεοφάνης Γέμτος. *Γεωργία Ακριβείας*. www.kallipos.gr. Αθήνα: ΣΕΑΒ, 2015.

ΦΥΤΙΛΗΣ, ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Κ. *ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΙΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ*. Διατριβή Ειδίκευσης Μεταπτυχιακού, Βόλος: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, 2012.

Παράρτημα Α παρατίθενται κάποιοι δείκτες που χρησιμοποιούνται στη γεωργία.

1.2 Χαρτογράφηση παραγωγής

Με τη χαρτογράφηση παραγωγής γίνεται ταυτόχρονη καταγραφή της παραγωγής και της θέσης σε πολλά σημεία του αγρού, έτσι ώστε να διερευνηθεί ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την παραγωγή. Για να είναι εφικτό το κέρδος από την καλλιέργεια εξετάζεται πάντα πως θα αυξηθεί η παραγωγή μεν και θα μειωθεί το κόστος της δε.

Η χαρτογράφηση παραγωγής είναι μια από τις πρώτες εργασίες που πρέπει να κάνει ένας παραγωγός που ενδιαφέρεται να εφαρμόσει ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας. Αν η παραγωγή σε έναν αγρό δεν διαφέρει χωρικά και το επίπεδό της είναι ικανοποιητικό, δεν υπάρχει κίνητρο να επενδύσει σε τεχνολογία Γεωργίας Ακριβείας. Αντίθετα, αν υπάρχει σημαντική χωρική παραλλακτικότητα στην παραγωγή σε έναν αγρό, σημαίνει ότι η μέθοδος διαχείρισης που εφαρμόζεται πιθανώς δεν παρέχει τις κατάλληλες καλλιεργητικές πρακτικές σε όλες τις περιοχές του αγρού και σε αυτή την περίπτωση, η εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας θα του πρόσφερε σημαντική δυνατότητα βελτίωσης.

Οι χάρτες παραγωγής μπορούν να συνδυαστούν με εδαφολογικούς χάρτες και άλλα δεδομένα (μετεωρολογικά, τηλεπισκόπισης κα), έτσι ώστε να αρχίσει η διαδικασία ανάπτυξης ενός συστήματος Γεωργίας Ακριβείας.

1.2.1 Συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής για θεριζοαλωνιστικές μηχανές

Προκειμένου να μετρηθεί η παραγωγή, καθώς μια μηχανή συγκομιδής εργάζεται στον αγρό, πρέπει να γνωρίζουμε τρία πράγματα: τη ροή του υλικού σε κάποιο σύστημα της μηχανής συγκομιδής, την ταχύτητα και το πραγματικό πλάτος εργασίας της μηχανής συγκομιδής. Αν η ταχύτητα και το πλάτος εργασίας της μηχανής συγκομιδής είναι γνωστά, τότε και η επιφάνεια που συλλέγεται στη μονάδα του χρόνου είναι γνωστή. Αν ο όγκος ή μάζα του προϊόντος που συλλέγεται στη μονάδα του χρόνου είναι γνωστά και η επιφάνεια συλλογής στη μονάδα του χρόνου είναι γνωστή, τότε και η παραγωγή μπορεί να καθοριστεί.

Τα πιο κοινά συστήματα καταγραφής της παραγωγής αποτελούνται από τα παρακάτω μέρη (Morgan and Ess, 1997):

Αισθητήρες μέτρησης παραγωγής. Οι αισθητήρες μέτρησης παραγωγής τοποθετούνται σε ένα σημείο της μηχανής συγκομιδής που περνά ο καθαρός σπόρος. Μερικά από τα είδη των αισθητήρων αυτών αναφέρονται παρακάτω:

- Αισθητήρες μέτρησης πίεσης (Impact Force Sensor). Οι αισθητήρες αυτοί μετρούν τη δύναμη που ασκεί η ροή του σπόρου σε κάποιο σημείο του σωλήνα μεταφοράς του προϊόντος. Η δύναμη αυτή είναι ανάλογη με τη ροή του σπόρου.
- Αισθητήρες μέτρησης μετατόπισης (Plate Displacement Sensor). Οι αισθητήρες αυτοί είναι παρόμοιοι με τους παραπάνω αισθητήρες με τη διαφορά ότι μετρούν με ποτενσιόμετρο τη μετατόπιση που ασκεί η ροή του σπόρου, καθώς προσκρούει σε κάποιο σημείο του σωλήνα μεταφοράς του προϊόντος. Η μετατόπιση αυτή είναι ανάλογη με τη ροή του σπόρου.

- Ραδιομετρικό σύστημα (Radiometric System). Στο σύστημα αυτό υπάρχει μια πηγή ακτινοβολίας (από το ισότοπο Αμερίκιο 241) και ένας ανιχνευτής. Η ένταση της ακτινοβολίας που μετράται από τον ανιχνευτή είναι η μέγιστη, όταν δεν περνά σπόρος από τον σωλήνα μεταφοράς. Καθώς περνάει ο σπόρος από τον σωλήνα μεταφοράς, η ένταση της ακτινοβολίας που ανιχνεύεται μειώνεται. Η μείωση της έντασης της ακτινοβολίας είναι ανάλογη με τη μάζα του σπόρου. Έτσι, το σύστημα αυτό μετράει τη μάζα σπόρου και η μέτρηση είναι ανεξάρτητη από το είδος του σπόρου.
- Σύστημα με δυναμοκυψέλες (Load cell System). Στο σύστημα αυτό μετράται το βάρος του σπόρου με μια δυναμοκυψέλη, καθώς περνά από τον κοχλία μεταφοράς του σπόρου της μηχανής συγκομιδής. Το βάρος του σπόρου που μετράται συνδυάζεται με την ταχύτητα της μηχανής, την υγρασία του σπόρου και το πλάτος κοπής με σκοπό να δώσει μια εκτίμηση της παραγωγής ανά μονάδα συγκομιζόμενης έκτασης.
- Σύστημα μέτρησης όγκου (Volume Measurement System). Μια άλλη κατηγορία αισθητήρων μέτρησης παραγωγής μετρά τον όγκο του σπόρου που περνά από το σύστημα καθαρισμού του σπόρου. Στο σύστημα αυτό υπάρχει μια πηγή φωτός και ένας αισθητήρας που ανιχνεύει το φως. Η ακτινοβολία που ανιχνεύεται μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα. Η ακτινοβολία που ανιχνεύεται χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί ο όγκος του σπόρου που περνά από τον σωλήνα μεταφοράς του σπόρου. Η μέτρηση αυτή εξαρτάται από το είδος του σπόρου και από την υγρασία του σπόρου. Επίσης, είναι απαραίτητο να μετρηθεί η πυκνότητα του σπόρου με σκοπό να εκτιμηθεί η παραγωγή.
- **Αισθητήρες μέτρησης υγρασίας σπόρου.** Ο αισθητήρας μέτρησης υγρασίας του σπόρου συνήθως τοποθετείται στο σύστημα καθαρισμού του σπόρου κοντά στους αισθητήρες μέτρησης παραγωγής. Συνήθως, χρησιμοποιούνται αισθητήρες με πυκνωτές για τη μέτρηση της υγρασίας του σπόρου. Οι πυκνωτές συσσωρεύουν ηλεκτρικά φορτία σε δύο μεταλλικούς οπλισμούς που χωρίζονται με ένα διηλεκτρικό. Ο αισθητήρας μετρά τις διηλεκτρικές ιδιότητες του σπόρου που περνά ανάμεσα από τους οπλισμούς του πυκνωτή. Όσο υψηλότερο είναι το ποσοστό υγρασίας του σπόρου, τόσο μεγαλύτερη είναι και η διηλεκτρική σταθερά. Επομένως, η μέτρηση της διηλεκτρικής σταθεράς δείχνει την υγρασία του σπόρου.
- **Αισθητήρες μέτρησης ταχύτητας.** Οι αισθητήρες αυτοί εγκαθίστανται στους τροχούς της μηχανής συγκομιδής και μετράνε την ταχύτητά της. Η τεχνολογία των αισθητήρων αυτών βασίζεται σε proximity sensors (μαγνήτες), ραντάρ, υπερήχους, ή σήματα από GPS.
- **Αισθητήρας θέσης μηχανισμού θερισμού μηχανής συγκομιδής.** Ο αισθητήρας αυτός ελέγχει τη ροή και αποθήκευση των δεδομένων. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύει ότι ο μηχανισμός θερισμού είναι ανυψωμένος, δεν γίνεται καταγραφή δεδομένων και επομένως, υπολογισμός της έκτασης ακόμη και όταν η μηχανή συγκομιδής κινείται και όλα τα συστήματα της είναι σε λειτουργία. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύει ότι ο μηχανισμός θερισμού είναι στο έδαφος, γίνεται υπολογισμός της έκτασης που συγκομίζεται.

- **Κεντρική μονάδα με οθόνη.** Η κεντρική μονάδα είναι το βασικό στοιχείο του συστήματος. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος συλλέγει και αποθηκεύει τα δεδομένα από τους αισθητήρες και ταυτόχρονα τα δείχνει στην οθόνη. Τοποθετείται στην καμπίνα της μηχανής συγκομιδής για να είναι εύκολα ορατή από τον χειριστή. Επίσης, ο χειριστής μπορεί να εισάγει πληροφορίες στο σύστημα που αφορούν το όνομα του αγρού, τον αριθμό του φορτίου και το πλάτος κοπής. Οι πληροφορίες που έρχονται από τους αισθητήρες και φαίνονται στην οθόνη αφορούν την υγρασία του σπόρου, τη στιγμιαία παραγωγή, τη μέση παραγωγή, την έκταση που συγκομίστηκε, την ταχύτητα της μηχανής και την ποιότητα του σήματος του GPS.
- **Δέκτη GPS με κεραία** που δίνει στο σύστημα τη θέση της μηχανής συγκομιδής στον αγρό.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω οι αισθητήρες παραγωγής μετρούν έμμεσα την παραγωγή. Για το λόγο αυτό πρέπει το σύστημα να βαθμονομηθεί ώστε να γίνεται μετατροπή των τιμών που λαμβάνονται από τους αισθητήρες σε πραγματική παραγωγή. Η βαθμονόμηση γίνεται συνήθως συγκρίνοντας τα βάρη αρκετών φορτίων που έχουν εκτιμηθεί από τους αισθητήρες παραγωγής με αυτά που προκύπτουν από τη ζύγιση των φορτίων (Markinos, et al. 2004). Αν οι συνθήκες που επικρατούν κατά τη συγκομιδή παραμένουν παρόμοιες με αυτές που υπήρχαν κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης, οι μετρήσεις που λαμβάνονται από τους αισθητήρες είναι σωστές. Αν όμως οι συνθήκες αλλάξουν (πχ υγρασία σπόρου, ποικιλία, ρυθμός ροής σπόρου), τότε το σύστημα χρειάζεται ξανά βαθμονόμηση.

Οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα κάθε 1, 2, 3 ή 5 δευτερόλεπτα. Τα δεδομένα αυτά είναι συνδυασμός της θέσης από το GPS και των δεδομένων που έρχονται από τους αισθητήρες. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται στην κεντρική μονάδα. Με μια κάρτα PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν από την κεντρική μονάδα σε ένα προσωπικό υπολογιστή και με ένα κατάλληλο λογισμικό GIS να γίνει απεικόνιση των δεδομένων σε χάρτες.

Με τη χαρτογράφηση παραγωγής, η διαφοροποίηση της παραγωγής καταγράφεται ποσοτικά και επομένως, δίνεται η δυνατότητα χωρικής καταγραφής, κάτι που ο παραγωγός αδυνατεί να επιτύχει με απλή παρατήρηση. Επιπλέον, δημιουργείται μια βάση δεδομένων που δίνει τη χρονική παραλλακτικότητα. Έτσι, μελετώντας τους αντίστοιχους χάρτες παραγωγής είναι δυνατή η διερεύνηση των αιτίων της παραλλακτικότητας της παραγωγής. Επίσης, στη συνέχεια μπορεί να διερευνηθούν οι συσχετίσεις μεταξύ παραλλακτικότητας στην παραγωγή και εδαφικών ιδιοτήτων ή προβλημάτων που σχετίζονται με τη γονιμότητα του εδάφους, τον έλεγχο των ζιζανίων, στράγγισης, συμπίεσης του εδάφους κ.α. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από την ανάλυση των χαρτών παραγωγής για αρκετά χρόνια μπορούν να αλλάξουν τον τρόπο που ο παραγωγός κάνει εφαρμογή των εισροών στον αγρό.

1.3 Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων

Τα εδαφικά στοιχεία που χρειάζονται τα φυτά για την ανάπτυξή τους είναι (Μήτσιος 2004):

- Τα κύρια στοιχεία [άζωτο (N), φώσφορος (P), κάλιο (K)]
- Τα δευτερεύοντα στοιχεία [ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο(Mg), θείο(S)]
- Τα ιχνοστοιχεία [βόριο (B), χλώριο (Cl), χαλκός (Cu), σίδηρος (Fe), μαγγάνιο (Mn), ψευδάργυρος (Zn), και μολυβδαίνιο (Mo)]

Το άζωτο είναι για τα περισσότερα φυτά ίσως το πιο σημαντικό στοιχείο για την παραγωγή. Ο χρόνος εφαρμογής του N και οι μέθοδοι εφαρμογής παίζουν πολύ σπουδαίο ρόλο. Η εφαρμογή του N πρέπει να γίνεται την εποχή που είναι αναγκαίο για τα φυτά. Όταν η εφαρμογή του N δεν γίνεται την κατάλληλη εποχή, υπάρχουν απώλειες λόγω απονιτροποίησης, έκπλυσης και εξαέρωσης. Η απονιτροποίηση συμβαίνει, όταν μικροοργανισμοί στο έδαφος μετατρέπουν τα νιτρικά του εδάφους σε αέριο N. Αυτό συμβαίνει όταν το έδαφος είναι υγρό, συμπιεσμένο και ζεστό. Η έκπλυση του N γίνεται, όταν το νερό της βροχής ή της άρδευσης παρασύρει το N στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Η εξαέρωση γίνεται, όταν τα λιπάσματα που εφαρμόζονται στην επιφάνεια του εδάφους μετατρέπονται σε αέρια αμμωνία. Επειδή το N μπορεί να χαθεί από το έδαφος με τους παραπάνω τρόπους, πρέπει να γίνεται η εφαρμογή του την εποχή που τα φυτά το χρειάζονται. Επίσης, για τον ίδιο λόγο η δειγματοληψία του εδάφους για ανάλυση N πρέπει να γίνεται λίγο πριν την εφαρμογή του N.

Ο φώσφορος είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των αναπαραγωγικών μερών του φυτού. Μεγάλες ποσότητες φωσφόρου βρίσκονται στους σπόρους και στους καρπούς. Ο φώσφορος συγκρατείται ισχυρά στο έδαφος και δεν έχει απώλειες, όπως το άζωτο. Για τον λόγο αυτό, ο χρόνος εφαρμογής του δεν παίζει τόσο σπουδαίο ρόλο. Επειδή ο φώσφορος συγκρατείται από τα εδαφικά τεμάχια, μπορεί να χαθεί λόγω διάβρωσης.

Το κάλιο παίζει ρόλο στην μετακίνηση ουσιών μέσα στο φυτό. Επίσης, σχετίζεται με την ενεργοποίηση κάποιων ενζύμων που εμπλέκονται σε σημαντικές διεργασίες ανάπτυξης των φυτών. Το κάλιο, επίσης, επηρεάζει την ικανότητα των φυτών να αντέχουν στην έλλειψη υγρασίας. Από τη συνολική ποσότητα καλίου στο έδαφος, μόνο το 1-10% είναι διαθέσιμο για τα φυτά. Για τον λόγο αυτό, οι αναλύσεις εδάφους αποσκοπούν στη μέτρηση του διαθέσιμου καλίου για τα φυτά, έτσι ώστε να δοθούν συστάσεις για την ποσότητα που πρέπει να εφαρμοστεί.

Από τα δευτερεύοντα στοιχεία, το ασβέστιο διεγείρει την ανάπτυξη της ρίζας, του στελέχους και των φύλλων και βελτιώνει την αντίσταση των φυτών στις ασθένειες (Στυλιανίδης, Σιμώνης και Συργιανίδης 2002). Το μαγνήσιο είναι απαραίτητο για την παραγωγή της χλωροφύλλης και βοηθά στην παραγωγή πολλών συστατικών των φυτών, όπως σάκχαρα, άμυλο και λίπη. Το θείο βρίσκεται στο πρωτόπλασμα των κυττάρων και βοηθά στη σύνθεση των πρωτεϊνών και ενισχύει την ικανότητα των φυτών να αντέχουν στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Τα ιχνοστοιχεία χρειάζονται στα φυτά σε πολύ μικρές ποσότητες και για το λόγο αυτό σπάνια παρουσιάζονται ελλείψεις ιχνοστοιχείων. Παρόλα αυτά, σε μερικά εδάφη παρουσιάζονται ελλείψεις και μερικά είδη φυτών είναι ευαίσθητα στις ελλείψεις κάποιων

ιχνοστοιχείων. Για τον λόγο αυτό, πρέπει να γίνεται ανάλυση του εδάφους και για ιχνοστοιχεία.

Εκτός από τα θρεπτικά στοιχεία, το pH του εδάφους επηρεάζει την παραγωγή. Το pH είναι ένα μέτρο της οξύτητας του εδάφους. Χαμηλό pH σημαίνει ότι στο εδαφικό διάλυμα υπάρχουν πολλά κατιόντα υδρογόνου τα οποία αντιδρούν με τα θρεπτικά στοιχεία και τα καθιστούν λιγότερο διαθέσιμα για τα φυτά. Για τη βελτίωση των όξινων εδαφών γίνεται προσθήκη ασβέστου.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή είναι:

- το ποσοστό της οργανικής ουσίας,
- η μηχανική σύσταση,
- η δομή (πυκνότητα και πορώδες),
- η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων,
- η κλίση και η τοπογραφία,
- η μέθοδος κατεργασίας του εδάφους,
- η στράγγιση,
- το βάθος και η συμπίεση του εδάφους.

Τέλος, εκτός από το επίπεδο των θρεπτικών στοιχείων και τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, για την επίτευξη υψηλής παραγωγής είναι απαραίτητο να εξασφαλιστεί το κατάλληλο ποσοστό υγρασίας στο έδαφος με την άρδευση της καλλιέργειας.

1.3.1 Μέθοδοι δειγματοληψίας του εδάφους

Οι δύο πιο κύριες μέθοδοι δειγματοληψίας του εδάφους είναι:

- Δειγματοληψία πλέγματος (grid sampling)
- Δειγματοληψία με βάση τον τύπο του εδάφους (soil type sampling)

Στη **δειγματοληψία πλέγματος** γίνεται διαχωρισμός του αγρού σε τετράγωνα ή ορθογώνια κελιά. Σε κάθε κελί λαμβάνονται δείγματα τα οποία αναμιγνύονται για να αντιπροσωπεύουν τις εδαφικές ιδιότητες του κελιού και στέλνονται στο εργαστήριο για ανάλυση. Με τον τρόπο αυτό γίνεται εκτίμηση των εδαφικών ιδιοτήτων σε μια κλίμακα μικρότερη από ολόκληρο το χωράφι.

Στη **δειγματοληψία με βάση τον τύπο του εδάφους**, η δειγματοληψία γίνεται από τμήματα του αγρού που έχουν παρόμοιο τύπο εδάφους ή άλλα παρόμοια χαρακτηριστικά, όπως οι ζώνες διαχείρισης. Για να γίνει αυτό, ο παραγωγός βασίζεται σε εδαφολογικούς χάρτες. Αρκετά δείγματα συλλέγονται και αναμιγνύονται από κάθε περιοχή με διαφορετικό τύπο εδάφους. Η διαφορά με την προηγούμενη μέθοδο είναι ότι εδώ οι αποστάσεις μεταξύ των δειγμάτων δεν είναι ίδιες.

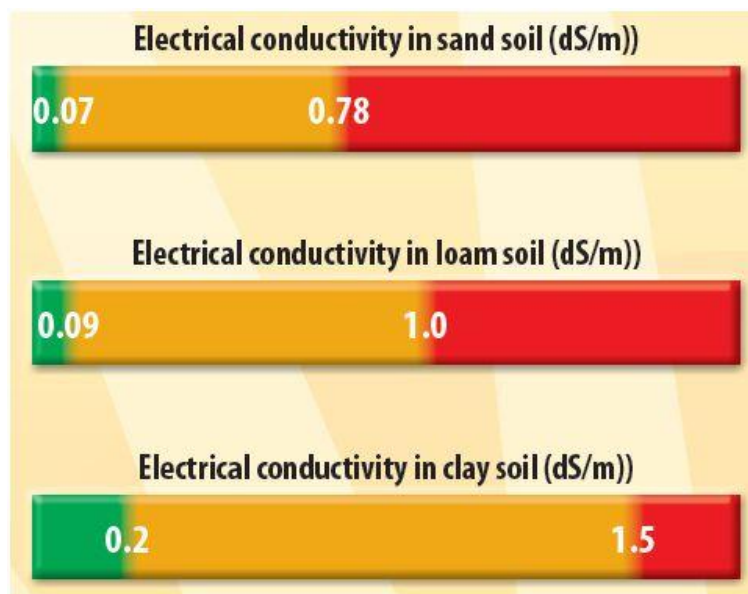
Αν κατά τη λήψη των δειγμάτων γίνεται ταυτόχρονα και καταγραφή της θέσης του δείγματος με GPS, στη συνέχεια, με ένα κατάλληλο λογισμικό δημιουργούνται οι αντίστοιχοι θεματικοί χάρτες των εδαφικών ιδιοτήτων του αγρού.

1.4 Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (Soil electrical conductivity)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, α) Την ηλεκτρική αγωγιμότητα EC, η οποία μετράται στο εργαστήριο και β) την φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα ECa, η οποία μετράται με επαγωγή (με το EM38) ή άμεση μέτρηση με επαφή με το έδαφος (με το Veris).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους ορίζεται ως η ευκολία με την οποία περνάει το ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από τη μάζα του. Η αγωγή του ρεύματος γίνεται μέσω των τριχοειδών πόρων που σχηματίζουν μεταξύ τους τα εδαφικά συσσωματώματα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετράται σε mSiemens/m και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους είναι (Corwin and Lesch 2005) (Friedman 2005):

- Η μηχανική σύσταση του εδάφους. Η άμμος έχει μικρή, η ιλύς μέση και η άργιλος υψηλή αγωγιμότητα.
- Η συμπύεση του εδάφους η οποία αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους.
- Η περιεκτικότητα σε νερό αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Η αλατότητα. Η αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων στο έδαφος αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Εδάφη με μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων έχουν μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Η οργανική ουσία. Η οργανική ουσία αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, γιατί συγκρατεί πολλά ιόντα.
- Η θερμοκρασία του εδάφους. Κατά τη μεταβολή της θερμοκρασίας σε τιμές άνω του μηδενός, η ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταβάλλεται ελάχιστα. Όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω του μηδενός, η ηλεκτρική αγωγιμότητα μειώνεται σημαντικά.



Εικόνα 0.1: Ηλεκτρική αγωγιμότητα διαφορετικών ειδών εδάφους. Αμμώδες, αργιλώδες, πηλώδες.
Πηγή: https://blog.farmacon.gr/images/articles/technika_arthra/HLEKTRIKH_AGWGIMOTHTA_EC/ec2.jpg

Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε ένα έδαφος δεν μεταβάλλεται σημαντικά με την πάροδο του χρόνου. Οι παράγοντες που μπορούν να επιφέρουν δραστικές αλλαγές στην τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι:

- Η μεταφορά εδάφους πχ ισοπέδωση.
- Το βαθύ όργωμα.
- Η χρήση αρδευτικού νερού με πολλά άλατα.
- Η προσθήκη μεγάλης ποσότητας οργανικής ουσίας.
- Η προσθήκη εδαφοβελτιωτικών πχ ασβέστη για διόρθωση του pH.

Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας η μέτρηση της εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας χρησιμοποιείται στον εντοπισμό ομοιογενών ζωνών διαχείρισης στο έδαφος του αγρού που χαρακτηρίζονται σαφέστερα με την ανάλυση εδαφικών δειγμάτων.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι χαρτογράφησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους που δίνουν παρόμοια αποτελέσματα:

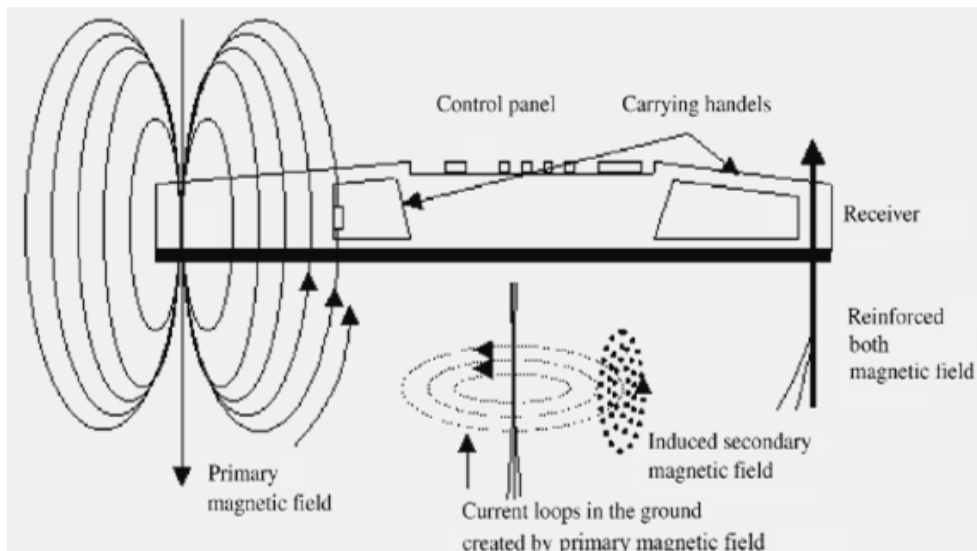
- Με ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.
- Με επαφή.

Με τη μέθοδο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής (electromagnetic induction) μετριέται η επίδραση του εδάφους σε κάποιο μαγνητικό πεδίο. Η επίδραση αυτή σχετίζεται με την εδαφική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η μέθοδος αυτή είναι δύσκολη στην εφαρμογή, απαιτεί συχνή βαθμονόμηση, είναι ευαίσθητη σε παρεμβολές μεταλλικών αντικειμένων και δίνει μετρήσεις που αφορούν ένα βάθος. Το EM38, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 0.2 είναι ένα παράδειγμα μιας συσκευής ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής (EMI) που περιέχει δύο πηνία, ένα για τη δημιουργία ενός μαγνητικού πεδίου ('πηνίο πομπού') και το άλλο για την ανίχνευση ενός εξωτερικού μαγνητικού πεδίου ('πηνίο δέκτη'). Η αρχή λειτουργίας είναι η εξής, το πηνίο-πομπός διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα και δημιουργεί πρωτεύον μαγνητικό πεδίο, του οποίου η ένταση έχει μια ορισμένη τιμή που καταγράφεται από τον δέκτη. Επίσης το πεδίο αυτό εισχωρεί στο έδαφος (και σε οποιοδήποτε άλλο γειτονικό αντικείμενο) και προκαλεί ένα «δευτερεύον» μαγνητικό πεδίο απόκρισης το οποίο στη συνέχεια ανιχνεύεται από το πηνίο δέκτη που βρίσκεται στο άλλο άκρο της συσκευής και συμβάλει με τη καταγραφή του πρωτεύοντος, Εικόνα 0.3.



Εικόνα 0.2: Το EM38

Πηγή: <http://agreng.agr.uth.gr/system/files/imagepicker/1/EM38.jpg>



Εικόνα 0.3: Αρχή λειτουργίας του EM38

Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Principle-of-EM-38-operation-Lesch-et-al-2005-modified_fig1_234001860

Με την μέθοδο της επαφής (contact method) μετρείται η πτώση δυναμικού μεταξύ ηλεκτροδίων στο έδαφος. Ο τρόπος αυτός προσφέρει ευκολία, ταχύτητα και χαμηλό κόστος.

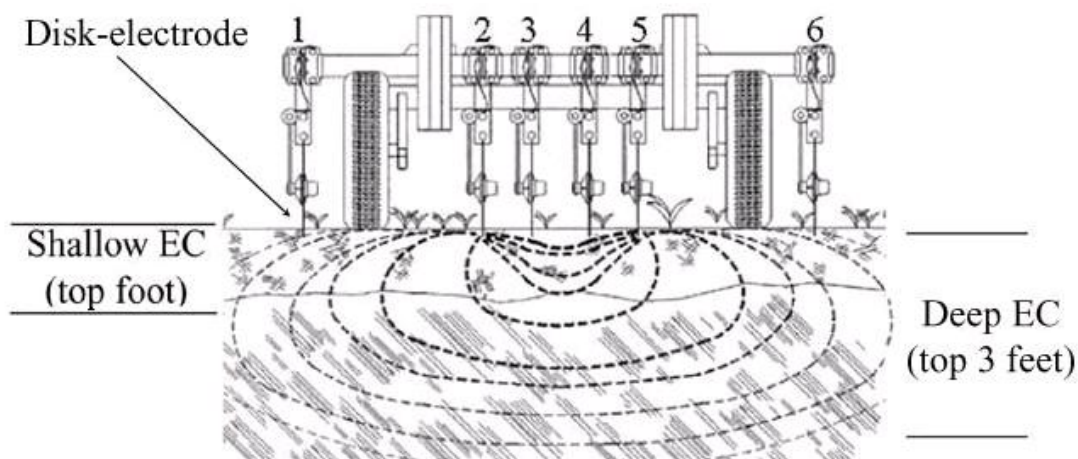
Το σύστημα χαρτογράφησης εδαφών Verris συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους με τη μέθοδο της επαφής και τις δυνατότητες που παρέχει το GPS. Με το σύστημα αυτό μπορούν να χαρτογραφηθούν μεγάλες εκτάσεις εύκολα και γρήγορα. Ο μηχανισμός σύρεται στην επιφάνεια του εδάφους με έναν αγροτικό ελκυστήρα ή ένα αυτοκίνητο και πραγματοποιεί μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους κάθε δευτερόλεπτο, ενώ με τη βοήθεια του GPS καταγράφει και τη θέση του στον αγρό (Εικόνα 0.4). Το μοντέλο Verris 3100 καταγράφει τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας ταυτόχρονα στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους (0-30 εκ.) και στο υπέδαφος (0-90εκ.) (Εικόνα 0.5). Στη συνέχεια, οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε συνδυασμό

με το γεωγραφικό στίγμα των σημείων στα οποία αναφέρονται μεταφέρονται με δισκέτα σε Η/Υ όπου με το κατάλληλο λογισμικό μετατρέπονται σε χάρτη.



Εικόνα 0.4: Το Verris 3100 μοιάζει σαν ένα γεωργικό εργαλείο οργώματος.

Πηγή: <https://www.veristech.com/the-sensors/v3100>



Εικόνα 0.5: Σχεδιάγραμμα του Verris3100, που δείχνει την θέση των ηλεκτροδίων. Το όργανο λαμβάνει δύο σήματα ταυτόχρονα σε διαφορετικά βάθη.

Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Drawing-of-the-Veris-3100-showing-the-trailer-cart-frame-and-wheels-and-the-disc_fig1_260712945

1.5 Ζώνες διαχείρισης (Management Zones)

Η βάση ενός συστήματος Γεωργίας Ακριβείας είναι η διαμόρφωση στον αγρό ζωνών διαχείρισης, που έχουν στόχο την εφαρμογή των εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application). Ζώνη διαχείρισης είναι ένα επιμέρους τμήμα του αγρού που έχει κοινά χαρακτηριστικά και όπου η διαχείριση μπορεί να είναι ενιαία.

Βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι ζώνες διαχείρισης είναι τα εξής:

- Σταθερότητα στο χρόνο.
- Ευκολία στην οριοθέτηση.
- Συσχέτιση με την παραγωγή.

- Χαμηλό κόστος δημιουργίας.

Η δημιουργία των ζωνών διαχείρισης γίνεται αξιολογώντας όλες τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες για τον αγρό όπως είναι:

- Φυσικές ιδιότητες του εδάφους.
- Δυνατότητες διαχείρισης του παραγωγού.
- Πιθανό κέρδος του παραγωγού.

Ο αριθμός των ζωνών διαχείρισης εξαρτάται από:

- Το μέγεθος του αγρού.
- Την παραλλακτικότητα του αγρού.
- Τη δυνατότητα του παραγωγού να διαφοροποιήσει τις εισροές.

Σχετικά με το μέγεθος των ζωνών διαχείρισης, το ελάχιστο μέγεθος καθορίζεται από τη δυνατότητα του παραγωγού να διαφοροποιήσει τις εισροές σε έναν αγρό. Αυτό είναι συνάρτηση του μεγέθους του εξοπλισμού που χρησιμοποιεί. Το μέγιστο μέγεθος των ζωνών διαχείρισης καθορίζεται από τα περιθώρια του αγρού.

Για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιούνται διάφορες πληροφορίες όπως φαίνεται παρακάτω:

- Αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες του αγρού χωρίς βλάστηση.
- Περίγραμμα του αγρού.
- Τοπογραφικοί χάρτες.
- Εδαφικοί χάρτες.
- Χάρτες παραγωγής.
- Αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες του αγρού με βλάστηση.
- Δείκτες βλάστησης.

Άλλες πηγές που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι:

- Δεδομένα από εδαφολογικές αναλύσεις.
- Ελάχιστο μέγεθος ζώνης (εξαρτάται από τον εξοπλισμό).
- Ανωμαλίες του αγρού.
- Προσβολές από έντομα.
- Περιοχές στράγγισης.

Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν στοιχεία της ιστορίας του αγρού όπως:

- Θέσεις παλαιών δρόμων, κτισμάτων.
- Χάρτες που δείχνουν τη διέλευση των οχημάτων στο παρελθόν.
- Λίπανση προηγούμενων ετών.
- Καλλιέργειες των προηγούμενων ετών.
- Κάλυψη άρδευσης.
- Περιοχές του αγρού που συγκρατούν μεγάλη υγρασία.

- Περιοχές του αγρού που έχουν υποστεί διάβρωση.

Οι γνώσεις που χρειάζονται για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι:

- Αγρονομικές.
- Διαχείριση και οικονομικά.
- Ιστορία του αγρού.
- Δυνατότητες και περιορισμοί που προκύπτουν από τη χρήση του εξοπλισμού.

Οι ζώνες διαχείρισης χρησιμοποιούνται συχνά για να δείξουν περιοχές του αγρού με όμοιο δυναμικό παραγωγής. Ζώνες που βασίζονται στη γονιμότητα του εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία χαρτών εφαρμογής λιπασμάτων με μεταβλητές δόσεις. Επίσης οι ζώνες διαχείρισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή θέσεων για λήψη δειγμάτων εδάφους. Επιπρόσθετα, περιοχές του αγρού με όμοιες ιδιότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συσχέτιση της παραγωγής με εδαφικούς και τοπογραφικούς παράγοντες για τη δημιουργία προτύπων ανάπτυξης καλλιεργειών.

Μια μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι η ανάλυση συστάδων (cluster analysis). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, τα δεδομένα ταξινομούνται σε δύο ή περισσότερες κλάσεις (ζώνες διαχείρισης). Στόχος της είναι η ελαχιστοποίηση της παραλλακτικότητας εντός της κλάσης και η μεγιστοποίηση της παραλλακτικότητας μεταξύ των κλάσεων. Η διαδικασία που ακολουθείται για τη cluster analysis είναι η εξής :

1. Αρχικά γίνεται η αναπαράσταση των στοιχείων (δεδομένα), καθώς και η επιλογή κάποιων από τα χαρακτηριστικά των στοιχείων.
2. Ακολουθεί το κατάλληλο μέτρο ομοιότητας μεταξύ των στοιχείων (η απόσταση μεταξύ των στοιχείων).
3. Η επιλογή του κατάλληλου αλγορίθμου.
4. Αφαίρεση των δεδομένων, όταν χρειάζεται.
5. Εκτίμηση του αποτελέσματος (Ανάλογα με την περίπτωση).

Η παραπάνω μέθοδος χρησιμοποιείται από διάφορα προγράμματα, όπως το FuzMe του Κέντρου για τη Γεωργία Ακριβείας της Αυστραλίας στο Πανεπιστήμιο του Σύδνεϋ και το MZA (Management Zone Analyst) του Πανεπιστημίου του Μιζούρι των ΗΠΑ.

Τέλος, μια διαφορετική στατιστική μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι η **Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis)**. Factor analysis είναι η μέθοδος κατά την οποία όλες οι παράμετροι (εδαφικές ή καλλιεργητικές) ομαδοποιούνται σε 2 ή περισσότερους παράγοντες. Οι παράγοντες αποτελούν εξισώσεις των παραμέτρων. Οι παράμετροι για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν πρέπει να πληρούν την προϋπόθεση ότι ο συντελεστής Kaiser της επάρκειας του δείγματος είναι μεγαλύτερος του 0,5. Ο συντελεστής Kaiser πλέον αναφέρεται ως ΚΜΟ (Kaiser-Meyer-Olkin). Εάν δύο μεταβλητές μοιράζονται έναν κοινό παράγοντα με άλλες μεταβλητές, η μερική τους συσχέτιση θα είναι μικρή, οπότε μοιράζονται την παραλλακτικότητα. Μικρές τιμές δείχνουν ότι γενικά οι

μεταβλητές δεν έχουν κοινά στοιχεία. Εάν δεν πληρούν την προϋπόθεση αυτή, τότε δεν μπορούν να συμμετέχουν στους παράγοντες.

1.6 Εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application)

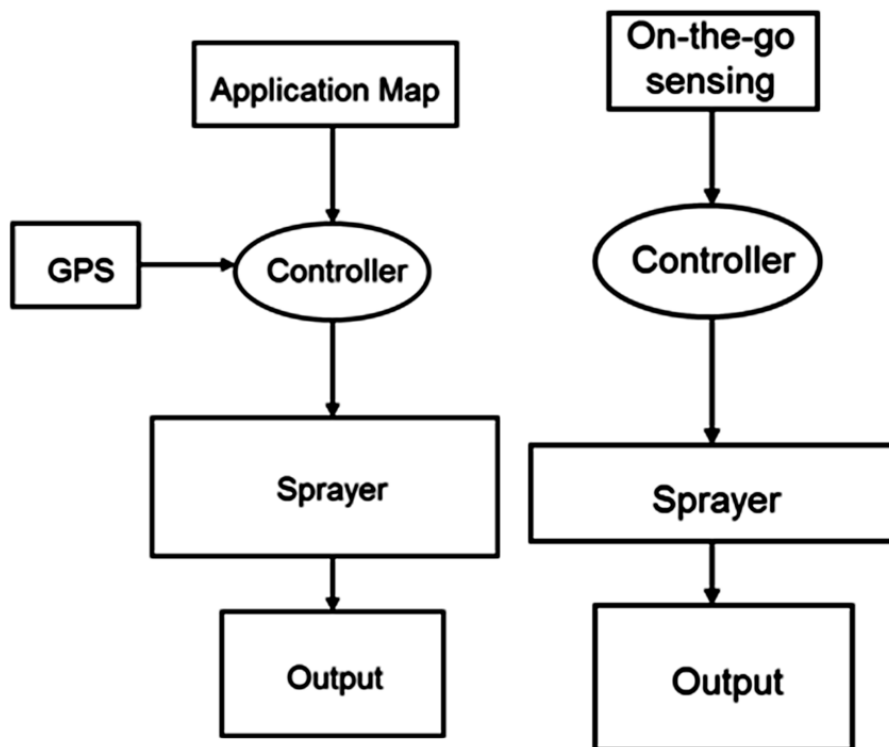
Το επόμενο στάδιο μετά τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι η εφαρμογή των εισροών (σπόρος, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, αρδευτικό νερό) ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε ζώνης. Η τεχνική αυτή ονομάζεται εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις. Υπάρχουν δύο μέθοδοι εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις:

- με χρήση χαρτών (map based VRA) και
- με χρήση αισθητήρων (sensor based VRA)

Η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις με **χρήση χαρτών** προσαρμόζει τη δόση της εισροής με βάση την πληροφορία που παίρνει από ένα χάρτη. Αυτά τα συστήματα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να καθορίσουν τη θέση της μηχανής στον αγρό και να τη συσχετίσουν με την επιθυμητή δόση διαβάζοντας ένα χάρτη. Η δόση εφαρμογής είναι ο όγκος στη μονάδα της επιφάνειας ή το βάρος στη μονάδα της επιφάνειας της εισροής.

Η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις με **χρήση αισθητήρων** χρησιμοποιεί δεδομένα από αισθητήρες που δουλεύουν σε πραγματικό χρόνο (real time). Οι αισθητήρες αυτοί παίρνουν δεδομένα που αφορούν εδαφικές ιδιότητες ή χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, καθώς το μηχάνημα προχωράει στον αγρό (on-the-go). Στη συνέχεια, το σύστημα ελέγχου χρησιμοποιεί αυτόματα τα δεδομένα από τους αισθητήρες για να προσαρμόσουν τις εισροές (πχ λιπάσματα, φυτοφάρμακα) στις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών. Οι αισθητήρες πρέπει να παρέχουν συνεχώς δεδομένα στον ελεγκτή, έτσι ώστε οι εισροές να διαφοροποιούνται σε μικρές επιφάνειες του αγρού. Αυτή η μέθοδος δεν απαιτεί GPS. Όμως, αν υπάρχει GPS, τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή χαρτών.

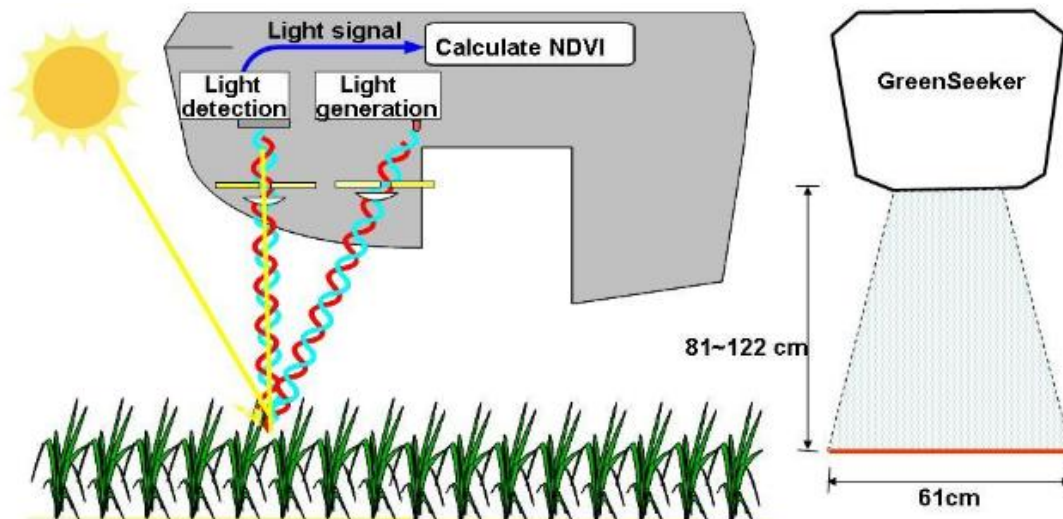
Οι βασικές έννοιες των δύο μεθόδων εφαρμογής παρουσιάζονται σχηματικά στην Εικόνα 0.6. Στο αριστερό τμήμα της εικόνας έχουμε τη δημιουργία χαρτών εφαρμογής με βάση ιστορικά στοιχεία (χάρτες παραγωγής, ανάλυση ιδιοτήτων εδάφους, μέτρηση συμπίεσης του εδάφους) τα οποία εισάγονται σε έναν Η/Υ που παράγει τους χάρτες εφαρμογής, που εισάγονται σε δεύτερο επεξεργαστή στο μηχάνημα ο οποίος δίνει εντολή να αλλάξει η ρύθμιση του μηχανήματος εφαρμογής κατά την κίνηση στο χωράφι. Οι χάρτες εφαρμογής έχουν συντεταγμένες και καθορίζουν σε ποια σημεία θα αλλάξει η ρύθμιση. Ένα GPS δίνει τη θέση του μηχανήματος διαρκώς και καθορίζει πότε θα γίνει η αλλαγή της ρύθμισης. Στο δεξί τμήμα του Σχήματος φαίνεται η εφαρμογή μεταβλητών δόσεων με χρήση αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο κατά την κίνηση του μηχανήματος στο χωράφι. Ο αισθητήρας μετρά κάποιο χαρακτηριστικό της φυτείας, πχ το χρώμα ή το ύψος των φυτών ή το μέγεθος της κόμης των δένδρων ή κάποιο στοιχείου του εδάφους, όπως τη φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα και δίνει άμεσα την εντολή να αλλάξει η ρύθμιση.



Εικόνα 0.6: Σχηματική παράσταση λειτουργίας των μεταβλητών εφαρμογής δόσης εισροών με ένα ψεκαστικό. Συστήματα βασισμένα σε χάρτες (αριστερά) και αισθητήρες (δεξιά).

Πηγή: (Φούντας και Γέμος 2015)

Τέτοια παραδείγματα συστημάτων εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις με χρήση αισθητήρων είναι το Greenseeker (NTech Industries, Εικόνα 0.7) και το Weedseeker (NTech Industries).



Εικόνα 0.7: Η δομή ενός οπτικού αισθητήρα που παράγει φως, μήκους κύματος ερυθρού και υπέρυθρου και μετράει την ακτινοβολία που αντανακλάται από το στόχο για να υπολογίσει τον δείκτη βλάστησης NDVI.

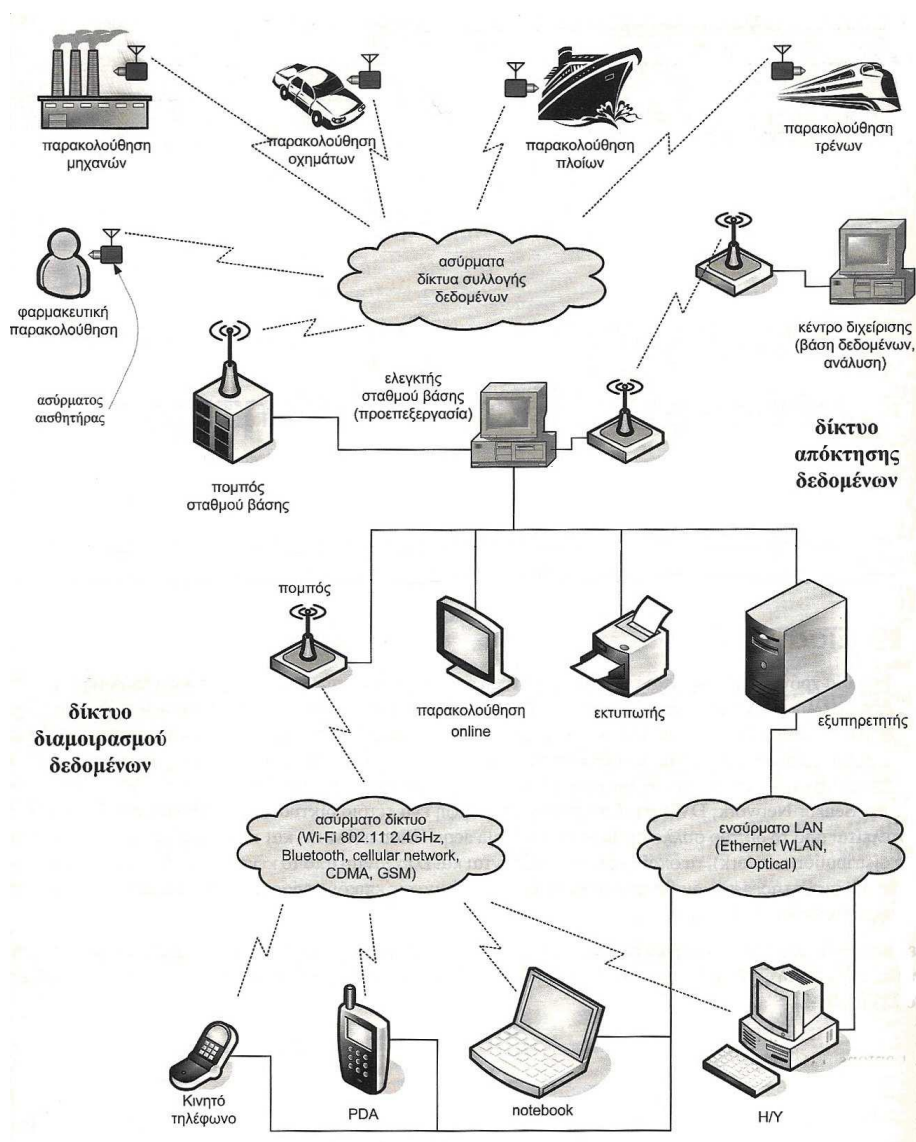
Πηγή: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:AND9GcQsfyblt2gANZCjf2xR7ZP-G2QEUB5rg-Klj1XZwT8p7dezi82U>

Το Greenseeker είναι ένα μηχάνημα το οποίο μετράει τις ανάγκες του φυτού για άζωτο, καθώς προχωράει στον αγρό και εφαρμόζει το N ανάλογα με τις ανάγκες της καλλιέργειας. Δουλεύει με τον εξής τρόπο:

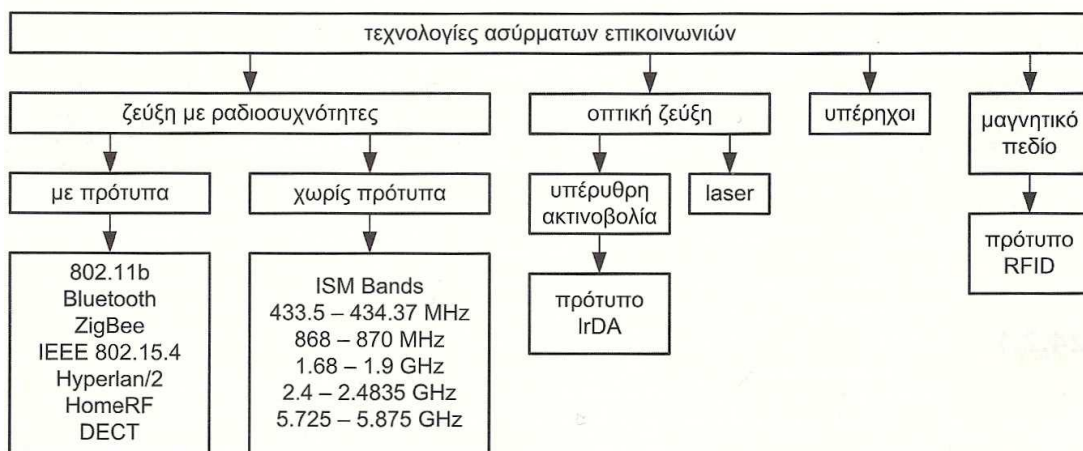
➤ Ο αισθητήρας σαρώνει την καλλιέργεια χρησιμοποιώντας LED.

6.1 Εκτιμά την υγεία της καλλιέργειας χρησιμοποιώντας το δείκτη NDVI, βλέπε Ασύρματοι αισθητήρες και ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

Οι αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι σε μεγάλη γεωγραφική έκταση μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους ασύρματα, σχηματίζοντας ένα καταναμημένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Distributed Wireless Sensor Network, DWSN). Στη γενική του μορφή ένα τέτοιο δίκτυο παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.3: Ένα καταναμημένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων Αποτελείται από το δίκτυο συλλογής δεδομένων (data acquisition network) και το δίκτυο διανομής δεδομένων (data distribution network), τα οποία παρακολουθούνται και ελέγχονται από το κέντρο διαχείρισης (management center). Οι αισθητήρες που διαθέτουν τη δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας αναφέρονται ως «ασύρματοι αισθητήρες» (wireless sensors). Η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων σε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων υλοποιείται χρησιμοποιώντας RF (radio frequency), οπτική ζεύξη (πχ. υπέρυθρη), ζεύξη με υπερήχους και μαγνητική ζεύξη, όπως φαίνεται παραστατικά στην Εικόνα 2.4.



Εικόνα 2.3: Ένα κατακεντρωμένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων



Εικόνα 2.4: Τεχνικές ασύρματης επικοινωνίας με ασύρματα δίκτυα

Η οπτική ζεύξη με υπέρυθρη ακτινοβολία έχει τα πλεονεκτήματα του χαμηλού κόστους και της ανοχής σε παρεμβολές από ηλεκτρικά σήματα και χρησιμοποιείται ευρύτατα στην

επικοινωνία υπολογιστικών συστημάτων (πχ. Laptops, PCs κλπ.) με περιφερειακές συσκευές. Σε εφαρμογές τηλεμετρίας η ασύρματη μετάδοση των δεδομένων που παράγονται από τα συστήματα μετρήσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας GSM (Global System for Mobile Communications) χρησιμοποιώντας GSM μόντεμ ή GPRS (General Packet Radio Service) μόντεμ.

Πρότυπα ασύρματης επικοινωνίας

Τα Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (Wireless Personal Area Networks, WPANs) είναι δίκτυα χωρίς προκαθορισμένη δικτυακή υποδομή, όπου οι κόμβοι του δικτύου επικοινωνούν μεταξύ τους σε ακτίνα, συνήθως της τάξης των αρκετών μέτρων. Οι ασύρματοι αισθητήρες μπορούν να λειτουργούν ως κόμβοι τέτοιων δικτύων αρκεί να διαθέτουν την κατάλληλη διεπαφή, σύμφωνα με το αντίστοιχο πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση του δικτύου. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των σημαντικότερων τυποποιημένων προτύπων ασύρματης επικοινωνίας, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την ανάπτυξη Ασύρματων Προσωπικών δικτύων, περιγράφονται στη συνέχεια:

Πρότυπο IEEE 802.11

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα τα οποία είναι συμβατά με το πρότυπο IEEE 802.11 ονομάζονται και δίκτυα Wi-Fi (Wireless Fidelity). Συχνά χρησιμοποιούνται και για τη διασύνδεση με το Internet. Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα σημεία πρόσβασης (Access Points, AP) που ενώνουν το ασύρματο δίκτυο με ένα ενσύρματο δίκτυο. Σε ένα ασύρματο δίκτυο που ακολουθεί το πρότυπο IEEE 802.11, οι σταθμοί (πχ. laptops, PCs, κλπ.) μπορούν να επικοινωνούν, είτε μεταξύ τους, είτε με το AP.

Το πρότυπο Bluetooth

Το πρότυπο Bluetooth (IEEE 802.15.1) άρχισε να χρησιμοποιείται το 1998 και με στόχο την ασύρματη RF επικοινωνία ηλεκτρονικών συσκευών (πχ. PCs, laptops, εκτυπωτές, κλπ.) μεταξύ τους και με το Internet. Η μέγιστη απόσταση των συσκευών που επικοινωνούν κυμαίνεται από 1 m έως 100m. Κάθε συσκευή μπορεί να είναι ο «master» και να επικοινωνεί με έως 7 (slaves). Ο «master» και οι slaves αποτελούν ένα δίκτυο που ονομάζεται «piconet». Διαφορετικά piconets μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με γέφυρες (bridges).

Το πρότυπο IrDA

Το πρότυπο Infrared Data Association (IrDA) είναι τεχνολογίας WPAN και χρησιμοποιείται για την ασύρματη επικοινωνία και τη δικτυακή σύνδεση συσκευών με υπέρυθρη ακτινοβολία. Η μέγιστη απόσταση επικοινωνίας είναι 1m (στην έκδοση χαμηλής ισχύος η μέγιστη απόσταση είναι 0.1m)

Το πρότυπο ZigBee

Το πρότυπο ZigBee (IEEE 802.15.4) επιτρέπει την ασύρματη, δικτυακή επικοινωνία συσκευών και σε αντίθεση με τα πρότυπα Bluetooth και Wi-Fi χαρακτηρίζεται από το χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το χαμηλό κόστος. Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιείται ευρύτατα σε αυτοματισμούς και εφαρμογές ελέγχου από απόσταση (πχ. ιατρικές συσκευές, αυτοματισμούς κτιρίων και κατοικιών, συστήματα συναγερμού, κλπ.). Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε οι κόμβοι του δικτύου να λειτουργούν με μπαταρία επειδή η κατανάλωση ενέργειας είναι χαμηλή, η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι αρκετά μεγάλη (1 με 2 χρόνια). Η απόσταση μετάδοσης για κάθε κόμβο κυμαίνεται από 10 m έως 75 m , ανάλογα με την ισχύ του πομπού.

Το πρότυπο RFID

Τα συστήματα RFID (Radio Frequency Identification) αναπτύχθηκαν αρχικά ως εναλλακτική λύση στο σύστημα γραμμωτού κώδικα (barcode) και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εφαρμογές ασύρματης ηλεκτρονικής ταυτοποίησης, όπως σε συσκευασίες προϊόντων, σε ταυτότητες και διαβατήρια, σε πιστωτικές κάρτες, στον έλεγχο βιβλίων μιας βιβλιοθήκης, στον έλεγχο της διάβασης από διόδους κλπ. Επίσης, το πρότυπο RFID χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με αισθητήρες που κατασκευάζονται σε ολοκληρωμένα κυκλώματα (πχ. MEMS) για την ανάπτυξη ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Ένα σύστημα μεταφοράς πληροφορίας σύμφωνα με το πρότυπο RFID αποτελείται από μία ή περισσότερες ετικέτες (tags) που τοποθετούνται στα αντικείμενα και αποθηκεύουν τη χρήσιμη πληροφορία, η οποία σχετίζεται με κείμενο που φέρει την ετικέτα (πχ. κωδικό αναγνώρισης, μετρήσεις από αισθητήρες κλπ.), καθώς και μία ή περισσότερες σταθερές ή κινητές συσκευές ασύρματης εγγραφής ή ανάγνωσης της πληροφορίας που αποθηκεύεται στις ετικέτες, οι οποίες ονομάζονται αναγνώστες (readers). Κάθε ετικέτα έχει ένα μοναδικό κωδικό ανάγνωσης, ώστε να μπορεί ο αναγνώστης να τη διακρίνει από τις υπόλοιπες ετικέτες του συστήματος. Μια ετικέτα περιλαμβάνει μία διάταξη εκπομπής ή λήψης των δεδομένων και ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα για την αποθήκευση των πληροφοριών και τον έλεγχο της επικοινωνίας της ετικέτας με έναν ή περισσότερους αναγνώστες. Στις παθητικές ετικέτες η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων τους συλλέγεται μαγνητική ή χωρητική σύζευξη της ετικέτας και του αναγνώστη, είτε μέσω των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει ο αναγνώστης τα οποία διαδίδονται στο χώρο μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας. Στις ενεργές ετικέτες η ενέργεια αυτή παρέχεται από συσσωρευτή, οπότε οι ενεργές ετικέτες έχουν τη δυνατότητα να ξεκινούν την επικοινωνία τους με τον αναγνώστη. Οι ημι-παθητικές ετικέτες τροφοδοτούνται από συσσωρευτή, αλλά μπορούν να επικοινωνούν με τον αναγνώστη μόνο όταν τους ζητηθεί από αυτόν, ενώ κατά το υπόλοιπο διάστημα παραμένουν ανενεργές, εξοικονομώντας έτσι την ενέργεια του συσσωρευτή. Κάθε αναγνώστης μπορεί να επικοινωνεί με όσες ετικέτες βρίσκονται μέσα στην περιοχή εμβέλειας του με σκοπό την εγγραφή ή και ανάγνωση δεδομένων. Η πληροφορία που λαμβάνεται από τον αναγνώστη μεταφέρεται στη συνέχεια σε μία κεντρική μονάδα (πχ. Η/Υ) για περαιτέρω επεξεργασία. Η επικοινωνία μεταξύ ετικετών και αναγνώστων για τη μεταφορά της πληροφορίας πραγματοποιείται, είτε με αμφίδρομη μετάδοση (full-duplex), είτε με ημιαμφίδρομη μετάδοση (half-duplex). Τόσο η μεταφορά των δεδομένων, όσο και η μεταφορά ενέργειας από τον αναγνώστη στην ετικέτα

πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας τις ίδιες διατάξεις εκπομπής ή λήψης. Η μεταφορά των δεδομένων από τον αναγνώστη στην ετικέτα και αντίστροφα, υλοποιείται με μία από τις παρακάτω μεθόδους :

- Μέσω μαγνητικής σύζευξης της ετικέτας και του αναγνώστη, όπου οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι πηνία με μαγνητική σύζευξη μεταξύ τους.
- Μέσω χωρητικής σύζευξης της ετικέτας και του αναγνώστη, όπου οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι αγώγιμες επιφάνειες που αποτελούν τους οπλισμούς πυκνωτών.
- Μέσω της διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει είτε ο πομπός του αναγνώστη, είτε ο πομπός της ετικέτας, ανάλογα με την κατεύθυνση μεταφοράς της πληροφορίας.
- Μέσω των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει ο αναγνώστης και τα οποία διαδίδονται στο χώρο μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας και στη συνέχεια ανακλώνται στην ετικέτα (οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι κεραίες). Στην περίπτωση αυτή η ετικέτα δεν διαθέτει πομπό μετάδοσης των δεδομένων, οπότε δεν μπορεί να ξεκινήσει η ίδια την επικοινωνία με τον αναγνώστη.

Για να αποστείλει πληροφορία η ετικέτα προς τον αναγνώστη μεταβάλλει την αντίσταση φορτίου της κεραίας της, οπότε μεταβάλλεται (διαμορφώνεται) ανάλογα με τη μεταδιδόμενη πληροφορία η ποσότητα της ισχύος που ανακλάται στην ετικέτα και στη συνέχεια φτάνει στον αναγνώστη (backscattering). Στις εφαρμογές του προτύπου RFID στην ανάπτυξη ασύρματων δικτύων αισθητήρων, κάθε ετικέτα περιλαμβάνει, επιπλέον, αισθητήρα και μετατροπέα A/D. Για παράδειγμα, για τη μέτρηση και επιτήρηση των συνθηκών αποθήκευσης ή μεταφοράς ευπαθών προϊόντων αναπτύσσεται ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων με την τοποθέτηση μιας ετικέτας, που περιλαμβάνει αισθητήρα (πχ. θερμοκρασίας, υγρασίας, επιτάχυνσης, κλπ.) σε κάθε αντικείμενο που αποθηκεύεται ή μεταφέρεται. Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων μπορεί να αναπτυχθεί επίσης, χρησιμοποιώντας τους αναγνώστες πολλών ανεξάρτητων συστημάτων RFID ως κόμβους ενός ασύρματου δικτύου. Στην περίπτωση αυτή, κάθε αναγνώστης συλλέγει δεδομένα από ετικέτες διάσπαρτες σε μια γεωγραφική έκταση οι οποίες περιλαμβάνουν αισθητήρες, και τα προωθεί μέσω του ασύρματου δικτύου σε μία κεντρική μονάδα επεξεργασίας.

6.2 Εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων (Wireless Sensor Technologies- WST)

Στην γεωργία, υπάρχουν αρκετές προκλήσεις στη χρήση των ραδιοσυχνοτήτων λόγω των μεγάλων αποστάσεων κάλυψης, της ενδεχόμενης πυκνής βλάστησης, τη σύνθετη τοπογραφία και τις διάφορες καιρικές συνθήκες.

Το WSN αποτελεί σημαντικό ζήτημα στην περιβαλλοντική παρακολούθηση. Το σχετικά χαμηλό κόστος των συσκευών επιτρέπει την εγκατάσταση ενός πυκνού πληθυσμού κόμβων που μπορεί να αντιπροσωπεύει επαρκώς τη μεταβλητότητα που υπάρχει στο περιβάλλον. Έτσι, παρέχονται πληροφορίες σχετικά με την εκτίμηση κινδύνου, όπως για παράδειγμα την ειδοποίηση των αγροτών κατά την έναρξη της ζημίας από τον παγετό και γενικότερα καλύτερη ενημέρωση για το μικροκλίμα. Ένα άλλο παράδειγμα εποπτείας του κλίματος

είναι η πρόβλεψη πλημμύρας μέσω ασύρματων αισθητήρων, οι οποίοι μπορούν να ανιχνεύσουν βροχοπτώσεις, στάθμη νερού και καιρικές συνθήκες. Οι αισθητήρες παρέχουν πληροφορίες σε ένα κεντρικό σύστημα βάσης δεδομένων]. Οι παρουσίασαν έναν χάρτη διανομής υγρασίας που κατασκευάστηκε με την συνεργασία WST και GIS. Οι αισθητήρες ανίχνευσης υγρασίας τοποθετήθηκαν σε προκαθορισμένες θέσεις με τη βοήθεια GPS και τα δεδομένα αξιολογήθηκαν με GIS.

Ερευνητές έχουν συνδυάσει αισθητήρες οι οποίοι μετρούν τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους σε διάφορα βάθη με ασύρματα δίκτυα που στέλνουν τα δεδομένα αυτόματα σε μονάδα ελέγχου προς επεξεργασία . Τα συστήματα εγκαθίστανται σε πολυετείς φυτείες κατά κύριο λόγο, αλλά και σε ετήσιες, και συγκεντρώνουν στοιχεία σε πραγματικό χρόνο για διάφορες βασικές παραμέτρους που αφορούν την κατάσταση των φυτών, το έδαφος κλπ. Οι αισθητήρες αυτοί αποτελούν χρήσιμο εργαλείο παρέχοντας στον παραγωγό τη δυνατότητα να διαχειριστεί έγκαιρα και με τον κατάλληλο τρόπο καλλιεργητικές επεμβάσεις στα διάφορα τμήματα του αγρού.

Η χρήση ασύρματων δικτύων σε συνδυασμό με αισθητήρες συνδέονται κυρίως με την εφαρμογή τεχνολογιών μεταβλητών εισροών (άρδευση, λίπανση κ.α.) και παροχή δεδομένων και προειδοποιήσεων στους παραγωγούς. Οι πραγματοποίησαν την εφαρμογή WSN (ZigBee) σε αμπελώνα στην Ισπανία. Το δίκτυο αποτελούνταν από 12 κόμβους με έως και τέσσερις διαφορετικούς αισθητήρες μέτρησης της θερμοκρασίας και υγρασίας του περιβάλλοντος, της υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους και της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις διαβιβάζονταν στον χρήστη μέσω LAN, WLAN ή μέσω του Διαδικτύου και χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση των βασικών παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα και για την ανάπτυξη ενός πληροφορικού συστήματος προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις της αμπελοκαλλιέργειας, επιτρέποντας την εύκολη ανάλυση των δεδομένων. Ηλεκτρονικά χαμηλής ενέργειας και μπαταρίες μεγάλης διάρκειας που μπορούν να συνδυαστούν με μικρά φωτοβολταϊκά ή ηλιοσυλλέκτες δίνουν τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης του κόστους εγκατάστασης συστημάτων με ασύρματους αισθητήρες, ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμα.

Η ασύρματη τεχνολογία έχει βρει εφαρμογή και σε συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής.

Οι σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε βαμβακοφυτεία χρησιμοποίησαν ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για τον έλεγχο και προγραμματισμό της άρδευσης. Οι μετρήσεις που έκαναν οι αισθητήρες ήταν υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους. Το δίκτυο αποτελούταν από έναν κεντρικά τοποθετημένο δέκτη συνδεδεμένο σε φορητό υπολογιστή και πολλαπλούς κόμβους αισθητήρων εγκατεστημένους στο πεδίο. Οι κόμβοι των αισθητήρων αποτελούνται από:

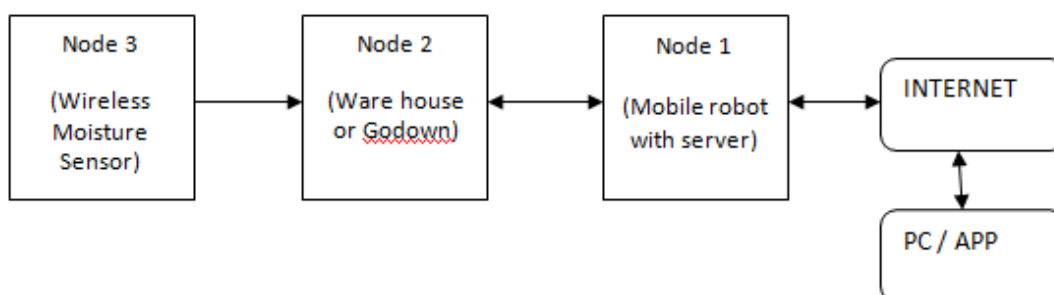
- αισθητήρες (μέχρι τρεις αισθητήρες υγρασίας εδάφους Watermark® και μέχρι τέσσερα θερμοζεύγη)
- ειδικά σχεδιασμένη ηλεκτρονική πλακέτα και
- ετικέτα αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (RFID) που μεταδίδει δεδομένα στον δέκτη.

Το σχετικά χαμηλό κόστος του συστήματος (περίπου 2400USD για ένα σύστημα κόμβων 20 αισθητήρων) επέτρεψε την εγκατάσταση ενός πυκνού πληθυσμού αισθητήρων υγρασίας εδάφους που μπορούν να αντιπροσωπεύουν επαρκώς την εγγενή μεταβλητότητα του εδάφους που υπάρχει στο χωράφι. Το δίκτυο καθορίζει το χρονοδιάγραμμα και τα ποσά για εφαρμογές άρδευσης σε πραγματικό χρόνο.

Σε άλλη έρευνα, οι εφάρμοσαν σύστημα μεταβλητής άρδευσης σε αγρό έκτασης 1500 ha ο οποίος χωρίστηκε σε 7 τμήματα με διαφορετικές ανάγκες σε άρδευση. Η άρδευση στο κάθε τμήμα ελέγχονταν από κέντρο ελέγχου. Τα κέντρα ελέγχου επικοινωνούσαν μεταξύ τους μέσω ασύρματου δικτύου. Αποδείχτηκε ότι με την εφαρμογή του συστήματος μεταβλητής άρδευσης εξοικονομήθηκε 30 έως 60% αρδευτικού νερού.

Οι προτείνουν ένα πιο ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης του αγρού με τη χρήση αυτοματισμών και τεχνολογιών IoT (Internet of Things), Βλέπε Παράρτημα Β. Το κύριο χαρακτηριστικό της εργασίας τους είναι ένα τηλεκατευθυνόμενο ρομπότ(με τη χρήση GPS), το οποίο αναλαμβάνει το βοτάνισμα, τον ψεκασμό, την μέτρηση της υγρασίας, την απομάκρυνση μέσω εκφοβισμού πουλιών και ζώων κλπ. Η δεύτερη λειτουργία του συστήματός τους είναι η «έξυπνη» άρδευση σύμφωνα με τις μετρήσεις πεδίου που λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο. Και τρίτον, η «έξυπνη» διαχείριση αποθήκης η οποία περιλαμβάνει συντήρηση θερμοκρασίας, συντήρηση υγρασίας και ανίχνευση κλοπής στην αποθήκη. Ο έλεγχος όλων αυτών των λειτουργιών γίνεται μέσω οποιασδήποτε απομακρυσμένης έξυπνης συσκευής ή υπολογιστή συνδεδεμένου στο Internet και οι λειτουργίες διεξάγονται με διασύνδεση αισθητήρων, μονάδων Wi-Fi ή ZigBee, κάμερας και ενεργοποιητών με μικροελεγκτή και Raspberry Pi.

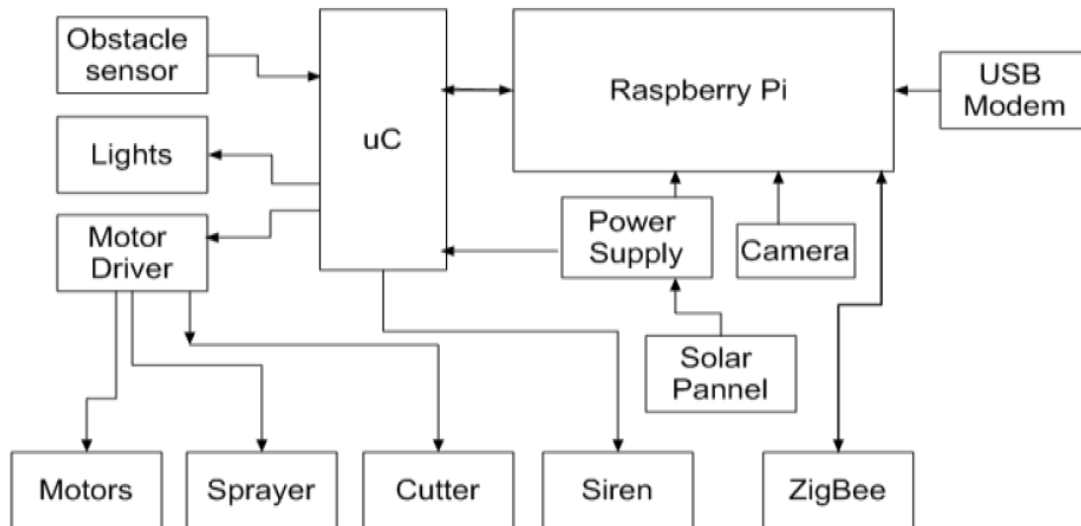
Στην Εικόνα 2.5 φαίνεται η συνολική διάταξη του συστήματος. Στο παρόν σύστημα, κάθε κόμβος αποτελείται από διαφορετικούς αισθητήρες και συσκευές, που είναι ασύρματα διασυνδεδεμένοι με έναν κεντρικό εξυπηρετητή. Ο διακομιστής στέλνει και λαμβάνει πληροφορίες από τον τελικό χρήστη χρησιμοποιώντας σύνδεση στο διαδίκτυο. Υπάρχουν δύο τρόποι λειτουργίας του συστήματος: αυτόματη λειτουργία και χειροκίνητη λειτουργία. Στην αυτόματη λειτουργία το σύστημα παίρνει τις δικές του αποφάσεις και ελέγχει τις εγκατεστημένες συσκευές, ενώ με τον χειροκίνητο τρόπο, ο χρήστης μπορεί να ελέγχει τις λειτουργίες του συστήματος χρησιμοποιώντας εφαρμογές Android ή τις εντολές του υπολογιστή.



Εικόνα 2.5: Σύνοψη του συστήματος

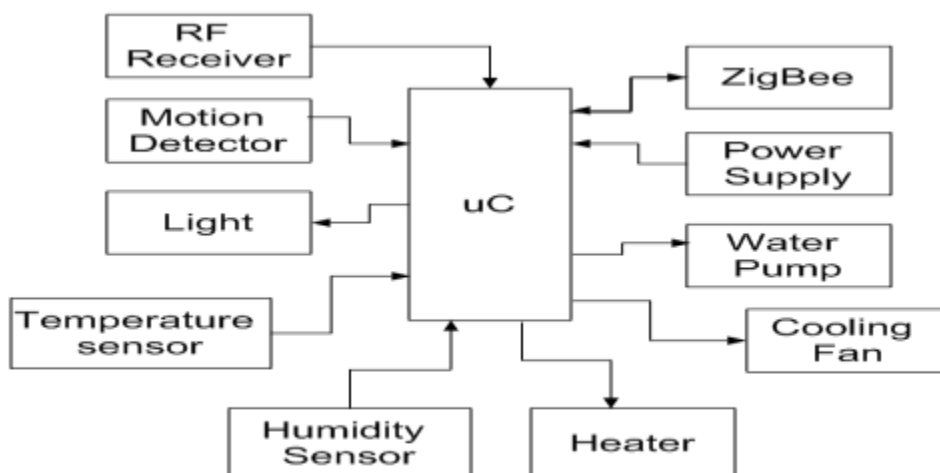
Στην Εικόνα 2.6 φαίνεται η διάταξη Node(κόμβος) 1. Το Node1 είναι το κινητό ρομπότ, το οποίο μπορεί να ελέγχεται εξ αποστάσεως με χρήση υπολογιστή, καθώς μπορεί να

προγραμματιστεί έτσι ώστε να πλοηγείται αυτόνομα εντός των ορίων του πεδίου, χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες που παρέχονται από τη μονάδα GPS. Το τηλεχειριζόμενο ρομπότ διαθέτει διάφορους αισθητήρες και συσκευές όπως κάμερα, αισθητήρα εμποδίων, σειρήνα, κόπτη και ψεκαστήρα.



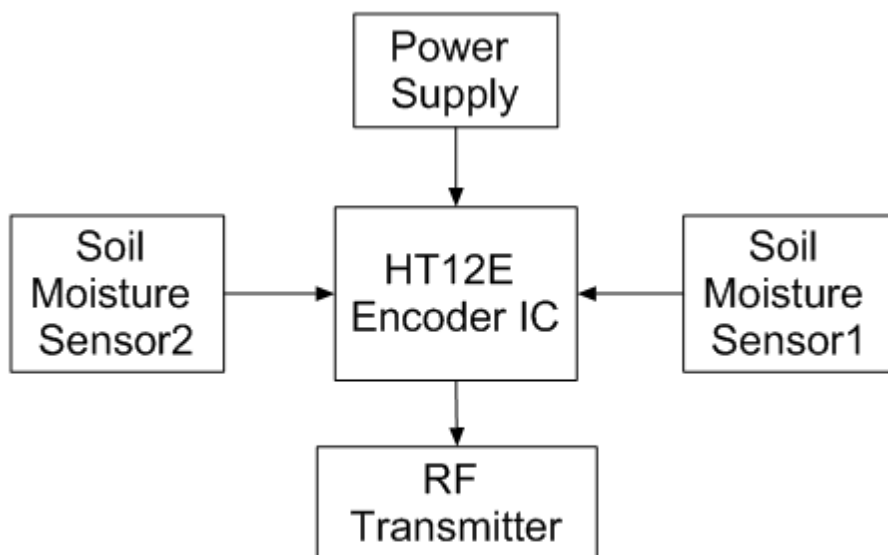
Εικόνα 2.6: Κόμβος 1, Κινούμενο Ρομπότ

Ο Κόμβος 2 είναι η αποθήκη. Αποτελείται από ανιχνευτή κίνησης, αισθητήρα φωτός, αισθητήρα υγρασίας, αισθητήρα θερμοκρασίας, θερμαντήρα χώρου, ανεμιστήρα ψύξης και είναι πλήρως διασυνδεδεμένο με μικροελεγκτή AVR. Ο ανιχνευτής κίνησης όταν αντιληφθεί κίνηση στο δωμάτιο, έχοντας τη λειτουργία ασφαλείας ενεργοποιημένη, θα στείλει σήμα προειδοποίησης στο χρήστη μέσω του Raspberry pi και έτσι θα παρέχει ανίχνευση κλοπής. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας και ο αισθητήρας υγρασίας ανιχνεύσουν τιμές κάτω από το κατώτατο όριο, τότε το θερμαντικό σώμα ή ο ανεμιστήρας θα ενεργοποιηθούν αυτόματα για την συντήρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Το Node2 θα ελέγχει επίσης την αντλία νερού ανάλογα με τα δεδομένα υγρασίας του εδάφους που λαμβάνει από τον Κόμβο 3.



Εικόνα 2.7: Κόμβος 2, Αποθήκη

Ο κόμβος(Node) 3 είναι ένας έξυπνος κόμβος άρδευσης με χαρακτηριστικά όπως: Έξυπνος έλεγχος της αντλίας νερού βασισμένος σε δεδομένα πεδίου πραγματικού χρόνου, δηλ. Αυτόματη ενεργοποίηση / απενεργοποίηση της αντλίας μετά την επίτευξη της απαιτούμενης στάθμης υγρασίας εδάφους (στην αυτόματη λειτουργία). Στη χειροκίνητη λειτουργία δίνεται η δυνατότητα Ενεργοποίησης / απενεργοποίησης της αντλίας νερού μέσω κινητού τηλεφώνου ή υπολογιστή και η συνεχής παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους.



Εικόνα 2.8: Κόμβος 3, ασύρματος ανιχνευτής υγρασίας του εδάφους.

Ένα ακόμα παράδειγμα σύνδεσης δικτύου αισθητήρων μέτρησης υγρασίας του εδάφους με τον χρήστη, με την βοήθεια τεχνολογίας IoT, είναι και η εργασία των .Κι εδώ ο στόχος των ερευνητών είναι να συλλέξουν πληροφορίες για την υγρασία. Έπειτα, το σύστημα να μπορεί να αξιολογήσει της πληροφορίες αυτές και να πάρει αποφάσεις. Και τέλος, το σύστημα να επικοινωνεί με τον χρήστη ασύρματα, ώστε ο χρήστης να μπορεί να γνωρίζει την κατάσταση στο πεδίο από οπουδήποτε. Στο ίδιο πλαίσιο οι , χρησιμοποίησαν τους παρακάτω αισθητήρες:

- Παθητικός υπέρυθρος αισθητήρας, (PIR sensor_ passive infrared sensor). Ο αισθητήρας αυτός χρησιμοποιείται για την ανίχνευση κίνησης ανθρώπων, ζώων ή άλλων αντικειμένων, μέσω της ανίχνευσης υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται ή αντανακλάται από αντικείμενα.
- Αισθητήρας υγρασίας εδάφους, μετρά έμμεσα την ογκομετρική περιεκτικότητα νερού στο έδαφος. Η μέτρηση άμεση μέτρηση μπορεί να είναι ηλεκτρική αντίσταση, διηλεκτρική σταθερά ή αλληλεπίδραση με νετρόνια.
- Αισθητήρας βροχής, αντιλαμβάνεται την βροχή και δίνει σήμα να σταματήσει η άρδευση.
- Αισθητήρας υγρασίας. Εδώ χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας DFRobot DHT11, ο οποίος μετράει και θερμοκρασία.

Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: Arduino ide, Proteus simulation, Dreamweaver, Mysql και Wamp.

Ο στο άρθρο του επισημαίνει ότι παρόλο που η κινεζική κυβέρνηση έχει θέσει κάποιες υποδομές στην υπηρεσία των γεωργικών πληροφοριών, εξακολουθούν να υπάρχουν προβλήματα στον γεωργικό εκσυγχρονισμό, όπως ότι:

1^ο δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στο υλικό (hardware) από ότι στο λογισμικό (software) και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην παρέχονται πληροφορίες υψηλής ποιότητας, που να καλύπτουν τις ανάγκες παραγωγής των αγροτών.

2^ο οι πληροφορίες δεν χρησιμοποιούνται επαρκώς από τους αγρότες και η επίδραση των πληροφοριών στη γεωργία και τους αγρότες δεν είναι αξιοσημείωτη.

Ο συγγραφέας προτείνει λοιπόν την χρήση τεχνολογίας cloud computing και την οπτικοποίηση, ώστε να κατασκευαστεί "σύννεφο γεωργικών πληροφοριών" (agricultural information cloud), συνδυάζοντας την τεχνολογία IOT και την τεχνολογία RFID, ώστε να προωθηθεί η ταχεία ανάπτυξη της γεωργικής πληροφόρησης. Δηλαδή, ότι πληροφορία είναι δυνατό να συλλεχθεί από τον αγρό ή που αφορά τον αγρό, να συλλέγεται και να αποθηκεύεται σε μια βάση δεδομένων που να είναι προσβάσιμη από τους ενδιαφερόμενους.

7 Εφαρμογές Γεωργίας ακριβείας στην Ελλάδα σε υπαίθριες καλλιέργειες.

Στην Ελλάδα, η πρώτη γνωστή εφαρμογή χαρτογράφησης παραγωγής έγινε το φθινόπωρο του 2001 σε καλλιέργεια βαμβακιού. Η εγκατάσταση του αισθητήρα έγινε σε μια Βαμβακοσυλλεκτική μηχανή δύο σειρών και οι πρώτοι χάρτες παραγωγής παρήχθησαν την ίδια περίοδο. Οι πρώτες εφαρμογές έγιναν από το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε συνεργασία με το ΙΧΤΕΛ του ΕΘΙΑΓΕ (τώρα ονομάζεται ΕΛΓΟ-Δήμητρα) και την εταιρεία Παπαοικονόμου ΑΕΒΕ που προμήθευσε τους αισθητήρες. Το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας συνέχισε την εργασία με εφαρμογές στο βαμβάκι και αργότερα σε σιτηρά (Καλαμπόκι και σκληρό σιτάρι) και από το 2005 άρχισε εκτεταμένες εφαρμογές σε καλλιέργειες υψηλής αξίας όπως μήλα, αμπέλι, ελιές και αχλάδια, ενώ άρχισαν εφαρμογές σε ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης αγροκτημάτων (farm Management Information Systems), αλλά και σε ρομποτική, .

Παράλληλα, εφαρμογές αρχίζουν και σε άλλα εργαστήρια όπως της Γεωργικής Μηχανολογίας του ΑΠΘ με εφαρμογές σε ροδάκινα και εφαρμογές σε ανάλυση στοιχείων, χρήση UAV (unmanned Aerial Vehicles) και στη ρομποτική. Στην Αμερικανική Γεωργική Σχολή αναπτύχθηκαν δράσεις με εφαρμογές Γεωργίας ακριβείας σε βαμβάκι και σε ελιές, αλλά και εφαρμογές τηλεπισκόπησης με UAV. Στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών αναπτύχθηκαν εφαρμογές σε καρπούζια, σε αμπέλι, αλλά και εφαρμογές σε ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης αγροκτημάτων και σε ρομποτική. Στο ΕΘΙΑΓΕ σε συνεργασία με το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας αναπτύχθηκαν εφαρμογές σε βαμβάκι, ενώ στην Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας του ΤΕΙ Θεσσαλίας έγιναν εφαρμογές σε συστήματα κατεύθυνσης

μηχανημάτων στο χωράφι. Το ΚΕΤΕΑΘ συντόνισε ένα πρόγραμμα για «το Αγρόκτημα του Μέλλοντος» για εφαρμογές νέων τεχνολογιών στη Γεωργία. Τα Εργαστήρια Τηλεπισκόπησης και Αγρομετεωρολογίας των Πανεπιστημίων (ΑΠΘ, Θεσσαλίας), αλλά και στο ΕΘΙΑΓΕ (ΙΧΤΕΛ) αναπτύχθηκαν εφαρμογές τηλεπισκόπησης με μετρήσεις της παραλλακτικότητας των αγρών με ανάλυση εικόνων από δορυφόρους UAV και επίγεια μέσα.

7.1 Εφαρμογές στο Βαμβάκι

Η πρώτη εφαρμογή χαρτογράφησης της παραγωγής ήταν σε αγρό πενήντα στρεμμάτων στην Καρδίτσα το 2001. Έκτοτε και για τα επόμενα τέσσερα έτη, έγιναν εντατικές μετρήσεις τόσο στο χωράφι αυτό όσο και σε γειτονικούς αγρούς. Από όλες τις μετρήσεις, αλλά και από άλλες σε άλλες περιοχές της Θεσσαλίας απεδείχθη ότι υπήρχε σημαντική παραλλακτικότητα της παραγωγής, ακόμα και σε μικρά αγροτεμάχια κάτι που είναι η βάση για αποδοτική εφαρμογή της ΓΑ. Στο αγροτεμάχιο έγινε μέτρηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας με ένα μηχάνημα VERIS 3000, έγινε δειγματοληψία εδάφους και αναλύσεις στο εργαστήριο.

7.1.1 Το ευρωπαϊκό έργο LIFE HydroSense

Για την υλοποίηση του έργου συνεργάστηκαν:

- Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας (συντονιστής του έργου)
- Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα»
- Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο
- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Καταλυτική για την επιτυχία του έργου ήταν η ενεργή συμμετοχή τριών αγροτών του Θεσσαλικού κάμπου, οι οποίοι διέθεσαν και καλλιέργησαν τμήμα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων τους όπως όριζαν οι πιλοτικές επιταγές του HydroSense.

Κάθε αγρός έπρεπε να είναι αντιπροσωπευτικός των διαφορετικών – από εδαφολογικής και κλιματικής πλευράς – περιοχών του Θεσσαλικού κάμπου. Επιπλέον, κάθε αγρός έπρεπε να χαρακτηρίζεται από έντονη χωρική παραλλακτικότητα, δηλαδή ποικιλομορφία στα εδαφικά του χαρακτηριστικά και ιδιαίτερα στην περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία. Ο στόχος του HydroSense ήταν να χωρίσει κάθε αγρό σε τμήματα, ανάλογα με την οργανική ουσία του εδάφους, και έπειτα να παρέχει νερό και λίπασμα σε κάθε τμήμα ξεχωριστά, ανάλογα με τις ανάγκες που αυτό εμφανίζει. Για να επιτευχθεί αυτό, το πρώτο βήμα ήταν να εντοπίσει τις ζώνες κάθε αγρού με διαφορετική περιεκτικότητα σε οργανική ουσία.

Στη συνέχεια, σε κάθε ζώνη τοποθετήθηκε ένα μόνιμο δίκτυο ασύρματων υπέρυθρων αισθητήρων (SmartCrop) και αισθητήρων υγρασίας εδάφους, χάρη στο οποίο ήταν εφικτός ο υπολογισμός των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Με βάση τις τιμές των αισθητήρων, που συλλέγονταν από όλη την επιφάνεια της καλλιέργειας και λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές καιρικές συνθήκες, το σύστημα

δημιουργούσε έναν ηλεκτρονικό χάρτη, ο οποίος έδειχνε σε ποια σημεία του αγρού τα φυτά «διψάνε» περισσότερο και χρειάζονται πότισμα.

Η φιλοσοφία της τεχνολογίας SmartCrop στηρίζεται στο ίδιο το φυτό ως το βασικό αισθητήρα προκειμένου να ανιχνευθούν εγκαίρως οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό. Με τη συνεχή παρακολούθηση της θερμοκρασίας στο φύλλωμα της καλλιέργειας και τη σύγκρισή της με τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, το σύστημα SmartCrop, παρακολουθεί τη διαθεσιμότητα του νερού για διαπνοή από τα στομάτια των φύλλων. Όταν το φυτό “δεν διψάει” η θερμοκρασία του φυλλώματος της καλλιέργειας είναι λίγο μικρότερη από τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας κατά τις ώρες της ηλιοφάνειας το καλοκαίρι, λόγω της εξάτμισης των υδρατμών που διαπνέει το φυτό. Όταν η θερμοκρασία του φυλλώματος της καλλιέργειας αυξηθεί και προσεγγίζει τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, τα φυτά δεν μπορούν να προσλάβουν αρκετό νερό για να μειώσουν τη θερμοκρασία τους μέσω της διαπνοής. Τότε, το σύστημα σημαίνει συναγερμό, πριν τα συμπτώματα των φυσιολογικών διεργασιών μετατραπούν σε περιοριστικό παράγοντα για την απόδοση. Έτσι, ο παραγωγός ήταν σε θέση να ποτίζει με διαφορετικές ποσότητες νερού κάθε τμήμα του αγρού.

Για τον προγραμματισμό της λίπανσης, χρησιμοποιήθηκε ένα ακόμη σετ αισθητήρων. Αξιοποιήθηκαν δύο φορητοί πολυφασματικοί αισθητήρες (WeedSeeker), οι οποίοι δύνανται να υπολογίσουν τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα των φυτών και σε όλη την επιφάνεια του αγρού. Η συγκέντρωση χλωροφύλλης μεταφράζεται, με ειδικό λογισμικό, σε χάρτη λίπανσης αζώτου. Έτσι ο παραγωγός ήταν σε θέση να εφαρμόσει διαφορετικές ποσότητες λιπάσματος σε κάθε τμήμα του αγρού.

Η ορθολογική στοχευμένη φυτοπροστασία επετεύχθη μέσω ειδικών παγίδων για τα έντομα και ενός μηχανήματος που σαρώνει όλη την περιοχή μεταξύ των φυτεμένων σειρών, και ψεκάζει με ζιζανιοκτόνο μόνο τα σημεία στα οποία έχουν φυτρώσει ζιζάνια.

Επιτεύχθηκε εξοικονόμηση 18% αρδευτικού νερού, 35% λιπασμάτων και 62% ζιζανιοκτόνων βελτιώνοντας την αποδοτικότητα εφαρμογής τους.

7.1.2 Τα Θρακικά Εκκοκκιστήρια

Στο βαμβάκι, μέχρι πρόσφατα δεν είχε γίνει κάποια συστηματική εφαρμογή Γ.Α. στην Ελλάδα, παρόλο που σε Αμερική, Αυστραλία και τελευταία στη Βραζιλία έχουν προχωρήσει πολύ και θεωρούν ότι αυτός είναι ο μόνος δρόμος για να είναι ανταγωνιστικοί.

Στην Ελλάδα, σε σύγκριση με αυτές τις χώρες, το πρόβλημα είναι ότι έχουμε πολύ μικρό κλήρο. Ακόμη και μεγάλοι παραγωγοί μας, έχουν την έκτασή τους διεσπαρμένη σε πολλά κομμάτια, μακριά το ένα από το άλλο. Αυτό αποτρέπει τις επενδύσεις που χρειάζονται (μετεωρολογικοί σταθμοί, αισθητήρες, αντένες GPS κλπ.), γιατί δεν είναι λογικό να αγοράζονται για κάθε αγροτεμάχιο τους. Εδώ η επιχείρηση βρήκε τον ρόλο της. Να παίξει δηλαδή τον ρόλο του ενδιάμεσου, του διαχειριστή δηλ. της γεωργίας ακριβείας σε μια μεγαλύτερη έκταση. Έτσι επέλεξαν στη Ροδόπη μία έκταση 5.500 στρεμμάτων περίπου, όπου εφαρμόζεται από τις εταιρείες GAIA ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ-NEUROPUBLIC.

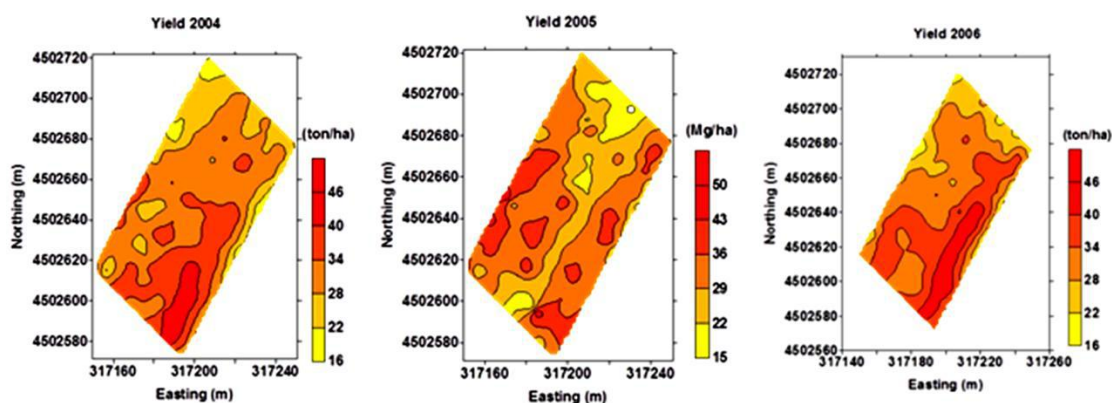
Τα πρώτα δεδομένα ήταν τα εδαφολογικά των χωραφιών. Επίσης κάθε 5 ημέρες έρχονται φωτογραφίες από τους δορυφόρους Sentinel της ΕΕ. Οι πληροφορίες που δίνουν αυτές είναι εντυπωσιακές (αντίστοιχες μιας ακτινογραφίας σε άνθρωπο). Επίσης τοποθετήθηκαν στη περιοχή μετεωρολογικοί σταθμοί και αισθητήρες υγρασίας. Με τα συνολικά στοιχεία που μαζεύονται και τα ημερολόγια με τις καλλιεργητικές φροντίδες των παραγωγών στη συγκεκριμένη έκταση που καταγράφουν οι γεωπόνοι μας, μπορούν να δοθούν πολύ πιο εμπειριστωμένες συμβουλές στον καθένα ξεχωριστά για την σωστή άρδευση, λίπανση αλλά και αντιμετώπιση ασθενειών. Η εταιρία πιστεύει ότι με την πάροδο του χρόνου, τα αποτελέσματα θα είναι εντυπωσιακά, και το οικονομικό όφελος ορατό στους βαμβακοπαραγωγούς.

7.2 Εφαρμογή σε χειμερινά σιτηρά

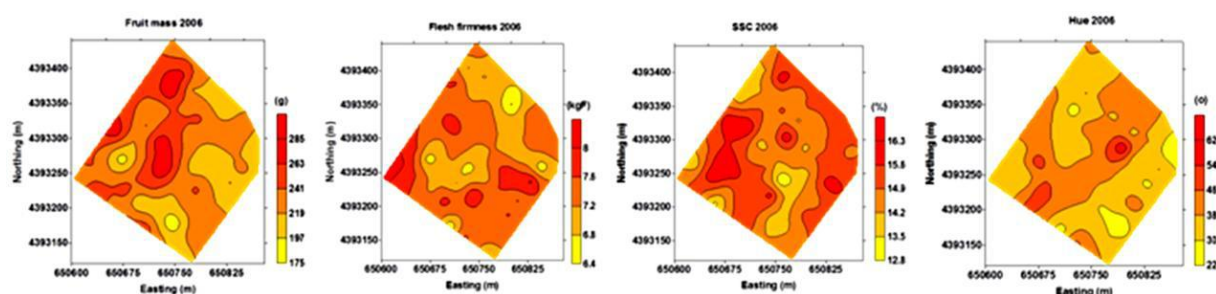
Ο στα πλαίσια της διατριβής του μεταπτυχιακού του έκανε χαρτογράφηση της παραγωγής κατά τη συγκομιδή της καλλιεργητικής περιόδου 2009-2010, σε οκτώ διαφορετικούς αγρούς σιταριού στην ευρύτερη αγροτική περιοχή των Σοφάδων του Ν. Καρδίτσας και εκτίμηση της συμπίεσης στη διείδυση του εδάφους σε ένα από τα αγροτεμάχια. Το σύστημα καταγραφής της παραγωγής τοποθετήθηκε σε θεριζοαλωνιστική μηχανή CLAAS Dominator 106. Το σύστημα χαρτογράφησης της παραγωγής που χρησιμοποιήθηκε είναι της Ag Leader Technology και αποτελείται από τα εξής μέρη: Το GPS, την κεντρική οθόνη (monitor), τα καλώδια κεντρικής διανομής ρεύματος και πληροφοριών (power cable), τον αισθητήρα μέτρησης υγρασίας σπόρων (moisture sensor), τον αισθητήρα καταγραφής ροής παραγωγής της καλλιέργειας (grain flow sensor), τον αισθητήρα ταχύτητας αναβατορίου (elevator speed sensor), τον αισθητήρα ταχύτητας θεριζοαλωνιστικής μηχανής (ground speed sensor), τον αισθητήρα θέσης μηχανισμού θερισμού μετρήσεων (header sensor).

7.3 Εφαρμογές σε φρούτα

Στην Ελλάδα, μέθοδοι Γεωργίας Ακρίβειας πραγματοποιήθηκαν σε οπωρώνες που συγκομίζονται με τα χέρια (μήλα, αμπέλια και αχλάδια). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν (απόδοση και ποιότητα, ιδιότητες εδάφους, τηλεανίχνευση), αποθηκεύτηκαν σε βάσεις GIS, αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας γεωστατιστικές μεθόδους για την ανάπτυξη ζωνών διαχείρισης και χρησιμοποιήθηκαν συστήματα υποστήριξης αποφάσεων για να βοηθηθούν οι αγρότες στη διαχείριση των καλλιεργειών. Η εφαρμογή στα μήλα ξεκίνησε το 2005 με πρώτη χαρτογράφηση της παραγωγής σε οπωρώνα 8 στρεμμάτων στην Πτολεμαΐδα και συνεχίστηκε σε οπωρώνα 50 στρεμμάτων στη περιοχή Αγιάς, Λάρισας. Από τις πρώτες μετρήσεις έγινε φανερό ότι υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα στην παραγωγή. Η χαρτογράφηση της παραγωγής που έγινε με τα χέρια πραγματοποιήθηκε με ζύγισμα των κιβωτίων συγκέντρωσης των καρπών. Οι χάρτες παραγωγής (Εικόνα 3.1) έδειξαν σημαντική παραλλακτικότητα με το Νοτιο-Δυτικό τμήμα του αγρού να δίνει μεγαλύτερη παραγωγή. Παρόμοια παραλλακτικότητα έχουμε και στον αγρό της Αγιάς με το κεντρικό τμήμα του αγρού να δίνει τη μεγαλύτερη παραγωγή. Στην Εικόνα 10.13 φαίνονται τα αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Και σε αυτά η παραλλακτικότητα είναι υψηλή με τα υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά να μην είναι σε περιοχές του αγρού με υψηλότερη παραγωγή, εκτός από το μέγεθος των καρπών.



Εικόνα 3.1:Χάρτες παραγωγής οπωρώνα μηλιάς για τρία χρόνια. Χωράφι 8 στρεμμάτων, Πτολεμαΐδα

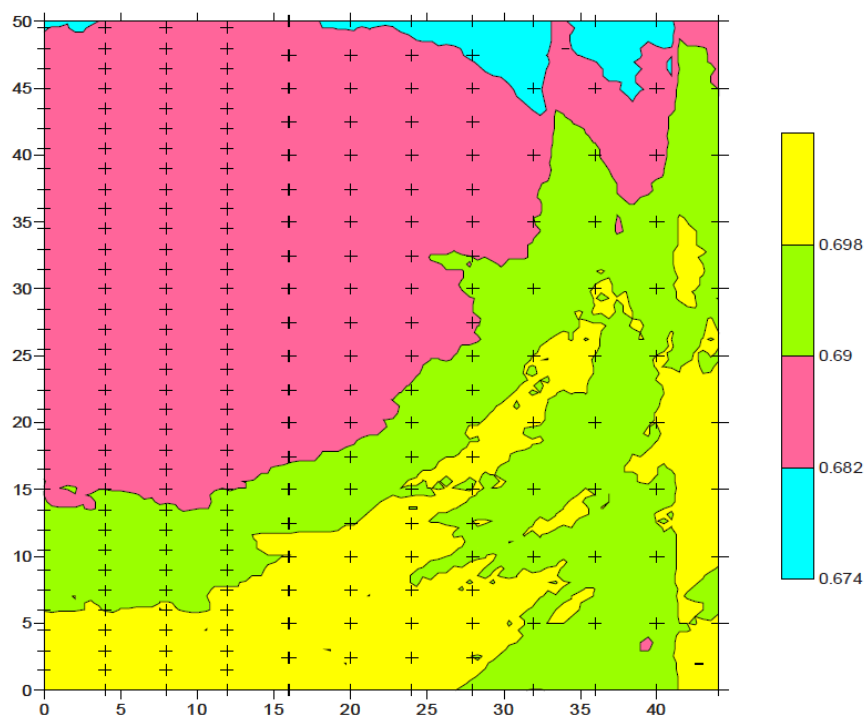


Εικόνα 3.2: Χαρτογράφηση της ποιότητας των καρπών στον αγρό των 50 στρεμμάτων. Από αριστερά: μέγεθος καρπών, συνεκτικότητα σάρκας, διαλυτά στερεά και χρώμα, Αγιά.

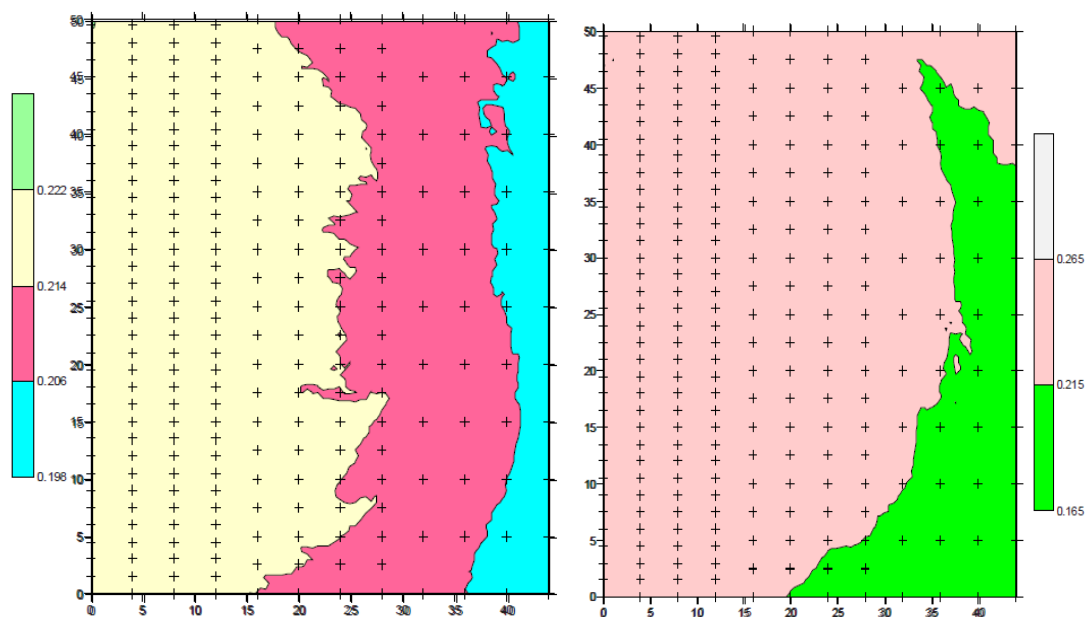
Αργότερα έγινε μέτρηση του δείκτη βλάστησης NDVI, με ένα όργανο CIRCLE, από πάνω από την κόμη και από τα πλάγια. Οι μετρήσεις έγιναν σε όλη τη βλαστική περίοδο. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική παραλλακτικότητα στην παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του οπωρώνα. Σύμφωνα με την ανάλυση των στοιχείων, το κέρδος του παραγωγού από την εφαρμογή μεταβλητών δόσεων του λιπάσματος είναι σημαντικό και τις δύο χρονιές της έρευνας. Αν θεωρηθεί ότι η τιμή πώλησης των μήλων είναι 0.30 ευρώ/κιλό και ότι η τιμή του λιπάσματος ήταν 0.70 ευρώ/κιλό και για τις δύο χρονιές, τότε για το 2011 η ποσότητα του λιπάσματος που χρησιμοποιήθηκε με την μεταβλητή λίπανση μειώθηκε κατά 32.4% σε σχέση με την ομοιόμορφη εφαρμογή και το κέρδος του παραγωγού αυξήθηκε κατά 21%. Το 2012 αντίστοιχα, η μείωση της ποσότητας του λιπάσματος με την εφαρμογή γεωργίας ακριβείας ήταν της τάξης του 56.6% και το κέρδος του παραγωγού αυξήθηκε κατά 9%. Οι γραμμές του οπωρώνα όπου εφαρμόστηκαν μεταβλητές δόσεις λιπάσματος είχαν μικρότερη παραγωγή σε σχέση με τις υπόλοιπες γραμμές. Αυτό είναι λογικό, καθώς χρησιμοποιήθηκε πολύ λιγότερο λίπασμα από ότι θα χρησιμοποιούνταν με την ομοιόμορφη εφαρμογή. Παρά την μειωμένη παραγωγή η εφαρμογή μεταβλητών δόσεων λιπάσματος αποδεικνύεται πολύτιμη καθώς με την χρήση μικρότερης ποσότητας λιπάσματος το καθαρό κέρδος του παραγωγού είναι πολύ μεγάλο. Σημαντικό είναι ότι η μικρότερη παραγωγή συνδυάστηκε με βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών.

7.4 Εφαρμογές σε ελιές

Η καλλιέργεια της ελιάς περιορίζεται στη Μεσόγειο ή σε περιοχές με παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες. Για να αυξηθεί η ελαιοπαραγωγή, μια λύση είναι να φυτεύονται οι ελιές πυκνότερα ανά μονάδα γης. Μέχρι τώρα η συγκομιδή της ελιάς γινόταν σχεδόν εξολοκλήρου με τα χέρια και το κόστος συλλογής αποτελεί πάνω από το 85% του κόστους παραγωγής της ελιάς. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια έχει εκμηχανιστεί και η συλλογή ελιάς, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους παραγωγής. Επιπλέον, οι νέοι τρόποι συλλογής απαιτούν πυκνή φύτευση ελαιόδεντρων και έχουν αλλάξει σημαντικά τις πρακτικές που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια της ελιάς. Οι παρουσιάζουν την εφαρμογή αρχών γεωργίας ακριβείας με χρήση απλών και φιλικών αισθητήρων, σε ελαιοκαλλιέργειες με υψηλότερη πυκνότητα φύτευσης από τις συμβατικές φυτείες. Οι ιδιότητες του εδάφους που μετρήθηκαν ήταν υγρασία εδάφους και φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα, με την χρήση των αισθητήρων ProChek και 5TE. Ενώ η ιδιότητα των φυτών που μετρήθηκε ήταν ο δείκτης NVDI (βλέπε Παράρτημα Α) με GreenSeeker. Από τα δεδομένα που συνέλεξαν έφτιαξαν χάρτες, όπως φαίνεται και στις: Εικόνα 3.3 και Εικόνα 3.4.



Εικόνα 3.3: Ο χάρτης μεταβλητότητας του NDVI. Με το σύμβολο «+» φαίνονται οι θέσεις των δέντρων.



Εικόνα 3.4: Περιεκτικότητα νερού (Volumetric Water Content -VWC) και φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa), αριστερά.

Οι σε εμπορικό ελαιώνα παραγωγής λαδιού στην Πελοπόννησο (έκτασης 91 στρεμμάτων), πραγματοποίησαν χαρτογράφηση της παραγωγής με ζύγισμα των σάκων όπου τοποθετούνταν οι ελιές και καθορισμό της θέσης τους με χρήση GPS. Ελήφθησαν δείγματα εδάφους και έγιναν αναλύσεις στο εργαστήριο. Με βάση τα αποτελέσματα δημιουργήθηκαν χάρτες εφαρμογής για φωσφόρο, κάλιο και ασβέστη για διόρθωση του pH. Η εφαρμογή των λιπαντικών στοιχείων έγινε με το χέρι και με βάση τις δύο ζώνες που δημιουργήθηκαν προστέθηκε μια ή δύο δόσεις λιπάσματος. Επιτεύχθηκε σημαντική βελτίωση του pH και εξοικονόμηση λιπάσματος, καθώς ο παραγωγός προσέθετε σε όλο το χωράφι την υψηλή δόση εφαρμογής.

Η Ομάδα Παραγωγών Ελαιόλαδου «Νηλέας» συμμετέχει στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα IoF 2020 (International Orienteering Federation). Το συγκεκριμένο πρόγραμμα αφορά τη διασύνδεση αισθητήρων που μπαίνουν στο χωράφι αλλά και στο ελαιοτριβείο, στο πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας, με στόχο την παραγωγή ποιοτικότερου και οικονομικότερου προϊόντος, και μάλιστα με ελεγχόμενο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το πρόγραμμα χρηματοδοτείται από την ΕΕ με έρευνα σε 19 διαφορετικές καλλιέργειες. Σε ό,τι αφορά την καλλιέργεια της ελιάς η εφαρμογή του γίνεται στην περιοχή της Χώρας Μεσσηνίας, μέσω του «Νηλέα» και στην Αλμερία της Ισπανίας. Στην Ελλάδα επιστημονικά υπεύθυνοι είναι το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και ο καθηγητής Σπύρος Φουντάς. Ο τελευταίος είπε: «Το έργο έχει διάρκεια 4 χρόνια, ξεκίνησε το 2017 και ολοκληρώνεται το 2020. Βάζουμε αισθητήρες στο έδαφος, μετράμε δηλαδή την υγρασία του εδάφους και θα γίνεται αυτόματα η άρδευση, με βάση ένα έξυπνο σύστημα που έχει εγκατασταθεί. Επίσης θα φτιάξουμε και ένα σύστημα για πρόληψη των ασθενειών. Σε ένα δεύτερο επίπεδο θα βάλουμε αισθητήρες στο ελαιοτριβείο, ώστε να παρακολουθούμε θερμοκρασία, υγρασία, χρόνο μάλαξης. Φυσικά όλα αυτά θα παρακολουθούνται με πολλές εξετάσεις για να δούμε την τελική ποιότητα του παραγόμενου λαδιού».

7.5 Ερευνητικά Ευρωπαϊκά Προγράμματα

7.5.1 APOLLO

<http://apollo-h2020.eu/gr/>

Το APOLLO αναπτύσσει και δοκιμάζει οικονομικώς προσιτές και εύχρηστες γεωργικές συμβουλευτικές υπηρεσίες βάσει δωρεάν διαθέσιμων δεδομένων Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης (ΔΤ), που έχουν, κατά κύριο λόγο (όχι, όμως, αποκλειστικώς) στόχο τους ιδιοκτήτες μικρών αγροκτημάτων καθώς και τις αγροτικές ενώσεις και τους γεωργικούς συμβούλους. Στο APOLLO συμμετέχουν εννέα εταίροι από πέντε Ευρωπαϊκές χώρες (Ελλάδα, Ισπανία, Αυστρία, Βέλγιο και Σερβία), οι οποίοι συνδυάζουν την εμπειρογνωμοσύνη τους στη γεωπονία, στις γεωργικές υπηρεσίες, στην εδαφολογία, στην τηλεπισκόπηση, και στη δορυφορική τηλεπισκόπηση. Στο έργο συμμετέχουν δύο αγροτικές ενώσεις – του Αγροτικού Συνεταιρισμού Πέλλας (ACP) στην Ελλάδα, της Αγροτικής Ένωσης του Δήμου Ruma (UPOR) στη Σερβία, οι οποίες θα εφαρμόσουν πιλοτικά και θα δοκιμάσουν πρώτες τις υπηρεσίες του APOLLO. Μια τρίτη πιλοτική εφαρμογή θα γίνει στην Ισπανία. Η κεντρική ιδέα του έργου APOLLO βασίζεται στις παρακάτω θεμελιώδεις έννοιες, οι οποίες καθιστούν τις υπηρεσίες οικονομικώς προσιτές, προσβάσιμες και εύχρηστες:

Οικονομικώς προσιτές

- Η διαθεσιμότητα δωρεάν και ανοικτών δεδομένων από το Πρόγραμμα Copernicus της Ευρωπαϊκής Ένωσης (και άλλων ανοικτών πηγών, π.χ. του Landsat), προσφέρει την ευκαιρία για την ανάπτυξη οικονομικών, εξατομικευμένων υπηρεσιών με ευκρίνεια κατάλληλη για εφαρμογές που στοχεύουν στους ιδιοκτήτες μικρών αγροκτημάτων
- Οι Μεθοδολογίες **αυτοματοποιημένης επεξεργασίας** υποστηρίζουν την ανάπτυξη οικονομικώς προσιτών υπηρεσιών
- Η πρωτοποριακή χρήση των δεδομένων του Sentinel-1, για την εκτίμηση της υγρασίας του εδάφους, επιτρέπει την αποφυγή χρήσης δαπανηρών και δύσχρηστων αισθητήρων που λειτουργούν από το έδαφος και γεωδαιτικών ερευνών για τη βελτιστοποίηση των επιχειρήσεων άρδευσης και οργώματος.

Προσβάσιμες

- Οι υπηρεσίες του APOLLO είναι διαθέσιμες ανά πάσα στιγμή μέσω του παγκόσμιου ιστού και εφαρμογών κινητών συσκευών. Η εφαρμογή του παγκόσμιου ιστού παρέχει πλήρη πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες και τα δεδομένα του APOLLO, ενώ η εφαρμογή κινητών συσκευών θα χρησιμοποιείται για την βασική ενημέρωση και την έγκαιρη προειδοποίηση σε περίπτωση έκτακτων συνθηκών
- Οι υπηρεσίες του APOLLO είναι εφαρμόσιμες για πολλαπλά είδη καλλιεργειών και παρόλο που είναι διαμορφωμένες για ιδιοκτήτες μικρών αγροκτημάτων, θα είναι διαθέσιμες και για αγροκτήματα άλλου μεγέθους

- Οι διεπιφάνειες του APOLLO και τα υποστηρικτικά έγγραφα θα διατίθενται σε διάφορες γλώσσες – αρχικά στις τρεις γλώσσες των πιλοτικών χωρών (Ελλάδα, Σερβία, Ισπανία) .

Εύχρηστες

- Οι τέσσερις εμβληματικές υπηρεσίες (Προγραμματισμός οργάνωτος και άρδευσης, παρακολούθηση ανάπτυξης καλλιέργειας και εκτίμηση καλλιεργητικής απόδοσης) του APOLLO δίνουν προτεραιότητα στην ευκολία χρήσης και έχουν σχεδιαστεί ώστε να ελαχιστοποιούν την επιβάρυνση του τελικού χρήστη.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Οι υπηρεσίες του APOLLO βασίζονται στη χρήση αρκετών τεχνολογιών στους τομείς της **Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης** και της **γεωπονικής προτυποποίησης**.

Δορυφορική Τηλεπισκόπηση

Η Δορυφορική Τηλεπισκόπηση (ΔΤ) αναφέρεται στη συλλογή πληροφοριών για τον πλανήτη μας, μέσω της χρήσης τεχνολογιών τηλεπισκόπησης, όπως είναι οι αναρτημένοι σε δορυφόρους ή αεροσκάφη χωρίς χειριστή (drones) αισθητήρες. Το Πρόγραμμα Copernicus παρέχει δωρεάν και ανοιχτά δεδομένα ΔΤ προς χρήση από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, πολίτες και επιχειρήσεις. Το έργο APOLLO χρησιμοποιεί όλα τα οφέλη αυτού του πολύτιμου πόρου, ενώ αντλεί πληροφορίες και από άλλες πηγές παγκοσμίως διαθέσιμων δεδομένων.

Υγρασία Εδάφους

Τα δεδομένα της Δορυφορική Τηλεπισκόπησης από αισθητήρες των δορυφόρων έχουν δείξει τη δυνατότητά τους να εκτελούν ποσοτικές μετρήσεις της υγρασίας του εδάφους επί γυμνών επιφανειών, καθώς και επί επιφανειών που καλύπτονται από χαμηλή βλάστηση. Χάρη στην ικανότητά τους να λειτουργούν με όλες τις καιρικές συνθήκες και να έχουν ευρεία κάλυψη, τα δεδομένα από το Ραντάρ Συνθετικού Διαφράγματος [Synthetic Aperture Radar (SAR)] προσφέρουν την ευκαιρία παρακολούθησης μεγάλων εκτάσεων με υψηλή χωρική ευκρίνεια. Με τη χρήση των εικόνων SAR, όπως εκείνων που λαμβάνει ο δορυφόρος Sentinel-1 του Προγράμματος Copernicus, μπορεί να δοθεί μια αρκετά ακριβής εκτίμηση της υγρασίας του επιφανειακού εδάφους.

Οι μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν για τον υπολογισμό της υγρασίας του εδάφους από τους αισθητήρες του SAR βασίζονται στις παρακάτω αρχές: Ακτινοβολία μικροκυμάτων που εκπέμπεται από το SAR αντανακλάται από την επιφάνεια της γης. Το επιστρέφον σήμα (γνωστό ως “οπισθοσκέδαση”) συλλαμβάνεται από τους αισθητήρες. Το σήμα επηρεάζεται από πολλαπλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων και των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης (τραχύτητα, τοπογραφικές συνθήκες), καθώς και του οργάνου μέτρησης. Αυτό που είναι ζωτικής σημασίας όμως, είναι ότι το σήμα επηρεάζεται από την ικανότητα του εδάφους να παρουσιάζει αντίσταση σε ηλεκτρικό πεδίο, μια ιδιότητα γνωστή

ως “διηλεκτρικότητα”, που συνήθως εκφράζεται για συγκεκριμένο υλικό σε σχέση με εκείνη του κενού και αναφέρεται ως “διηλεκτρική σταθερά”.

Η διηλεκτρική σταθερά του εδάφους έχει υψηλή συσχέτιση με την υγρασία του εδάφους. Συνεπώς, αν υποθεθεί ότι τα χαρακτηριστικά της εδαφικής επιφάνειας παρουσιάζουν μικρές διαφορές συν τω χρόνω, οι μεταβολές στο επιστρέφον σήμα του SAR συσχετίζονται με τις μεταβολές στην περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία.

Οι χάρτες υγρασίας εδάφους που δημιουργούνται από τα δεδομένα του Sentinel-1 είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν υπό των φορέων που διαχειρίζονται τη διανομή του ύδατος ή υπό των ίδιων των παραγωγών ώστε να προγραμματιστεί η άρδευση των αγρών τους με αποδοτικότερο τρόπο.

Θερμοκρασία και βροχόπτωση

Η πλατφόρμα του APOLLO θα δημιουργεί χάρτες κλιματικών αλλαγών, δηλαδή της θερμοκρασίας και του υετού με εδαφική ευκρίνεια 1km χρησιμοποιώντας δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς και ΔΤ, σε καθημερινή βάση. Οι προβλέψεις που αφορούν τον τόπο και τον χρόνο θα γίνονται για τις μέσες, μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες με τη χρήση χωροχρονικών γαιοστατιστικών μοντέλων με χρονική σειρά 8 ημερών εικόνων Φασματοραδιομέτρου Απεικόνισης Μέτριας Ευκρίνειας και τοπογραφικές στοιβάδες (ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο και τοπογραφικός δείκτης υγρασίας). Τα δεδομένα του Sentinel θα αρχίσουν να χρησιμοποιούνται με την έναρξη των επιχειρήσεων της κατάλληλης αποστολής.

Τα αρχεία του καθημερινού υετού λαμβάνονται από το Δίκτυο Βάσης Παγκόσμιων Ιστορικών Κλιματικών Δεδομένων (GHCND) του Εθνικού Κέντρου Κλιματικών Δεδομένων (NCDC/ΕΚΚΔ). Η μεθοδολογία εκτίμησης υετού επί χωροχρονικών καννάβων υψηλής ευκρίνειας βασίζεται στη χωροχρονική παλινδρόμηση Gauss (kriging). Οι κύριες επιπρόσθετες παράμετροι στο πρότυπο είναι το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM) και τοπογραφικές στοιβάδες. Εκτός αυτών, θα χρησιμοποιηθούν και δεδομένα ΔΤ που αφορούν τον υετό, π.χ. την τεχνική CMORPH, για την ενίσχυση του προτύπου.

Ανάπτυξη καλλιέργειας

Η υπηρεσία παρακολούθησης ανάπτυξης της καλλιέργειας αποτελεί ιδιαίτερα κοινή υπηρεσία στα προϊόντα της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης που αφορούν τη γεωργία. Ωστόσο, οι εν λόγω υπηρεσίες παρέχουν συνήθως αποτελέσματα που βασίζονται μόνον στον Δείκτη Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς (NDVI). Εκτός αυτού, το APOLLO θα χρησιμοποιεί και προηγμένους δείκτες βλάστησης που προέρχονται από τα δεδομένα του Sentinel-2 για τον κατ’ εκτίμηση υπολογισμό των βιοφυσικών παραμέτρων των καλλιεργειών (π.χ. Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας [LAI], Περιεχόμενο Χλωροφύλλης/Αζώτου) ώστε να παρέχει ακριβέστερες υπηρεσίες παρακολούθησης της ανάπτυξης των καλλιεργειών. Η βελτιωμένη ευαισθησία τόσο του απόλυτου όσο και του σχετικού δείκτη ανάπτυξης της καλλιέργειας παρέχει έγκαιρες πληροφορίες για εν δυνάμει προβλήματα.

Βιομάζα

Η βιομάζα είναι μία παράμετρος των καλλιεργειών που απαιτείται ως μεταβλητή εισροών στα πρότυπα πρόβλεψης απόδοσης σοδειάς. Για την εφαρμογή του APOLLO, τα πρότυπα του κατ' εκτίμηση υπολογισμού της βιομάζας πρέπει να είναι εφαρμόσιμα στις σχετικές επιχειρήσεις σε όλη την Ευρώπη. Η ακρίβεια των πληροφοριών δεν πρέπει να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και της γεωργικής πρακτικής. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, το έργο APOLLO αναπτύσσει αρκετά μοντέλα για τον κατ' εκτίμηση υπολογισμό της βιομάζας, αναλόγως των κύριων ομάδων καλλιεργειών (καλλιέργειες με παρόμοια φυλλική δομή και αρχιτεκτονική κόμης) από τα δεδομένα του Sentinel-2 (και του Landsat 8 για να βελτιωθεί η χρονική ευκρίνεια).

Γεωπονική προτυποποίηση

Στα γεωπονικά πρότυπα χρησιμοποιούνται τα δεδομένα της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης. Ο ρόλος τους είναι να μεταφράσουν τα εν λόγω δεδομένα σε πληροφορίες που έχουν σημασία και νόημα για τους παραγωγούς. Έτσι, οι παραγωγοί λαμβάνουν πληροφορίες που τους βοηθούν να είναι αποδοτικότεροι στις γεωργικές τους επιχειρήσεις. Για παράδειγμα, οι παραγωγοί λαμβάνουν πληροφορίες από το APOLLO που αφορούν την άρδευση π.χ. τον χρόνο εφαρμογής και την ποσότητα νερού που πρέπει να χρησιμοποιήσουν. Επιπλέον, είναι δυνατόν να λάβουν πληροφόρηση για την ανάπτυξη των καλλιεργειών τους η οποία τους βοηθά να ανιχνεύσουν εγκαίρως προβλήματα όπως η εμφάνιση επιβλαβών οργανισμών.

7.5.2 Smart-AKIS

<https://www.smart-akis.com>

Το Smart AKIS είναι ένα Ευρωπαϊκό Δίκτυο που επιχειρεί να ενσωματώσει τεχνολογίες και λύσεις έξυπνης γεωργίας μεταξύ της κοινότητας των γεωργών στην Ευρώπη και να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ των επαγγελματιών και των ερευνητών για τον εντοπισμό νέων λύσεων έξυπνης γεωργίας που να ταιριάζουν στις ανάγκες των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Ακόμα είναι το Θεματικό Δίκτυο Έξυπνης Γεωργίας που προωθείται από το EIP-AGRI και χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Ορίζοντα 2020 της ΕΕ. Το πρόγραμμα Smart-AKIS στοχεύει στην εξέταση της καταλληλότητας και της χρήσης τεχνολογιών έξυπνης γεωργίας (TEG) στη γεωργία της ΕΕ, στους οποίους συμμετέχουν αγρότες, βιομηχανία γεωργικών μηχανημάτων, πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα, γεωργική μηχανική και δημόσιοι οργανισμοί.

8 Αξιολόγηση συστημάτων

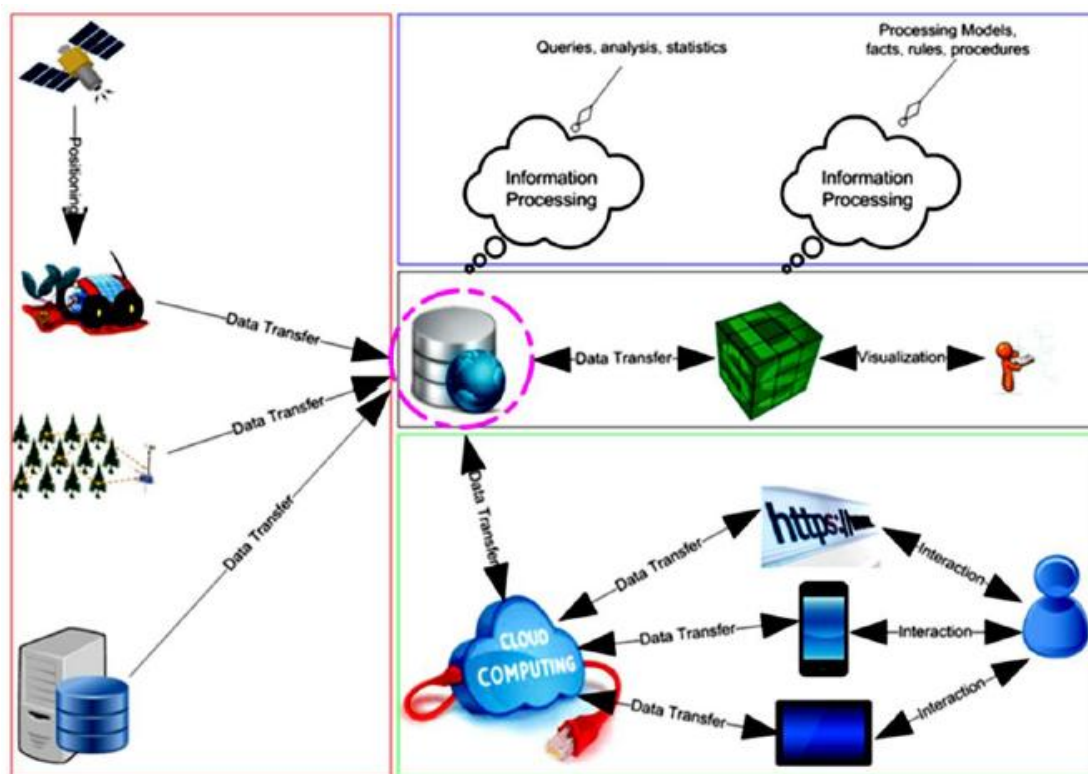
8.1 Πρόγραμμα «Αγρόκτημα του Μέλλοντος» (Future Farm)

Το πρόγραμμα αυτό χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο πλαίσιο του Προγράμματος Πλαισίου 7 και είχε συντονιστή τον Καθηγητή Blackmore και το Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης Θεσσαλίας (ΚΕΤΕΑΘ). Στόχος του προγράμματος ήταν η ανάπτυξη των τεχνικών της γεωργίας ακριβείας για τη δημιουργία ενός συστήματος

διαχείρισης αγροκτημάτων με δημιουργία βάσεων δεδομένων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για έλεγχο των αγροκτημάτων. Στο πρόγραμμα μελετήθηκαν οι στρατηγικές των αγροτών και οι νέες τεχνολογίες που μπορούν να συνδυαστούν με τις απαιτήσεις των πολιτικών της ΕΕ. Μέρος του προγράμματος κάλυψε θέματα ρομποτικής και χρήσης βιοκαυσίμων για κάλυψη των αναγκών σε ενέργεια του αγροκτήματος. Στο πρόγραμμα μετείχε και ένα αγρόκτημα της Θεσσαλίας που εφάρμοσε κάποιες από τις τεχνικές της ΓΑ .

8.2 Συστήματα παρακολούθησης διαχείρισης αγροκτημάτων

Η χρήση αισθητήρων για τη λήψη δεδομένων δημιουργεί μια μεγάλη βάση δεδομένων που είναι γεωδεμένα και μπορούν να δώσουν σημαντικές πληροφορίες για όλες τις δραστηριότητες του αγροκτήματος. Παράλληλα, ηλεκτρονικοί αισθητήρες εγκαταστάθηκαν στους γεωργικούς ελκυστήρες για να διευκολύνουν τον χειρισμό τους και τη λειτουργία των παρελκομένων. Με την αποδοχή της τυποποίησης του IISOBUS (ISO1783) από τους περισσότερους κατασκευαστές, έχουμε στους ελκυστήρες και στα παρελκόμενα μια σειρά αισθητήρων που μετρούν και μεταφέρουν στους χειριστές ένα πλήθος στοιχείων που μπορούν με κατάλληλη διαμόρφωση των συστημάτων να αποθηκευτούν. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να αποτελέσουν μια βάση δεδομένων που μπορεί να αποτελέσει το υπόβαθρο για την ανάπτυξη ενός συστήματος πλήρους καταγραφής των δραστηριοτήτων του αγροκτήματος, ώστε να δημιουργηθεί ένα σύστημα διαχείρισης του αγροκτήματος και ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας. Ένα σύστημα αυτής της μορφής αναπτύσσεται στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Το πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων αποτελείται συνολικά από 3 διαφορετικές εφαρμογές: (i) εφαρμογή android για smartphones και tablets, (ii) εφαρμογή windows για καταγραφή των δεδομένων του ελκυστήρα, και (iii) ιστοσελίδα για την προβολή των δεδομένων. Το σύστημα έχει τη δομή της Εικόνας 4.1.



Εικόνα 4.1: Δομή ενός πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης αγροκτημάτων. Το σύστημα θα καταγράφει όλα τα στοιχεία κινήσεων και λειτουργίας του ελκυστήρα και των παρελκόμενων και θα τα αποθηκεύει σε βάση δεδομένων. Μπορεί να γίνεται αυτόματη επεξεργασία και να παράγονται χάρτες με την παραλλακτικότητα των αγρών π.χ. σε αντίσταση στην κατεργασία. Αυτό θα δημιουργήσει ισχυρό εργαλείο για τη διαχείριση του εξοπλισμού των αγροκτημάτων, αλλά και των καλλιεργειών..

8.3 Αξιοποίηση και Συνδυασμός δεδομένων (Datafusion)

Η ΓΑ με τους αισθητήρες που χρησιμοποιεί συγκεντρώνει έναν τεράστιο αριθμό δεδομένων που είναι δύσκολη η επεξεργασία τους. Για να μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε τα δεδομένα αυτά πρέπει να αναπτυχθούν βάσεις δεδομένων που θα τα κάνουν διαθέσιμα και να αναπτυχθεί λογισμικό που θα μπορεί να τα αξιοποιεί. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν αλγόριθμοι που μπορούν να «εκπαιδευτούν» με βάση τα δεδομένα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων με χρήση διαφόρων εισροών. Τέτοιες τεχνικές είναι τα νευρωνικά δίκτυα (neural networks) και οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες (fuzzy cognitive maps). Οι αλγόριθμοι αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για αναγνώριση ζιζανίων και ασθενειών στα φυτά και για ανάλυση δεδομένων από εφαρμογές ΓΑ στο βαμβάκι, μήλα και αμπέλι. Η προσπάθεια συνεχίζεται με τον συνδυασμό μετρήσεων από διάφορους αισθητήρες που συνδυαζόμενοι, θα μπορούσαν να δώσουν καλύτερες πληροφορίες από τους μεμονωμένους.

8.4 Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της Γεωργίας Ακριβείας όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι:

- Ακριβής γνώση των χαρακτηριστικών του αγροτεμαχίου, τύπος του εδάφους, το pH, τα θρεπτικά στοιχεία, το νερό και η στράγγισή του κ.ά
- Ακριβής γνώση των απαιτήσεων της καλλιέργειας σε θρεπτικά συστατικά, νερό και την κλινική τους εικόνα από άποψη παρασίτων.

- Κατά συνέπεια η Γ.Α. αντιμετωπίζει την παραλλακτικότητα του αγρού και εφαρμόζει την κατάλληλη εισροή, στο σημείο που χρειάζεται, στην κατάλληλη δόση και στο σωστό χρόνο. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση των καλλιεργητικών εισροών και φυσικά ανάπτυξη πιο εύρωστων και πιο παραγωγικών φυτών γιατί καλύπτονται ακριβώς οι ανάγκες τους. Επομένως μειώνεται και το κόστος παραγωγής. Επιπροσθέτως, η εφαρμογή των εισροών στη σωστή δοσολογία παρέχει ποιοτικά προϊόντα κατάλληλα για τις σύγχρονες ανάγκες των καταναλωτών.
- Η αλόγιστη χρήση νερού, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων έχουν προκαλέσει τεράστιες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αυτές περιλαμβάνουν την υποβάθμιση του εδάφους σε βαθμό ερημοποίησης, τη μείωση των υδατικών πόρων στους υδροφορείς, τη διείσδυση του υφάλμυρου νερού στις παράκτιες περιοχές, την αλάτωση και τη ρύπανση των εδαφών και τελικά την παραγωγή προϊόντων κατώτερης ποιότητας και σε πολλές περιπτώσεις επικίνδυνων προς κατανάλωση. Με τη Γεωργία Ακριβείας η σχέση και η αλληλεξάρτηση μεταξύ της γεωργίας και του περιβάλλοντος είναι άμεση και δυναμική. Η σωστή διαχείριση και εφαρμογή των εισροών μειώνει στο ελάχιστο τις επιζήμιες επιπτώσεις της γεωργίας στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου.

Το βασικότερο μειονέκτημα της χρήσης πρακτικών Γ.Α. είναι το κόστος του εξοπλισμού το οποίο όμως μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Στην Ελλάδα επειδή αντιστοιχούν λίγα στρέμματα ανά παραγωγό και είναι μικρές οι καλλιέργειες, η αγορά και η εγκατάσταση του εξοπλισμού δεν είναι συμφέρουσα. για να γίνουν κάποιες εφαρμογές απαιτείται εξοπλισμός μικρού ή μεγάλου κόστους που αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει σε μεγάλη κλίμακα. Για παράδειγμα σε ελάχιστες μηχανές συγκομιδής υπάρχουν συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής. Ο εξοπλισμός αυτός δεν είναι υψηλού κόστους (γύρω στις 5.000 € σε μηχανές που κοστίζουν πάνω από 100.000 €) αλλά οι αγρότες δεν έχουν ενημερωθεί όσο χρήσιμοι είναι οι χάρτες παραγωγής στη διαχείριση των αγροκτημάτων τους. Άλλα μηχανήματα όμως όπως τα συστήματα μεταβλητών δόσεων λιπασμάτων κοστίζουν 30.000€ και σύμφωνα με μελέτες στη Γερμανία πρέπει να καλύπτουν πάνω από 2000 στρέμματα ετησίως (ένας στόχος αρκετά εύκολος για τους επαγγελματίες ιδιοκτήτες μηχανημάτων) για να είναι οικονομικά αποδοτικά δηλαδή το κόστος απόσβεσης και λειτουργίας να είναι χαμηλότερο από το κόστος του λιπάσματος που εξοικονομείται. Μπορεί αυτό τον κίνδυνο να τον αναλάβει ένας ιδιώτης; Ναι, αν τα σχέδια βελτίωσης αντί να προωθούν και να επιδοτούν την αγορά τεράστιων τρακτέρ που δεν αποσβένονται με τίποτα, να προωθούν και να επιδοτούν ισχυρά καινοτόμα μηχανήματα ώστε οι ιδιώτες να αναλάβουν το σχετικό κίνδυνο. Επίσης τα παραπάνω προβλήματα θα μπορούσαν να λυθούν με τη δημιουργία ομάδων παραγωγών ή συνεταιρισμών. Η δημιουργία ομάδων παραγωγών και συνεταιρισμών μπορεί να δώσει και απάντηση στην έλλειψη γνώσεων από πλευράς των παραγωγών, αφού μπορεί να απασχολεί τουλάχιστον ένα άτομο που να μπορεί να καθοδηγεί τους παραγωγούς για τις νέες τεχνολογίες καθώς και να απαντά σε ερωτήματα που προκύπτουν από πλευράς τους. Ένα άλλο σημαντικό ερώτημα είναι σε ποιόν θα ανήκουν τα big data του αγροτικού τομέα.

8.5 Διαθέσιμες Τεχνολογίες στην Αγορά

Σε αυτή τη παράγραφο θα παρουσιαστούν κάποιες εταιρίες που διαθέτουν «έξυπνους» αισθητήρες και τα ανάλογα λογισμικά για εφαρμογές Γεωργίας Ακριβείας σε υπαίθριες καλλιέργειες.

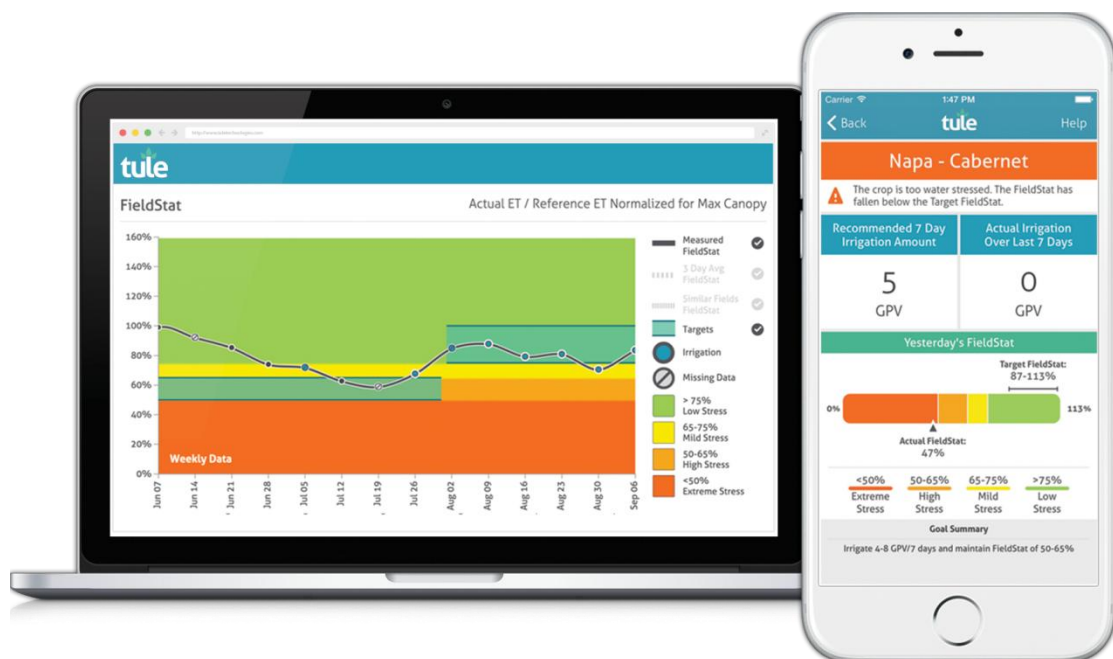
8.5.1 Tule Technologies

<https://www.tuletechnologies.com/>

Το Tule εξετάζει τις απώλειες νερού στο πεδίο αντί για το διαθέσιμο νερό στη ριζική ζώνη, ώστε να προγραμματιστεί η άρδευση. Μπορεί να μετρήσει την πραγματική εξατμισοδιαπνοή του φυτού, με τη χρήση υλικού (hardware) που είναι εγκατεστημένο πάνω από το φυτό.

Χαρακτηριστικά Tule

- Απομακρυσμένη παρακολούθηση της κατάστασης του νερού καλλιέργειας
- Συστάσεις για άρδευση για την κάθε τοποθεσία, υπολογίζοντας όχι μόνο την κατάσταση του νερού καλλιέργειας, αλλά και την ικανότητα αποθήκευσης νερού στο έδαφος.
- Μετρήσεις κλίμακας πεδίου. Ένας αισθητήρας μετρά μέχρι 10 στρέμματα - όχι μόνο ένα σημείο στο έδαφος ή μόνο ένα φυτό.
- Επιβεβαίωση ότι οι εντολές για άρδευση εφαρμόστηκαν επαρκώς.
- Σύγκριση της φυτείας με άλλες.



Εικόνα 4.2: Στιγμιότυπο από την εφαρμογή Tule κινητό τηλέφωνο ή υπολογιστή.

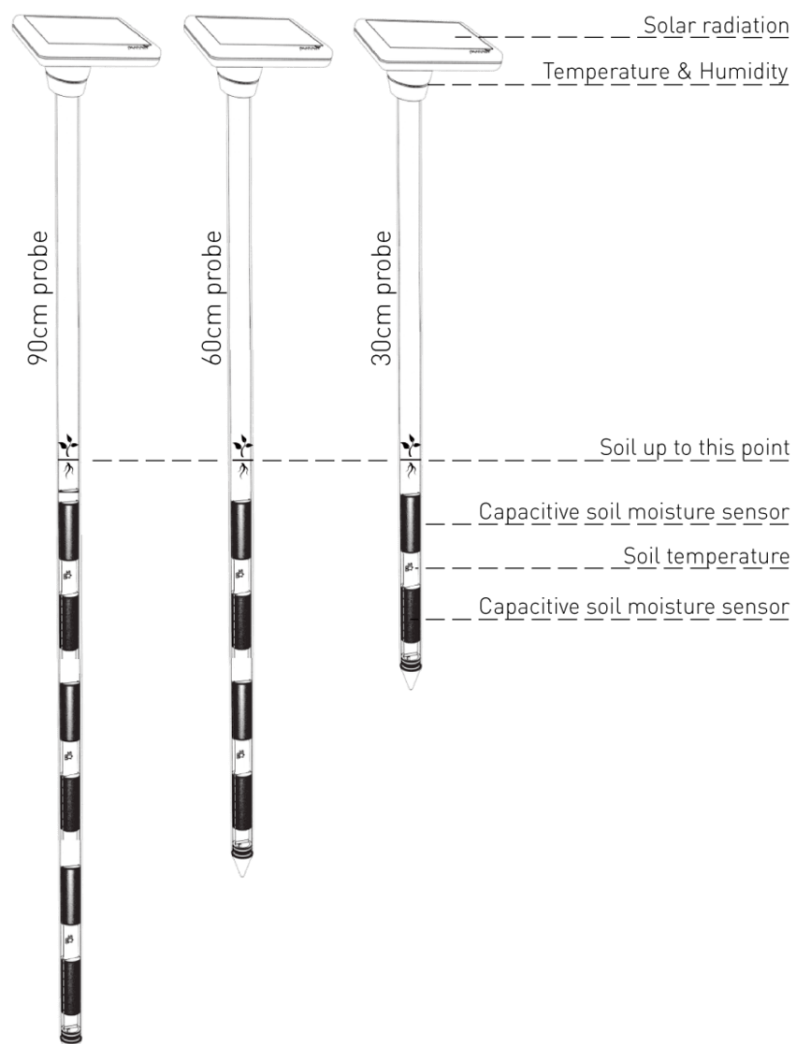
Features	Premium \$1,500/sensor/year	Enterprise \$2,500/sensor/year (25 sensor minimum)
Remote monitoring of crop water status (FieldStat)	✓	✓
Site-specific irrigation recommendations	✓	✓
Field-scale measurements	✓	✓
Status alerts	✓	✓
Atmospheric demand forecast	✓	✓
Irrigation set calculator	✓	✓
Online tutorials and email support	✓	✓
Technical training groups	✓	✓
Web dashboard and iPhone app	✓	✓
Installation and maintenance	✓	✓
Private data - restricted to authorized users	✓	✓
Phone support	✓	✓
Historical comparison to previous years	✓	✓
Private in-person training (up to 2 per year)		✓
SLA for sensor uptime		✓
Enterprise API		✓
End of season custom analysis and review		✓
User roles and permissions		Coming Soon!

Εικόνα 4.3: Τιμολόγηση συνδρομής Tule

8.5.2 Pycno

<https://pycno.co/>

Οι αισθητήρες τους εγκαθίστανται εύκολα από τον ίδιο τον καλλιεργητή, είναι πλήρως αυτόνομοι με ένα ηλιακό πάνελ και εσωτερική μπαταρία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περισσότερες από 160 χώρες (μεταξύ αυτών και η Ελλάδα). Οι αισθητήρες σχηματίζουν ένα δίκτυο μεταξύ τους. Ένας κύριος αισθητήρας (Master), ενεργεί ως πύλη, συλλέγοντας όλες τις μετρήσεις των αισθητήρων και τις ωθεί στο Διαδίκτυο, μέσω κάρτας SIM. Ένα σύμπλεγμα αισθητήρων κόμβων (nodes) χρησιμοποιεί ένα Master για να ωθήσει τα δεδομένα έξω από το αγρόκτημα. Πολλά συμπλέγματα όπως αυτό μπορούν να αναπτυχθούν, αποστέλλοντας δεδομένα ως μία εκμετάλλευση. Πολλές εκμεταλλεύσεις μπορούν να προστεθούν κάτω από κάθε λογαριασμό. Η απόσταση από αισθητήρα σε αισθητήρα είναι μέχρι 500m. Οι αισθητήρες διατίθενται σε διάφορα μεγέθη όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.4.



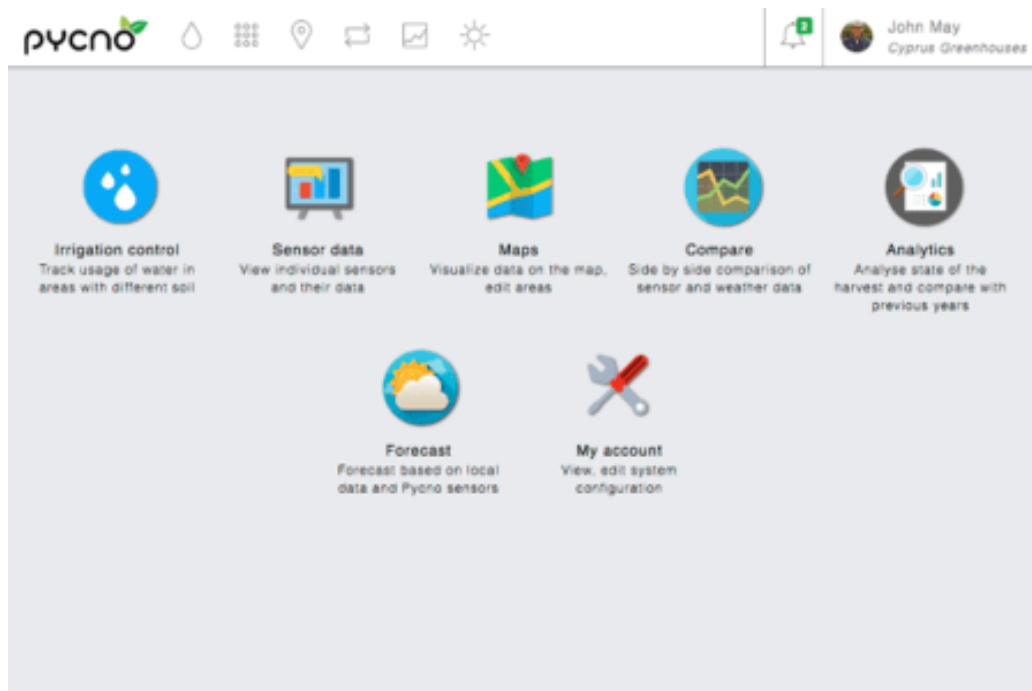
Εικόνα 4.4: Τα διαφορετικά μήκη των αισθητήρων Ργςno και τι μετρήσεις παίρνουν.

Χαρακτηριστικά της Πλατφόρμας

- Έλεγχος άρδευσης
- Προηγμένη χαρτογράφηση και χάρτες θερμότητας
- Πρόγνωση καιρού
- Πρόβλεψη ασθενειών και ανάπτυξη εντόμων
- Παρουσιάζει τους πιθανούς παράγοντες στρες του φυτού που επηρεάζουν την ανάπτυξή του

Η τιμή αγοράς μιας τετράδας αισθητήρων (1 master+ 3 nodes) με όλα τα απαραίτητα για την εγκατάσταση και λειτουργία τους είναι:

- Για 30cm μήκος 1799 \$
- Για 60cm μήκος 1999 \$
- Για 90cm μήκος 2199 \$



Εικόνα 4.5: Πλατφόρμα Pycno

8.5.3 Acuity Agriculture

Και αυτή η εταιρία προσφέρει μέσω αισθητήρων και λογισμικού πληροφορίες για την καλλιέργεια. Πιο συγκεκριμένα:

- Ανωμαλίες Νερού: Παρακολούθηση της πορείας του νερού, Στρατηγικά χρονοδιαγράμματα άρδευσης. Αποστολή ειδοποιήσεων για ανωμαλίες στο πότισμα.
- Έλεγχος παρασίτων: Αποφυγή των φιλικών προς τους επιβλαβείς οργανισμούς συνθκών. Διάγραμμα ανάπτυξης παρασίτων
- Κλιματική μεταβλητότητα: Πρόβλεψη παγετού, Μείωση πτώσης φρούτων από τους μεγάλους ανέμους
- Χρόνος συγκομιδής: Ακριβής παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών. Υπόδειξη κατάλληλων χρόνων για ψεκασμούς, ώστε να μεγιστοποιηθεί η απόδοση.
- Συντήρηση εδάφους: Μέτρηση της αλατότητας εδάφους, Διατήρηση μιας υγιούς ζώνης ριζών, Μείωση της απορροή και την έκπλυσης.

8.5.4 Phytech

<https://www.phytech.com/>

Σε αυτή την εφαρμογή τοποθετούνται αισθητήρες σε επιλεγμένα φυτά που παρακολουθούν συνεχώς τις μικρο-αλλαγές της διαμέτρου του στελέχους, που είναι επιστημονικά αποδεδειγμένοι δείκτες καταπόνησης. Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο στο σύννεφο (cloud) της Phytech για περαιτέρω αναλύσεις. Η Phytech εφαρμόζει, κατοχυρωμένους με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, αλγόριθμους που μετατρέπουν τα πρωτογενή δεδομένα σε δεδομένα της κατάστασης της συγκεκριμένης καλλιέργειας. Οι προγνωστικές αναλύσεις και οι δυνατότητες πληροφοριών για τα φυτά παρέχουν σημαντικές ειδοποιήσεις και συστάσεις. Η εταιρία εκτιμά αύξηση κέρδους ανά εκτάριο:

126\$ για το καλαμπόκι, 316\$ για τα αμύγδαλα και 82,5\$ για το βαμβάκι. Εκτός από αυτές τις καλλιέργειες, η εταιρία έχει αναπτύξει αλγόριθμους για μήλα και εσπεριδοειδή. Επιπλέον με τη χρήση των προϊόντων της υπάρχει πάνω από 40% εξοικονόμηση νερού, αύξηση της παραγωγής και μείωση κινδύνων.

8.5.5 FieldIn

<https://fieldintech.com/>

Προσφέρει λύσεις λογισμικού διαχείρισης ζιζανίων σε οπωρώνες, ελαιώνες και αμπελώνες, βοηθώντας τους καλλιεργητές να εξοικονομήσουν χρήματα από τις πρακτικές διαχείρισης παρασίτων, μειώνοντας τις συνολικές εφαρμογές φυτοφαρμάκων και εξαλείφοντας τα λάθη ψεκασμού.

8.5.6 Slant Range

<https://www.slantrange.com/>

Η Slant Range παρέχει συστήματα αισθητήρων και αναλύσεων για χρήση σε τηλεκατευθυνόμενα αεροσκάφη (drones). Οι σημαντικότερες παράμετροι που υπολογίζει είναι: η μέτρηση της πυκνότητας των φυτών και των ζιζανίων, η καταπόνηση των φυτών από παράσιτα, την έλλειψη θρεπτικών ουσιών και την αφυδάτωση. Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί η εταιρία μειώνει δραστικά το κόστος των πτήσεων, καθώς απαιτεί επικάλυψη μόνο 20%, καλύπτοντας τέσσερις φορές περισσότερη έκταση ανά πτήση από τις παραδοσιακές μεθόδους.

Τα οπτικά ακριβείας παρέχουν φασματική απεικόνιση με ανάλυση ακρίβειας εκατοστού για την εξαγωγή ισχυρών νέων αναλυτικών στοιχείων. Οι δυνατότητες ανάλυσης ενισχύονται κατά πολύ και από τον επεξεργαστή Qualcomm Snapdragon που φέρει ο αισθητήρας.

Οι αισθητήρες SlantRange έχουν σχεδιαστεί για μετρήσεις χαμηλού υψομέτρου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σχεδόν οποιοδήποτε drone. Η εταιρία έχει κατοχυρώσει με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας την πατέντα του αισθητήρα με βαθμονόμηση ηλιακού φωτός.

Τα αποτελέσματα είναι άμεσα, στο σημείο συλλογής, δεν χρειάζεται σύνδεση με το διαδίκτυο ή υπολογιστικά συστήματα υψηλού επιπέδου. Ενώ, προσφέρεται η δυνατότητα καθολικής φορητότητας των δεδομένων σε πολλές τυποποιημένες μορφές.

8.5.7 ScientAct

<http://www.scientact.gr>

Η ScientAct A.E. ιδρύθηκε το 1995 στην Θεσσαλονίκη, ενώ από το 2001 έλαβε πιστοποιητικό διασφάλισης ποιότητας ISO 9001. Δραστηριοποιείται στον χώρο της υψηλής τεχνολογίας και των εφαρμογών της, στους τομείς του εξοπλισμού περιβαλλοντολογικής έρευνας, βιομηχανικών εφαρμογών και εργαστηριακού εξοπλισμού. Πιο συγκεκριμένα παρέχει τις παρακάτω υπηρεσίες:

- ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ (Μετεωρολογικοί Σταθμοί - Αισθητήρες - Καταγραφικά - Φορητά Όργανα)

- ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ (Υδρολογικοί Σταθμοί - Αισθητήρες - Καταγραφικά - Φορητά Όργανα)
- ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (Αγρομετεωρολογικοί Σταθμοί - Αισθητήρες - Φορητά Όργανα κ.ά.)
- ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ (Όργανα Πεδίου και Εργαστηρίου - Αισθητήρες – Καταγραφικά)
- ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ (Σταθμοί Μέτρησης Εξωτερικού και Εσωτερικού χώρου - Αισθητήρες - Φορητά Όργανα)
- Α.Π.Ε. (Σταθμοί - Αισθητήρες Μέτρησης Ηλιακού και Αιολικού Δυναμικού)
- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ (Όργανα και Αναλώσιμα Εργαστηρίων Έρευνας και Βιομηχανίας)
- ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ (Προπλάσματα - Εποπτικά Υλικά - Εργαστηριακές Ασκήσεις)

Πιο συγκεκριμένα στον τομέα της Γεωργίας Ακριβείας διατίθενται οι παρακάτω τεχνολογίες:

Αγρο-μετεωρολογικοί σταθμοί μέτρησης με δυνατότητα πρόβλεψης ασθενειών. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται μέσω γραμμής GPRS - INTERNET (κινητή τηλεφωνία). Ο χειριστής έχει την δυνατότητα να δει και να επεξεργαστεί τα δεδομένα μέσω internet από οποιοδήποτε σημείο του κόσμου. Η εφαρμογή internet η οποία λαμβάνει και επεξεργάζεται τις μετρήσεις είναι σε πολλές διαφορετικές γλώσσες όπως Αγγλικά, Ελληνικά, Βουλγάρικα, κ.ά. Ο σταθμός λειτουργεί με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και ηλιακό συλλέκτη ο οποίος φορτίζει τις μπαταρίες. Η λήψη και καταγραφή των μετρήσεων στον σταθμό είναι επιλεγόμενη από τον χρήστη στην περιοχή 10-120 λεπτά. Ο ρυθμός αποστολής των μετρήσεων από τον σταθμό στο internet είναι επιλεγόμενος από τον χειριστή και συγκεκριμένα επιλογή αποστολής ανά 10 λεπτά έως και ανά 24 ώρες. Ο χειριστής έχει την δυνατότητα να προγραμματίσει όρια τιμών για όλους τους αισθητήρες. Σε περίπτωση που κάποιος από τους αισθητήρες βγει εκτός ορίων, τότε ο σταθμός μπορεί να στείλει αυτόματα, γραπτό μήνυμα σε αριθμό κινητού τηλεφώνου που έχει επιλέξει ο χειριστής ή e-mail. Τα δεδομένα εμφανίζονται σε μορφή πίνακα. Ο χειριστής έχει την δυνατότητα να επιλέξει ποια από τα δεδομένα θα εμφανίζονται και ποια όχι. Ο χειριστής μπορεί να επιλέξει την εμφάνιση δεδομένων συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Με ένα κλικ του ποντικιού υπολογίζονται και εμφανίζονται αυτόματα, οι ημερήσιες και οι μηνιαίες τιμές των μετρούμενων παραμέτρων. Ο χειριστής μπορεί να δει τις μετρήσεις σε μορφή γραφημάτων. Μπορεί να επιλέξει ποιες παράμετροι θα εμφανίζονται στο γράφημα. Το γράφημα μπορεί να εμφανίζει τις ωριαίες, ημερήσιες ή μηνιαίες τιμές. Το σύστημα υπολογίζει και εμφανίζει ημεροβαθμούς για επιλεγόμενο χρονικό διάστημα και με επιλεγόμενο κατώφλι. Το σύστημα υπολογίζει και εμφανίζει την εξατμισοδιαπνοή (ET). Το σύστημα μπορεί να υπολογίζει την επικινδυνότητα προσβολών από ασθένειες για δέντρα, αμπέλι, πατάτες, κρεμμύδια, καρότα, ντομάτες, μήλα, αχλάδια, πορτοκάλια, κτλ.

Φορητός Μετρητής Χλωροφύλλης. Πρόκειται για εξαιρετικά ακριβή και μη καταστροφική μέθοδο. Το όργανο ερμηνεύει με ακρίβεια την περιεχόμενη χλωροφύλλη σε φυτά. Η μέτρηση της περιεχόμενης χλωροφύλλης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οργάνωση και την βελτιστοποίηση των συνθηκών ανάπτυξης των φυτών αλλά και για σκοπούς προστασίας του περιβάλλοντος.

Φορητό όργανο μέτρησης Φωτοσύνθεσης. Φορητό σύστημα μέτρησης της φωτοσύνθεσης, Διαπνοής και Στοματικής Αγωγιμότητας των φύλλων, εξαιρετικά μικρών διαστάσεων και βάρους με πλήρες σύστημα ρύθμισης και ελέγχου του μικροκλίματος.

Φορητό όργανο μέτρησης Φθορισμού της Χλωροφύλλης. Το σύστημα είναι φορητό και βασίζεται στην αρχή της φθορισμομετρίας διαμόρφωσης πλάτους παλμών (pulse amplitude modulation, PAM). Μετρούμενοι παράμετροι: F_0 , F_m , F_m' , F , F_0' , F_v/F_m (max Yield), $\Delta F/F_m'$ (Yield), qP , qN , NPQ, PAR και $^{\circ}C$.

Εξειδικευμένα συστήματα Φθορισμού Χλωροφύλλης.

- Συστήματα με συνεχόμενη διέγερση (continuous).
- Συνδυασμός οργάνων μέτρησης φωτοσύνθεσης και φθορισμού χλωροφύλλης.
- Συνδυασμός οργάνων φθορισμού χλωροφύλλης με μικροσκόπιο.
- Υποβρύχια όργανα μέτρησης φθορισμού χλωροφύλλης.
- Εκπαιδευτικά συστήματα φθορισμού χλωροφύλλης.

Φορητό όργανο μέτρησης φυλλικής επιφάνειας. Διαθέτει μεγάλη ψηφιακή οθόνη στην οποία εμφανίζονται τα αποτελέσματα μέτρησης καθώς επίσης και η εικόνα του φύλλου που σαρώνει το σύστημα. Δεν προκαλεί καμία βλάβη ή αλλοίωση στο φύλλο. Διαθέτει εσωτερική μνήμη για την αποθήκευση των δεδομένων μέτρησης και των εικόνων. Το σύστημα διαθέτει ειδικό scanner, καθώς επίσης και ενσωματωμένο μικροϋπολογιστή, ο οποίος εκτελεί τις διαδικασίες μέτρησης. Το σύστημα μετρά: Φυλλική επιφάνεια, μήκος φύλλου, πλάτος φύλλου, μέσο όρο φυλλικής επιφάνειας σε ομάδα φύλλων, αθροιστική φυλλική επιφάνεια.

Σύστημα επεξεργασίας εικόνας φυτοπαθολογίας. Σύστημα επεξεργασίας εικόνας ειδικά σχεδιασμένο για φυλλοδιαγνωστική. Αποτελείται από φωτεινή τράπεζα προσπίπτων φωτισμού, έγχρωμη κάμερα υψηλής ανάλυσης και software επεξεργασίας εικόνας το οποίο “τρέχει” με Windows. Το σύστημα είναι το πλέον κατάλληλο για εφαρμογές φυτοπαθολογίας συνδυάζοντας υψηλή ακρίβεια και μεγιστοποιημένη αυτοματοποίηση. Παρέχει αυτόματη μέτρηση υγιούς και νοσούσας επιφάνειας. Μετράει και αναλύει επιφάνεια, μήκος, πλάτος, περίμετρο, γωνία, μέσο όρο ακτινών, μεταβλητότητα ακτινών, αλληλεξάρτηση μεταβλητότητας ακτινών και μέσου όρου ακτινών, κυκλικότητα, επιμήκυνση και παράγοντα σχήματος. Το σύστημα παρέχει την δυνατότητα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων.

Δείκτης φυλλικής επιφάνειας – LAI. Φορητό - εύχρηστο όργανο για αναλύσεις παραμέτρων θόλου καλλιεργειών. Η λειτουργία του οργάνου βασίζεται σε έναν πολυαισθητήρα μήκους 1 μέτρου ο οποίος μετρά την PAR ακτινοβολία. Το όργανο έχει την δυνατότητα λειτουργίας είτε τελείως αυτόνομα με την χρήση ενός φορητού οργάνου μέτρησης καταγραφής και ανάλυσης των μετρήσεων είτε με απευθείας σύνδεση με υπολογιστή. Το όργανο μετρά την προσπίπτουσα καθώς και την διερχόμενη PAR ακτινοβολία σε θόλους φυτικών καλλιεργειών. Το όργανο συνοδεύεται από δεύτερο αισθητήρα χάρη στον οποίο είναι δυνατός ο προσδιορισμός της αναλογίας μεταξύ της απευθείας και της εκ διαχύσεως

προσπίπτουσας PAR ακτινοβολίας πάνω στην καλλιέργεια. Το όργανο προσφέρει απευθείας υπολογισμό και ένδειξη του LAI (Leaf Area Index). Η ηλεκτρονική μονάδα είναι ένας πλήρης ηλεκτρονικός υπολογιστής πολύ μικρών διαστάσεων και διαθέτει οθόνη υγρών κρυστάλλων υψηλής ευκρίνειας. Η χρήση της ηλεκτρονικής μονάδας είναι εξαιρετικά εύκολη καθώς το λογισμικό είναι δομημένο στην μέθοδο των εικονιδίων και των menus (όπως ακριβώς τα Windows).

Σύστημα ανάλυσης παραμέτρων θόλου μεγάλων καλλιεργειών. Είναι ένα πλήρες σύστημα βασιζόμενο σε πρόγραμμα Windows για εύκολη επεξεργασία ημισφαιρικών εικόνων. Η μέθοδος της ημι-σφαιρικής φωτογράφισης είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανάλυση της φυτοκάλυψης, ιδιαίτερα για ψηλά και μη συγκεκριμένης μορφής φυτά, όπως τα δάση. Οι φωτογραφίες λαμβάνονται σε ομοιόμορφες συνθήκες ουράνιου θόλου, με κατεύθυνση από το έδαφος προς τον ουρανό. Για την λήψη της φωτογραφίας χρησιμοποιείται φακός 18 megapixel. Το σύστημα χρησιμοποιεί εκτός από την λαμβανόμενη εικόνα τα δεδομένα της περιοχής λήψης της, προκειμένου να παράγει τις μετρήσεις της δομής φυτοκάλυψης. Με τον συνδυασμό των παραπάνω πληροφοριών και ενός μοντέλου ηλιακής ακτινοβολίας, το σύστημα μπορεί να προβλέψει τα επίπεδα ακτινοβολίας πάνω και κάτω από τα φυτά, καθώς επίσης τους συντελεστές της απευθείας, της διάχυτης και της ολικής ακτινοβολίας. Αποτυπώνοντας την ηλιακή διαδρομή πάνω από την φυτεία και λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος του ηλιακού δίσκου, το σύστημα υπολογίζει την ύπαρξη ηλιακών κηλίδων και την σχετική ηλιακή ακτινοβολία για κάθε ημερολογιακή ημέρα.

Στοματική Αγωγιμότητα Φύλλων- Πορόμετρο. Το όργανο είναι κατάλληλο για την μέτρηση της στοματικής αγωγιμότητας των φυτών. Ο θαλαμίσκος μέτρησης διαθέτει αισθητήρα θερμοκρασίας για την επίτευξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας καθώς επίσης και αισθητήρα υγρασίας. Το όργανο διαθέτει αισθητήρα μέτρησης της PAR ακτινοβολίας. Η όλη διάταξη του αισθητήρα είναι τέτοια ώστε η μέτρηση να μην προκαλεί την καταστροφή του προς μέτρηση φύλλου. Το όργανο έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης, σε εσωτερική μνήμη, των μετρήσεων, επίσης διαθέτει θύρα για την σύνδεση με υπολογιστή και την ανάκληση των μετρήσεων για περαιτέρω επεξεργασία. Συνοδεύεται από καλώδιο για την σύνδεση με υπολογιστή και κατάλληλο software. Το όργανο επιδέχεται ως παράμετρο την Βαρομετρική Πίεση, έτσι ώστε με κατάλληλη μετατροπή να γίνεται αντιστάθμιση και της Βαρομετρικής Πίεσης.

Κλασικό όργανο μέτρησης Υδατικού Δυναμικού Φύλλων. Πλήρως φορητό σύστημα μέτρησης του υδατικού Δυναμικού των φύλλων. Το όργανο παρέχει ακριβή και με ασφαλή μέτρηση και υπολογισμό του stress νερού, φυτικών ιστών. Ο σχεδιασμός του συστήματος σφράγισης του θαλάμου ελαχιστοποιεί την καταστροφή του βλαστού των φύλλων. Η παρεχόμενη πίεση συνεχώς παρακολουθείται από μετατροπέα πίεσης τύπου ημιαγωγού. Ο χρήστης ανά πάσα στιγμή μπορεί να “παγώσει” την ένδειξη της πίεσης με το απλό πάτημα ενός πλήκτρου. Διαθέτει βελονοειδή βαλβίδα, ώστε ο χρήστης να μπορεί να ρυθμίσει με ακρίβεια την ταχύτητα ανόδου της πίεσης στον θάλαμο.

Ηλεκτρονικό όργανο μέτρησης Υδατικού Δυναμικού Φύλλων και Εδάφους. Πλήρες ψηφιακό όργανο προσδιορισμού του υδατικού δυναμικού φύλλων και εδάφους. Η

χρησιμοποιούμενη μέθοδος μέτρησης είναι η ανίχνευση του σημείου δρόσου με την χρήση ψυχόμενου καθρέπτη πάνω από το δείγμα. Διαθέτει αισθητήρα υπερύθρων για την μέτρηση της θερμοκρασίας του δείγματος.

Ολοκληρωμένα συστήματα μέτρησης ροής χυμών. Ολοκληρωμένα συστήματα μέτρησης και καταγραφής της κίνησης των χυμών σε κάθε είδους φυτών. Τα συστήματα υποστηρίζονται από λογισμικά, τόσο για τον προγραμματισμό της διάταξης, όσο και για την επεξεργασία των μετρήσεων.

Ολοκληρωμένα συστήματα δεντρομέτρων. Πρόκειται για υψηλής ακρίβειας δεντρόμετρα για την μέτρηση της ανάπτυξης των κορμών και των φρούτων. Με τους αισθητήρες αυτούς μπορεί να μετρηθεί η επίπτωση παραγόντων stress στο φυτό μέσω της μέτρησης των αυξομειώσεων στην διάμετρο κορμού, κλαδιών και καρπών.

Όργανα μέτρησης του NDVI. Πλήρης σειρά οργάνων μέτρησης NDVI με 4, 8 ή και παραπάνω μήκη κύματος.

Συστήματα Συλλογής σωματιδίων. Πλήρες συστήματα συλλογής αερομεταφερόμενων σωματιδίων (όπως ασκοσπόρια, κονίδια, κτλ), για τον έλεγχο ψεκασμών.

Όργανα μέτρησης σκληρότητας καρπών (Πενετρόμετρα). Φορητά και εργαστηριακά όργανα μέτρησης της σκληρότητας καρπών με δυνατότητα σύνδεσης σε υπολογιστή.

Συστήματα παρακολούθησης ανταλλαγής αερίων σε φυτά και καρπούς

Μύλοι άλεσης φυτικών ιστών

Αισθητήρες μέτρησης συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα

Φορητά και εργαστηριακά διαθλασίμετρα

Θάλαμοι ανάπτυξης φυτών, ελεγχόμενων συνθηκών

Συστήματα δοκιμών ψεκασμών

Συστήματα παρατήρησης ριζικών συστημάτων στο πεδίο μέσω κάμερας

Πλήρης συστήματα μέτρησης και καταγραφής PAR

Ψυχρόμετρο φύλλων για προσδιορισμό του υδατικού δυναμικού. Το σύστημα είναι κατάλληλο για τον προσδιορισμό του υδατικού δυναμικού των φύλλων με την μέθοδο της ψυχομετρίας (υγρός βολβός). Το σύστημα αποτελείται από έναν ή περισσότερους θαλάμους μέτρησης κα-θώς επίσης και από μια μετρητική συσκευή (μικροβολτόμετρο).

Οσμόμετρο πίεσης ατμών για φυτικούς και ζωικούς ιστούς. Βασίζεται στην αρχή DEW POINT DEPRESSION με την χρήση ενός υγρομέτρου θερμοζεύγους πάνω στο δείγμα και μέσα σε ένα κλειστό θάλαμο. Το όργανο είναι κατάλληλο για φυτικούς και ζωικούς ιστούς.

Ψηφιακό όργανο μέτρησης της υγρασίας και της πυκνότητας σπόρων. Ανθεκτικού τύπου φορητός μετρητής υγρασίας σιτηρών για μέτρηση κατά τη διαδικασία της συγκομιδής και της αποθήκευσής τους. Το ενσωματωμένο καπάκι ηλεκτροδίου διπλού δίσκου έχει χωρητικότητα μόνο 3-4 γραμμ. επιτρέποντας μια πιο ομοιόμορφη δειγματοληψία και παρέχοντας ακριβείς και επαναλήψιμες μετρήσεις. Ο χρήστης μπορεί να συνδέσει ακόμα προαιρετικά εξαρτήματα για να ελέγχει την υγρασία σε υλικά όπως άχυρο.

Φορητό όργανο ελέγχου stress των φυτών. Ειδικά διαμορφωμένο για την γρήγορη αποτύπωση της κατάστασης stress των φυτών. Το όργανο αποτελείται από την μονάδα ελέγχου (είναι μεγέθους χειρός), και έχει ενσωματωμένο probe.

Φορητό όργανο μέτρησης της “Πράσινης Φθορίζουσας Πρωτεΐνης» (GFP). Καινοτόμο όργανο, το οποίο επιτρέπει την μη καταστροφική ποσοτική μέτρηση της GFP (Green Fluorescent Protein) σε δείγματα φύλλων.

Σύστημα μέτρησης και καταγραφής του profile CO₂. Το σύστημα μπορεί να κάνει αυτόματη δειγματοληψία και μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα από 12 διαφορετικά σημεία. Ιδανικό για την καταγραφή του κάθετου profile του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς διαθέτει εσωτερικό data logger.

OPEC Open Path Eddy Covariance System. Πλήρες σύστημα για συνεχόμενο, μακροχρόνιο και άμεσο προσδιορισμό της επιφανειακής διάχυσης του CO₂. Η συσκευή παρέχει ταυτόχρονη και ταχύτατη μέτρηση των ατμοσφαιρικών διακυμάνσεων, του διοξειδίου του άνθρακα και των υδρατμών. Είναι ειδικά σχεδιασμένο, για την ταυτόχρονη χρήση με ανεμόμετρο υπερήχων, για την συσχέτιση της διάχυσης του CO₂ και του H₂O με τους κάθετους ανέμους.

Λογισμικό για τον υπολογισμό της ET_o. Το λογισμικό είναι συμβατό με όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς της εταιρείας μας.

Ολοκληρωμένο σύστημα μέτρησης παραμέτρων ριζικού συστήματος. Πρόκειται για εξειδικευμένο σύστημα ανάλυσης εικόνας. Μερικές από τις βασικές εργασίες που μπορεί να εκτελέσει το σύστημα είναι: Ανάλυση μήκους ριζικού συστήματος (αλλά και άλλων δειγμάτων), υπολογισμός επιφάνειας, μήκους, μέσου όρου δια-μέτρων, πυκνότητα (σχέση μήκους προς όγκο).

Όργανο μέτρησης της ροής για τον Προσδιορισμό της Υδραυλικής Αγωγιμότητας των Φυτών. Το όργανο είναι σχεδιασμένο για την πραγματοποίηση μετρήσεων της υδραυλικής αγωγιμότητας στο ριζικό σύστημα και στους μίσχους των φυτών, χωρίς να είναι απαραίτητο το σκάψιμο και η αποκάλυψη του ριζικού συστήματος.

Φορητό όργανο μέτρησης της ανάκλασης φωτός των καλλιεργειών. Το όργανο παρέχει δεδομένα για τον κλασικό δείκτη βλαστικότητα, καθώς επίσης και δεδομένα ανακλαστικότητας των καλλιεργειών.

Όλα τα παραπάνω όργανα σε συνδυασμό και με τα αντίστοιχα όργανα μέτρησης παραμέτρων εδάφους και κλιματολογικών συνθηκών δίνουν ολοκληρωμένες λύσεις Γεωργίας Ακριβείας.

8.5.8 Gaiarobotics

www.gaiarobotics.gr

Η Gaia Robotics είναι μια ομάδα ειδικών στην τηλεπισκόπηση και στην γεωπληροφορική με κύριο πεδίο ενδιαφέροντος την Γεωργία ακριβείας. Η εταιρία εδρεύει στα Τσουκαλέϊκα Αχαΐας.

Η Gaia Robotics βοηθά τους πελάτες χρησιμοποιώντας μη επανδρωμένα αεροχημάτα (UAV)(drones) και ειδικό επιστημονικό εξοπλισμό με τα οποία συγκεντρώνει, επεξεργάζεται και αναλύει αγροτικά δεδομένα, συνήθως σε λιγότερο από 24 ώρες. Η δυνατότητα συλλογής πολυφασματικών δεδομένων υψηλής ανάλυσης αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο ο κόσμος προσεγγίζει παραδοσιακές πρακτικές σε ένα ευρύ φάσμα επιχειρήσεων. Από την γεωργία ακριβείας μέχρι και στις ασφαλιστικές εφαρμογές, η εναέρια απεικόνιση βοηθά τους επιχειρηματίες να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις από ποτέ.

Η εταιρία επικεντρώνεται σε αγορές, όπως η γεωργία που χρειάζονται οικονομικά αποδοτικές μεθόδους για να αποτιμήσουν καλύτερα τις αποδόσεις των καλλιεργειών, να αυξήσουν την παραγωγή τους, να μειώσουν τόσο τις δαπάνες τους όσο και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εφαρμογή φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων. Χρησιμοποιώντας τις τελευταίες εξελίξεις στην τεχνολογία και εφαρμόζοντας εξελιγμένα εργαλεία επεξεργασίας και ανάλυσης, η Gaia Robotics μπορεί δώσει την επιχειρηματική λύση που χρειάζεται ο κάθε πελάτης. Οι οπτικοί αισθητήρες καταγράφουν υψηλής ανάλυσης αεροφωτογραφίες που απεικονίζουν ακόμη και τις πιο μικρές λεπτομέρειες και ως εκ τούτου εκθέτουν προβληματικές περιοχές στην καλλιέργεια που δεν είναι ορατές στο ανθρώπινο μάτι. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιεί η εταιρία είναι:

- **AgSense.** Παρακολούθηση και καταγραφή περιβαλλοντικών παραμέτρων και συνθηκών στις αγροτικές καλλιέργειες (αμπελώνες, θερμοκήπια κ.α.)

Διαθέσιμοι Αισθητήρες:

- Θερμοκρασία αέρος
- Υγρασία περιβάλλοντος
- Θερμοκρασία εδάφους
- Υγρασία εδάφους
- Υγρασία φυλλώματος
- Ατμοσφαιρική πίεση
- Ηλιακή ακτινοβολία
- Ταχύτητα/διεύθυνση ανέμου
- Βροχόπτωση
- Και άλλοι...

- **Πολυφασματικός.** Υψηλής ανάλυσης με δυνατότητα παραγωγής δεδομένων ακριβείας μεγαλύτερης του 1cm/pixel Καταγραφή πολλαπλών φασμάτων του φωτός.

Είναι ιδανικός για:

- Μέτρηση – Καταγραφή της υγείας των φυτών
- Εκτίμηση Υδατικής Επάρκειας Καλλιεργειών
- Μέτρηση δεικτών βλάστησης
- Καταμέτρηση των Φυτών
- Πρόληψη Ασθενειών – Εφαρμογές Γεωργίας Ακριβείας

- **Θερμικός – Υπέρυθρος.** Καταγράφει την θερμοκρασία κάθε επιφάνειας.

Είναι ιδανικός για:

- Ανίχνευση θερμικών υπογραφών αντικειμένων
- Κτηνοτροφικές Εφαρμογές (Ανίχνευση- Παρακολούθηση Ζώων)
- Εφαρμογές Επιτήρησης και Ασφάλειας
- Ανίχνευση Διαρροών και άλλες κατασκευαστικές εφαρμογές
- Εφαρμογές Παρακολούθησης και Ασφάλειας

- **Οπτικός.** Κάμερα υψηλής ανάλυσης(RGB). Παράγει φωτογραφίες και βίντεο. Διαφορετικού μήκους φακοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή εικόνων υπερευψηλής ευκρίνειας.

Είναι ιδανικός για:

- Εναέρια χαρτογράφηση και απεικόνιση
- Εφαρμογές φωτογραμμετρίας και παραγωγής τρισδιάστατων μοντέλων
- Αγροτικές εφαρμογές (Μέτρηση φυτών-δεικτών βλάστησης)
- Εφαρμογές εναέριας επιτήρησης
- Τοπογραφικές και άλλες γεωδαιτικές Εφαρμογές

8.5.9 Bosch

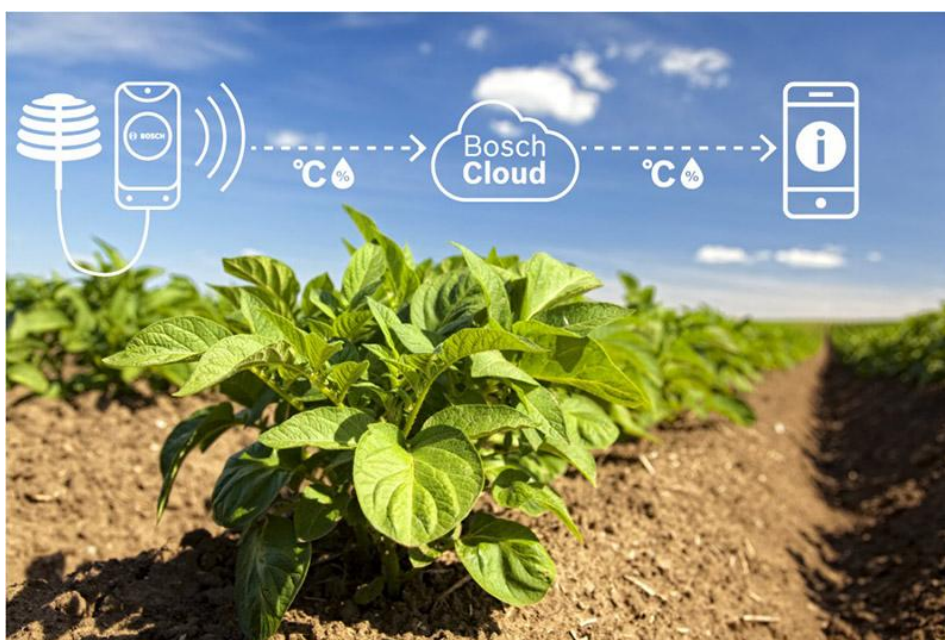
<https://www.bosch.com/stories/smart-agriculture/>

Η Bosch, ως εταιρεία πρωτοπόρος στον τομέα του Internet of Things, προωθεί την υψηλή της τεχνολογία αλλά και μεταφέρει την τεχνογνωσία της για το αυτοκίνητο και στον τομέα της γεωργίας. Είναι από τις λίγες εταιρείες που διαθέτουν ολοκληρωμένες λύσεις για το IoT, δηλαδή και την τεχνολογία αισθητήρων (sensors) και το απαραίτητο λογισμικό (software) και τις αντίστοιχες υπηρεσίες (services).

Χρησιμοποιώντας τη τεχνολογία αισθητήρων MEMS που αρχικά σχεδιάστηκε για τα αυτοκίνητα, η εταιρεία την εφαρμόζει τώρα και στις καλλιέργειες, προκειμένου οι αγρότες να μπορούν να υπολογίζουν με ακρίβεια παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η λίπανση κ.α. Το γεγονός αυτό, ήδη της έχει αποφέρει πωλήσεις αξίας 1 δις ευρώ. Μέσω του Bosch IoT cloud όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων μεταφέρονται στα smartphones των αγροτών, ενώ χάρη σε μία εφαρμογή (app) της εταιρείας, οι αγρότες μπορούν να

επιβλέπουν διαρκώς τις καλλιέργειες τους εξ' αποστάσεως, εξοικονομώντας χρόνο και βελτιώνοντας την ποιότητα και την απόδοση της σοδειάς τους. Επιπλέον, η Bosch διασυνδέει τα τρακτέρ, με σκοπό τα δεδομένα (data) που συλλέγονται να χρησιμοποιούνται από τους αγρότες για την έγκαιρη διάγνωση των βλαβών και την γρήγορη επιδιόρθωσή τους. Τα «έξυπνα» τρακτέρ διαθέτουν ακόμη και πολυφασματικές και υπερφασματικές κάμερες Bosch που αποτυπώνουν εικόνες από την σοδειά και τις στέλνουν στον οδηγό τους μέσω του Bosch IoT cloud αλλά και κάμερες αναγνώρισης αντικειμένων πχ για την παρουσία κάποιου ζώου.

Η αγροτική τεχνολογία που αναπτύσσει η Bosch δεν αποσκοπεί μόνο στην αύξηση της απόδοσης και της ποιότητας της σοδειάς, αλλά και στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Εξού και η συνεργασία της με την Bayer επάνω στη τεχνολογία του «έξυπνου» ψεκασμού. Με τη χρήση πάλι των αισθητήρων διαχωρίζεται η καλλιέργεια από τα ζιζάνια και στη συνέχεια ακολουθεί ο ψεκασμός με παρασιτοκτόνα απευθείας σε αυτά. Με τη χρήση του «έξυπνου» ψεκασμού, οι καλλιέργειες γίνονται πιο αποδοτικές, ενώ μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



Εικόνα 4.6: Μεταφορά μετρήσεων θερμοκρασίας από τον αισθητήρα στο Cloud της Bosch και από εκεί μέσω κατάλληλης εφαρμογής στο smartphone του αγρότη.

Πηγή: https://i2.prth.gr/files/2017/12/04/field_monitoring_kartoffelfeld_grafik_img_h720.jpg

8.5.10 Agrostis

<https://ifarma.agrostis.gr>

Η Agrostis είναι μία εταιρεία πληροφορικής (ίδρυση 2012) με έδρα τη Θεσσαλονίκη, που έχει στόχο να παρέχει προϊόντα και υπηρεσίες πληροφορικής και νέων τεχνολογιών αποκλειστικά στον πρωτογενή τομέα (Γεωργία – Κτηνοτροφία). Η Agrostis συνδυάζει τεχνογνωσία και εμπειρία πολλών ετών στο χώρο της Γεωπονικής και της Πληροφορικής. Η εταιρεία για την ανάπτυξή της χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα "Νέα Καινοτομική Επιχειρηματικότητα" του ΕΠΑΝ II του ΕΣΠΑ 2007-2013. Όσο αφορά την γεωργία ακρίβειας

έχει αναπτυχθεί και βρίσκεται ήδη στο εμπόριο το ifarma, μια εφαρμογή λογισμικού που απευθύνεται στον σύγχρονο αγρότη για την διαχείριση της Αγροτικής του εκμετάλλευσης. Η εφαρμογή αυτή συμπεριλαμβάνει:

➤ Διαχείριση Καλλιεργειών

Το αντικείμενο αυτής της αρμοδιότητας είναι ο προγραμματισμός, η παρακολούθηση και η καταγραφή εργασιών κατά την καλλιεργητική περίοδο. Ακόμα συμπεριλαμβάνεται και η λεπτομερής παρακολούθηση ποσοτήτων και κόστους εφοδίων και συντελεστών, όπως εργατών, μηχανημάτων, σπόρων, λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων. Επίσης είναι η χρήση καθορισμένων πρότυπων εργασιών και προγραμμάτων καθώς και δυνατότητα δημιουργίας νέων και τέλος η προβολή καλλιεργητικών εργασιών σε ημερολόγιο και η καταγραφή στο χάρτη.

➤ Διαχείριση Αποθεμάτων

Στην αρμοδιότητα αυτή εντάσσεται η καταγραφή αγορών εφοδίων, η αυτόματη καταγραφή χρήσης εφοδίου με την εκτέλεση καλλιεργητικής εργασίας, η υποστήριξη πολλαπλών αποθηκευτικών χώρων, η αναφορές αποθεμάτων και λεπτομερής καταγραφή των συναλλαγών, και η εμφάνιση χρήσης και κόστους για το σύνολο των συντελεστών, εργατών, μηχανημάτων και υλικών ανά αγροτεμάχιο και καλλιέργεια.

➤ Οικονομική Διαχείριση

Στην οικονομική διαχείριση έχουμε την καταγραφή του συνόλου των αγορών και των πωλήσεων, και τον προσδιορισμό των διαθέσιμων προϊόντων προς πώληση μέσα από την εργασία συγκομιδής. Από την άλλη η έξυπνη οικονομική ανάλυση βοηθάει στην ανάλυση κέρδους ανά αγροτεμάχιο, καλλιέργεια και εκμετάλλευση, στην ανάλυση κόστους και στον επιμερισμό ανά κατηγορία κόστους. Ακόμα διαθέτει αυτόματο επιμερισμό του σταθερού κόστους στα αγροτεμάχια και τις καλλιέργειες με βάση την έκταση ή την απόδοση και εμφανίζει δυναμικά γραφήματα και εξάγει αναφορές.

➤ Εφαρμογή για φορητές συσκευές:

Η εφαρμογή διαθέτει:

- Χρήση Offline στο χωράφι
- Αυτόματο συγχρονισμό με τον λογαριασμό του χρήστη στο cloud
- Παρακολούθηση, καταγραφή και δημιουργία καλλιεργητικών εργασιών και ορισμός ειδοποιήσεων
- Λήψη φωτογραφιών με την κάμερα της συσκευής και επισύναψη σε αγροτεμάχιο
- Λήψη ειδοποιήσεων για καθυστερημένες εργασίες και υπενθυμίσεις
- Καταγραφή εργασιών με τη χρήση του GPS της φορητής συσκευής
- Έξυπνα εργαλεία για υπολογισμούς
- Απεριόριστος αριθμός καλλιεργειών ανά εκμετάλλευση

➤ Άλλες δυνατότητες:

- Προβολή αγροτεμαχίων, καλλιεργειών και εργασιών στο χάρτη
- Πλήρης βάση δεδομένων γεωργικών φαρμάκων
- Αποθήκευση εγγράφων
- Καταχώρηση αποτελεσμάτων χημικών αναλύσεων εδάφους, νερού και φύλλων
- Δημιουργία σημείων επαναφοράς δεδομένων
- Όλες οι αναφορές διαθέσιμες σε αρχεία Excel, Word και pdf

Η χρήση των υπηρεσιών της συγκεκριμένης εταιρίας διατίθεται με ετήσια συνδρομή. Για μικρομεσαίες εκμεταλλεύσεις το κόστος είναι 180€/ έτος ενώ για γεωργικές επιχειρήσεις 340€/ έτος. Η εφαρμογή διατίθεται επίσης και για Διαχείριση Ομάδων Παραγωγών και Συμβολαιακή Γεωργία.

9 Παράδειγμα χρήσης τεχνολογιών Γεωργίας Ακριβείας σε αγρό που καλλιεργείται βαμβάκι.

9.1 Το βαμβάκι

Το βαμβάκι είναι φυτό απαιτητικό σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα κατάλληλα εδάφη θεωρούνται αυτά που είναι αμμοπηλώδη με αρκετή ποσότητα αργίλου, οργανικές ουσίες και λίγο άζωτο και φώσφορο. Η απόδοση σε παραγωγή δεν επηρεάζεται εάν το χωράφι φυτεύεται για πολλά χρόνια. Στην Ελλάδα λόγω έλλειψης μεγάλων εκτάσεων καλλιεργείται στο ίδιο χωράφι για πολλά χρόνια και πολλές φορές.

Επειδή το βαμβάκι είναι αρκετά ευαίσθητο φυτό η καταπολέμηση των ζιζανίων είναι αρκετά δύσκολη και η ύπαρξη τους μπορεί να μειώσει αισθητά την παραγωγή. Ο πολλαπλασιασμός του βαμβακιού γίνεται με σπορά αφού πρώτα τα σπόρια υποστούν ειδική επεξεργασία και αφαιρεθούν οι διάφορες ίνες που τα περιβάλλουν. Έτσι ο σπόρος κυλά ευκολότερα στις μηχανές σποράς και διευκολύνει την απορρόφηση της υγρασίας του εδάφους.

Στην Ελλάδα η καλύτερη εποχή για τη σπορά είναι από τις αρχές Απριλίου έως τα μέσα Μαΐου. Η θερμοκρασία κατά τη σπορά πρέπει να είναι γύρω στους 15 βαθμούς καθώς χαμηλότερες θερμοκρασίες καθυστερούν το φύτευμα και οι σπόροι μπορεί να εμφανίσουν μύκητες. Το βαμβάκι δεν εξαντλεί το έδαφος από τα θρεπτικά του στοιχεία. Παρ όλα αυτά μερικές φορές χρειάζεται λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα. Η λίπανση με διάφορα άλλα λιπάσματα δεν έχει δώσει καλύτερα αποτελέσματα στην παραγωγή. Όταν χρειαστεί πότισμα τότε αυτό είναι καλό να γίνεται με τη μέθοδο της τεχνητής βροχής, δηλαδή ράντισμα όλου του φυτού.

9.2 Συγκομιδή-Εκκόκκιση

Για να ωριμάσει το βαμβάκι πρέπει να περάσουν περίπου 2 μήνες από τη σπορά. Η συλλογή του γίνεται με ειδικές μηχανές, που είναι πιο σύνηθες ή με το χέρι που είναι πιο δαπανηρό και επίπονο αλλά το βαμβάκι είναι πιο καθαρό και έτσι έχει και καλλίτερη τιμή στο εμπόριο. Μετά τη συγκομιδή το βαμβάκι μεταφέρεται σε ειδικούς χώρους που λέγονται εκκοκκιστήρια. Εκεί γίνεται ο αποχωρισμός των ινών από το σπόρο. Τα

περισσότερα εκκοκκιστήρια διαθέτουν μηχανισμούς που απομακρύνουν τα διάφορα ξένα σώματα όπως χώμα, φύλλα, σπόρους καθώς και την περιττή υγρασία. Μετά από τις διαδικασίες αυτές τα βαμβάκια, καθαρά πλέον, προωθούνται στο εμπόριο.

9.3 Εμπόριο, Χρήσεις

Η κατασκευή υφασμάτων είναι η βασικότερη από τις διάφορες χρήσεις του βαμβακιού. Το μεγαλύτερο μέρος του Ελληνικού βαμβακιού καταναλώνεται εγχώρια ενώ το υπόλοιπο εξάγεται κυρίως σε μορφή νημάτων. Από το σπόρο του βαμβακιού βγαίνει λάδι (βαμβακέλαιο) που χρησιμοποιείται ως επιτραπέζιο αλλά περιορισμένα. Επίσης από τα υπολείμματα του βαμβακιού παρασκευάζεται η βαμβακόπιτα που χρησιμοποιείται ως ζωτροφή.

9.4 Ο αγρός

Θα περιγραφεί η εφαρμογή μίας από τις τεχνολογίες που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο σε αγρό 74 στρεμμάτων, Εικόνα 5.1 δυτικά της πόλης της Κομοτηνής και 1,2 km Βόρεια του χωριού Ροδίτης. Το αγροτεμάχιο έχει μικρή κλίση, 0,85%, με το ψηλότερο σημείο είναι 60 μέτρα και το χαμηλότερο είναι 56 μέτρα,



Εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.1: Οριοθέτηση αγροτεμαχίου



Εικόνα 5.2: Υψομετρικές διαφορές αγροτεμαχίου.

Στο αγροτεμάχιο αυτό δεν υπάρχει σημαντική χώρο-χρονική παραλλακτικότητα, ώστε να υπάρχει λόγος δημιουργίας ζωνών. Παρόλα αυτά η χρήση αισθητήρων είναι σημαντική για την παρακολούθηση του χωραφιού σε πραγματικό χρόνο, ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες για εισροές στην βαμβακοφυτεία έγκαιρα και χωρίς σπατάλες. Με αυτή τη λογική εγκαταστάθηκαν στο αγροτεμάχιο αισθητήρες της εταιρίας Ρυσπο (§ 4.5.2). Επιλέχθηκαν οι αισθητήρες αυτής της εταιρίας διότι είναι εύκολοι στην τοποθέτησή τους από τον ίδιο τον

αγρότη, δεν έχουν ενεργειακές απαιτήσεις (καθώς λειτουργούν με την ηλιακή ενέργεια, η τιμή τους είναι προσιτή και πλατφόρμα της εφαρμογής είναι εύχρηστη.

Η διάταξη των αισθητήρων φαίνεται στην Εικόνα 5.3. Το μήκος των αισθητήρων που επιλέχθηκαν είναι 90 cm καθώς το ριζικό σύστημα του βαμβακιού μπορεί να φτάσει από τα 60cm έως το 1m.

Για το παρόν αγροτεμάχιο ένα σύμπλεγμα αισθητήρων κρίνεται επαρκές. Το σύμπλεγμα αισθητήρων περιλαμβάνει ένα αισθητήρα Master(M) και 3 Nodes(N).



Εικόνα 5.3: Διάταξη αισθητήρων στον αγρό.

9.5 Οικονομικότητα

Η στρεμματική απόδοση βάμβακος κατά μέσο όρο είναι 241,42 κιλά ανά στρέμμα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.1 . Το αγροτεμάχιο μας είναι 74 στρέμματα, άρα η παραγωγή αναμένεται να είναι **17.865 κιλά** ή 17,8 τόνοι.

Η τιμή σύσπορου βαμβακιού τον Μάιο του 2019 είναι περίπου στα 0,54 ευρώ/κιλό. Άρα η ακαθάριστη αξία παραγωγής είναι στα **9.647** ευρώ. Ενώ ο μέσος όρος της τιμής του σύσπορου βαμβακιού από το 2002 έως το 2010 είναι 0,615 ευρώ το κιλό⁴ (Πίνακας 5.1). Σε όλη την ανάλυση δεν υπολογίζονται οι κρατικές ενισχύσεις προς τους παραγωγούς.

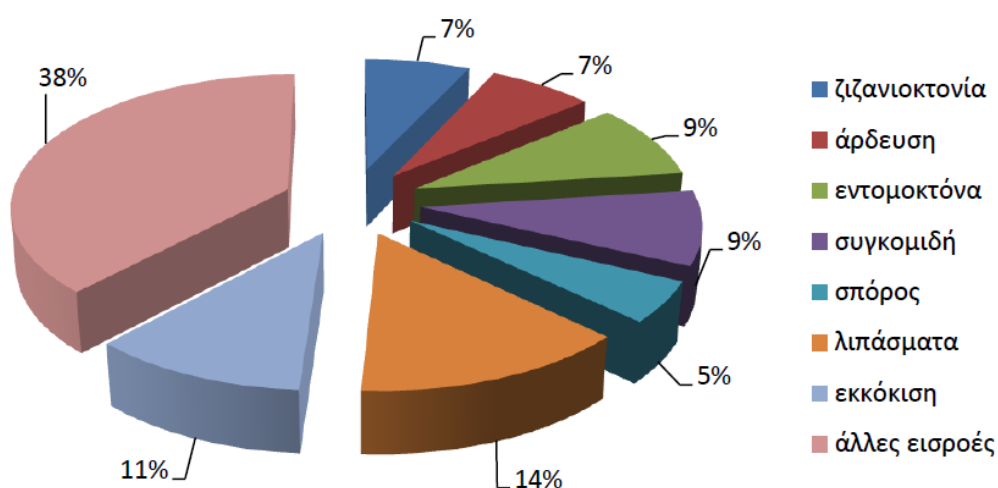
Το συνολικό κόστος παραγωγής ανέρχεται στα 0,88 ευρώ ανά κιλό. Δηλαδή στα 15.721 ευρώ. Σύμφωνα με το γράφημα της Εικόνα 5.4 το 7% του κόστους είναι για ζιζανιοκτονία, 7% για άρδευση, 9% για εντομοκτόνα και το 14% για λίπανση. Η τοποθέτηση αισθητήρων

μπορεί να μειώσει το κόστος σε αυτούς τους τομείς. Δηλαδή η παρέμβαση μπορεί να γίνει στο 37% του κόστους.

Πίνακας 5-1: Εξέλιξη της καλλιέργειας σύσπορου βαμβακιού

ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τόνοι)	ΣΤΡΕΜ. ΑΠΟΔΟΣΗ (κιλά/στρεμ.)	ΤΙΜΗ (δρχ./κιλό)	ΑΚΑΘ. ΑΞΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (σε χιλ. δρχ.)
1961	2.083.600	277.000	133	7,07	1.958.390
1962	2.057.000	253.000	123	6,85	1.733.050
1963	2.312.000	266.000	115	6,7	1.782.200
1964	1.403.000	186.000	133	7,58	1.409.880
1965	1.355.540	205.000	151	7,47	1.531.350
1966	1.403.000	242.000	172	7,07	1.710.940
1967	1.374.000	264.000	192	7,23	1.908.720
1968	1.405.800	210.000	149	8,16	1.713.600
1969	1.487.680	313.000	210	7,17	2.244.210
1970	1.317.100	308.000	234	8,09	2.491.720
1971	1.302.000	330.000	253	9,58	3.161.400
1972	1.650.000	360.000	218	9,93	3.574.800
1973	1.466.000	310.000	211	19	5.890.000
1974	1.510.000	350.000	232	16,56	5.796.000
1975	1.350.000	368.000	273	14,1	5.188.800
1976	1.492.000	340.000	228	23,75	8.075.000
1977	1.820.000	435.000	239	19,86	8.639.100
1978	1.675.000	451.200	269	20,68	9.330.816
1979	1.422.000	320.000	225	24,9	7.968.000
1980	1.411.700	356.000	252	33,12	11.790.720
1981	1.263.000	358.835	284	45,21	16.222.930
1982	1.375.000	315.869	230	62,44	19.722.860
1983	1.680.000	402.506	240	78,73	31.689.297
1984	1.920.000	452.370	236	103,95	47.023.862
1985	2.090.000	526.045	252	109,82	57.770.262
1986	2.100.000	623.592	297	113,87	71.008.421
1987	2.020.000	571.052	283	133,05	75.978.469
1988	2.560.000	749.807	293	137,69	103.240.926
1989	2.800.000	828.944	296	159,9	132.548.146
1990	2.680.000	663.032	247	182,75	121.169.098
1991	2.330.000	680.000	292	238,78	162.370.400

1992	3.212.000	815.000	254	262,32	213.790.800
1993	3.516.000	986.000	280	276,76	272.885.360
1994	3.826.000	1.184.000	309	288,13	341.145.920
1995	4.406.000	1.250.000	284	277,82	347.275.000
1996	4.282.330	962.000	225	294,31	283.126.220
1997	3.862.440	1.058.920	274	295	312.381.400
1998	4.070.000	1.170.000	287	275	321.750.000
1999	4.300.000	1.320.000	307	260	343.200.000
2000	4.050.000	1.235.000	305	298	368.030.000
2001	3.787.378	1.246.839	329	245,34	305.899.480
2002	3.605.000	1.131.500	314	0,88	995.720
2003	3.671.000	972.000	265	1,03	1.001.160
2004	3.837.910	1.254.780	327	0,88	1.104.206
2005	3.630.000	946.000	261	0,9	851.400
2006	3.803.800	765.400	201	0,31	237.274
2007	3.387.240	668.181	197	0,42	280.636
2008	2.841.570	670.000	236	0,2	134.000
2009	2.330.000	600.000	258	0,32	192.000
2010	2.550.000	500.000	196	0,6	300.000



Εικόνα 5.4: Διάθρηση κόστους παραγωγής της καλλιέργειας βαμβακιού

Με τη χρήση των αισθητήρων επετεύχθη μείωση των εισροών αυτών κατά 30%. Δηλαδή το συνολικό κόστος μειώθηκε κατά 11,1%, διαμορφώνεται δηλαδή από 0,88 σε 0,78. Δηλαδή ο παραγωγός εξοικονομεί 1786 ευρώ.

Το κόστος εγκατάστασης των αισθητήρων είναι 2200\$ (περίπου 1959 ευρώ).

Με μια πρώτη ματιά φαίνεται ότι ο παραγωγός κάνει απόσβεση σχεδόν από τον πρώτο χρόνο χρήσης των αισθητήρων. Επιπλέον στους παραπάνω υπολογισμούς δεν λήφθηκε υπόψη η αναμενόμενη αύξηση της παραγωγής ανά στρέμμα, που αναμένεται λόγω καλύτερων συνθηκών καλλιέργειας.

Κάτι ακόμα που προκύπτει από την εξέταση των παραπάνω υπολογισμών είναι ότι η καλλιέργεια βάμβακος είναι ασύμφορη για τους παραγωγούς χωρίς την κρατική ενίσχυση. Επίσης σημειώνεται ότι ο υπολογισμός των εσόδων από την καλλιέργεια βάμβακος είναι πολύπλοκος και ξεπερνά τους σκοπούς της παρούσας εργασίας. Στη παρούσα εργασία μας ενδιαφέρει να αποδείξουμε ότι η εγκατάσταση νέων τεχνολογιών είναι συμφέρουσα για τον μέσο παραγωγό.

10 Συμπεράσματα

Η γεωργία, στην Ελλάδα, χάνει σταδιακά το ρόλο και τη σημασία της σαν τομέας οικονομικής δραστηριότητας και απασχόλησης. Επίσης σήμερα πρέπει να δοθεί έμφαση στην ποιότητα και όχι στη ποσότητα, όπως ήταν η Κοινή Αγροτική Πολιτική του παρελθόντος. Η σημαντικότητα του Αγροτικού τομέα για την Ελλάδα εξακολουθεί να είναι υπολογίσιμη, παρόλο που μειώθηκε, αφού παράγει περίπου το 10% του ΑΕΠ της χώρας, απασχολεί το 20% του εργατικού δυναμικού, τα «νωπά» αγροτικά προϊόντα αποτελούν το 10% του συνόλου των εξαγωγών και τα μεταποιημένα το 30% και τέλος στηρίζει μια σειρά σημαντικών βιομηχανικών κλάδων (βιομηχανίες τροφίμων, καπνού, κλωστοϋφαντουργίας και τον τουρισμό).

Τα ιδιαίτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η Ελληνική Γεωργία σήμερα και που καλείται να λύσει με τη χρήση των νέων τεχνολογιών είναι:

- Μικρός και κατακερματισμένος κλήρος
- Δυσμενείς γεωμορφολογικές συνθήκες
- Ανισομερής κατανομή μεταξύ φυτικής και ζωικής παραγωγής
- Υψηλή εξάρτηση από επιδοτήσεις για μια σειρά αγροτικών προϊόντων
- Περιορισμένη εφαρμογή νέας τεχνολογίας, σύγχρονων μεθόδων παραγωγής και οργάνωσης- διοίκησης των αγροτικών εκμεταλλεύσεων
- Χαμηλό ποσοστό αρδευόμενων εκτάσεων και ανομοιογενής χωροταξική διασπορά των υδάτινων πόρων
- Δυσμενής δημογραφική σύνθεση
- Χαμηλό μορφωτικό επίπεδο
- Ελλείψεις σε μηχανισμούς ενημέρωσης, κατάρτισης, ευαισθητοποίησης του αγροτικού πληθυσμού γενικά και των παραγωγών ειδικά
- Ελλείψεις σε κρίσιμες παραμέτρους για τη σύγκλιση ποιότητας ζωής μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών
- Ανταγωνιστικότητα
 - Χαμηλή παραγωγικότητα (παρά τη συνεχή αύξησή της τα τελευταία χρόνια) εξαιτίας κακού επενδυτικού σχεδιασμού

- Απουσία «επώνυμων» πιστοποιημένων ποιοτικών προϊόντων από την πρωτογενή παραγωγή
 - Μείωση των ιδιωτικών επενδύσεων επί σειρά ετών στις αρχές του 21^{ου} αιώνα.
 - Χαμηλός βαθμός τυποποίησης και μεταποίησης της πρωτογενούς παραγωγής
 - Χαμηλό ποσοστό παραγωγής «βιολογικών» προϊόντων παρά τους εκρηκτικούς ρυθμούς αύξησης της παραγωγής και ζήτησής τους τα τελευταία χρόνια
- Περιβάλλον
- Πιέσεις στο δασικό πλούτο της χώρας για αστική και τουριστική εκμετάλλευση
 - Υφαλμύρωση υδάτων σε παράκτιες περιοχές από την υπερ- άντληση
 - Επιβάρυνση υπόγειων υδάτων και εδαφών σε συγκεκριμένες περιοχές
 - Πιέσεις στη γεωργική γη από αστική και τουριστική ανάπτυξη
 - Μη άσκηση της γεωργικής δραστηριότητας, ιδιαίτερα στις ορεινές περιοχές με αποτέλεσμα την αλλοίωση του τοπίου.

Το κόστος εγκατάστασης αισθητήρων Γ.Α. τείνει συνεχώς να μειώνεται, καθώς υπάρχουν εταιρείες που προσφέρουν υπηρεσίες και με ετήσια συνδρομή. Οι επενδύσεις εξοπλισμού μεγάλης κλίμακας θα μπορούσαν να γίνονται από τους αγροτικούς συνεταιρισμούς ή από εταιρίες που εξειδικεύονται στην παροχή τέτοιων υπηρεσιών, όπως είναι τα Θρακικά Εκκοκκιστήρια για παράδειγμα και όχι από μεμονωμένους τους παραγωγούς.

Οι δαπάνες για τις νέες τεχνολογίες θα μπορούσαν να επιδοτούνται και από το κράτος κατά ένα βαθμό. Όπως και να έχει η εξοπλιστική δαπάνη αποσβάζεται με τον χρόνο λόγω της εξοικονόμησης πόρων από τις εισροές (π.χ. νερό, λίπασμα, φυτοφάρμακα κλπ).

Η ελληνική γεωργία έχει τη δυνατότητα με τη χρήση της πληροφορικής και των νέων τεχνολογιών να παράγει προϊόντα υψηλής ποιότητας, με σεβασμό στο περιβάλλον και να διασφαλίσει ικανοποιητικό εισόδημα στον Έλληνα παραγωγό. Ως φυσική συνέπεια των παραπάνω είναι η τόνωση της ζωής στην ύπαιθρο.

Βιβλιογραφία

Adamchuk, V.I., J.W. Hummel, M.T. Morgan, και S.K. Upadhyaya. «On-the-go soil sensors for precision agriculture.» *Computers and Electronics in Agriculture*, 2004.

Ayday, Can, και Saban Safak. «Application of Wireless Sensor Networks with GIS on the Soil Moisture Distribution Mapping.» *Symposium GIS Ostrava*. Ostrava, 2009. 25-28.

Brasa Ramos, A, F Montero Riquelme, F Montero García, L Orozco, και J.J. Roncero. «Precision viticulture using a Wireless SensorNetwork.» *Acta Horticulturae (ISHS)*, 2010: 307-313.

Corwin, D.L., και S.M. Lesch. «Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture.» *Computers and Electronics in Agriculture*, 2005: 11-43.

Damas, M., A.M. Prados, F. Gomez, and G. Olivares. "HidroBus® system: fieldbus for integrated management of extensive areas of irrigated land." *Microprocessors and Microsystems*, Μάιος 2001: 177-184.

Fountas, S, και συν. «Site-specific management in an olive tree plantation.» *Precision Agriculture*, April 2011: 179-195.

Friedman, S. «Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review.» *Computers and Electronics in agriculture*, 2005: 45-70.

Gemtos, T.A., Ath. Markinos, L Toullos, D Pateras, και G Zerva. «A Precision Farming Application in the Small Cotton Farms of Greece.» *ITAFE conference*. Izmir, Turkey, 2003.

Gemtos, Theofanis, S Fountas, A Tagarakis, και V Liakos. «Precision Agriculture Application in Fruit Crops: Experience in Handpicked Fruits.» *Procedia Technology*, 2013: 324-332.

Gertsis, Athanasios, Dimitrios Fountas, Ionel Arpasanu, and Masianos Michaloudis. "Precision Agriculture Applications in a High Density Olive Grove Adapted for Mechanical Harvesting in Greece." *Procedia Technology*, 2013: 152 – 156.

Gondchawar, Nikesh, και R. S. Kawitkar. «IoT based Smart Agriculture.» *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Ιούλιος 2016: 838-842.

Hydrosense.

http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIFE08_ENV_GR_000570_LAYMAN_EL.pdf.

KESHAVARZI, ALI, και FEREDOON SARMADIAN. «Mapping of Spatial Distribution of Soil Salinity and Alkalinity in a Semi-arid Region.» *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Land Reclamation*, 2012: 3-14.

Lund, E.D., C.D. Christy, και P.E. Drummond. «PRACTICAL APPLICATIONS OF SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY MAPPING.» *2nd European Conference on Precision Agriculture*. 1999.

Markinos, A.T, T.A. Gemtos, D. Pateras, L. Toullos, G. Zerva, και M. Papaconomou. «The influence of cotton variety in the calibration factor of a cotton yield monitor.» *2nd HAICTA conference*. Thessaloniki, 2004. 65-74.

Papageorgiou, E.I, A.T Markinos, and T.A Gemtos. "Soft Computing Technique of Fuzzy Cognitive Maps to connect yield defining parameters with yield in Cotton Crop Production in Central Greece as a basis for a decision support system for precision agriculture application." *Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications*, 2010: 325-362.

Rao, Pinnagadi Venkateswara, K Anuraag, V Aravinth, M Arun David, and E Arun. "Smart Agriculture Monitoring System based on Internet of Things." *International Research Journal of Engineering and Technology*, Μάρτιος 2018: 1952-1956.

Ruiz-Garcia, Luis, Loredana Lunadei, Pilar Barreiro, και Jose Ignacio Robla. «A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and food industry: State of the Art and Current trends.» *Sensors*, 2009: 4728-4750.

Seifi, M.R., R Alimardani, και A Sharifi. «How can soil electrical conductivity measurements control soil pollution?» *Research Journal of Environmental and EarthSciences* , 2010: 235-238.

Surai, S., R Kundu, R Ghosh, και G Bid. «An IoT Based Smart Agriculture System with.» *Journal of Innovation and Research*, Μάιος 2018: 39-42.

TongKe, Fan. «Smart Agriculture Based on Cloud Computing and IOT.» *Journal of Convergence Information Technology*, 1 2013: 210-216.

Vellides, G., M. Tucker, C. Perry, C. Kvien, and C. Bednarz. "A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation." *Computers and Electronics in Agriculture*, Απρίλιος 2008: 44-50.

Whelan, B. M., και A. B. McBratney. «The “Null Hypothesis” of Precision Agriculture.» *Precision Agriculture*, 2000: 265-279.

wikipedia GPS. *wikipedia el*. https://el.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System (πρόσβαση 1 2019).

Wikipedia, Τηλεπισκόπηση. *Wikipedia*. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%BA%CF%8C%CF%80%CE%B7%CF%83%CE%B7> (πρόσβαση 1 2019).

Αγγελοπούλου, Κ. *Γεωργία Ακριβείας στην καλλιέργεια μήλων*. Διδακτορική Διατριβή, Βόλος: Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, 2008.

Βερυκοκίδης, Μανώλης. *ΕΞΥΠΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ -SMART SENSORS*. Πτυχιακή Εργασία, Ηλεκτρολογίας, Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο: ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, 2010.

Μήτσιος. *Γονιμότητα εδαφών. Θρεπτικά στοιχεία φυτών*. Αθήνα.: Ζημελ,, 2004.

Μπαλαμπάνης, Άγγελος. «Μελέτη της κοστολόγησης της καλλιέργειας βαμβακιού στο Νομό της Αιτωλοακαρνανίας.» Διπλωματική Μεταπτυχιακού, Αγρίνιο, 2017.

Ξενούλης, Μιχαήλ. «Χαρτογράφηση της αναβάσταξης του φυσικού οικοσυστήματος της περιοχής Πάρνηθας Αττικής με χρήση δορυφορικών παρατηρήσεων και γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων.» *Μεταπτυχιακή Διατριβή*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών., 2011.

Στυλιανίδης, Δ.Κ, Α.Δ. Σιμώνης, και Γ.Δ. Συργιανίδης. *Θρεψη, Λίπανση φυλλοβόλων οπωροφόρων δένδρων*. Αθήνα,: Εκδόσεις Σταμούλη, 2002.

Φασνάκης, Γεώργιος. *Η χρήση των νέων τεχνολογιών της πληροφορικής στη γεωργία και στην κτηνοτροφία*. Διπλωματική εργασία Μεταπτυχιακού, Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών, Κοζάνη: ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, 2012.

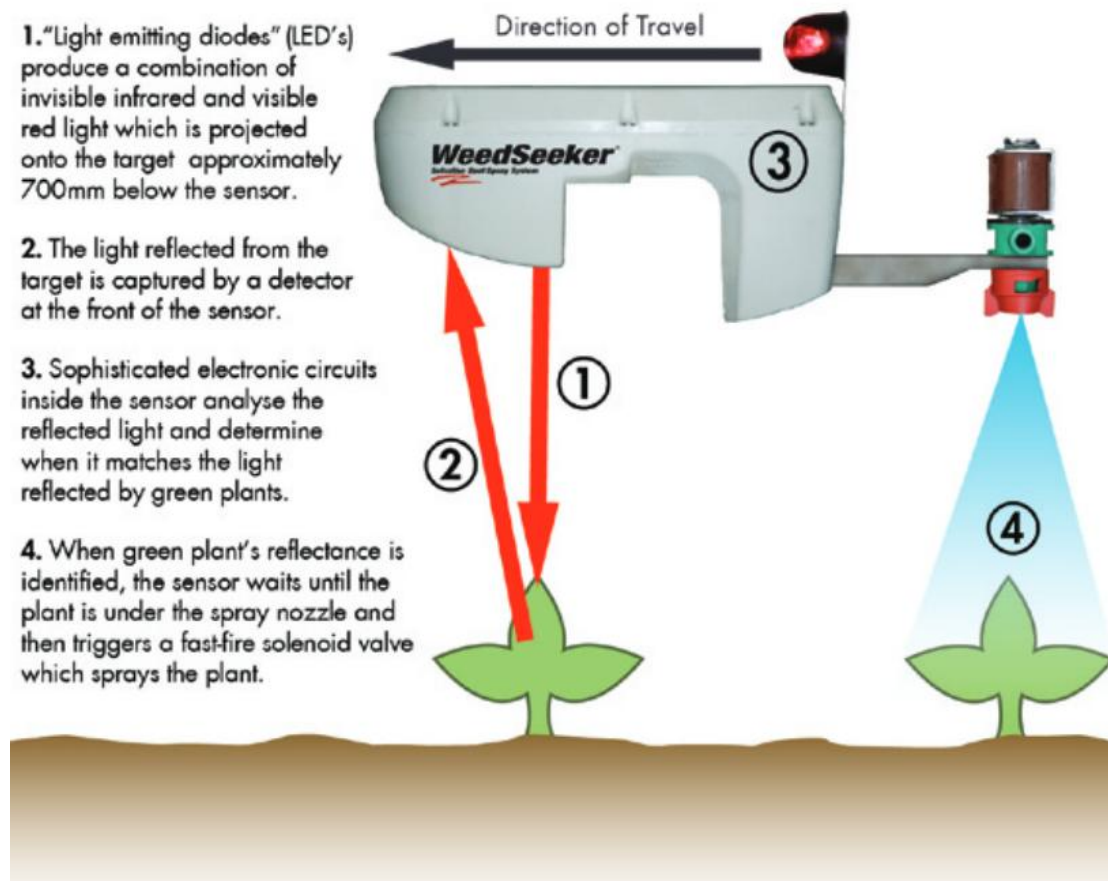
Φούντας, Σπύρος, και Θεοφάνης Γέμτος. *Γεωργία Ακριβείας*. www.kallipos.gr. Αθήνα: ΣΕΑΒ, 2015.

ΦΥΤΙΛΗΣ, ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Κ. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΙΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ. Διατριβή Ειδίκευσης Μεταπτυχιακού, Βόλος: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, 2012.

- Παράρτημα Α.
- Προβλέπει το δυναμικό παραγωγής της καλλιέργειας.
- Καθορίζει την άριστη δόση αζώτου ανά ζώνη.
- Εφαρμόζει το άζωτο σε μεταβλητές δόσεις ανάλογα με τις ανάγκες κάθε ζώνης.

Το Weedseeker, Εικόνα 0.1, είναι ένα μηχάνημα που ψεκάζει μόνο ζιζάνια και όχι το έδαφος, καθώς προχωράει στον αγρό. Έτσι επιτυγχάνεται μεγάλη οικονομία στη χρήση ζιζανιοκτόνων. Δουλεύει με τον εξής τρόπο:

- Ένα LED εκπέμπει φως προς το έδαφος.
- Ο ανιχνευτής ανιχνεύει το ανακλώμενο φως.
- Αν έχει ανιχνευθεί πράσινο φυτό, ενεργοποιείται ηλεκτρονικά η βαλβίδα και γίνεται ψεκασμός με ζιζανιοκτόνο.
- Ψεκάζει μόνο ζιζάνια και όχι γυμνό έδαφος.



Εικόνα 0.1: Σχηματική απεικόνιση με επεξήγηση της λειτουργίας του Weedseeker.

Πηγή: <https://www.mcintoshandson.com.au/images/products/farmingagriculture/sprayers/weedseeker/weedseeker.pdf>

Τα βασικά μέρη των συστημάτων εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις είναι: οι **αισθητήρες** (sensors), οι **ελεγκτές** (controllers) και οι **ενεργοποιητές** (actuators).

Οι **αισθητήρες** που έχουν αναπτυχθεί για εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις μετρούν ιδιότητες τόσο των φυτών όσο και του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα μπορούν να

μετρήσουν την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία και νερό, τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους, καθώς και την ανάκλαση του φωτός από καλλιέργειες και ζιζάνια.

Οι **ελεγκτές** είναι συσκευές που αλλάζουν τον ρυθμό εφαρμογής των εισροών που εφαρμόζονται, καθώς το μηχάνημα κινείται στον αγρό (on-the-go). Οι ελεγκτές χρησιμοποιούν μικροεπεξεργαστές για να διαβάσουν τα δεδομένα που παίρνουν από τους αισθητήρες και να υπολογίσουν τη δόση εφαρμογής με βάση αποθηκευμένους αλγόριθμους.

Οι **ενεργοποιητές** είναι συσκευές που αντιδρούν σε σήματα που λαμβάνουν από τους ελεγκτές για να ρυθμίσουν την ποσότητα του προϊόντος που εφαρμόζεται στον αγρό. Η αντίδραση του ενεργοποιητή μπορεί να προκαλεί κινήσεις αξόνων ή κινητήρων που στη συνέχεια μετατρέπονται σε άνοιγμα ή κλείσιμο μιας θύρας, ή να προκαλέσει αλλαγή ταχύτητας ροής κλπ. Οι ενεργοποιητές έχουν σχεδιαστεί να αντιδρούν σε ηλεκτρικά, πνευματικά ή υδραυλικά σήματα που προέρχονται από τους ελεγκτές. Ένας ενεργοποιητής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει τη θέση μιας βαλβίδας που ρυθμίζει τον ρυθμό ροής ενός υγρού ή την πίεση του. Μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει την θέση μιας συρόμενης θυρίδας για να ρυθμίσει τη ροή ενός κοκκώδους υλικού σε μια ταινία μεταφοράς.

Τα συστήματα εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις μπορούν να διακριθούν σε τρεις τύπους ανάλογα με το αν το προϊόν που εφαρμόζεται είναι σπόρος, στερεά χημικά (κοκκώδη λιπάσματα, κοκκώδη εντομοκτόνα, ασβέστη) ή υγρά χημικά (υγρά λιπάσματα, υγρά παρασιτοκτόνα).

Σε επόμενη παράγραφο θα αναφερθούν αρκετά αναλυτικά τα συστήματα εφαρμογής με αισθητήρες, ενώ δεν θα επεκταθούμε περαιτέρω στα συστήματα βασισμένα σε ιστορικά στοιχεία και χάρτες εφαρμογής.

2 Αισθητήρες στη Γεωργία Ακριβείας

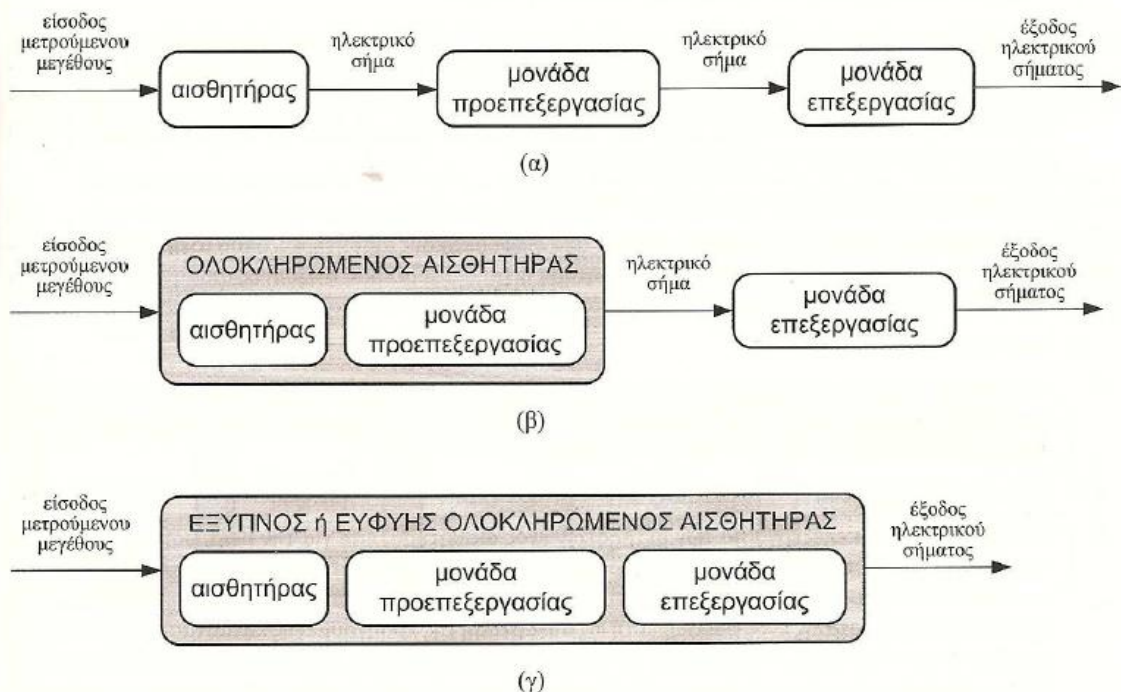
Όπως προκύπτει συμπερασματικά και από το πρώτο κεφάλαιο, οι χάρτες αποδόσεων χρησιμεύουν στην ανίχνευση της παραλλακτικότητας και του βαθμού σοβαρότητάς της, όχι όμως και στη διάγνωση των αιτιών της. Για τη διάγνωση των αιτιών χρησιμοποιούνται η Τηλεπισκόπηση και οι Μετρήσεις πεδίου (Εργαστηριακές αναλύσεις ή Αισθητήρες). Στον προσδιορισμό των ιδιοτήτων του εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν η τηλεπισκόπηση (για την τοπογραφία, το χρώμα, την οργανική ουσία, την υγρασία, την αλατότητα, τα οξείδια σιδήρου, κ.ά.), οι αισθητήρες (για την ηλεκτρική αγωγιμότητα, την υγρασία, τη σκληρότητα, κ.ά.) και οι χωρικά προσδιορισμένες εδαφολογικές αναλύσεις (για όλες τις εργαστηριακά μετρήσιμες ιδιότητες). Οι έξυπνοι αισθητήρες μπορούν να υποκαταστήσουν σε πολλές περιπτώσεις τις εφαρμογές της τηλεπισκόπησης και της εδαφολογικής αναλύσεις. Η παρούσα εργασία εστιάζει στον ρόλο των **έξυπνων αισθητήρων** στην Γεωργία Ακριβείας.

Αρχικά είναι αναγκαίο να ορισθούν κάποιες έννοιες που έχουν σχέση με τη τεχνολογία των έξυπνων αισθητήρων (smart sensors) και των ασύρματων αισθητήρων (Wireless Sensor Technologies).

Ο έξυπνος αισθητήρας (*smart sensor*) είναι η συσκευή πάνω στην οποία έχει ολοκληρωθεί τουλάχιστον ένα αισθητήριο στοιχείο και ένα κύκλωμα επεξεργασίας σήματος. Ο όρος έξυπνος (*smart*) διατηρείται για να δηλώσει την επιμέρους ή την ολοκληρωτική ενσωμάτωση της κύριας μονάδας επεξεργασίας, η οποία προσθέτει ευφυΐα.

Οι διατάξεις μέτρησης με αισθητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σε σχέση με τον τρόπο κατασκευής τους, στις ακόλουθες κατηγορίες (Βερυκοκίδης 2010):

1. Ο αισθητήρας, η μονάδα προεπεξεργασίας, που πραγματοποιεί τη ρύθμιση του σήματος του αισθητήρα (πχ. ενίσχυση, φιλτράρισμα κλπ.) και η μονάδα επεξεργασίας, που υπολογίζει το μετρούμενο μέγεθος σύμφωνα με τις μετρήσεις που παρέχει ο αισθητήρας αποτελούνται από διακριτά κυκλώματα. Όλοι οι αισθητήρες «1ης και 2ης γενιάς», καθώς και μερικοί από τους αισθητήρες «3ης γενιάς» ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.
2. Ο αισθητήρας και η μονάδα προεπεξεργασίας κατασκευάζονται πάνω στο ίδιο μονολιθικό ή υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα και αποτελούν έναν ολοκληρωμένο αισθητήρα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν μερικοί από τους αισθητήρες «3ης γενιάς» και όλοι οι αισθητήρες «4ης γενιάς».
3. Τόσο ο αισθητήρας, όσο και οι μονάδες προεπεξεργασίας και επεξεργασίας περιλαμβάνονται στο ίδιο υβριδικό ή μονολιθικό ολοκληρωμένο κύκλωμα και αποτελούν έναν έξυπνο ή ευφυή ολοκληρωμένο αισθητήρα (*smart sensor*). Οι αισθητήρες «5ης γενιάς» ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.



Εικόνα 2.1: Ταξινόμηση διατάξεων αισθητήρων σε σχέση με τον τρόπο κατασκευής τους: (α) Σύστημα αισθητήρα με διακριτά κυκλώματα προεπεξεργασίας και επεξεργασίας, (β) Ολοκληρωμένος αισθητήρας και (γ) Έξυπνος αισθητήρας (Βερυκοκίδης 2010).

Σε έναν έξυπνο αισθητήρα, εκτός από τον υπολογισμό του μετρούμενου μεγέθους, η μονάδα επεξεργασίας πραγματοποιεί λειτουργίες, όπως αυτοέλεγχο, πολυανίχνευση

(multisensing), αυτόματη βαθμονόμηση (auto-calibration), επικοινωνία με αναλογικούς και ψηφιακούς διαύλους επικοινωνίας, έλεγχο ενεργοποιητών κλπ. Ανάλογα με την εφαρμογή, η έξοδος ενός έξυπνου αισθητήρα μπορεί να είναι αναλογική ή ψηφιακή. Έτσι, ο αισθητήρας μετασχηματίζεται από ένα απλό παθητικό εξάρτημα σε ένα ολοκληρωμένο περιφερειακό υποσύστημα μιας διάταξης μέτρησης και ελέγχου. Η ανάπτυξη των έξυπνων αισθητήρων συμβάλλει στη μείωση του μεγέθους και του κόστους των συστημάτων μέτρησης, καθώς η ρύθμιση και η επεξεργασία του σήματος του αισθητήρα γίνονται εσωτερικά σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, χωρίς να απαιτούνται εξωτερικές ηλεκτρονικές διατάξεις και καλωδιώσεις.

Η πληροφορία, η οποία προκύπτει από τη μέτρηση που λαμβάνεται από ένα σύστημα μέτρησης πρέπει να μεταφερθεί σε μία άλλη συσκευή για περαιτέρω επεξεργασία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η διασύνδεση των μονάδων που επικοινωνούν δεν μπορεί να γίνει με απλή καλωδίωση από την οποία διέρχονται τα αναλογικά σήματα μέτρησης. Αντίθετα αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται μέσω των συστημάτων διεπικοινωνίας που είναι διαθέσιμα για τα συστήματα μέτρησης, στα οποία η λειτουργία τους βασίζεται σε κατάλληλες μεθόδους μετάδοσης της πληροφορίας των μετρήσεων. Σε πολλές εφαρμογές, η πληροφορία που συλλέγεται από τα συστήματα μετρήσεων πρέπει να μεταδίδεται σε απομακρυσμένα συστήματα επεξεργασίας των μετρήσεων. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται τηλεμετρία (telemetry). Εκτός από τις εφαρμογές της τηλεμετρίας, η δυνατότητα διεπικοινωνίας των διατάξεων μέτρησης είναι επίσης απαραίτητη για την ανάπτυξη συστημάτων μέτρησης και ελέγχου, τα οποία αποτελούνται από δίκτυα, αποτελούμενα από αισθητήρες, ενεργοποιητές και ελεγκτές (βλέπε και §1.6). Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται και συστήματα διαύλου πεδίου και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές.

10.1 Αισθητήρες Χαρτογράφησης Παραγωγής

10.1.1 Καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές- Ποσοτικά Χαρακτηριστικά.

Η εκτίμηση της παραγωγής σε κάθε σημείο ή τμήμα του αγρού χρειάζεται τη μέτρηση, καταγραφή και ανάλυση ορισμένων στοιχείων:

1. Τη ροή του προϊόντος μέσα στη μηχανή στη μονάδα του χρόνου (πχ kg/s).
2. Την επιφάνεια που συγκομίζει η μηχανή στη μονάδα του χρόνου (πχ m²/s). Για να το βρούμε αυτό χρειαζόμαστε δύο στοιχεία: Το πλάτος εργασίας της μηχανής και την ταχύτητα εργασίας. Η ταχύτητα εργασίας μπορεί να μετρηθεί είτε με GPS είτε με ειδικούς αισθητήρες (το οποίο είναι προτιμότερο).
3. Τη θέση της μηχανής στο χωράφι, που γίνεται με τη χρήση GPS.
4. Όλα τα στοιχεία πρέπει να τύχουν μιας αρχικής επεξεργασίας σε μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit, CPU) και να αποθηκευτούν σε μια μνήμη για την μεταφορά τους σε Η/Υ για περαιτέρω επεξεργασία. Στη μονάδα αυτή προστίθεται και μια συσκευή με μια οθόνη που τοποθετείται στη καμπίνα της μηχανής, δίνει πληροφορίες στο χειριστή, αλλά και τη δυνατότητα προγραμματισμού του συστήματος. Ο χειριστής μπορεί να ορίζει τους χρόνους δειγματοληψίας, ή με κομβία

να σημειώνει σημεία του χωραφιού με κάποια χαρακτηριστικά, ενώ μπορεί να προσθέτει στοιχεία όπως το πραγματικό βάρος του προϊόντος που συγκομίστηκε (μετά από ζύγιση) για να δημιουργείται συντελεστής διόρθωσης των στοιχείων.

5. Το σύστημα μπορεί να έχει και στοιχεία μέτρησης ποιοτικών χαρακτηριστικών της παραγωγής.

Θεριζοαλωνιστικές (Θ/Α) μηχανές

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις μηχανές συνήθως μετρούν τη ροή του σπόρου και την υγρασία του.

Οι αισθητήρες μέτρησης ροής του σπόρου μπορούν να χωριστούν σε διάφορες κατηγορίες με βάση τον τρόπο εκτίμησης της ροής, όπως:

- αισθητήρες που μετρούν τον όγκο του υλικού,
- αισθητήρες που μετρούν το βάρος,
- αισθητήρες που χρησιμοποιούν την πρόσκρουση του σπόρου σε επιφάνειες και
- τις έμμεσες μεθόδους.

Μέθοδοι μέτρησης του όγκου του σπόρου

- i. **Με περιστρεφόμενο ογκομετρικό τροχό (Claydon sensor).** Τα συστήματα αυτά είτε χρησιμοποιούν κάποιο δοχείο με γνωστό όγκο που όταν γεμίζει προκαλεί μία κίνηση που μπορεί να καταγραφεί είτε χρησιμοποιούν δέσμες φωτός που διακόπτονται από τον σπόρο και σχετίζονται με τον όγκο του. Ένας κύλινδρος με αστεροειδή πτερύγια δέχεται τον σπόρο που ρέει στη μηχανή. Όταν ο σπόρος που γεμίζει το διαμέρισμα διακόψει μια ακτίνα φωτός περιστρέφεται και ένα άδειο διαμέρισμα αρχίζει να γεμίζει. Η περιστροφή προκαλείται από έναν αισθητήρα ύψους του σπόρου, όταν ο σπόρος γεμίσει το χώρο. Επομένως, κάθε κίνηση του κυλίνδρου αντιστοιχεί στον όγκο ενός διαμερίσματος. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται εμπορικά. Ένα μειονέκτημα του συστήματος αυτού είναι ότι αν υποστεί βλάβη, διακόπτει τη ροή του σπόρου και μπλοκάρει όλη η μηχανή. Το σφάλμα εκτίμησης της παραγωγής φτάνει στο 5%, ενώ η εταιρεία που το χρησιμοποιεί το εκτιμά σε 1%.
- ii. **Μέτρηση του όγκου του σπόρου στο δοχείο σπόρου.** Το σύστημα αυτό έχει μια συστοιχία πομπών φωτός και μια δεκτών που βρίσκονται απέναντι η μία από την άλλη. Η ακτίνα φωτός που πέφτει πάνω στον αντίστοιχο δέκτη προκαλεί μια διαφορά δυναμικού που μετράται. Καθώς το δοχείο πληρούται από σπόρο, οι ακτίνες διακόπτονται και δεν παράγεται πλέον διαφορά δυναμικού. Επομένως, κάθε διακοπή αντιστοιχεί σε έναν όγκο πλήρωσης του δοχείου και έτσι μετράται η παραγωγή στο χρονικό διάστημα των διαδοχικών διακοπών των ακτίνων.
- iii. **Μέτρηση του όγκου του σπόρου στα «κουβαδάκια» του αναβατορίου.** Παρόμοιας φιλοσοφίας με τις προηγούμενες μεθόδους. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει προβλήματα λόγω ότι ο όγκος που μετρά μεταβάλλεται ανάλογα με την κλίση του εδάφους. Διάφοροι συνδυασμοί τοποθέτησης των

αισθητήρων φωτός έδωσαν διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας από 4,5 έως πάνω από 9%.

- iv. **Εκτίμηση της πλήρωσης του κοχλίου μεταφοράς του σπόρου στην αποθήκη.** Το σύστημα αυτό στηρίζεται και πάλι σε δέσμες φωτός στον κοχλία μεταφοράς του σπόρου στην αποθήκη, που δίνουν την πλήρωση του κοχλίου που συσχετίζεται με τη ροή του σπόρου στη μηχανή.

Μέθοδοι μέτρησης του βάρους του σπόρου

- i. **Σύστημα με δυναμοκυψέλες που ζυγίζουν το δοχείο του σπόρου.** Όλο το δοχείο του σπόρου στηρίζεται σε τέσσερις δυναμοκυψέλες που ζυγίζουν συνεχώς το σπόρο και βγάζουν διαφορές των μετρήσεων ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Με τον τρόπο αυτό εκτιμάται η ποσότητα του σπόρου (kg) στη μονάδα του χρόνου.
- ii. **Με δοχεία που αδειάζουν όταν φτάσει ο σπόρος σε ένα βάρος.** Τα συστήματα αυτά έχουν δύο δοχεία προς τα οποία ρέει ο σπόρος του σιτηρού. Στην αρχή τροφοδοτείται το ένα δοχείο που, όταν γεμίζει, μετακινείται, ώστε ο σπόρος να ρέει στο άλλο δοχείο, ενώ το αρχικό δοχείο αδειάζει είτε από την περιστροφή του είτε από υποχώρηση του πυθμένα. Το σύστημα αυτό παρεμβάλλεται στη ροή του σπόρου μετά το αναβατόριο και δεν προκαλεί ουσιαστική αλλαγή στη μηχανή. Δημιουργείται όμως πρόβλημα, αν μπλοκάρουν τα δοχεία.
- iii. **Με τροποποίηση του αναβατορίου και προσθήκη οριζοντίου τμήματος που ζυγίζεται.** Στο σύστημα αυτό απαιτείται αλλαγή του αναβατορίου στο οποίο προστίθεται ένα οριζόντιο τμήμα, το οποίο ζυγίζουμε με μια δυναμοκυψέλη. Το βάρος που μετράμε συσχετίζεται με τη ροή του σπόρου. Η αλλαγή απαιτεί σημαντικές αλλαγές στη Θ/Α που κάνουν το σύστημα δύσχρηστο.
- iv. **Με αρθρωτή σύνδεση του σωλήνα / κοχλίου μεταφοράς.** Στο σύστημα αυτό παρεμβάλλεται ένας κοχλίας μεταφοράς του σπόρου πχ στην αποθήκη, που είναι αρθρωτά συνδεδεμένος και ζυγίζεται από μια δυναμοκυψέλη. Η διαφορά του βάρους ανά μονάδα χρόνου μας δίνει τη ροή του σπόρου στη μηχανή. Και το σύστημα αυτό απαιτεί παρεμβάσεις στη μηχανή που κάνουν δύσκολη την εφαρμογή του.

Συστήματα με μέτρηση της δύναμης ή της πίεσης από τη ροή του σπόρου

- i. **Συστήματα μέτρησης της δύναμης από κρούση του σπόρου σε πλάκα.** Το σύστημα αυτό παρεμβάλλει μια πλάκα πάνω στην οποία πέφτει με ταχύτητα (ορμή) ο σπόρος. Η πλάκα πιέζεται και η δύναμη που αναπτύσσεται είναι ανάλογη της ποσότητας του σπόρου και συσχετίζεται με τη ροή του σπόρου στη μηχανή. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι μπορεί να τοποθετηθεί στην έξοδο του σπόρου από το αναβατόριο και να προσαρμοστεί με πολύ λίγες μετατροπές της Θ/Α. Είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο σήμερα σύστημα στις Θ/Α και κατασκευάζεται από διάφορους κατασκευαστές. Ορισμένες κατασκευές έχουν, αντί για πλάκα ανακλάσεως, δύο ελάσματα που δέχονται την πίεση από τη ροή του σπόρου. Είναι από τα πιο αξιόπιστα συστήματα με σφάλμα μικρότερο του 5%.



Εικόνα 2.2: Σύστημα μέτρησης ροής σπόρου Greenstar της John Deere.

- ii. **Σύστημα με διάφραγμα στη ροή του σπόρου.** Το σύστημα αυτό έχει τον σπόρο να κινείται σε έναν σωλήνα που τη ροή εμποδίζει ένα διάφραγμα όπως στα αντίστοιχα ροόμετρα υγρών. Η ροή του σπόρου προκαλεί διαφορετικό άνοιγμα – περιστροφή του διαφράγματος που μετράται και συσχετίζεται με την ποσότητα του σπόρου που ρέει στη μηχανή.
- iii. **Με εύκαμπτο σωλήνα ροής του σπόρου** Λειτουργεί παρόμοια με τους σωλήνες Bourdon για μέτρηση της πίεσης ρευστών. Αύξηση της ροής προκαλεί έκταση του εύκαμπτου σωλήνα που σχετίζεται με τη ροή του σπόρου.

Συστήματα έμμεσης μέτρησης

- i. **Με μέτρηση της διηλεκτρικής σταθεράς.** Ο σπόρος αναγκάζεται να κινηθεί ανάμεσα στις πλάκες ενός πυκνωτή. Η μεταβολή της διηλεκτρικής σταθεράς σχετίζεται με τη ροή του σπόρου, αλλά και με άλλες παραμέτρους, όπως η υγρασία του σπόρου.
- ii. **Μέτρηση της απορρόφησης ακτινοβολίας γάμμα.** Το σύστημα αυτό έχει μια πηγή ακτίνων γ που διαπερνά τον σπόρο που ρέει στη μηχανή και έναν δέκτη από την άλλη πλευρά που λαμβάνει τις ακτίνες που δεν απορροφώνται. Η απορροφόμενη ακτινοβολία είναι ανάλογη της ποσότητας του σπόρου που ρέει στη Θ/Α.
- iii. **Σύστημα με μέτρηση της τάσης στην αλυσίδα ή στον ιμάντα του αναβατορίου.** Το σύστημα αυτό έχει έναν μετρητή ροπής στον οδοντωτό τροχό που μεταδίδει την κίνηση στο αναβατόριο. Η ροπή συσχετίζεται με τη ροή του σπόρου στη μηχανή.

10.1.2 Καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές- Ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου καθορίζουν τον χρόνο συγκομιδής, αλλά και την τιμή του προϊόντος. Η ποιότητα του σπόρου σιτηρών χαρακτηρίζεται από στοιχεία όπως:

- η υγρασία του σπόρου (καθορίζει αν πρέπει να γίνει συγκομιδή ή όχι, ή αν πρέπει να πάει στη αποθήκη ή στο ξηραντήριο),
- η περιεκτικότητα του σπόρου σε πρωτεΐνη ή σε λάδι,

- η φαινομενική πυκνότητα του σπόρου ή το ειδικό βάρος του σπόρου.

Συστήματα καταγραφής της υγρασίας του σπόρου

Η υγρασία του σπόρου είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο στοιχείο για τη συγκομιδή, καθώς καθορίζει τη δυνατότητα αποθήκευσης του σπόρου με ή χωρίς τεχνητή ξήρανση. Για τα ελληνικά δεδομένα, καθώς τα φορτία με υγρασία πάνω από 13,5% δεν είναι αποδεκτά (υπάρχει κίνδυνος «ανάμματος» στην αποθήκη), η γνώση της υγρασίας καθορίζει αν πρέπει να γίνει συγκομιδή ή καθορίζει τη σειρά της συγκομιδής των αγροτεμαχίων.

Η μέτρηση της υγρασίας γίνεται με χρήση πυκνωτών. Οι πυκνωτές είναι ένα σύστημα δύο αγωγών (πλακών) που φορτίζονται και αποθηκεύουν ηλεκτρικό ρεύμα. Μεταξύ των αγωγών δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού (ένα ηλεκτρικό πεδίο). Οι πυκνωτές έχουν συνήθως σταθερή πυκνότητα που μεταβάλλεται, όταν το υλικό που παρεμβάλλεται ανάμεσα στους δύο αγωγούς μεταβάλλεται. Αυτό χαρακτηρίζεται από ένα μέγεθος που ονομάζεται διηλεκτρική σταθερά και μετράται, αν γνωρίζουμε τη χωρητικότητα του πυκνωτή, την επιφάνεια του μικρότερου αγωγού και την απόσταση μεταξύ των αγωγών. Η διηλεκτρική σταθερά ενός πυκνωτή μεταβάλλεται ανάλογα με το μέσο που υπάρχει ανάμεσα στα δύο στοιχεία του πυκνωτή. Η υγρασία του υλικού προκαλεί, επίσης, μεταβολή της διηλεκτρικής σταθεράς. Η ιδιότητα αυτή χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της υγρασίας του σπόρου. Το σύστημα αυτό λειτουργεί ικανοποιητικά για υγρασίες σπόρου μέχρι 30% και συνοδεύει τα περισσότερα συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής σε Θ/Α.

Μέτρηση της περιεκτικότητας του σπόρου σε πρωτεΐνη ή σε λάδι

Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει για να μετρηθούν ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου κατά τη συγκομιδή. Μια τέτοια πληροφορία θα επέτρεπε τον διαχωρισμό του προϊόντος σε ποιότητες που μπορούν να πετυχαίνουν υψηλότερες τιμές στην αγορά. Οι προσπάθειες των τελευταίων χρόνων επικεντρώνονται στη χρήση της κοντινής υπέρυθρης φασματομετρίας (near infrared spectroscopy). Μια ακτίνα φωτός ανακλάται από τον σπόρο και το φάσμα του ανακλώμενου φωτός αναλύεται με το φωτόμετρο στην περιοχή του κοντινού υπέρυθρου (700–1200nm). Το φάσμα αυτό συσχετίζεται με την περιεκτικότητα του σπόρου σε πρωτεΐνες ή λάδι. Η εταιρεία ZELTEX (Zeltex ACUHARVEST <http://www.zeltex.com/accuharvest.html>) παρουσίασε ένα σύστημα μέτρησης των στοιχείων του σπόρου κατά τη λειτουργία της Θ/Α και έδωσε τη δυνατότητα δημιουργίας χαρτών ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας. Και άλλα εργαστήρια¹ έχουν παρουσιάσει αισθητήρες που στηρίζονται στην ίδια αρχή μέτρησης ποιοτικών χαρακτηριστικών και για άλλα προϊόντα όπως χορτονομή κλπ. Με βάση το φάσμα του ανακλώμενου φωτός γίνεται προσπάθεια να μετρηθεί και το ειδικό βάρος του σπόρου.

Βαμβακοσυλλεκτικές Μηχανές

Το Σύστημα χαρτογράφησης σε βαμβακοσυλλεκτικές αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- 1. Την κεντρική μονάδα επεξεργασίας του σήματος με την κονσόλα με την οθόνη για την παρουσίαση των στοιχείων και τη δυνατότητα προγραμματισμού του συστήματος.**

¹ NIRS Forage and Feed Testing Consortium

<http://www.maps.unipd.it/servizi/laboratori/laboratorio-chimico-nirs-xrf>

Διαθέτει μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας, μια οθόνη προβολής των στοιχείων και μια σειρά κομβίων για τον προγραμματισμό των λειτουργιών και των στοιχείων που εμφανίζονται στην οθόνη. Στο κάτω μέρος υπάρχει μια σειρά έξι κομβίων που μπορούν να πιέζονται κατά τη λειτουργία της μηχανής στο χωράφι και να σημειώνουν τα σημεία αυτά. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, ο χειριστής να σημειώνει σημεία του αγρού με πολλά ζιζάνια ή κάποιο είδος ζιζανίου ή σημεία με υψηλά ή χαμηλά φυτά ή άλλες πληροφορίες που μπορεί να χρησιμοποιήσει αργότερα (επόμενο έτος) για να κάνει κατάλληλη ζιζανιοκτονία.

2. Τους αισθητήρες μέτρησης της ροής του συσπόρου στη μηχανή. Η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στη διακοπή ή εξασθένιση του φωτός που εκπέμπεται από μια πηγή. Μια σειρά από λυχνίες εκπέμπουν μια δέσμη φωτός η οποία πέφτει σε δέκτες στην απέναντι πλευρά του σωλήνα. Όταν δεν υπάρχει ροή βαμβακιού, τότε η δέσμη φωτός φτάνει ανεμπόδιση στους απέναντι δέκτες που παράγουν μια διαφορά δυναμικού που μετράται. Καθώς το σύσπορο βαμβάκι περνά από τον σωλήνα μεταφοράς, μειώνει την ένταση του φωτός που φτάνει στους δέκτες και η διαφορά δυναμικού (σε mV) που μετράται μειώνεται. Η μείωση είναι ανάλογη της ποσότητας του συσπόρου που κινείται μέσα στη μηχανή δηλαδή της παροχής του (kg/s). Η εταιρεία JohnDeer παρουσίασε έναν αισθητήρα μέτρησης της ροής του συσπόρου με μικροκύματα.

3. Τον μηχανισμό μέτρησης της ταχύτητας της μηχανής. Η ταχύτητα εργασίας είναι απαραίτητη για την εκτίμηση της επιφάνειας που συγκομίζει η μηχανή στη μονάδα του χρόνου. Η ταχύτητα μπορεί να εκτιμηθεί από τα στοιχεία του GPS. Πρόβλημα παρουσιάζεται κατά τις στροφές της μηχανής. Ο δέκτης χρειάζεται κάποιο χρόνο για να βρει του δορυφόρους κλπ και αυτό αφήνει για ένα μικρό διάστημα το σύστημα χωρίς τιμή ταχύτητας και επομένως, χωρίς τιμή παραγωγής. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται απλά συστήματα μέτρησης της ταχύτητας όπως αισθητήρες που μετρούν τις στροφές των τροχών της μηχανής με μαγνήτες που κλίνουν το κύκλωμα και παράγουν σήματα που αντιστοιχούν στις στροφές του άξονα. Σφάλματα μέχρι 15% παρατηρούνται στη μέτρηση της ταχύτητας. Ακριβέστερη εκτίμηση γίνεται με χρήση ραντάρ. Η ίδια μέθοδος χρησιμοποιείται και στις θεριζοαλωνιστικές μηχανές.

4. Τον διακόπτη αποθήκευσης των στοιχείων. Ο διακόπτης αυτός σταματά την αποθήκευση των μετρήσεων, κάθε φορά που ο μηχανισμός συλλογής είναι ανυψωμένος και δεν λειτουργεί. Με τον τρόπο αυτό, εξοικονομούμε χώρο στη μνήμη του συστήματος.

5. Τον δέκτη GPS. Τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο της μηχανής και δίνει στοιχεία για τη θέση της μηχανής κάθε στιγμή.

Μέχρι σήμερα δεν έχουν εμφανιστεί αισθητήρες που να μετρούν ποιοτικά χαρακτηριστικά του βαμβακιού. Αυτά μετρώνται σε ειδικά μηχανήματα από δείγματα συσπόρου που συγκεντρώνονται στο χωράφι.

Μέχρι εδώ μιλήσαμε για τα σιτηρά και το βαμβάκι. Για χαρτογράφηση παραγωγής σε άλλα προϊόντα όπως πατάτα, βιομηχανική ντομάτα, τεύτλα και άλλα, που σε κάποιο σημείο της

συγκομιδής τους χρησιμοποιείται αλυσομεταφορέας για τη μεταφορά του προϊόντος, εγκαθίστανται δυναμοκουψέλες οι οποίες μετρούν το βάρος του προϊόντος. Ταυτόχρονα, μετράται και η ταχύτητα της αλυσίδας. Ο συνδυασμός των δύο στοιχείων δίνει τη ροή του προϊόντος στη μηχανή. Στην περίπτωση των καλλιεργειών που συγκομίζονται μη μηχανικά (δηλαδή από ανθρώπους), π.χ. φρούτα, λαχανικά κλπ. Η βασική ιδέα για την χαρτογράφηση της παραγωγής είναι η ζύγιση των προϊόντων και η γεωδαισία τους με GPS, ανά περιοχές του αγρού.

10.2 Αισθητήρες για την Μέτρηση Παραμέτρων Εδάφους

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα(EC) αποτελεί μια ταυτότητα για το έδαφος. Γνωρίζοντας την ηλεκτρική αγωγιμότητα, μπορούμε να έχουμε μια εκτίμηση της πορείας (Φούντας και Γέμτος 2015) :

- Συγκέντρωσης των αλάτων, ανάλογη πορεία με ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Του πορώδους του εδάφους, ανάλογη πορεία με ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Θερμοκρασίας του εδάφους, πορεία ανάλογη με ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Υφής εδάφους, πορεία ανάλογη της συγκέντρωσης σε άργιλο σε σχέση με την ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Της οργανικής ουσίας, έμμεση εκτίμηση με βάση την πορεία πχ του πορώδους ή στοιχείων όπως το Ca.
- Οξύτητας του εδάφους (pH), πορεία ανάλογη ή αντιστρόφως ανάλογη με την ηλεκτρική αγωγιμότητα ανάλογα με τη συγκέντρωση των ιόντων. Ωστόσο, λόγω του μικρού συντελεστή συσχέτισης δεν παρουσιάζεται τόσο ασφαλής αυτή η εκτίμηση.
- Ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων, ανάλογη πορεία με ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Περιεκτικότητας σε νερό στο έδαφος, πορεία ανάλογη με ηλεκτρική αγωγιμότητα, καθώς το νερό είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού.

Όλα τα παραπάνω έχουν αντίκτυπο στην παραγωγή, έτσι και η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μια έμμεση ένδειξη επίδρασης στην παραγωγικότητα. Ωστόσο, όλα τα παραπάνω είναι μια εκτίμηση πορείας, κατά κύριο λόγο, και όχι εύρεση μιας συγκεκριμένης τιμής των χαρακτηριστικών. Αν θέλουμε να προχωρήσουμε σε απευθείας μέτρηση των παραγόντων σε σχέση με την ένδειξη της Ηλεκτρικής αγωγιμότητας, και πάλι γίνεται μια προσέγγιση με βάση τη συσχέτιση των παραγόντων με την ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η περιεκτικότητα σε υγρασία εδάφους έχει μια ικανοποιητική συσχέτιση ($R^2=0,62$) με την Ηλεκτρική αγωγιμότητα για βάθος ως 1 m και θα μπορούσε να προσδιοριστεί από την σχέση: **% Νερό= 0,0215 EC+0,0531**

Η γραμμική συσχέτιση ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων με την ηλεκτρική αγωγιμότητα παρουσιάζει R^2 ως και 0,55.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μας δίνει μια ένδειξη για το σύνολο των αλάτων στο έδαφος, αλλά όχι για το είδος των χημικών στοιχείων που την απαρτίζουν. Σε μοντέλα που αναπτύχθηκαν για παρατηρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας ως 15cm, η συγκέντρωση φωσφόρου και ασβεστίου παρουσιάζουν καλή συσχέτιση με την ηλεκτρική αγωγιμότητα με συντελεστές $R_2 = 0,67$ και $R_2 = 0,43$. Η συγκέντρωση του αζώτου και του καλίου δεν εκφράζει

ικανοποιητικά τη θετική συσχέτιση με την ηλεκτρική αγωγιμότητα, καθώς τα μοντέλα παρουσιάζουν $R^2 < 0,30$. Ωστόσο, τα ιχνοστοιχεία Cu, Zn, Fe, Mn παρουσιάζουν θετική συμμεταβολή με απόλυτα ικανοποιητικούς συντελεστές συσχέτισης που φτάνουν από 0,79 ως 0,96.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, διακρίνουμε ότι από την Ηλεκτρική αγωγιμότητα μέσω της επιλογής του κατάλληλου μοντέλου συσχέτισης κάθε φορά μπορούμε να καταλήξουμε σε πλήθος πληροφοριών που αφορούν το έδαφος και κατά επέκταση την παραγωγικότητα της εκμετάλλευσης.

Έτσι, ήταν αναμενόμενο ότι θα οδηγηθούμε κατευθείαν σε μοντέλα συσχέτισης της παραγωγής με την ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Σύμφωνα με τους (Lund, Christy and Drummond 1999) μπορούν να υπάρξουν αρκετές εφαρμογές με την βοήθεια της ηλεκτρικής αγωγιμότητας όπως:

1. Στοχευόμενη Δειγματοληψία: Στη γεωργία ακριβείας είναι προτιμότερο τα δείγματά μας να είναι κατηγοριοποιημένα ως προς ένα μέγεθος, όταν τα συλλέγουμε, διότι έτσι εξυπηρετείται η ισοκατανομή τους. Ένα πρακτικό μέγεθος για τον σκοπό αυτό είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Όταν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε ένα πλήρως τυχαίο σχέδιο (RCBD) σε ένα πείραμα ένας συγχυτικός παράγοντας για τον καθορισμό των μπλοκ μας και των επαναλήψεων μας μπορεί να είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Ακόμα, αν μελετάμε την επίδραση κάποιων παραγόντων (πχ λίπανση) σε ένα μέγεθος (πχ απόδοση), ενδέχεται να υπάρξει αλληλεπίδραση με τον συσχετικό παράγοντα και γι' αυτό να παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.
2. Ρύθμιση εγκατάστασης καλλιέργειας καλαμποκιού. Έχει αποδειχτεί ότι αν τοποθετηθεί ο σπόρος του καλαμποκιού στο ιδανικό βάθος και σε σωστή δοσολογία, τότε τα έσοδα μπορούν να αυξηθούν σημαντικά. Ένας άμεσος τρόπος υπολογισμού του βάθους ριζοστρώματος είναι η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.
3. Κατασκευή συστημάτων αποστράγγισης όπου είναι απαραίτητο και ρύθμιση μεθόδων και της διάρκειας άρδευσης ανάλογα την υγρασία που συγκρατεί το έδαφος.
4. Μεταβλητότητα σε δόσεις ζιζανιοκτόνων. Ετικέτες των προϊόντων Dual® και Surpass® αναφέρουν ότι η δόση των σκευασμάτων διαφοροποιείται σε άλλες τιμές οργανικής ουσίας και υφής εδάφους. Έτσι, η εκτίμηση των δύο παραμέτρων μπορεί να γίνει μέσω της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.
5. Εφαρμογές διαφοροποιούμενης δόσης λιπάσματος. Έχουν εφαρμοστεί συσχετίσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας και έκλυσης στοιχείων, άρα μπορεί μέσω ηλεκτρικής αγωγιμότητας να γίνουν ζώνες εφαρμογών διαφορετικής δοσολογίας λιπάσματος.
6. Πολλά πειράματα εφαρμογών γεωργίας ακριβείας μελετάνε την επίδραση παραγόντων όπως διαφόρων δόσεων λιπασμάτων και σπόρων. Ένα χάρτης μεταβολής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας θα ήταν χρήσιμος για να δούμε πώς μεταβάλλονται και άλλα στοιχεία για να σχεδιαστεί ανάλογα ο αγρός και οι επαναλήψεις των παραγόντων.

7. Μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορούν να συμβάλουν για τη δημιουργία εθνικών χαρτών εδαφικών χαρακτηριστικών.

8. Σύμφωνα με τους (Seifi, Alimardani and Sharifi 2010) υπάρχει η δυνατότητα μέσω της συσχέτισης στοιχείων και ηλεκτρικής αγωγιμότητας να βρεθεί η πιθανή ρύπανση εδαφών.

9. Ένα από τα έντονα καλλιεργητικά προβλήματα που προκύπτουν από την έντονη συμπίεση του εδάφους είναι η δημιουργία αδιαπέραστου ορίζοντα στο έδαφος που έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη του φυτού.

Σύμφωνα με τους (Adamchuk, et al. 2004) υπάρχουν 4 μέθοδοι αισθητήρων που θα μας βοηθήσουν να εκτιμήσουμε τις εδαφικές παραμέτρους:

- Η ηλεκτρομαγνητική ή ηλεκτρική που αφορά τις εφαρμογές ηλεκτρικής αγωγιμότητας
- Των ραδιοκυμάτων ή οπτική που έχει να κάνει με την απορρόφηση και ανάκλιση του εδάφους
- Η μηχανική που αφορά την επίδραση δυνάμεων σε όργανα.
- Η ηλεκτροχημική που μας βοηθά στην ακριβή εκτίμηση των ιόντων.
- Η ακουστική που αλληλεπιδρά κάποιος ήχος με τις ιδιότητες του εδάφους.
- Η πνευματική που εισρέει αέρας στο έδαφος.

Με βάση τις παραπάνω μεθόδους και την έρευνα των Adamchuk et al. (2004) προκύπτει ότι προς το παρόν οι εφαρμογές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι τα πιο λειτουργικά και δοκιμασμένα συστήματα και παρουσιάζουν συσχέτιση με περισσότερους παραμέτρους σε σχέση με τις άλλες μεθόδους. Έτσι, πιθανόν είναι το απόλυτο εργαλείο για την εύρεση εδαφικών ιδιοτήτων και εφαρμογών στη Γεωργία Ακριβείας.

10.3 Συστήματα με αισθητήρες που ελέγχουν/ρυθμίζουν άμεσα τα μηχανήματα εφαρμογής Μεταβλητών Δόσεων Εισροών

Η βασική ιδέα αυτής της εφαρμογής είναι να βρεθεί ένα στοιχείο που μπορεί να μετρηθεί άμεσα και με βάση αυτό, και με το αντίστοιχο λογισμικό, να ορίσουμε την ορθή ποσότητα αυτού που πρέπει να εφαρμόσουμε για να καλύψουμε τις ανάγκες των φυτών.

Ο αισθητήρας κάνει τη μέτρηση και μια σειρά ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και λογισμικού μετατρέπουν το σήμα που παράγει η μετρούμενη ιδιότητα σε εντολή για αλλαγή της ρύθμισης του μηχανήματος. Αυτό γίνεται σε πραγματικό χρόνο και επιτρέπει τη μεταβολή της εισροής γρήγορα ή όσο γρήγορα επιτρέπει η αλλαγή του μηχανικού μέρους, καθώς η αντίδραση του ηλεκτρονικού γίνεται σε πολύ μικρό (σε πραγματικό) χρόνο. Η επιλογή του κατάλληλου χαρακτηριστικού, η ανίχνευσή του και η ανάπτυξη αλγορίθμων που συνδέουν το χαρακτηριστικό με τις ανάγκες της φυτείας αποτελέσαν αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας. Μεγάλη εφαρμογή μέχρι σήμερα έχουν τα συστήματα τηλεπισκόπησης. Τα συστήματα αυτά μετρούν τις συχνότητες ανακλώμενου ηλιακού φωτός ή άλλου τεχνητού φωτός και εκτιμούν δείκτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αλλαγή ρύθμισης του μηχανήματος (Φούντας και Γέμος 2015).

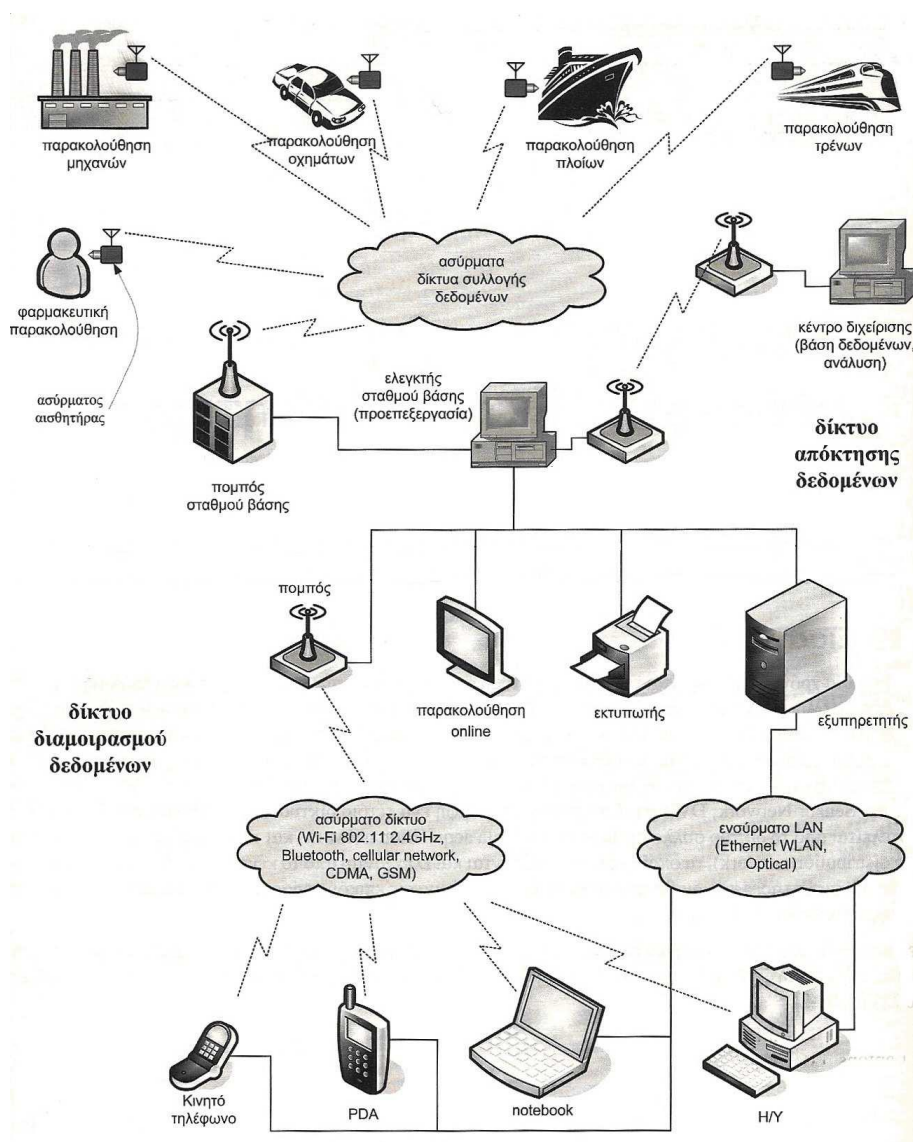
Πολλοί δείκτες βλάστησης έχουν αναπτυχθεί για την εκτίμηση της κατάστασης μιας φυτείας. Οι δείκτες αυτοί, όπως το NDVI (βλέπε §1.1.3.1 και Παράρτημα Α), εκφράζουν τη ζωνρότητα της φυτείας. Υποθέστε μια φυτεία πχ ένα χειμερινό σιτηρό στην αρχή της άνοιξης. Εάν η φυτεία έχει επαρκές άζωτο, τότε η φυτεία έχει έντονο πράσινο χρώμα και αναπτύσσεται έντονα, καθώς οι θερμοκρασίες ανεβαίνουν. Αντίθετα αν το άζωτο δεν είναι επαρκές, τότε τα φυτά δεν είναι έντονα πράσινα, αλλά περισσότερο ή λιγότερο χλωρωτικά (κιτρινισμένα). Το χρώμα της φυτείας είναι προφανές ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια ένδειξη επάρκειας ή έλλειψης αζώτου. Βέβαια, και άλλοι παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν λιγότερο έντονο πράσινο χρωματισμό, όπως η κακή στράγγιση του νερού (ασφυξία φυτών από πλημμύρισμα του χωραφιού ή μέρους του από νερό), επίδραση παγωνιάς, ασθένειες κλπ. Αν όμως αφαιρέσουμε κάποια από αυτά με παρατήρηση, τότε μπορούμε να βασίσουμε τη δόση αζωτούχου λίπανσης με τη μέτρηση του δείκτη NDVI.

Η εφαρμογή ξεκινά με τη μέτρηση του NDVI ενός τμήματος του αγρού με πλήρη N λίπανση. Δηλαδή σε μια επιφάνεια του αγρού προσθέτουμε αρκετό αζωτούχο λίπασμα για να εξασφαλίσουμε την επάρκεια του. Αυτό μας δίνει μια τιμή αναφοράς του NDVI. Μετρώντας το NDVI σε άλλα σημεία του αγρού έχουμε μια σειρά τιμών που είναι ίση ή μικρότερη από την τιμή αναφοράς του τεμαχίου με πλήρη λίπανση. Με έναν αλγόριθμο που χρησιμοποιεί η κάθε εταιρεία που κατασκευάζει αντίστοιχο εξοπλισμό ρυθμίζεται η δόση λίπανσης.

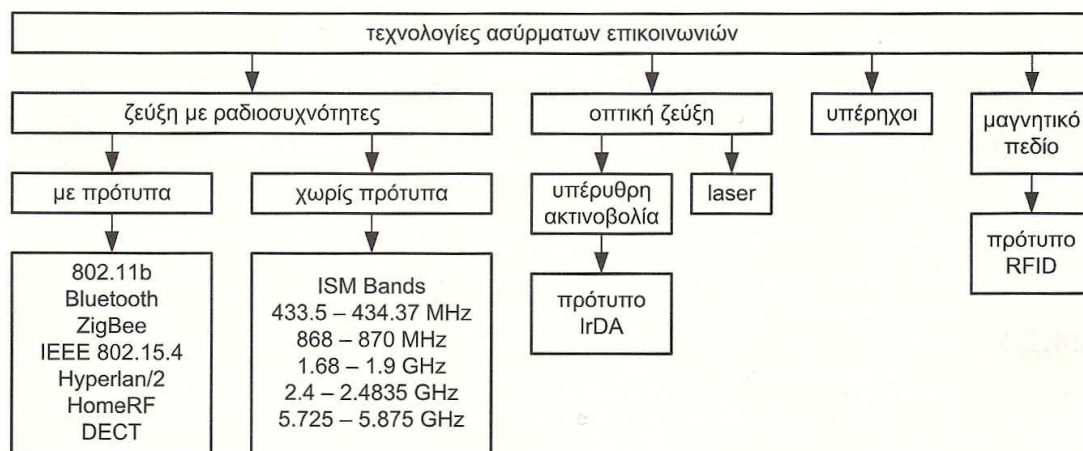
Με τη μέτρηση του NDVI ο λιπασματοδιανομέας ρυθμίζει αυτόματα τη δόση του λιπάσματος, κάτι που αρέσει ιδιαίτερα στους αγρότες που δεν χρειάζεται να κάνουν τίποτε άλλο από μια βαθμονόμηση του συστήματος. Το σύστημα σταματά την εφαρμογή λιπάσματος στα κεφαλάρια αυτόματα, που του δίνει ακόμα ένα σημαντικό πλεονέκτημα εξοικονόμησης λιπάσματος.

10.4 Ασύρματοι αισθητήρες και ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

Οι αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι σε μεγάλη γεωγραφική έκταση μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους ασύρματα, σχηματίζοντας ένα κατανεμημένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Distributed Wireless Sensor Network, DWSN). Στη γενική του μορφή ένα τέτοιο δίκτυο παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.3: Ένα κατανεμημένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων Αποτελείται από το δίκτυο συλλογής δεδομένων (data acquisition network) και το δίκτυο διανομής δεδομένων (data distribution network), τα οποία παρακολουθούνται και ελέγχονται από το κέντρο διαχείρισης (management center). Οι αισθητήρες που διαθέτουν τη δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας αναφέρονται ως «ασύρματοι αισθητήρες» (wireless sensors). Η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων σε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων υλοποιείται χρησιμοποιώντας RF (radio frequency), οπτική ζεύξη (πχ. υπέρυθρη), ζεύξη με υπερήχους και μαγνητική ζεύξη, όπως φαίνεται παραστατικά στην Εικόνα 2.4.



Εικόνα 2.3: Ένα κατακεντρωμένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Βερυκοκίδης 2010)



Εικόνα 2.4: Τεχνικές ασύρματης επικοινωνίας με ασύρματα δίκτυα (Βερυκοκίδης 2010)

Η οπτική ζεύξη με υπέρυθρη ακτινοβολία έχει τα πλεονεκτήματα του χαμηλού κόστους και της ανοχής σε παρεμβολές από ηλεκτρικά σήματα και χρησιμοποιείται ευρύτατα στην

επικοινωνία υπολογιστικών συστημάτων (πχ. Laptops, PCs κλπ.) με περιφερειακές συσκευές. Σε εφαρμογές τηλεμετρίας η ασύρματη μετάδοση των δεδομένων που παράγονται από τα συστήματα μετρήσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας GSM (Global System for Mobile Communications) χρησιμοποιώντας GSM μόντεμ ή GPRS (General Packet Radio Service) μόντεμ.

Πρότυπα ασύρματης επικοινωνίας

Τα Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (Wireless Personal Area Networks, WPANs) είναι δίκτυα χωρίς προκαθορισμένη δικτυακή υποδομή, όπου οι κόμβοι του δικτύου επικοινωνούν μεταξύ τους σε ακτίνα, συνήθως της τάξης των αρκετών μέτρων. Οι ασύρματοι αισθητήρες μπορούν να λειτουργούν ως κόμβοι τέτοιων δικτύων αρκεί να διαθέτουν την κατάλληλη διεπαφή, σύμφωνα με το αντίστοιχο πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση του δικτύου. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των σημαντικότερων τυποποιημένων προτύπων ασύρματης επικοινωνίας, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την ανάπτυξη Ασύρματων Προσωπικών δικτύων, περιγράφονται στη συνέχεια:

Πρότυπο IEEE 802.11

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα τα οποία είναι συμβατά με το πρότυπο IEEE 802.11 ονομάζονται και δίκτυα Wi-Fi (Wireless Fidelity). Συχνά χρησιμοποιούνται και για τη διασύνδεση με το Internet. Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα σημεία πρόσβασης (Access Points, AP) που ενώνουν το ασύρματο δίκτυο με ένα ενσύρματο δίκτυο. Σε ένα ασύρματο δίκτυο που ακολουθεί το πρότυπο IEEE 802.11, οι σταθμοί (πχ. laptops, PCs, κλπ.) μπορούν να επικοινωνούν, είτε μεταξύ τους, είτε με το AP.

Το πρότυπο Bluetooth

Το πρότυπο Bluetooth (IEEE 802.15.1) άρχισε να χρησιμοποιείται το 1998 και με στόχο την ασύρματη RF επικοινωνία ηλεκτρονικών συσκευών (πχ. PCs, laptops, εκτυπωτές, κλπ.) μεταξύ τους και με το Internet. Η μέγιστη απόσταση των συσκευών που επικοινωνούν κυμαίνεται από 1 m έως 100m. Κάθε συσκευή μπορεί να είναι ο «master» και να επικοινωνεί με έως 7 (slaves). Ο «master» και οι slaves αποτελούν ένα δίκτυο που ονομάζεται «piconet». Διαφορετικά piconets μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με γέφυρες (bridges).

Το πρότυπο IrDA

Το πρότυπο Infrared Data Association (IrDA) είναι τεχνολογίας WPAN και χρησιμοποιείται για την ασύρματη επικοινωνία και τη δικτυακή σύνδεση συσκευών με υπέρυθρη ακτινοβολία. Η μέγιστη απόσταση επικοινωνίας είναι 1m (στην έκδοση χαμηλής ισχύος η μέγιστη απόσταση είναι 0.1m)

Το πρότυπο ZigBee

Το πρότυπο ZigBee (IEEE 802.15.4) επιτρέπει την ασύρματη, δικτυακή επικοινωνία συσκευών και σε αντίθεση με τα πρότυπα Bluetooth και Wi-Fi χαρακτηρίζεται από το χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το χαμηλό κόστος. Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιείται ευρύτατα σε αυτοματισμούς και εφαρμογές ελέγχου από απόσταση (πχ. ιατρικές συσκευές, αυτοματισμούς κτιρίων και κατοικιών, συστήματα συναγερμού, κλπ.). Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε οι κόμβοι του δικτύου να λειτουργούν με μπαταρία επειδή η κατανάλωση ενέργειας είναι χαμηλή, η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι αρκετά μεγάλη (1 με 2 χρόνια). Η απόσταση μετάδοσης για κάθε κόμβο κυμαίνεται από 10 m έως 75 m , ανάλογα με την ισχύ του πομπού.

Το πρότυπο RFID

Τα συστήματα RFID (Radio Frequency Identification) αναπτύχθηκαν αρχικά ως εναλλακτική λύση στο σύστημα γραμμωτού κώδικα (barcode) και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εφαρμογές ασύρματης ηλεκτρονικής ταυτοποίησης, όπως σε συσκευασίες προϊόντων, σε ταυτότητες και διαβατήρια, σε πιστωτικές κάρτες, στον έλεγχο βιβλίων μιας βιβλιοθήκης, στον έλεγχο της διάβασης από διόδους κλπ. Επίσης, το πρότυπο RFID χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με αισθητήρες που κατασκευάζονται σε ολοκληρωμένα κυκλώματα (πχ. MEMS) για την ανάπτυξη ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Ένα σύστημα μεταφοράς πληροφορίας σύμφωνα με το πρότυπο RFID αποτελείται από μία ή περισσότερες ετικέτες (tags) που τοποθετούνται στα αντικείμενα και αποθηκεύουν τη χρήσιμη πληροφορία, η οποία σχετίζεται με κείμενο που φέρει την ετικέτα (πχ. κωδικό αναγνώρισης, μετρήσεις από αισθητήρες κλπ.), καθώς και μία ή περισσότερες σταθερές ή κινητές συσκευές ασύρματης εγγραφής ή ανάγνωσης της πληροφορίας που αποθηκεύεται στις ετικέτες, οι οποίες ονομάζονται αναγνώστες (readers). Κάθε ετικέτα έχει ένα μοναδικό κωδικό ανάγνωσης, ώστε να μπορεί ο αναγνώστης να τη διακρίνει από τις υπόλοιπες ετικέτες του συστήματος. Μια ετικέτα περιλαμβάνει μία διάταξη εκπομπής ή λήψης των δεδομένων και ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα για την αποθήκευση των πληροφοριών και τον έλεγχο της επικοινωνίας της ετικέτας με έναν ή περισσότερους αναγνώστες. Στις παθητικές ετικέτες η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων τους συλλέγεται μαγνητική ή χωρητική σύζευξη της ετικέτας και του αναγνώστη, είτε μέσω των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει ο αναγνώστης τα οποία διαδίδονται στο χώρο μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας. Στις ενεργές ετικέτες η ενέργεια αυτή παρέχεται από συσσωρευτή, οπότε οι ενεργές ετικέτες έχουν τη δυνατότητα να ξεκινούν την επικοινωνία τους με τον αναγνώστη. Οι ημι-παθητικές ετικέτες τροφοδοτούνται από συσσωρευτή, αλλά μπορούν να επικοινωνούν με τον αναγνώστη μόνο όταν τους ζητηθεί από αυτόν, ενώ κατά το υπόλοιπο διάστημα παραμένουν ανενεργές, εξοικονομώντας έτσι την ενέργεια του συσσωρευτή. Κάθε αναγνώστης μπορεί να επικοινωνεί με όσες ετικέτες βρίσκονται μέσα στην περιοχή εμβέλειας του με σκοπό την εγγραφή ή και ανάγνωση δεδομένων. Η πληροφορία που λαμβάνεται από τον αναγνώστη μεταφέρεται στη συνέχεια σε μία κεντρική μονάδα (πχ. Η/Υ) για περαιτέρω επεξεργασία. Η επικοινωνία μεταξύ ετικετών και αναγνώστων για τη μεταφορά της πληροφορίας πραγματοποιείται, είτε με αμφίδρομη μετάδοση (full-duplex), είτε με ημιαμφίδρομη μετάδοση (half-duplex). Τόσο η μεταφορά των δεδομένων, όσο και η μεταφορά ενέργειας από τον αναγνώστη στην ετικέτα

πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας τις ίδιες διατάξεις εκπομπής ή λήψης. Η μεταφορά των δεδομένων από τον αναγνώστη στην ετικέτα και αντίστροφα, υλοποιείται με μία από τις παρακάτω μεθόδους :

- Μέσω μαγνητικής σύζευξης της ετικέτας και του αναγνώστη, όπου οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι πηνία με μαγνητική σύζευξη μεταξύ τους.
- Μέσω χωρητικής σύζευξης της ετικέτας και του αναγνώστη, όπου οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι αγώγιμες επιφάνειες που αποτελούν τους οπλισμούς πυκνωτών.
- Μέσω της διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει είτε ο πομπός του αναγνώστη, είτε ο πομπός της ετικέτας, ανάλογα με την κατεύθυνση μεταφοράς της πληροφορίας.
- Μέσω των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει ο αναγνώστης και τα οποία διαδίδονται στο χώρο μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας και στη συνέχεια ανακλώνται στην ετικέτα (οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι κεραίες). Στην περίπτωση αυτή η ετικέτα δεν διαθέτει πομπό μετάδοσης των δεδομένων, οπότε δεν μπορεί να ξεκινήσει η ίδια την επικοινωνία με τον αναγνώστη.

Για να αποστείλει πληροφορία η ετικέτα προς τον αναγνώστη μεταβάλλει την αντίσταση φορτίου της κεραίας της, οπότε μεταβάλλεται (διαμορφώνεται) ανάλογα με τη μεταδιδόμενη πληροφορία η ποσότητα της ισχύος που ανακλάται στην ετικέτα και στη συνέχεια φτάνει στον αναγνώστη (backscattering). Στις εφαρμογές του προτύπου RFID στην ανάπτυξη ασύρματων δικτύων αισθητήρων, κάθε ετικέτα περιλαμβάνει, επιπλέον, αισθητήρα και μετατροπέα A/D. Για παράδειγμα, για τη μέτρηση και επιτήρηση των συνθηκών αποθήκευσης ή μεταφοράς ευπαθών προϊόντων αναπτύσσεται ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων με την τοποθέτηση μιας ετικέτας, που περιλαμβάνει αισθητήρα (πχ. θερμοκρασίας, υγρασίας, επιτάχυνσης, κλπ.) σε κάθε αντικείμενο που αποθηκεύεται ή μεταφέρεται. Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων μπορεί να αναπτυχθεί επίσης, χρησιμοποιώντας τους αναγνώστες πολλών ανεξάρτητων συστημάτων RFID ως κόμβους ενός ασύρματου δικτύου. Στην περίπτωση αυτή, κάθε αναγνώστης συλλέγει δεδομένα από ετικέτες διάσπαρτες σε μια γεωγραφική έκταση οι οποίες περιλαμβάνουν αισθητήρες, και τα προωθεί μέσω του ασύρματου δικτύου σε μία κεντρική μονάδα επεξεργασίας.

10.5 Εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων (Wireless Sensor Technologies- WST)

Στην γεωργία, υπάρχουν αρκετές προκλήσεις στη χρήση των ραδιοσυχνοτήτων λόγω των μεγάλων αποστάσεων κάλυψης, της ενδεχόμενης πυκνής βλάστησης, τη σύνθετη τοπογραφία και τις διάφορες καιρικές συνθήκες.

Το WSN αποτελεί σημαντικό ζήτημα στην περιβαλλοντική παρακολούθηση. Το σχετικά χαμηλό κόστος των συσκευών επιτρέπει την εγκατάσταση ενός πυκνού πληθυσμού κόμβων που μπορεί να αντιπροσωπεύει επαρκώς τη μεταβλητότητα που υπάρχει στο περιβάλλον. Έτσι, παρέχονται πληροφορίες σχετικά με την εκτίμηση κινδύνου, όπως για παράδειγμα την ειδοποίηση των αγροτών κατά την έναρξη της ζημίας από τον παγετό και γενικότερα καλύτερη ενημέρωση για το μικροκλίμα. Ένα άλλο παράδειγμα εποπτείας του κλίματος

είναι η πρόβλεψη πλημμύρας μέσω ασύρματων αισθητήρων, οι οποίοι μπορούν να ανιχνεύσουν βροχοπτώσεις, στάθμη νερού και καιρικές συνθήκες. Οι αισθητήρες παρέχουν πληροφορίες σε ένα κεντρικό σύστημα βάσης δεδομένων (Ruiz-García, et al. 2009)]. Οι (Ayday and Safak 2009) παρουσίασαν έναν χάρτη διανομής υγρασίας που κατασκευάστηκε με την συνεργασία WST και GIS. Οι αισθητήρες ανίχνευσης υγρασίας τοποθετήθηκαν σε προκαθορισμένες θέσεις με τη βοήθεια GPS και τα δεδομένα αξιολογήθηκαν με GIS.

Ερευνητές έχουν συνδυάσει αισθητήρες οι οποίοι μετρούν τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους σε διάφορα βάθη με ασύρματα δίκτυα που στέλνουν τα δεδομένα αυτόματα σε μονάδα ελέγχου προς επεξεργασία. Τα συστήματα εγκαθίστανται σε πολυετείς φυτείες κατά κύριο λόγο, αλλά και σε ετήσιες, και συγκεντρώνουν στοιχεία σε πραγματικό χρόνο για διάφορες βασικές παραμέτρους που αφορούν την κατάσταση των φυτών, το έδαφος κλπ. Οι αισθητήρες αυτοί αποτελούν χρήσιμο εργαλείο παρέχοντας στον παραγωγό τη δυνατότητα να διαχειριστεί έγκαιρα και με τον κατάλληλο τρόπο καλλιεργητικές επεμβάσεις στα διάφορα τμήματα του αγρού.

Η χρήση ασύρματων δικτύων σε συνδυασμό με αισθητήρες συνδέονται κυρίως με την εφαρμογή τεχνολογιών μεταβλητών εισροών (άρδευση, λίπανση κ.α.) και παροχή δεδομένων και προειδοποιήσεων στους παραγωγούς. Οι (Brasa Ramos, et al. 2010) πραγματοποίησαν την εφαρμογή WSN (ZigBee) σε αμπελώνα στην Ισπανία. Το δίκτυο αποτελούνταν από 12 κόμβους με έως και τέσσερις διαφορετικούς αισθητήρες μέτρησης της θερμοκρασίας και υγρασίας του περιβάλλοντος, της υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους και της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις διαβιβάζονταν στον χρήστη μέσω LAN, WLAN ή μέσω του Διαδικτύου και χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση των βασικών παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα και για την ανάπτυξη ενός πληροφορικού συστήματος προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις της αμπελοκαλλιέργειας, επιτρέποντας την εύκολη ανάλυση των δεδομένων. Ηλεκτρονικά χαμηλής ενέργειας και μπαταρίες μεγάλης διάρκειας που μπορούν να συνδυαστούν με μικρά φωτοβολταϊκά ή ηλιοσυλλέκτες δίνουν τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης του κόστους εγκατάστασης συστημάτων με ασύρματους αισθητήρες, ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμα.

Η ασύρματη τεχνολογία έχει βρει εφαρμογή και σε συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής.

Οι (Vellides, et al. 2008) σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε βαμβακοφυτεία χρησιμοποίησαν ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για τον έλεγχο και προγραμματισμό της άρδευσης. Οι μετρήσεις που έκαναν οι αισθητήρες ήταν υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους. Το δίκτυο αποτελούταν από έναν κεντρικά τοποθετημένο δέκτη συνδεδεμένο σε φορητό υπολογιστή και πολλαπλούς κόμβους αισθητήρων εγκατεστημένους στο πεδίο. Οι κόμβοι των αισθητήρων αποτελούνται από:

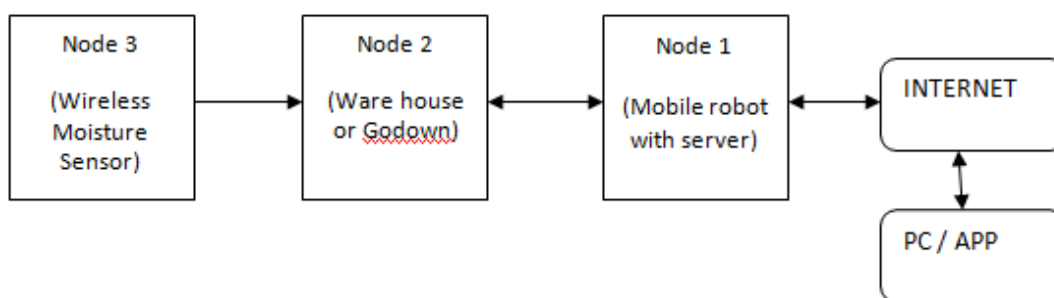
- αισθητήρες (μέχρι τρεις αισθητήρες υγρασίας εδάφους Watermark® και μέχρι τέσσερα θερμοζεύγη)
- ειδικά σχεδιασμένη ηλεκτρονική πλακέτα και
- ετικέτα αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (RFID) που μεταδίδει δεδομένα στον δέκτη.

Το σχετικά χαμηλό κόστος του συστήματος (περίπου 2400USD για ένα σύστημα κόμβων 20 αισθητήρων) επέτρεψε την εγκατάσταση ενός πυκνού πληθυσμού αισθητήρων υγρασίας εδάφους που μπορούν να αντιπροσωπεύουν επαρκώς την εγγενή μεταβλητότητα του εδάφους που υπάρχει στο χωράφι. Το δίκτυο καθορίζει το χρονοδιάγραμμα και τα ποσά για εφαρμογές άρδευσης σε πραγματικό χρόνο.

Σε άλλη έρευνα, οι (Damas, et al. 2001) εφάρμοσαν σύστημα μεταβλητής άρδευσης σε αγρό έκτασης 1500 ha ο οποίος χωρίστηκε σε 7 τμήματα με διαφορετικές ανάγκες σε άρδευση. Η άρδευση στο κάθε τμήμα ελέγχονταν από κέντρο ελέγχου. Τα κέντρα ελέγχου επικοινωνούσαν μεταξύ τους μέσω ασύρματου δικτύου. Αποδείχτηκε ότι με την εφαρμογή του συστήματος μεταβλητής άρδευσης εξοικονομήθηκε 30 έως 60% αρδευτικού νερού.

Οι (Gondchawar και Kawitkar 2016) προτείνουν ένα πιο ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης του αγρού με τη χρήση αυτοματισμών και τεχνολογιών IoT (Internet of Things), Βλέπε Παράρτημα Β. Το κύριο χαρακτηριστικό της εργασίας τους είναι ένα τηλεκατευθυνόμενο ρομπότ (με τη χρήση GPS), το οποίο αναλαμβάνει το βοτάνισμα, τον ψεκάσμο, την μέτρηση της υγρασίας, την απομάκρυνση μέσω εκφοβισμού πουλιών και ζώων κλπ. Η δεύτερη λειτουργία του συστήματός τους είναι η «έξυπνη» άρδευση σύμφωνα με τις μετρήσεις πεδίου που λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο. Και τρίτον, η «έξυπνη» διαχείριση αποθήκης η οποία περιλαμβάνει συντήρηση θερμοκρασίας, συντήρηση υγρασίας και ανίχνευση κλοπής στην αποθήκη. Ο έλεγχος όλων αυτών των λειτουργιών γίνεται μέσω οποιασδήποτε απομακρυσμένης έξυπνης συσκευής ή υπολογιστή συνδεδεμένου στο Internet και οι λειτουργίες διεξάγονται με διασύνδεση αισθητήρων, μονάδων Wi-Fi ή ZigBee, κάμερας και ενεργοποιητών με μικροελεγκτή και Raspberry Pi².

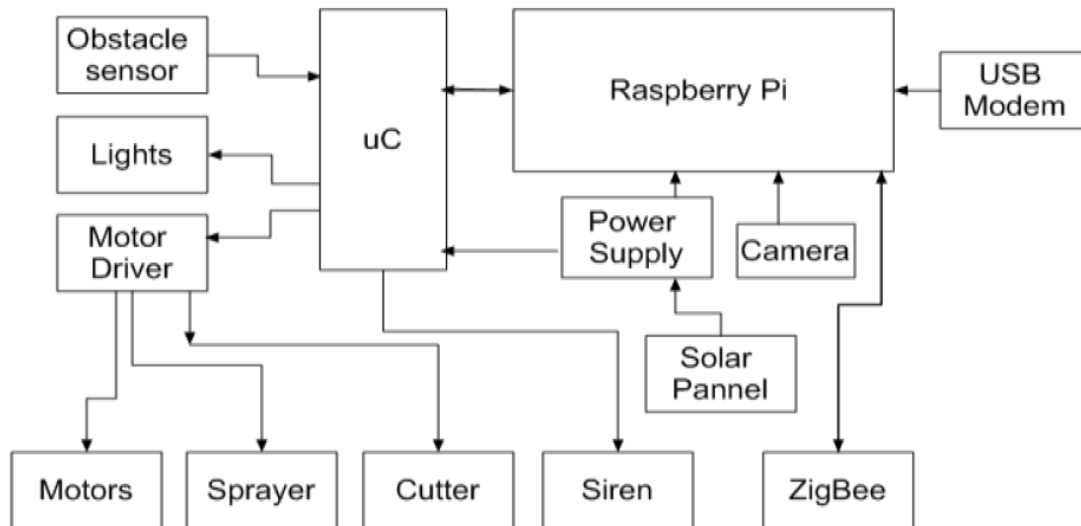
Στην Εικόνα 2.5 φαίνεται η συνολική διάταξη του συστήματος. Στο παρόν σύστημα, κάθε κόμβος αποτελείται από διαφορετικούς αισθητήρες και συσκευές, που είναι ασύρματα διασυνδεδεμένοι με έναν κεντρικό εξυπηρετητή. Ο διακομιστής στέλνει και λαμβάνει πληροφορίες από τον τελικό χρήστη χρησιμοποιώντας σύνδεση στο διαδίκτυο. Υπάρχουν δύο τρόποι λειτουργίας του συστήματος: αυτόματη λειτουργία και χειροκίνητη λειτουργία. Στην αυτόματη λειτουργία το σύστημα παίρνει τις δικές του αποφάσεις και ελέγχει τις εγκατεστημένες συσκευές, ενώ με τον χειροκίνητο τρόπο, ο χρήστης μπορεί να ελέγχει τις λειτουργίες του συστήματος χρησιμοποιώντας εφαρμογές Android ή τις εντολές του υπολογιστή.



Εικόνα 2.5: Σύνοψη του συστήματος

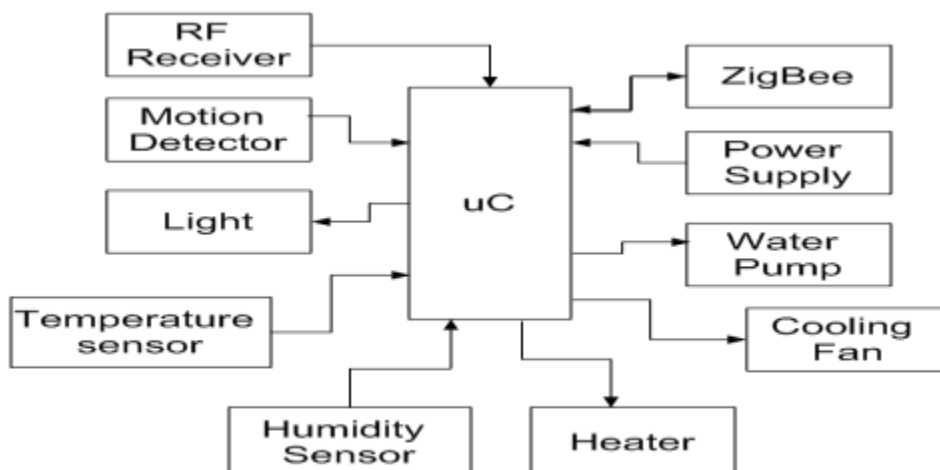
² Το Raspberry Pi είναι μια σειρά μικρών υπολογιστών με μια πλακέτα και συνήθως χωρίς περιφεριακά.

Στην Εικόνα 2.6 φαίνεται η διάταξη Node(κόμβος) 1. Το Node1 είναι το κινητό ρομπότ, το οποίο μπορεί να ελέγχεται εξ αποστάσεως με χρήση υπολογιστή, καθώς μπορεί να προγραμματιστεί έτσι ώστε να πλοηγείται αυτόνομα εντός των ορίων του πεδίου, χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες που παρέχονται από τη μονάδα GPS. Το τηλεχειριζόμενο ρομπότ διαθέτει διάφορους αισθητήρες και συσκευές όπως κάμερα, αισθητήρα εμποδίων, σειρήνα, κόπτη και ψεκαστήρα.



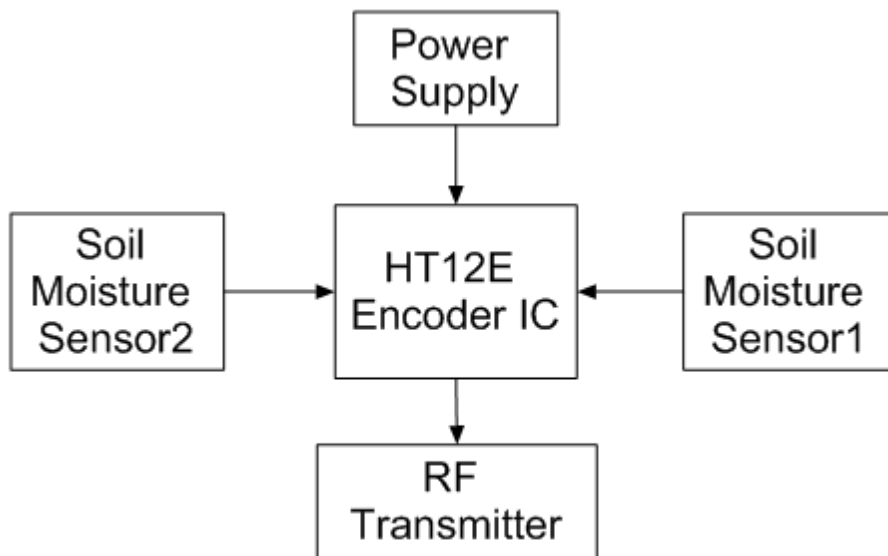
Εικόνα 2.6: Κόμβος 1, Κινούμενο Ρομπότ

Ο Κόμβος 2 είναι η αποθήκη. Αποτελείται από ανιχνευτή κίνησης, αισθητήρα φωτός, αισθητήρα υγρασίας, αισθητήρα θερμοκρασίας, θερμαντήρα χώρου, ανεμιστήρα ψύξης και είναι πλήρως διασυνδεδεμένο με μικροελεγκτή AVR. Ο ανιχνευτής κίνησης όταν ανιχνευθεί κίνηση στο δωμάτιο, έχοντας τη λειτουργία ασφαλείας ενεργοποιημένη, θα στείλει σήμα προειδοποίησης στο χρήστη μέσω του Raspberry pi και έτσι θα παρέχει ανίχνευση κλοπής. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας και ο αισθητήρας υγρασίας ανιχνεύσουν τιμές κάτω από το κατώτατο όριο, τότε το θερμαντικό σώμα ή ο ανεμιστήρας θα ενεργοποιηθούν αυτόματα για την συντήρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Το Node2 θα ελέγχει επίσης την αντλία νερού ανάλογα με τα δεδομένα υγρασίας του εδάφους που λαμβάνει από τον Κόμβο 3.



Εικόνα 2.7: Κόμβος 2, Αποθήκη

Ο κόμβος(Node) 3 είναι ένας έξυπνος κόμβος άρδευσης με χαρακτηριστικά όπως: Έξυπνος έλεγχος της αντλίας νερού βασισμένος σε δεδομένα πεδίου πραγματικού χρόνου, δηλ. Αυτόματη ενεργοποίηση / απενεργοποίηση της αντλίας μετά την επίτευξη της απαιτούμενης στάθμης υγρασίας εδάφους (στην αυτόματη λειτουργία). Στη χειροκίνητη λειτουργία δίνεται η δυνατότητα Ενεργοποίησης / απενεργοποίησης της αντλίας νερού μέσω κινητού τηλεφώνου ή υπολογιστή και η συνεχής παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους.



Εικόνα 2.8: Κόμβος 3, ασύρματος ανιχνευτής υγρασίας του εδάφους.

Ένα ακόμα παράδειγμα σύνδεσης δικτύου αισθητήρων μέτρησης υγρασίας του εδάφους με τον χρήστη, με την βοήθεια τεχνολογίας IoT, είναι και η εργασία των (Surai, και συν. 2018).Κι εδώ ο στόχος των ερευνητών είναι να συλλέξουν πληροφορίες για την υγρασία. Έπειτα, το σύστημα να μπορεί να αξιολογήσει της πληροφορίες αυτές και να πάρει αποφάσεις. Και τέλος, το σύστημα να επικοινωνεί με τον χρήστη ασύρματα, ώστε ο χρήστης να μπορεί να γνωρίζει την κατάσταση στο πεδίο από οπουδήποτε. Στο ίδιο πλαίσιο οι (Rao, et al. 2018), χρησιμοποίησαν τους παρακάτω αισθητήρες:

- Παθητικός υπέρυθρος αισθητήρας, (PIR sensor_ passive infrared sensor). Ο αισθητήρας αυτός χρησιμοποιείται για την ανίχνευση κίνησης ανθρώπων, ζώων ή άλλων αντικειμένων, μέσω της ανίχνευσης υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται ή αντανακλάται από αντικείμενα.
- Αισθητήρας υγρασίας εδάφους, μετρά έμμεσα την ογκομετρική περιεκτικότητα νερού στο έδαφος. Η μέτρηση άμεση μέτρηση μπορεί να είναι ηλεκτρική αντίσταση, διηλεκτρική σταθερά ή αλληλεπίδραση με νετρόνια.
- Αισθητήρας βροχής, αντιλαμβάνεται την βροχή και δίνει σήμα να σταματήσει η άρδευση.
- Αισθητήρας υγρασίας. Εδώ χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας DFRobot DHT11, ο οποίος μετράει και θερμοκρασία.

Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: Arduino ide, Proteus simulation, Dreamweaver, Mysql και Wamp.

Ο (TongKe 2013) στο άρθρο του επισημαίνει ότι παρόλο που η κινεζική κυβέρνηση έχει θέσει κάποιες υποδομές στην υπηρεσία των γεωργικών πληροφοριών, εξακολουθούν να υπάρχουν προβλήματα στον γεωργικό εκσυγχρονισμό, όπως ότι:

1^ο δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στο υλικό (hardware) από ότι στο λογισμικό (software) και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην παρέχονται πληροφορίες υψηλής ποιότητας, που να καλύπτουν τις ανάγκες παραγωγής των αγροτών.

2^ο οι πληροφορίες δεν χρησιμοποιούνται επαρκώς από τους αγρότες και η επίδραση των πληροφοριών στη γεωργία και τους αγρότες δεν είναι αξιοσημείωτη.

Ο συγγραφέας προτείνει λοιπόν την χρήση τεχνολογίας cloud computing και την οπτικοποίηση, ώστε να κατασκευαστεί "σύννεφο γεωργικών πληροφοριών" (agricultural information cloud), συνδυάζοντας την τεχνολογία IOT και την τεχνολογία RFID, ώστε να προωθηθεί η ταχεία ανάπτυξη της γεωργικής πληροφόρησης. Δηλαδή, ότι πληροφορία είναι δυνατό να συλλεχθεί από τον αγρό ή που αφορά τον αγρό, να συλλέγεται και να αποθηκεύεται σε μια βάση δεδομένων που να είναι προσβάσιμη από τους ενδιαφερόμενους.

11 Εφαρμογές Γεωργίας ακριβείας στην Ελλάδα σε υπαίθριες καλλιέργειες.

Στην Ελλάδα, η πρώτη γνωστή εφαρμογή χαρτογράφησης παραγωγής έγινε το φθινόπωρο του 2001 σε καλλιέργεια βαμβακιού. Η εγκατάσταση του αισθητήρα έγινε σε μια Βαμβακοσυλλεκτική μηχανή δύο σειρών και οι πρώτοι χάρτες παραγωγής παρήχθησαν την ίδια περίοδο. Οι πρώτες εφαρμογές έγιναν από το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε συνεργασία με το ΙΧΤΕΛ του ΕΘΙΑΓΕ (τώρα ονομάζεται ΕΛΓΟ-Δήμητρα) και την εταιρεία Παπαοικονόμου ΑΕΒΕ που προμήθευσε τους αισθητήρες. Το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας συνέχισε την εργασία με εφαρμογές στο βαμβάκι και αργότερα σε σιτηρά (Καλαμπόκι και σκληρό σιτάρι) και από το 2005 άρχισε εκτεταμένες εφαρμογές σε καλλιέργειες υψηλής αξίας όπως μήλα, αμπέλι, ελιές και αχλάδια, ενώ άρχισαν εφαρμογές σε ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης αγροκτημάτων (farm Management Information Systems), αλλά και σε ρομποτική, (Φούντας και Γέμτος 2015).

Παράλληλα, εφαρμογές αρχίζουν και σε άλλα εργαστήρια όπως της Γεωργικής Μηχανολογίας του ΑΠΘ με εφαρμογές σε ροδάκινα και εφαρμογές σε ανάλυση στοιχείων, χρήση UAV (unmanned Aerial Vehicles) και στη ρομποτική. Στην Αμερικανική Γεωργική Σχολή αναπτύχθηκαν δράσεις με εφαρμογές Γεωργίας ακριβείας σε βαμβάκι και σε ελιές, αλλά και εφαρμογές τηλεπισκόπησης με UAV. Στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών αναπτύχθηκαν εφαρμογές σε καρπούζια, σε αμπέλι, αλλά και εφαρμογές σε ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης αγροκτημάτων και σε ρομποτική. Στο ΕΘΙΑΓΕ σε συνεργασία με το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας αναπτύχθηκαν εφαρμογές σε βαμβάκι, ενώ στην Σχολή

Τεχνολόγων Γεωπονίας του ΤΕΙ Θεσσαλίας έγιναν εφαρμογές σε συστήματα κατεύθυνσης μηχανημάτων στο χωράφι. Το ΚΕΤΕΑΘ συντόνισε ένα πρόγραμμα για «το Αγρόκτημα του Μέλλοντος» για εφαρμογές νέων τεχνολογιών στη Γεωργία. Τα Εργαστήρια Τηλεπισκόπησης και Αγρομετεωρολογίας των Πανεπιστημίων (ΑΠΘ, Θεσσαλίας), αλλά και στο ΕΘΙΑΓΕ (ΙΧΤΕΛ) αναπτύχθηκαν εφαρμογές τηλεπισκόπησης με μετρήσεις της παραλλακτικότητας των αγρών με ανάλυση εικόνων από δορυφόρους UAV και επίγεια μέσα.

11.1 Εφαρμογές στο Βαμβάκι

Η πρώτη εφαρμογή χαρτογράφησης της παραγωγής ήταν σε αγρό πενήντα στρεμμάτων στην Καρδίτσα το 2001. Έκτοτε και για τα επόμενα τέσσερα έτη, έγιναν εντατικές μετρήσεις τόσο στο χωράφι αυτό όσο και σε γειτονικούς αγρούς. Από όλες τις μετρήσεις, αλλά και από άλλες σε άλλες περιοχές της Θεσσαλίας απεδείχθη ότι υπήρχε σημαντική παραλλακτικότητα της παραγωγής, ακόμα και σε μικρά αγροτεμάχια κάτι που είναι η βάση για αποδοτική εφαρμογή της ΓΑ. Στο αγροτεμάχιο έγινε μέτρηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας με ένα μηχάνημα VERIS 3000, έγινε δειγματοληψία εδάφους και αναλύσεις στο εργαστήριο (Gemtos, et al. 2003).

11.1.1 Το ευρωπαϊκό έργο LIFE HydroSense

Για την υλοποίηση του έργου συνεργάστηκαν (Hydrosense n.d.):

- Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας (συντονιστής του έργου)
- Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα»
- Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο
- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Καταλυτική για την επιτυχία του έργου ήταν η ενεργή συμμετοχή τριών αγροτών του Θεσσαλικού κάμπου, οι οποίοι διέθεσαν και καλλιέργησαν τμήμα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων τους όπως όριζαν οι πιλοτικές επιταγές του HydroSense.

Κάθε αγρός έπρεπε να είναι αντιπροσωπευτικός των διαφορετικών – από εδαφολογικής και κλιματικής πλευράς – περιοχών του Θεσσαλικού κάμπου. Επιπλέον, κάθε αγρός έπρεπε να χαρακτηρίζεται από έντονη χωρική παραλλακτικότητα, δηλαδή ποικιλομορφία στα εδαφικά του χαρακτηριστικά και ιδιαίτερα στην περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία. Ο στόχος του HydroSense ήταν να χωρίσει κάθε αγρό σε τμήματα, ανάλογα με την οργανική ουσία του εδάφους, και έπειτα να παρέχει νερό και λίπασμα σε κάθε τμήμα ξεχωριστά, ανάλογα με τις ανάγκες που αυτό εμφανίζει. Για να επιτευχθεί αυτό, το πρώτο βήμα ήταν να εντοπίσει τις ζώνες κάθε αγρού με διαφορετική περιεκτικότητα σε οργανική ουσία.

Στη συνέχεια, σε κάθε ζώνη τοποθετήθηκε ένα μόνιμο δίκτυο ασύρματων υπέρυθρων αισθητήρων (SmartCrop) και αισθητήρων υγρασίας εδάφους, χάρη στο οποίο ήταν εφικτός ο υπολογισμός των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Με βάση τις τιμές των αισθητήρων, που συλλέγονταν από όλη την επιφάνεια της καλλιέργειας και λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές καιρικές συνθήκες, το σύστημα

δημιουργούσε έναν ηλεκτρονικό χάρτη, ο οποίος έδειχνε σε ποια σημεία του αγρού τα φυτά «διψάνε» περισσότερο και χρειάζονται πότισμα.

Η φιλοσοφία της τεχνολογίας SmartCrop στηρίζεται στο ίδιο το φυτό ως το βασικό αισθητήρα προκειμένου να ανιχνευθούν εγκαίρως οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό. Με τη συνεχή παρακολούθηση της θερμοκρασίας στο φύλλωμα της καλλιέργειας και τη σύγκρισή της με τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, το σύστημα SmartCrop, παρακολουθεί τη διαθεσιμότητα του νερού για διαπνοή από τα στομάτια των φύλλων. Όταν το φυτό “δεν διψάει” η θερμοκρασία του φυλλώματος της καλλιέργειας είναι λίγο μικρότερη από τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας κατά τις ώρες της ηλιοφάνειας το καλοκαίρι, λόγω της εξάτμισης των υδρατμών που διαπνέει το φυτό. Όταν η θερμοκρασία του φυλλώματος της καλλιέργειας αυξηθεί και προσεγγίζει τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, τα φυτά δεν μπορούν να προσλάβουν αρκετό νερό για να μειώσουν τη θερμοκρασία τους μέσω της διαπνοής. Τότε, το σύστημα σημαίνει συναγερμό, πριν τα συμπτώματα των φυσιολογικών διεργασιών μετατραπούν σε περιοριστικό παράγοντα για την απόδοση. Έτσι, ο παραγωγός ήταν σε θέση να ποτίζει με διαφορετικές ποσότητες νερού κάθε τμήμα του αγρού.

Για τον προγραμματισμό της λίπανσης, χρησιμοποιήθηκε ένα ακόμη σετ αισθητήρων. Αξιοποιήθηκαν δύο φορητοί πολυφασματικοί αισθητήρες (WeedSeeker), οι οποίοι δύνανται να υπολογίσουν τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα των φυτών και σε όλη την επιφάνεια του αγρού. Η συγκέντρωση χλωροφύλλης μεταφράζεται, με ειδικό λογισμικό, σε χάρτη λίπανσης αζώτου. Έτσι ο παραγωγός ήταν σε θέση να εφαρμόσει διαφορετικές ποσότητες λιπάσματος σε κάθε τμήμα του αγρού.

Η ορθολογική στοχευμένη φυτοπροστασία επετεύχθη μέσω ειδικών παγίδων για τα έντομα και ενός μηχανήματος που σαρώνει όλη την περιοχή μεταξύ των φυτεμένων σειρών, και ψεκάζει με ζιζανιοκτόνο μόνο τα σημεία στα οποία έχουν φυτρώσει ζιζάνια.

Επιτεύχθηκε εξοικονόμηση 18% αρδευτικού νερού, 35% λιπασμάτων και 62% ζιζανιοκτόνων βελτιώνοντας την αποδοτικότητα εφαρμογής τους.

11.1.2 Τα Θρακικά Εκκοκκιστήρια

Στο βαμβάκι, μέχρι πρόσφατα δεν είχε γίνει κάποια συστηματική εφαρμογή Γ.Α. στην Ελλάδα, παρόλο που σε Αμερική, Αυστραλία και τελευταία στη Βραζιλία έχουν προχωρήσει πολύ και θεωρούν ότι αυτός είναι ο μόνος δρόμος για να είναι ανταγωνιστικοί.

Στην Ελλάδα, σε σύγκριση με αυτές τις χώρες, το πρόβλημα είναι ότι έχουμε πολύ μικρό κλήρο. Ακόμη και μεγάλοι παραγωγοί μας, έχουν την έκτασή τους διεσπαρμένη σε πολλά κομμάτια, μακριά το ένα από το άλλο. Αυτό αποτρέπει τις επενδύσεις που χρειάζονται (μετεωρολογικοί σταθμοί, αισθητήρες, αντένες GPS κλπ.), γιατί δεν είναι λογικό να αγοράζονται για κάθε αγροτεμάχιο τους. Εδώ η επιχείρηση βρήκε τον ρόλο της. Να παίξει δηλαδή τον ρόλο του ενδιάμεσου, του διαχειριστή δηλ. της γεωργίας ακριβείας σε μια μεγαλύτερη έκταση. Έτσι επέλεξαν στη Ροδόπη μία έκταση 5.500 στρεμμάτων περίπου, όπου εφαρμόζεται από τις εταιρείες GAIA ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ-NEUROPUBLIC.

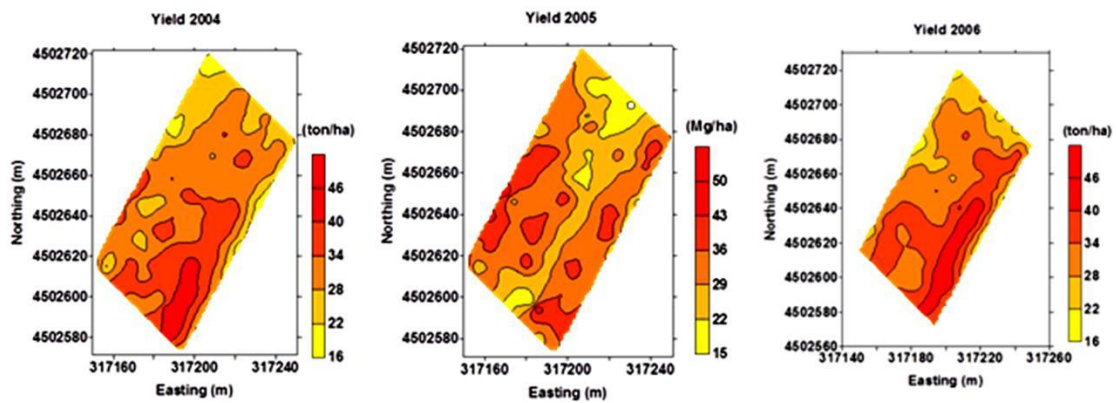
Τα πρώτα δεδομένα ήταν τα εδαφολογικά των χωραφιών. Επίσης κάθε 5 ημέρες έρχονται φωτογραφίες από τους δορυφόρους Sentinel της ΕΕ. Οι πληροφορίες που δίνουν αυτές είναι εντυπωσιακές (αντίστοιχες μιας ακτινογραφίας σε άνθρωπο). Επίσης τοποθετήθηκαν στη περιοχή μετεωρολογικοί σταθμοί και αισθητήρες υγρασίας. Με τα συνολικά στοιχεία που μαζεύονται και τα ημερολόγια με τις καλλιεργητικές φροντίδες των παραγωγών στη συγκεκριμένη έκταση που καταγράφουν οι γεωπόνοι μας, μπορούν να δοθούν πολύ πιο εμπειριστατωμένες συμβουλές στον καθένα ξεχωριστά για την σωστή άρδευση, λίπανση αλλά και αντιμετώπιση ασθενειών. Η εταιρία πιστεύει ότι με την πάροδο του χρόνου, τα αποτελέσματα θα είναι εντυπωσιακά, και το οικονομικό όφελος ορατό στους βαμβακοπαραγωγούς.

11.2 Εφαρμογή σε χειμερινά σιτηρά

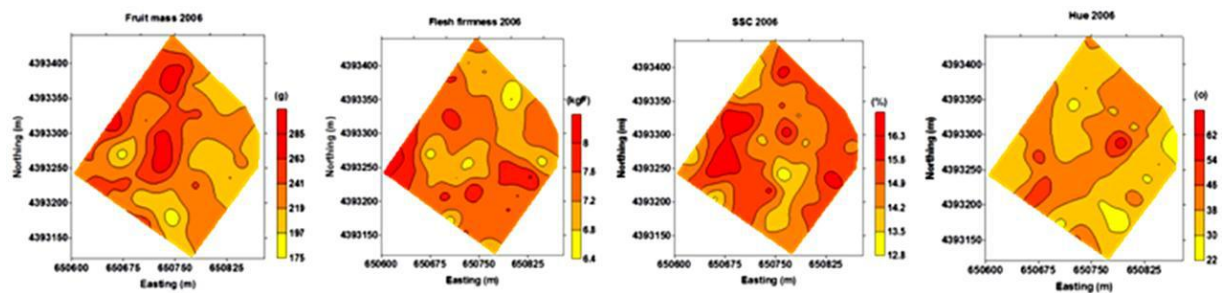
Ο (ΦΥΤΙΛΗΣ 2012) στα πλαίσια της διατριβής του μεταπτυχιακού του έκανε χαρτογράφηση της παραγωγής κατά τη συγκομιδή της καλλιεργητικής περιόδου 2009-2010, σε οκτώ διαφορετικούς αγρούς σιταριού στην ευρύτερη αγροτική περιοχή των Σοφάδων του Ν. Καρδίτσας και εκτίμηση της συμπίεσης στη διείδυση του εδάφους σε ένα από τα αγροτεμάχια. Το σύστημα καταγραφής της παραγωγής τοποθετήθηκε σε θεριζοαλωνιστική μηχανή CLAAS Dominator 106. Το σύστημα χαρτογράφησης της παραγωγής που χρησιμοποιήθηκε είναι της Ag Leader Technology και αποτελείται από τα εξής μέρη: Το GPS, την κεντρική οθόνη (monitor), τα καλώδια κεντρικής διανομής ρεύματος και πληροφοριών (power cable), τον αισθητήρα μέτρησης υγρασίας σπόρων (moisture sensor), τον αισθητήρα καταγραφής ροής παραγωγής της καλλιέργειας (grain flow sensor), τον αισθητήρα ταχύτητας αναβατορίου (elevator speed sensor), τον αισθητήρα ταχύτητας θεριζοαλωνιστικής μηχανής (ground speed sensor), τον αισθητήρα θέσης μηχανισμού θερισμού μετρήσεων (header sensor).

11.3 Εφαρμογές σε φρούτα

Στην Ελλάδα, μέθοδοι Γεωργίας Ακρίβειας πραγματοποιήθηκαν σε οπωρώνες που συγκομίζονται με τα χέρια (μήλα, αμπέλια και αχλάδια). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν (απόδοση και ποιότητα, ιδιότητες εδάφους, τηλεανίχνευση), αποθηκεύτηκαν σε βάσεις GIS, αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας γεωστατιστικές μεθόδους για την ανάπτυξη ζωνών διαχείρισης και χρησιμοποιήθηκαν συστήματα υποστήριξης αποφάσεων για να βοηθηθούν οι αγρότες στη διαχείριση των καλλιεργειών (Gemtos, et al. 2013). Η εφαρμογή στα μήλα ξεκίνησε το 2005 με πρώτη χαρτογράφηση της παραγωγής σε οπωρώνα 8 στρεμμάτων στην Πτολεμαΐδα και συνεχίστηκε σε οπωρώνα 50 στρεμμάτων στη περιοχή Αγιάς, Λάρισας. Από τις πρώτες μετρήσεις έγινε φανερό ότι υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα στην παραγωγή. Η χαρτογράφηση της παραγωγής που έγινε με τα χέρια πραγματοποιήθηκε με ζύγισμα των κιβωτίων συγκέντρωσης των καρπών. Οι χάρτες παραγωγής (Εικόνα 3.1) έδειξαν σημαντική παραλλακτικότητα με το Νοτιο-Δυτικό τμήμα του αγρού να δίνει μεγαλύτερη παραγωγή. Παρόμοια παραλλακτικότητα έχουμε και στον αγρό της Αγιάς με το κεντρικό τμήμα του αγρού να δίνει τη μεγαλύτερη παραγωγή. Στην Εικόνα 10.13 φαίνονται τα αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Και σε αυτά η παραλλακτικότητα είναι υψηλή με τα υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά να μην είναι σε περιοχές του αγρού με υψηλότερη παραγωγή, εκτός από το μέγεθος των καρπών (Αγγελοπούλου 2008).



Εικόνα 3.1:Χάρτες παραγωγής οπωρώνα μηλιάς για τρία χρόνια. Χωράφι 8 στρεμμάτων, Πτολεμαΐδα

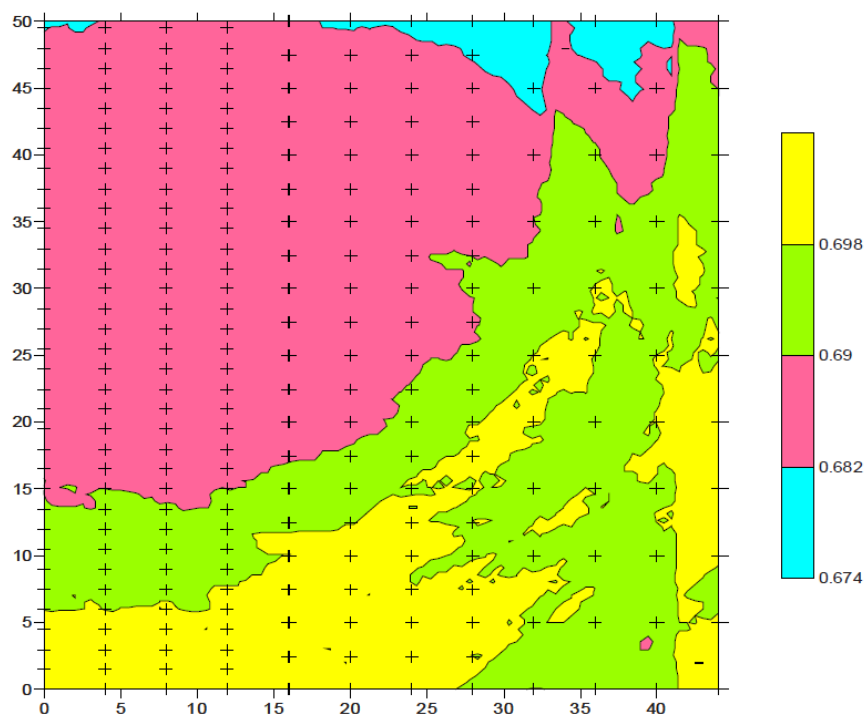


Εικόνα 3.2: Χαρτογράφηση της ποιότητας των καρπών στον αγρό των 50 στρεμμάτων. Από αριστερά: μέγεθος καρπών, συνεκτικότητα σάρκας, διαλυτά στερεά και χρώμα, Αγιά.

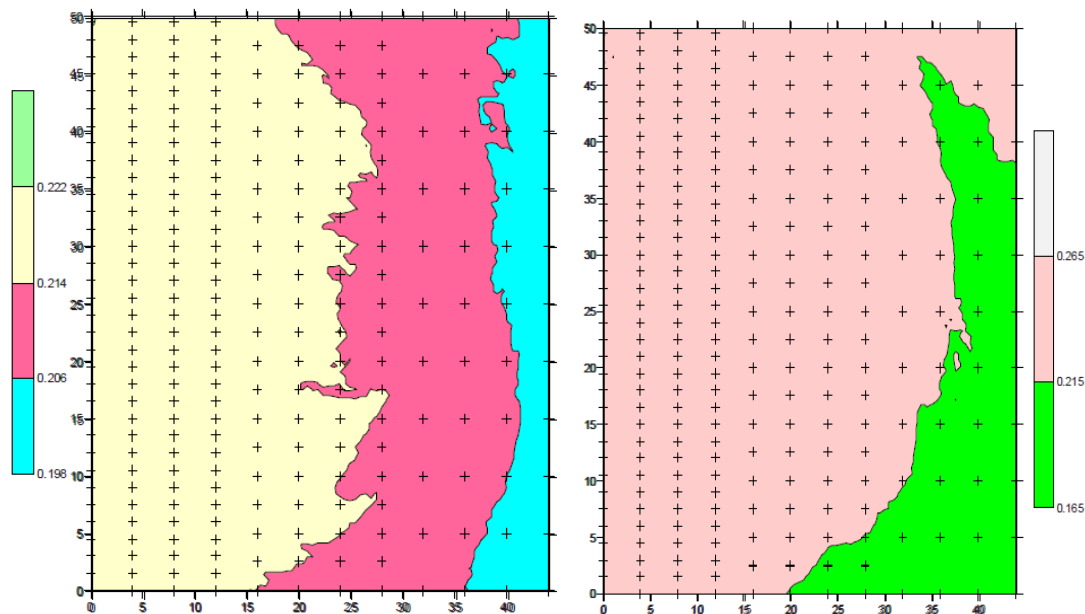
Αργότερα έγινε μέτρηση του δείκτη βλάστησης NDVI, με ένα όργανο CIRCLE, από πάνω από την κόμη και από τα πλάγια. Οι μετρήσεις έγιναν σε όλη τη βλαστική περίοδο. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική παραλλακτικότητα στην παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του οπωρώνα. Σύμφωνα με την ανάλυση των στοιχείων, το κέρδος του παραγωγού από την εφαρμογή μεταβλητών δόσεων του λιπάσματος είναι σημαντικό και τις δύο χρονιές της έρευνας. Αν θεωρηθεί ότι η τιμή πώλησης των μήλων είναι 0.30 ευρώ/κιλό και ότι η τιμή του λιπάσματος ήταν 0.70 ευρώ/κιλό και για τις δύο χρονιές, τότε για το 2011 η ποσότητα του λιπάσματος που χρησιμοποιήθηκε με την μεταβλητή λίπανση μειώθηκε κατά 32.4% σε σχέση με την ομοιόμορφη εφαρμογή και το κέρδος του παραγωγού αυξήθηκε κατά 21%. Το 2012 αντίστοιχα, η μείωση της ποσότητας του λιπάσματος με την εφαρμογή γεωργίας ακριβείας ήταν της τάξης του 56.6% και το κέρδος του παραγωγού αυξήθηκε κατά 9%. Οι γραμμές του οπωρώνα όπου εφαρμόστηκαν μεταβλητές δόσεις λιπάσματος είχαν μικρότερη παραγωγή σε σχέση με τις υπόλοιπες γραμμές. Αυτό είναι λογικό, καθώς χρησιμοποιήθηκε πολύ λιγότερο λίπασμα από ότι θα χρησιμοποιούνταν με την ομοιόμορφη εφαρμογή. Παρά την μειωμένη παραγωγή η εφαρμογή μεταβλητών δόσεων λιπάσματος αποδεικνύεται πολύτιμη καθώς με την χρήση μικρότερης ποσότητας λιπάσματος το καθαρό κέρδος του παραγωγού είναι πολύ μεγάλο. Σημαντικό είναι ότι η μικρότερη παραγωγή συνδυάστηκε με βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών.

11.4 Εφαρμογές σε ελιές

Η καλλιέργεια της ελιάς περιορίζεται στη Μεσόγειο ή σε περιοχές με παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες. Για να αυξηθεί η ελαιοπαραγωγή, μια λύση είναι να φυτεύονται οι ελιές πυκνότερα ανά μονάδα γης. Μέχρι τώρα η συγκομιδή της ελιάς γινόταν σχεδόν εξολοκλήρου με τα χέρια και το κόστος συλλογής αποτελεί πάνω από το 85% του κόστους παραγωγής της ελιάς. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια έχει εκμηχανιστεί και η συλλογή ελιάς, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους παραγωγής. Επιπλέον, οι νέοι τρόποι συλλογής απαιτούν πυκνή φύτευση ελαιόδεντρων και έχουν αλλάξει σημαντικά τις πρακτικές που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια της ελιάς. Οι (Gertsis, et al. 2013) παρουσιάζουν την εφαρμογή αρχών γεωργίας ακριβείας με χρήση απλών και φιλικών αισθητήρων, σε ελαιοκαλλιέργειες με υψηλότερη πυκνότητα φύτευσης από τις συμβατικές φυτείες. Οι ιδιότητες του εδάφους που μετρήθηκαν ήταν υγρασία εδάφους και φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα, με την χρήση των αισθητήρων ProChek και 5TE. Ενώ η ιδιότητα των φυτών που μετρήθηκε ήταν ο δείκτης NVDI (βλέπε Παράρτημα Α) με GreenSeeker. Από τα δεδομένα που συνέλεξαν έφτιαξαν χάρτες, όπως φαίνεται και στις: Εικόνα 3.3 και Εικόνα 3.4.



Εικόνα 3.3: Ο χάρτης μεταβλητότητας του NDVI. Με το σύμβολο «+» φαίνονται οι θέσεις των δέντρων. (Gertsis, et al. 2013)



Εικόνα 3.4: Περιεκτικότητα νερού (Volumetric Water Content -VWC) και φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa), αριστερά. (Gertsis, et al. 2013)

Οι (Fountas, et al. 2011) σε εμπορικό ελαιώνα παραγωγής λαδιού στην Πελοπόννησο (έκτασης 91 στρεμμάτων), πραγματοποίησαν χαρτογράφηση της παραγωγής με ζύγισμα των σάκων όπου τοποθετούνταν οι ελιές και καθορισμό της θέσης τους με χρήση GPS. Ελήφθησαν δείγματα εδάφους και έγιναν αναλύσεις στο εργαστήριο. Με βάση τα αποτελέσματα δημιουργήθηκαν χάρτες εφαρμογής για φωσφόρο, κάλιο και ασβέστη για διόρθωση του pH. Η εφαρμογή των λιπαντικών στοιχείων έγινε με το χέρι και με βάση τις δύο ζώνες που δημιουργήθηκαν προστέθηκε μια ή δύο δόσεις λιπάσματος. Επιτεύχθηκε σημαντική βελτίωση του pH και εξοικονόμηση λιπάσματος, καθώς ο παραγωγός προσέθετε σε όλο το χωράφι την υψηλή δόση εφαρμογής.

Η Ομάδα Παραγωγών Ελαιόλαδου «Νηλέας» συμμετέχει στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα IoF 2020 (International Orienteering Federation). Το συγκεκριμένο πρόγραμμα αφορά τη διασύνδεση αισθητήρων που μπαίνουν στο χωράφι αλλά και στο ελαιοτριβείο, στο πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας, με στόχο την παραγωγή ποιοτικότερου και οικονομικότερου προϊόντος, και μάλιστα με ελεγχόμενο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το πρόγραμμα χρηματοδοτείται από την ΕΕ με έρευνα σε 19 διαφορετικές καλλιέργειες. Σε ό,τι αφορά την καλλιέργεια της ελιάς η εφαρμογή του γίνεται στην περιοχή της Χώρας Μεσσηνίας, μέσω του «Νηλέα» και στην Αλμερία της Ισπανίας. Στην Ελλάδα επιστημονικά υπεύθυνοι είναι το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και ο καθηγητής Σπύρος Φουντάς. Ο τελευταίος είπε: «Το έργο έχει διάρκεια 4 χρόνια, ξεκίνησε το 2017 και ολοκληρώνεται το 2020. Βάζουμε αισθητήρες στο έδαφος, μετράμε δηλαδή την υγρασία του εδάφους και θα γίνεται αυτόματα η άρδευση, με βάση ένα έξυπνο σύστημα που έχει εγκατασταθεί. Επίσης θα φτιάξουμε και ένα σύστημα για πρόληψη των ασθενειών. Σε ένα δεύτερο επίπεδο θα βάλουμε αισθητήρες στο ελαιοτριβείο, ώστε να παρακολουθούμε θερμοκρασία, υγρασία, χρόνο μάλαξης. Φυσικά όλα αυτά θα παρακολουθούνται με πολλές εξετάσεις για να δούμε την τελική ποιότητα του παραγόμενου λαδιού».

11.5 Ερευνητικά Ευρωπαϊκά Προγράμματα

11.5.1 APOLLO

<http://apollo-h2020.eu/gr/>

Το APOLLO αναπτύσσει και δοκιμάζει οικονομικώς προσιτές και εύχρηστες γεωργικές συμβουλευτικές υπηρεσίες βάσει δωρεάν διαθέσιμων δεδομένων Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης (ΔΤ), που έχουν, κατά κύριο λόγο (όχι, όμως, αποκλειστικώς) στόχο τους ιδιοκτήτες μικρών αγροκτημάτων καθώς και τις αγροτικές ενώσεις και τους γεωργικούς συμβούλους. Στο APOLLO συμμετέχουν εννέα εταίροι από πέντε Ευρωπαϊκές χώρες (Ελλάδα, Ισπανία, Αυστρία, Βέλγιο και Σερβία), οι οποίοι συνδυάζουν την εμπειρογνωμοσύνη τους στη γεωπονία, στις γεωργικές υπηρεσίες, στην εδαφολογία, στην τηλεπισκόπηση, και στη δορυφορική τηλεπισκόπηση. Στο έργο συμμετέχουν δύο αγροτικές ενώσεις – του Αγροτικού Συνεταιρισμού Πέλλας (ACP) στην Ελλάδα, της Αγροτικής Ένωσης του Δήμου Ruma (UPOR) στη Σερβία, οι οποίες θα εφαρμόσουν πιλοτικά και θα δοκιμάσουν πρώτες τις υπηρεσίες του APOLLO. Μια τρίτη πιλοτική εφαρμογή θα γίνει στην Ισπανία. Η κεντρική ιδέα του έργου APOLLO βασίζεται στις παρακάτω θεμελιώδεις έννοιες, οι οποίες καθιστούν τις υπηρεσίες οικονομικώς προσιτές, προσβάσιμες και εύχρηστες:

Οικονομικώς προσιτές

- Η διαθεσιμότητα δωρεάν και ανοικτών δεδομένων από το Πρόγραμμα Copernicus της Ευρωπαϊκής Ένωσης (και άλλων ανοικτών πηγών, π.χ. του Landsat), προσφέρει την ευκαιρία για την ανάπτυξη οικονομικών, εξατομικευμένων υπηρεσιών με ευκρίνεια κατάλληλη για εφαρμογές που στοχεύουν στους ιδιοκτήτες μικρών αγροκτημάτων
- Οι Μεθοδολογίες **αυτοματοποιημένης επεξεργασίας** υποστηρίζουν την ανάπτυξη οικονομικώς προσιτών υπηρεσιών
- Η πρωτοποριακή χρήση των δεδομένων του Sentinel-1, για την εκτίμηση της υγρασίας του εδάφους, επιτρέπει την αποφυγή χρήσης δαπανηρών και δύσχρηστων αισθητήρων που λειτουργούν από το έδαφος και γεωδαιτικών ερευνών για τη βελτιστοποίηση των επιχειρήσεων άρδευσης και οργώματος.

Προσβάσιμες

- Οι υπηρεσίες του APOLLO είναι διαθέσιμες ανά πάσα στιγμή μέσω του παγκόσμιου ιστού και εφαρμογών κινητών συσκευών. Η εφαρμογή του παγκόσμιου ιστού παρέχει πλήρη πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες και τα δεδομένα του APOLLO, ενώ η εφαρμογή κινητών συσκευών θα χρησιμοποιείται για την βασική ενημέρωση και την έγκαιρη προειδοποίηση σε περίπτωση έκτακτων συνθηκών
- Οι υπηρεσίες του APOLLO είναι εφαρμόσιμες για πολλαπλά είδη καλλιεργειών και παρόλο που είναι διαμορφωμένες για ιδιοκτήτες μικρών αγροκτημάτων, θα είναι διαθέσιμες και για αγροκτήματα άλλου μεγέθους

- Οι διεπιφάνειες του APOLLO και τα υποστηρικτικά έγγραφα θα διατίθενται σε διάφορες γλώσσες – αρχικά στις τρεις γλώσσες των πιλοτικών χωρών (Ελλάδα, Σερβία, Ισπανία) .

Εύχρηστες

- Οι τέσσερις εμβληματικές υπηρεσίες (Προγραμματισμός οργάνωτος και άρδευσης, παρακολούθηση ανάπτυξης καλλιέργειας και εκτίμηση καλλιεργητικής απόδοσης) του APOLLO δίνουν προτεραιότητα στην ευκολία χρήσης και έχουν σχεδιαστεί ώστε να ελαχιστοποιούν την επιβάρυνση του τελικού χρήστη.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Οι υπηρεσίες του APOLLO βασίζονται στη χρήση αρκετών τεχνολογιών στους τομείς της **Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης** και της **γεωπονικής προτυποποίησης**.

Δορυφορική Τηλεπισκόπηση

Η Δορυφορική Τηλεπισκόπηση (ΔΤ) αναφέρεται στη συλλογή πληροφοριών για τον πλανήτη μας, μέσω της χρήσης τεχνολογιών τηλεπισκόπησης, όπως είναι οι αναρτημένοι σε δορυφόρους ή αεροσκάφη χωρίς χειριστή (drones) αισθητήρες. Το Πρόγραμμα Copernicus παρέχει δωρεάν και ανοιχτά δεδομένα ΔΤ προς χρήση από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, πολίτες και επιχειρήσεις. Το έργο APOLLO χρησιμοποιεί όλα τα οφέλη αυτού του πολύτιμου πόρου, ενώ αντλεί πληροφορίες και από άλλες πηγές παγκοσμίως διαθέσιμων δεδομένων.

Υγρασία Εδάφους

Τα δεδομένα της Δορυφορική Τηλεπισκόπησης από αισθητήρες των δορυφόρων έχουν δείξει τη δυνατότητά τους να εκτελούν ποσοτικές μετρήσεις της υγρασίας του εδάφους επί γυμνών επιφανειών, καθώς και επί επιφανειών που καλύπτονται από χαμηλή βλάστηση. Χάρη στην ικανότητά τους να λειτουργούν με όλες τις καιρικές συνθήκες και να έχουν ευρεία κάλυψη, τα δεδομένα από το Ραντάρ Συνθετικού Διαφράγματος [Synthetic Aperture Radar (SAR)] προσφέρουν την ευκαιρία παρακολούθησης μεγάλων εκτάσεων με υψηλή χωρική ευκρίνεια. Με τη χρήση των εικόνων SAR, όπως εκείνων που λαμβάνει ο δορυφόρος Sentinel-1 του Προγράμματος Copernicus, μπορεί να δοθεί μια αρκετά ακριβής εκτίμηση της υγρασίας του επιφανειακού εδάφους.

Οι μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν για τον υπολογισμό της υγρασίας του εδάφους από τους αισθητήρες του SAR βασίζονται στις παρακάτω αρχές: Ακτινοβολία μικροκυμάτων που εκπέμπεται από το SAR αντανακλάται από την επιφάνεια της γης. Το επιστρέφον σήμα (γνωστό ως “οπισθοσκέδαση”) συλλαμβάνεται από τους αισθητήρες. Το σήμα επηρεάζεται από πολλαπλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων και των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης (τραχύτητα, τοπογραφικές συνθήκες), καθώς και του οργάνου μέτρησης. Αυτό που είναι ζωτικής σημασίας όμως, είναι ότι το σήμα επηρεάζεται από την ικανότητα του εδάφους να παρουσιάζει αντίσταση σε ηλεκτρικό πεδίο, μια ιδιότητα γνωστή

ως “διηλεκτρικότητα”, που συνήθως εκφράζεται για συγκεκριμένο υλικό σε σχέση με εκείνη του κενού και αναφέρεται ως “διηλεκτρική σταθερά”.

Η διηλεκτρική σταθερά του εδάφους έχει υψηλή συσχέτιση με την υγρασία του εδάφους. Συνεπώς, αν υποθεθεί ότι τα χαρακτηριστικά της εδαφικής επιφάνειας παρουσιάζουν μικρές διαφορές συν τω χρόνω, οι μεταβολές στο επιστρέφον σήμα του SAR συσχετίζονται με τις μεταβολές στην περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία.

Οι χάρτες υγρασίας εδάφους που δημιουργούνται από τα δεδομένα του Sentinel-1 είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν υπό των φορέων που διαχειρίζονται τη διανομή του ύδατος ή υπό των ίδιων των παραγωγών ώστε να προγραμματιστεί η άρδευση των αγρών τους με αποδοτικότερο τρόπο.

Θερμοκρασία και βροχόπτωση

Η πλατφόρμα του APOLLO θα δημιουργεί χάρτες κλιματικών αλλαγών, δηλαδή της θερμοκρασίας και του υετού με εδαφική ευκρίνεια 1km χρησιμοποιώντας δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς και ΔΤ, σε καθημερινή βάση. Οι προβλέψεις που αφορούν τον τόπο και τον χρόνο θα γίνονται για τις μέσες, μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες με τη χρήση χωροχρονικών γαιοστατιστικών μοντέλων με χρονική σειρά 8 ημερών εικόνων Φασματοραδιομέτρου Απεικόνισης Μέτριας Ευκρίνειας και τοπογραφικές στοιβάδες (ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο και τοπογραφικός δείκτης υγρασίας). Τα δεδομένα του Sentinel θα αρχίσουν να χρησιμοποιούνται με την έναρξη των επιχειρήσεων της κατάλληλης αποστολής.

Τα αρχεία του καθημερινού υετού λαμβάνονται από το Δίκτυο Βάσης Παγκόσμιων Ιστορικών Κλιματικών Δεδομένων (GHCND) του Εθνικού Κέντρου Κλιματικών Δεδομένων (NCDC/ΕΚΚΔ). Η μεθοδολογία εκτίμησης υετού επί χωροχρονικών καννάβων υψηλής ευκρίνειας βασίζεται στη χωροχρονική παλινδρόμηση Gauss (kriging). Οι κύριες επιπρόσθετες παράμετροι στο πρότυπο είναι το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM) και τοπογραφικές στοιβάδες. Εκτός αυτών, θα χρησιμοποιηθούν και δεδομένα ΔΤ που αφορούν τον υετό, π.χ. την τεχνική CMORPH, για την ενίσχυση του προτύπου.

Ανάπτυξη καλλιέργειας

Η υπηρεσία παρακολούθησης ανάπτυξης της καλλιέργειας αποτελεί ιδιαίτερα κοινή υπηρεσία στα προϊόντα της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης που αφορούν τη γεωργία. Ωστόσο, οι εν λόγω υπηρεσίες παρέχουν συνήθως αποτελέσματα που βασίζονται μόνον στον Δείκτη Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς (NDVI). Εκτός αυτού, το APOLLO θα χρησιμοποιεί και προηγμένους δείκτες βλάστησης που προέρχονται από τα δεδομένα του Sentinel-2 για τον κατ’ εκτίμηση υπολογισμό των βιοφυσικών παραμέτρων των καλλιεργειών (π.χ. Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας [LAI], Περιεχόμενο Χλωροφύλλης/Αζώτου) ώστε να παρέχει ακριβέστερες υπηρεσίες παρακολούθησης της ανάπτυξης των καλλιεργειών. Η βελτιωμένη ευαισθησία τόσο του απόλυτου όσο και του σχετικού δείκτη ανάπτυξης της καλλιέργειας παρέχει έγκαιρες πληροφορίες για εν δυνάμει προβλήματα.

Βιομάζα

Η βιομάζα είναι μία παράμετρος των καλλιεργειών που απαιτείται ως μεταβλητή εισροών στα πρότυπα πρόβλεψης απόδοσης σοδειάς. Για την εφαρμογή του APOLLO, τα πρότυπα του κατ' εκτίμηση υπολογισμού της βιομάζας πρέπει να είναι εφαρμόσιμα στις σχετικές επιχειρήσεις σε όλη την Ευρώπη. Η ακρίβεια των πληροφοριών δεν πρέπει να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και της γεωργικής πρακτικής. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, το έργο APOLLO αναπτύσσει αρκετά μοντέλα για τον κατ' εκτίμηση υπολογισμό της βιομάζας, αναλόγως των κύριων ομάδων καλλιεργειών (καλλιέργειες με παρόμοια φυλλική δομή και αρχιτεκτονική κόμης) από τα δεδομένα του Sentinel-2 (και του Landsat 8 για να βελτιωθεί η χρονική ευκρίνεια).

Γεωπονική προτυποποίηση

Στα γεωπονικά πρότυπα χρησιμοποιούνται τα δεδομένα της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης. Ο ρόλος τους είναι να μεταφράσουν τα εν λόγω δεδομένα σε πληροφορίες που έχουν σημασία και νόημα για τους παραγωγούς. Έτσι, οι παραγωγοί λαμβάνουν πληροφορίες που τους βοηθούν να είναι αποδοτικότεροι στις γεωργικές τους επιχειρήσεις. Για παράδειγμα, οι παραγωγοί λαμβάνουν πληροφορίες από το APOLLO που αφορούν την άρδευση π.χ. τον χρόνο εφαρμογής και την ποσότητα νερού που πρέπει να χρησιμοποιήσουν. Επιπλέον, είναι δυνατόν να λάβουν πληροφόρηση για την ανάπτυξη των καλλιεργειών τους η οποία τους βοηθά να ανιχνεύσουν εγκαίρως προβλήματα όπως η εμφάνιση επιβλαβών οργανισμών.

11.5.2 Smart-AKIS

<https://www.smart-akis.com>

Το Smart AKIS είναι ένα Ευρωπαϊκό Δίκτυο που επιχειρεί να ενσωματώσει τεχνολογίες και λύσεις έξυπνης γεωργίας μεταξύ της κοινότητας των γεωργών στην Ευρώπη και να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ των επαγγελματιών και των ερευνητών για τον εντοπισμό νέων λύσεων έξυπνης γεωργίας που να ταιριάζουν στις ανάγκες των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Ακόμα είναι το Θεματικό Δίκτυο Έξυπνης Γεωργίας που προωθείται από το EIP-AGRI και χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Ορίζοντα 2020 της ΕΕ. Το πρόγραμμα Smart-AKIS στοχεύει στην εξέταση της καταλληλότητας και της χρήσης τεχνολογιών έξυπνης γεωργίας (TEG) στη γεωργία της ΕΕ, στους οποίους συμμετέχουν αγρότες, βιομηχανία γεωργικών μηχανημάτων, πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα, γεωργική μηχανική και δημόσιοι οργανισμοί.

12 Αξιολόγηση συστημάτων

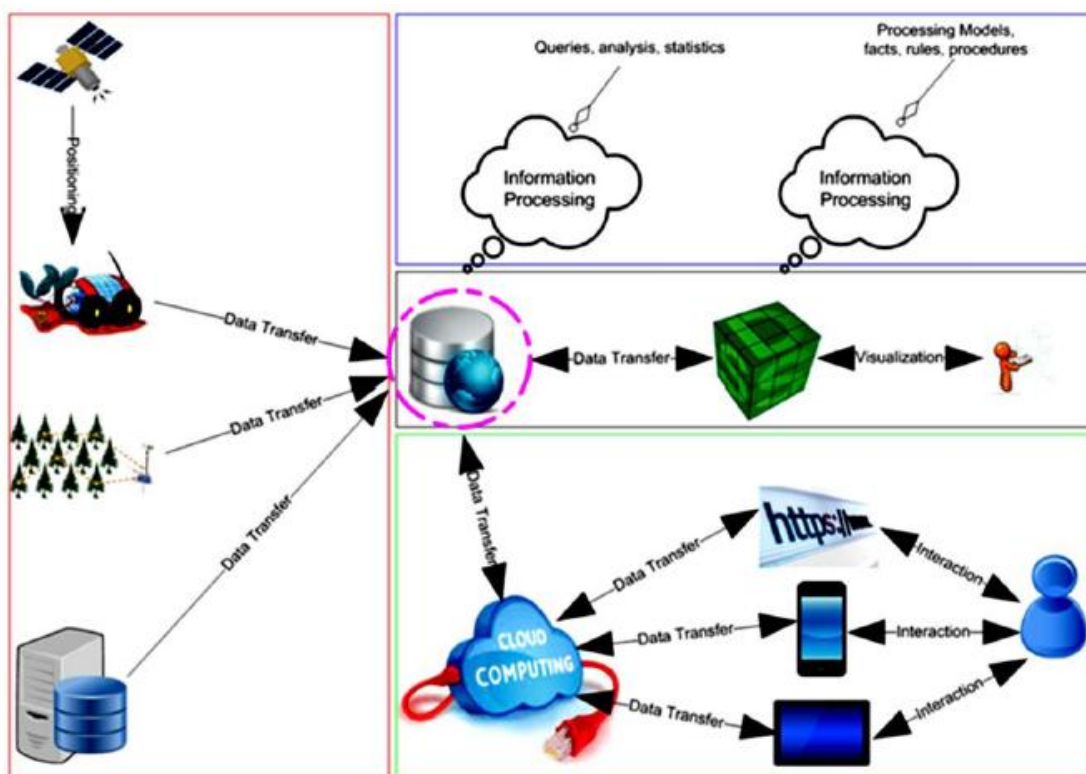
12.1 Πρόγραμμα «Αγρόκτημα του Μέλλοντος» (Future Farm)

Το πρόγραμμα αυτό χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο πλαίσιο του Προγράμματος Πλαισίου 7 και είχε συντονιστή τον Καθηγητή Blackmore και το Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης Θεσσαλίας (ΚΕΤΕΑΘ). Στόχος του προγράμματος ήταν η ανάπτυξη των τεχνικών της γεωργίας ακριβείας για τη δημιουργία ενός συστήματος

διαχείρισης αγροκτημάτων με δημιουργία βάσεων δεδομένων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για έλεγχο των αγροκτημάτων. Στο πρόγραμμα μελετήθηκαν οι στρατηγικές των αγροτών και οι νέες τεχνολογίες που μπορούν να συνδυαστούν με τις απαιτήσεις των πολιτικών της ΕΕ. Μέρος του προγράμματος κάλυψε θέματα ρομποτικής και χρήσης βιοκαυσίμων για κάλυψη των αναγκών σε ενέργεια του αγροκτήματος. Στο πρόγραμμα μετείχε και ένα αγρόκτημα της Θεσσαλίας που εφάρμοσε κάποιες από τις τεχνικές της ΓΑ (Φούντας και Γέμτος 2015).

12.2 Συστήματα παρακολούθησης διαχείρισης αγροκτημάτων

Η χρήση αισθητήρων για τη λήψη δεδομένων δημιουργεί μια μεγάλη βάση δεδομένων που είναι γεωδεμένα και μπορούν να δώσουν σημαντικές πληροφορίες για όλες τις δραστηριότητες του αγροκτήματος. Παράλληλα, ηλεκτρονικοί αισθητήρες εγκαταστάθηκαν στους γεωργικούς ελκυστήρες για να διευκολύνουν τον χειρισμό τους και τη λειτουργία των παρελκομένων. Με την αποδοχή της τυποποίησης του IISOBUS (ISO1783) από τους περισσότερους κατασκευαστές, έχουμε στους ελκυστήρες και στα παρελκόμενα μια σειρά αισθητήρων που μετρούν και μεταφέρουν στους χειριστές ένα πλήθος στοιχείων που μπορούν με κατάλληλη διαμόρφωση των συστημάτων να αποθηκευτούν. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να αποτελέσουν μια βάση δεδομένων που μπορεί να αποτελέσει το υπόβαθρο για την ανάπτυξη ενός συστήματος πλήρους καταγραφής των δραστηριοτήτων του αγροκτήματος, ώστε να δημιουργηθεί ένα σύστημα διαχείρισης του αγροκτήματος και ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας. Ένα σύστημα αυτής της μορφής αναπτύσσεται στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Το πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων αποτελείται συνολικά από 3 διαφορετικές εφαρμογές: (i) εφαρμογή android για smartphones και tablets, (ii) εφαρμογή windows για καταγραφή των δεδομένων του ελκυστήρα, και (iii) ιστοσελίδα για την προβολή των δεδομένων. Το σύστημα έχει τη δομή της Εικόνας 4.1 (Φούντας και Γέμτος 2015).



Εικόνα 4.1: Δομή ενός πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης αγροκτημάτων. Το σύστημα θα καταγράφει όλα τα στοιχεία κινήσεων και λειτουργίας του ελκυστήρα και των παρελκόμενων και θα τα αποθηκεύει σε βάση δεδομένων. Μπορεί να γίνεται αυτόματη επεξεργασία και να παράγονται χάρτες με την παραλλακτικότητα των αγρών π.χ. σε αντίσταση στην κατεργασία. Αυτό θα δημιουργήσει ισχυρό εργαλείο για τη διαχείριση του εξοπλισμού των αγροκτημάτων, αλλά και των καλλιεργειών. (Φούντας και Γέμτος 2015).

12.3 Αξιοποίηση και Συνδυασμός δεδομένων (Datafusion)

Η ΓΑ με τους αισθητήρες που χρησιμοποιεί συγκεντρώνει έναν τεράστιο αριθμό δεδομένων που είναι δύσκολη η επεξεργασία τους. Για να μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε τα δεδομένα αυτά πρέπει να αναπτυχθούν βάσεις δεδομένων που θα τα κάνουν διαθέσιμα και να αναπτυχθεί λογισμικό που θα μπορεί να τα αξιοποιεί. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν αλγόριθμοι που μπορούν να «εκπαιδευτούν» με βάση τα δεδομένα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων με χρήση διαφόρων εισροών. Τέτοιες τεχνικές είναι τα νευρωνικά δίκτυα (neural networks) και οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες (fuzzy cognitive maps). Οι αλγόριθμοι αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για αναγνώριση ζιζανίων και ασθενειών στα φυτά και για ανάλυση δεδομένων από εφαρμογές ΓΑ στο βαμβάκι, μήλα και αμπέλι (Parageorgiou, Markinos and Gemtos 2010). Η προσπάθεια συνεχίζεται με τον συνδυασμό μετρήσεων από διάφορους αισθητήρες που συνδυαζόμενοι, θα μπορούσαν να δώσουν καλύτερες πληροφορίες από τους μεμονωμένους (Φούντας και Γέμτος 2015).

12.4 Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της Γεωργίας Ακριβείας όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι:

- Ακριβής γνώση των χαρακτηριστικών του αγροτεμαχίου, τύπος του εδάφους, το pH, τα θρεπτικά στοιχεία, το νερό και η στράγγισή του κ.ά

- Ακριβής γνώση των απαιτήσεων της καλλιέργειας σε θρεπτικά συστατικά, νερό και την κλινική τους εικόνα από άποψη παρασίτων.
- Κατά συνέπεια η Γ.Α. αντιμετωπίζει την παραλλακτικότητα του αγρού και εφαρμόζει την κατάλληλη εισροή, στο σημείο που χρειάζεται, στην κατάλληλη δόση και στο σωστό χρόνο. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση των καλλιεργητικών εισροών και φυσικά ανάπτυξη πιο εύρωστων και πιο παραγωγικών φυτών γιατί καλύπτονται ακριβώς οι ανάγκες τους. Επομένως μειώνεται και το κόστος παραγωγής. Επιπροσθέτως, η εφαρμογή των εισροών στη σωστή δοσολογία παρέχει ποιοτικά προϊόντα κατάλληλα για τις σύγχρονες ανάγκες των καταναλωτών.
- Η αλόγιστη χρήση νερού, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων έχουν προκαλέσει τεράστιες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αυτές περιλαμβάνουν την υποβάθμιση του εδάφους σε βαθμό ερημοποίησης, τη μείωση των υδατικών πόρων στους υδροφορείς, τη διείσδυση του υφάλμυρου νερού στις παράκτιες περιοχές, την αλάτωση και τη ρύπανση των εδαφών και τελικά την παραγωγή προϊόντων κατώτερης ποιότητας και σε πολλές περιπτώσεις επικίνδυνων προς κατανάλωση. Με τη Γεωργία Ακριβείας η σχέση και η αλληλεξάρτηση μεταξύ της γεωργίας και του περιβάλλοντος είναι άμεση και δυναμική. Η σωστή διαχείριση και εφαρμογή των εισροών μειώνει στο ελάχιστο τις επιζήμιες επιπτώσεις της γεωργίας στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου.

Το βασικότερο μειονέκτημα της χρήσης πρακτικών Γ.Α. είναι το κόστος του εξοπλισμού το οποίο όμως μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Στην Ελλάδα επειδή αντιστοιχούν λίγα στρέμματα ανά παραγωγό και είναι μικρές οι καλλιέργειες, η αγορά και η εγκατάσταση του εξοπλισμού δεν είναι συμφέρουσα. για να γίνουν κάποιες εφαρμογές απαιτείται εξοπλισμός μικρού ή μεγάλου κόστους που αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει σε μεγάλη κλίμακα. Για παράδειγμα σε ελάχιστες μηχανές συγκομιδής υπάρχουν συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής. Ο εξοπλισμός αυτός δεν είναι υψηλού κόστους (γύρω στις 5.000 € σε μηχανές που κοστίζουν πάνω από 100.000 €) αλλά οι αγρότες δεν έχουν ενημερωθεί όσο χρήσιμοι είναι οι χάρτες παραγωγής στη διαχείριση των αγροκτημάτων τους. Άλλα μηχανήματα όμως όπως τα συστήματα μεταβλητών δόσεων λιπασμάτων κοστίζουν 30.000€ και σύμφωνα με μελέτες στη Γερμανία πρέπει να καλύπτουν πάνω από 2000 στρέμματα ετησίως (ένας στόχος αρκετά εύκολος για τους επαγγελματίες ιδιοκτήτες μηχανημάτων) για να είναι οικονομικά αποδοτικά δηλαδή το κόστος απόσβεσης και λειτουργίας να είναι χαμηλότερο από το κόστος του λιπάσματος που εξοικονομείται. Μπορεί αυτό τον κίνδυνο να τον αναλάβει ένας ιδιώτης; Ναι, αν τα σχέδια βελτίωσης αντί να προωθούν και να επιδοτούν την αγορά τεράστιων τρακτέρ που δεν αποσβένονται με τίποτα, να προωθούν και να επιδοτούν ισχυρά καινοτόμα μηχανήματα ώστε οι ιδιώτες να αναλάβουν το σχετικό κίνδυνο³. Επίσης τα παραπάνω προβλήματα θα μπορούσαν να λυθούν με τη δημιουργία ομάδων παραγωγών ή συνεταιρισμών. Η δημιουργία ομάδων παραγωγών και συνεταιρισμών μπορεί να δώσει και απάντηση στην έλλειψη γνώσεων από πλευράς των παραγωγών, αφού μπορεί να απασχολεί τουλάχιστον ένα άτομο που να μπορεί να

³ <https://www.agro24.gr/agrotika/arthra/einai-efarmosimi-i-georgia-akriveias-sti-hora-mas>

καθοδηγεί τους παραγωγούς για τις νέες τεχνολογίες καθώς και να απαντά σε ερωτήματα που προκύπτουν από πλευράς τους. Ένα άλλο σημαντικό ερώτημα είναι σε ποιόν θα ανήκουν τα big data του αγροτικού τομέα.

12.5 Διαθέσιμες Τεχνολογίες στην Αγορά

Σε αυτή τη παράγραφο θα παρουσιαστούν κάποιες εταιρίες που διαθέτουν «έξυπνους» αισθητήρες και τα ανάλογα λογισμικά για εφαρμογές Γεωργίας Ακριβείας σε υπαίθριες καλλιέργειες.

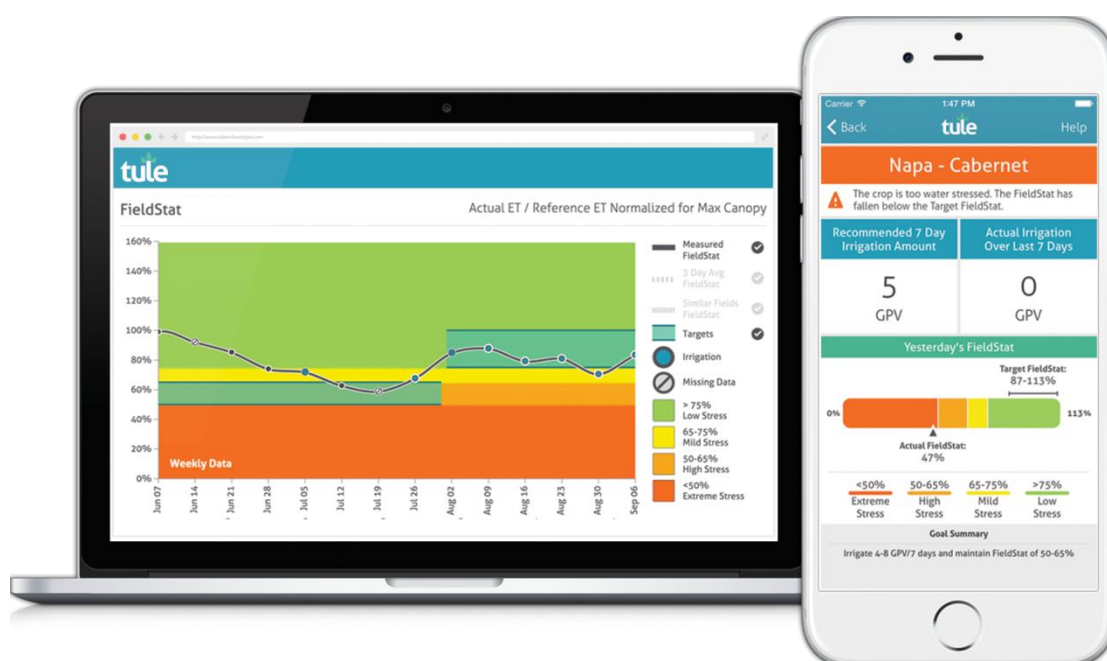
12.5.1 Tule Technologies

<https://www.tuletechnologies.com/>

Το Tule εξετάζει τις απώλειες νερού στο πεδίο αντί για το διαθέσιμο νερό στη ριζική ζώνη, ώστε να προγραμματιστεί η άρδευση. Μπορεί να μετρήσει την πραγματική εξατμισοδιαπνοή του φυτού, με τη χρήση υλικού (hardware) που είναι εγκατεστημένο πάνω από το φυτό.

Χαρακτηριστικά Tule

- Απομακρυσμένη παρακολούθηση της κατάστασης του νερού καλλιέργειας
- Συστάσεις για άρδευση για την κάθε τοποθεσία, υπολογίζοντας όχι μόνο την κατάσταση του νερού καλλιέργειας, αλλά και την ικανότητα αποθήκευσης νερού στο έδαφος.
- Μετρήσεις κλίμακας πεδίου. Ένας αισθητήρας μετρά μέχρι 10 στρέμματα - όχι μόνο ένα σημείο στο έδαφος ή μόνο ένα φυτό.
- Επιβεβαίωση ότι οι εντολές για άρδευση εφαρμόστηκαν επαρκώς.
- Σύγκριση της φυτείας με άλλες.



Εικόνα 4.2: Στιγμιότυπο από την εφαρμογή Tule κινητό τηλέφωνο ή υπολογιστή.

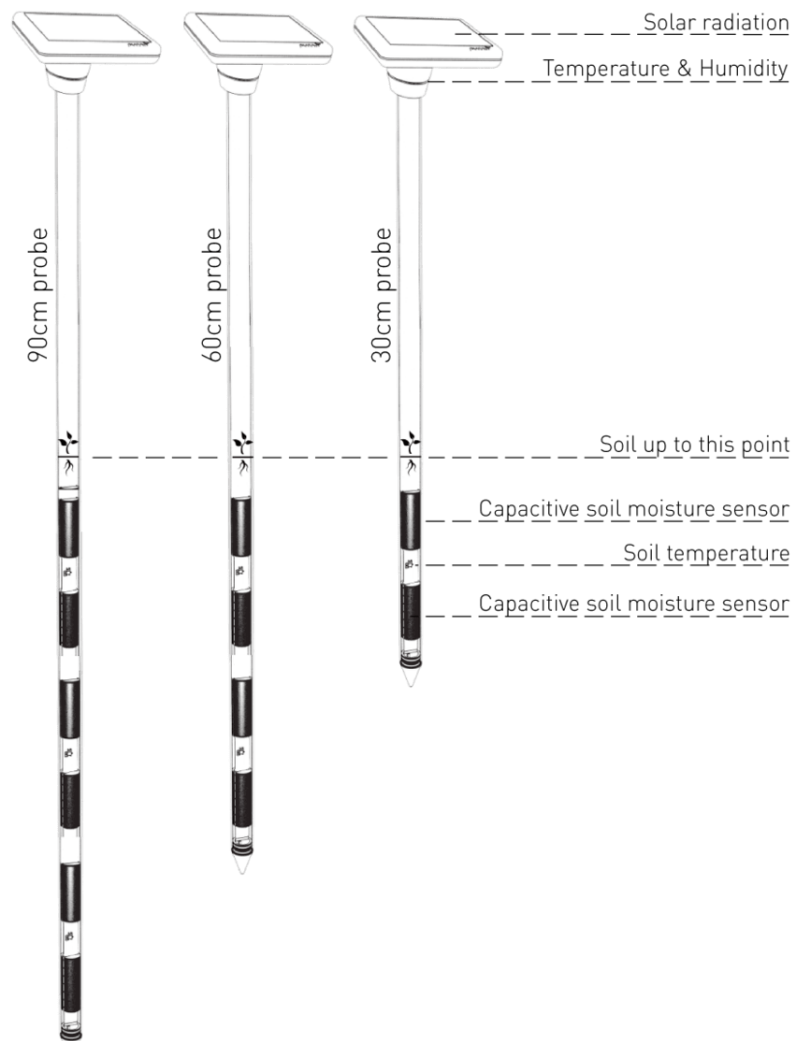
Features	Premium \$1,500/sensor/year	Enterprise \$2,500/sensor/year (25 sensor minimum)
Remote monitoring of crop water status (FieldStat)	✓	✓
Site-specific irrigation recommendations	✓	✓
Field-scale measurements	✓	✓
Status alerts	✓	✓
Atmospheric demand forecast	✓	✓
Irrigation set calculator	✓	✓
Online tutorials and email support	✓	✓
Technical training groups	✓	✓
Web dashboard and iPhone app	✓	✓
Installation and maintenance	✓	✓
Private data - restricted to authorized users	✓	✓
Phone support	✓	✓
Historical comparison to previous years	✓	✓
Private in-person training (up to 2 per year)		✓
SLA for sensor uptime		✓
Enterprise API		✓
End of season custom analysis and review		✓
User roles and permissions		Coming Soon!

Εικόνα 4.3: Τιμολόγηση συνδρομής Tule

12.5.2 Ρυσνο

<https://pycno.co/>

Οι αισθητήρες τους εγκαθίστανται εύκολα από τον ίδιο τον καλλιεργητή, είναι πλήρως αυτόνομοι με ένα ηλιακό πάνελ και εσωτερική μπαταρία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περισσότερες από 160 χώρες (μεταξύ αυτών και η Ελλάδα). Οι αισθητήρες σχηματίζουν ένα δίκτυο μεταξύ τους. Ένας κύριος αισθητήρας (Master), ενεργεί ως πύλη, συλλέγοντας όλες τις μετρήσεις των αισθητήρων και τις ωθεί στο Διαδίκτυο, μέσω κάρτας SIM. Ένα σύμπλεγμα αισθητήρων κόμβων (nodes) χρησιμοποιεί ένα Master για να ωθήσει τα δεδομένα έξω από το αγρόκτημα. Πολλά συμπλέγματα όπως αυτό μπορούν να αναπτυχθούν, αποστέλλοντας δεδομένα ως μία εκμετάλλευση. Πολλές εκμεταλλεύσεις μπορούν να προστεθούν κάτω από κάθε λογαριασμό. Η απόσταση από αισθητήρα σε αισθητήρα είναι μέχρι 500m. Οι αισθητήρες διατίθενται σε διάφορα μεγέθη όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.4.



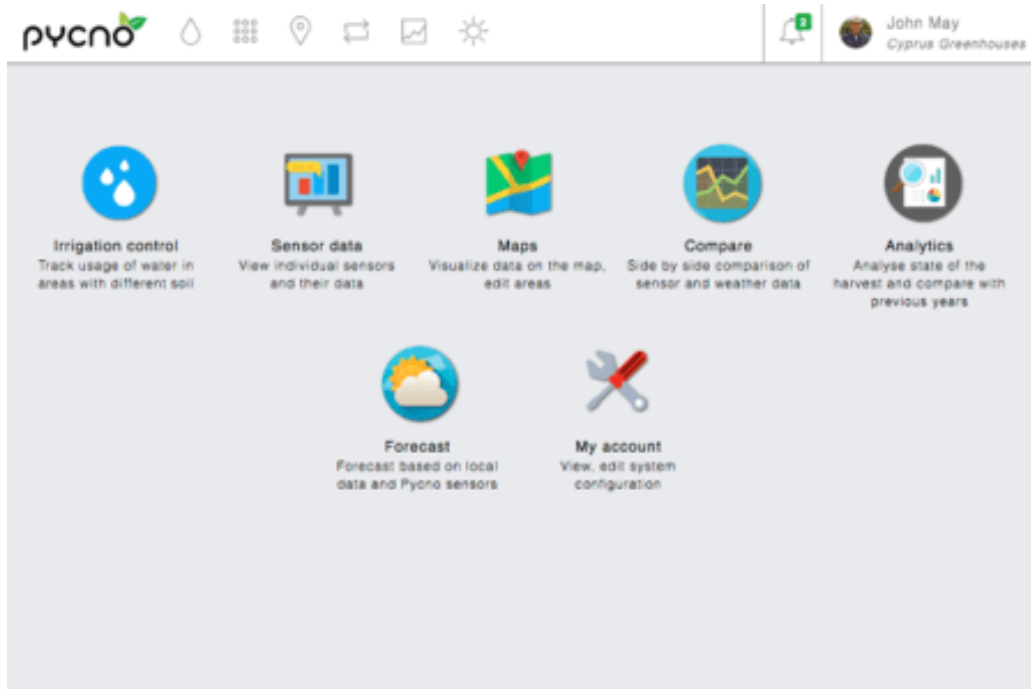
Εικόνα 4.4: Τα διαφορετικά μήκη των αισθητήρων Ργσπο και τι μετρήσεις παίρνουν.

Χαρακτηριστικά της Πλατφόρμας

- Έλεγχος άρδευσης
- Προηγμένη χαρτογράφηση και χάρτες θερμότητας
- Πρόγνωση καιρού
- Πρόβλεψη ασθενειών και ανάπτυξη εντόμων
- Παρουσιάζει τους πιθανούς παράγοντες στρες του φυτού που επηρεάζουν την ανάπτυξή του

Η τιμή αγοράς μιας τετράδας αισθητήρων (1 master+ 3 nodes) με όλα τα απαραίτητα για την εγκατάσταση και λειτουργία τους είναι:

- Για 30cm μήκος 1799 \$
- Για 60cm μήκος 1999 \$
- Για 90cm μήκος 2199 \$



Εικόνα 4.5: Πλατφόρμα Pycno

12.5.3 Acuity Agriculture

Και αυτή η εταιρία προσφέρει μέσω αισθητήρων και λογισμικού πληροφορίες για την καλλιέργεια. Πιο συγκεκριμένα:

- Ανωμαλίες Νερού: Παρακολούθηση της πορείας του νερού, Στρατηγικά χρονοδιαγράμματα άρδευσης. Αποστολή ειδοποιήσεων για ανωμαλίες στο πότισμα.
- Έλεγχος παρασίτων: Αποφυγή των φιλικών προς τους επιβλαβείς οργανισμούς συνθκών. Διάγραμμα ανάπτυξης παρασίτων
- Κλιματική μεταβλητότητα: Πρόβλεψη παγετού, Μείωση πτώσης φρούτων από τους μεγάλους ανέμους
- Χρόνος συγκομιδής: Ακριβής παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών. Υπόδειξη κατάλληλων χρόνων για ψεκασμούς, ώστε να μεγιστοποιηθεί η απόδοση.
- Συντήρηση εδάφους: Μέτρηση της αλατότητας εδάφους, Διατήρηση μιας υγιούς ζώνης ριζών, Μείωση της απορροή και την έκπλυσης.

12.5.4 Phyttech

<https://www.phyttech.com/>

Σε αυτή την εφαρμογή τοποθετούνται αισθητήρες σε επιλεγμένα φυτά που παρακολουθούν συνεχώς τις μικρο-αλλαγές της διαμέτρου του στελέχους, που είναι επιστημονικά αποδεδειγμένοι δείκτες καταπόνησης. Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο στο σύννεφο (cloud) της Phyttech για περαιτέρω αναλύσεις. Η Phyttech εφαρμόζει, κατοχυρωμένους με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, αλγόριθμους που μετατρέπουν τα πρωτογενή δεδομένα σε δεδομένα της κατάστασης της συγκεκριμένης καλλιέργειας. Οι προγνωστικές αναλύσεις και οι δυνατότητες πληροφοριών για τα φυτά παρέχουν σημαντικές ειδοποιήσεις και συστάσεις. Η εταιρία εκτιμά αύξηση κέρδους ανά εκτάριο:

126\$ για το καλαμπόκι, 316\$ για τα αμύγδαλα και 82,5\$ για το βαμβάκι. Εκτός από αυτές τις καλλιέργειες, η εταιρία έχει αναπτύξει αλγόριθμους για μήλα και εσπεριδοειδή. Επιπλέον με τη χρήση των προϊόντων της υπάρχει πάνω από 40% εξοικονόμηση νερού, αύξηση της παραγωγής και μείωση κινδύνων.

12.5.5 FieldIn

<https://fieldintech.com/>

Προσφέρει λύσεις λογισμικού διαχείρισης ζιζανίων σε σπυρώνες, ελαιώνες και αμπελώνες, βοηθώντας τους καλλιεργητές να εξοικονομήσουν χρήματα από τις πρακτικές διαχείρισης παρασίτων, μειώνοντας τις συνολικές εφαρμογές φυτοφαρμάκων και εξαλείφοντας τα λάθη ψεκασμού.

12.5.6 Slant Range

<https://www.slantrange.com/>

Η Slant Range παρέχει συστήματα αισθητήρων και αναλύσεων για χρήση σε τηλεκατευθυνόμενα αεροσκάφη (drones). Οι σημαντικότερες παράμετροι που υπολογίζει είναι: η μέτρηση της πυκνότητας των φυτών και των ζιζανίων, η καταπόνηση των φυτών από παράσιτα, την έλλειψη θρεπτικών ουσιών και την αφυδάτωση. Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί η εταιρία μειώνει δραστικά το κόστος των πτήσεων, καθώς απαιτεί επικάλυψη μόνο 20%, καλύπτοντας τέσσερις φορές περισσότερη έκταση ανά πτήση από τις παραδοσιακές μεθόδους.

Τα οπτικά ακριβείας παρέχουν φασματική απεικόνιση με ανάλυση ακρίβειας εκατοστού για την εξαγωγή ισχυρών νέων αναλυτικών στοιχείων. Οι δυνατότητες ανάλυσης ενισχύονται κατά πολύ και από τον επεξεργαστή Qualcomm Snapdragon που φέρει ο αισθητήρας.

Οι αισθητήρες SlantRange έχουν σχεδιαστεί για μετρήσεις χαμηλού υψομέτρου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σχεδόν οποιοδήποτε drone. Η εταιρία έχει κατοχυρώσει με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας την πατέντα του αισθητήρα με βαθμονόμηση ηλιακού φωτός.

Τα αποτελέσματα είναι άμεσα, στο σημείο συλλογής, δεν χρειάζεται σύνδεση με το διαδίκτυο ή υπολογιστικά συστήματα υψηλού επιπέδου. Ενώ, προσφέρεται η δυνατότητα καθολικής φορητότητας των δεδομένων σε πολλές τυποποιημένες μορφές.

12.5.7 ScientAct

<http://www.scientact.gr>

Η ScientAct A.E. ιδρύθηκε το 1995 στην Θεσσαλονίκη, ενώ από το 2001 έλαβε πιστοποιητικό διασφάλισης ποιότητας ISO 9001. Δραστηριοποιείται στον χώρο της υψηλής τεχνολογίας και των εφαρμογών της, στους τομείς του εξοπλισμού περιβαλλοντολογικής έρευνας, βιομηχανικών εφαρμογών και εργαστηριακού εξοπλισμού. Πιο συγκεκριμένα παρέχει τις παρακάτω υπηρεσίες:

- ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ (Μετεωρολογικοί Σταθμοί - Αισθητήρες - Καταγραφικά - Φορητά Όργανα)

- ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ (Υδρολογικοί Σταθμοί - Αισθητήρες - Καταγραφικά - Φορητά Όργανα)
- ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (Αγρομετεωρολογικοί Σταθμοί - Αισθητήρες - Φορητά Όργανα κ.ά.)
- ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ (Όργανα Πεδίου και Εργαστηρίου - Αισθητήρες – Καταγραφικά)
- ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ (Σταθμοί Μέτρησης Εξωτερικού και Εσωτερικού χώρου - Αισθητήρες - Φορητά Όργανα)
- Α.Π.Ε. (Σταθμοί - Αισθητήρες Μέτρησης Ηλιακού και Αιολικού Δυναμικού)
- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ (Όργανα και Αναλώσιμα Εργαστηρίων Έρευνας και Βιομηχανίας)
- ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ (Προπλάσματα - Εποπτικά Υλικά - Εργαστηριακές Ασκήσεις)

Πιο συγκεκριμένα στον τομέα της Γεωργίας Ακριβείας διατίθενται οι παρακάτω τεχνολογίες:

Αγρο-μετεωρολογικοί σταθμοί μέτρησης με δυνατότητα πρόβλεψης ασθενειών. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται μέσω γραμμής GPRS - INTERNET (κινητή τηλεφωνία). Ο χειριστής έχει την δυνατότητα να δει και να επεξεργαστεί τα δεδομένα μέσω internet από οποιοδήποτε σημείο του κόσμου. Η εφαρμογή internet η οποία λαμβάνει και επεξεργάζεται τις μετρήσεις είναι σε πολλές διαφορετικές γλώσσες όπως Αγγλικά, Ελληνικά, Βουλγάρικα, κ.ά. Ο σταθμός λειτουργεί με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και ηλιακό συλλέκτη ο οποίος φορτίζει τις μπαταρίες. Η λήψη και καταγραφή των μετρήσεων στον σταθμό είναι επιλεγόμενη από τον χρήστη στην περιοχή 10-120 λεπτά. Ο ρυθμός αποστολής των μετρήσεων από τον σταθμό στο internet είναι επιλεγόμενος από τον χειριστή και συγκεκριμένα επιλογή αποστολής ανά 10 λεπτά έως και ανά 24 ώρες. Ο χειριστής έχει την δυνατότητα να προγραμματίσει όρια τιμών για όλους τους αισθητήρες. Σε περίπτωση που κάποιος από τους αισθητήρες βγει εκτός ορίων, τότε ο σταθμός μπορεί να στείλει αυτόματα, γραπτό μήνυμα σε αριθμό κινητού τηλεφώνου που έχει επιλέξει ο χειριστής ή e-mail. Τα δεδομένα εμφανίζονται σε μορφή πίνακα. Ο χειριστής έχει την δυνατότητα να επιλέξει ποια από τα δεδομένα θα εμφανίζονται και ποια όχι. Ο χειριστής μπορεί να επιλέξει την εμφάνιση δεδομένων συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Με ένα κλικ του ποντικιού υπολογίζονται και εμφανίζονται αυτόματα, οι ημερήσιες και οι μηνιαίες τιμές των μετρούμενων παραμέτρων. Ο χειριστής μπορεί να δει τις μετρήσεις σε μορφή γραφημάτων. Μπορεί να επιλέξει ποιες παράμετροι θα εμφανίζονται στο γράφημα. Το γράφημα μπορεί να εμφανίζει τις ωριαίες, ημερήσιες ή μηνιαίες τιμές. Το σύστημα υπολογίζει και εμφανίζει ημεροβαθμούς για επιλεγόμενο χρονικό διάστημα και με επιλεγόμενο κατώφλι. Το σύστημα υπολογίζει και εμφανίζει την εξατμισοδιαπνοή (ET). Το σύστημα μπορεί να υπολογίζει την επικινδυνότητα προσβολών από ασθένειες για δέντρα, αμπέλι, πατάτες, κρεμμύδια, καρότα, ντομάτες, μήλα, αχλάδια, πορτοκάλια, κτλ.

Φορητός Μετρητής Χλωροφύλλης. Πρόκειται για εξαιρετικά ακριβή και μη καταστροφική μέθοδο. Το όργανο ερμηνεύει με ακρίβεια την περιεχόμενη χλωροφύλλη σε φυτά. Η μέτρηση της περιεχόμενης χλωροφύλλης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οργάνωση και την βελτιστοποίηση των συνθηκών ανάπτυξης των φυτών αλλά και για σκοπούς προστασίας του περιβάλλοντος.

Φορητό όργανο μέτρησης Φωτοσύνθεσης. Φορητό σύστημα μέτρησης της φωτοσύνθεσης, Διαπνοής και Στοματικής Αγωγιμότητας των φύλλων, εξαιρετικά μικρών διαστάσεων και βάρους με πλήρες σύστημα ρύθμισης και ελέγχου του μικροκλίματος.

Φορητό όργανο μέτρησης Φθορισμού της Χλωροφύλλης. Το σύστημα είναι φορητό και βασίζεται στην αρχή της φθορισμομετρίας διαμόρφωσης πλάτους παλμών (pulse amplitude modulation, PAM). Μετρούμενοι παράμετροι: F_0 , F_m , F_m' , F , F_0' , F_v/F_m (max Yield), $\Delta F/F_m'$ (Yield), qP , qN , NPQ, PAR και $^{\circ}C$.

Εξειδικευμένα συστήματα Φθορισμού Χλωροφύλλης.

- Συστήματα με συνεχόμενη διέγερση (continuous).
- Συνδυασμός οργάνων μέτρησης φωτοσύνθεσης και φθορισμού χλωροφύλλης.
- Συνδυασμός οργάνων φθορισμού χλωροφύλλης με μικροσκόπιο.
- Υποβρύχια όργανα μέτρησης φθορισμού χλωροφύλλης.
- Εκπαιδευτικά συστήματα φθορισμού χλωροφύλλης.

Φορητό όργανο μέτρησης φυλλικής επιφάνειας. Διαθέτει μεγάλη ψηφιακή οθόνη στην οποία εμφανίζονται τα αποτελέσματα μέτρησης καθώς επίσης και η εικόνα του φύλλου που σαρώνει το σύστημα. Δεν προκαλεί καμία βλάβη ή αλλοίωση στο φύλλο. Διαθέτει εσωτερική μνήμη για την αποθήκευση των δεδομένων μέτρησης και των εικόνων. Το σύστημα διαθέτει ειδικό scanner, καθώς επίσης και ενσωματωμένο μικροϋπολογιστή, ο οποίος εκτελεί τις διαδικασίες μέτρησης. Το σύστημα μετρά: Φυλλική επιφάνεια, μήκος φύλλου, πλάτος φύλλου, μέσο όρο φυλλικής επιφάνειας σε ομάδα φύλλων, αθροιστική φυλλική επιφάνεια.

Σύστημα επεξεργασίας εικόνας φυτοπαθολογίας. Σύστημα επεξεργασίας εικόνας ειδικά σχεδιασμένο για φυλλοδιαγνωστική. Αποτελείται από φωτεινή τράπεζα προσπίπτων φωτισμού, έγχρωμη κάμερα υψηλής ανάλυσης και software επεξεργασίας εικόνας το οποίο “τρέχει” με Windows. Το σύστημα είναι το πλέον κατάλληλο για εφαρμογές φυτοπαθολογίας συνδυάζοντας υψηλή ακρίβεια και μεγιστοποιημένη αυτοματοποίηση. Παρέχει αυτόματη μέτρηση υγιούς και νοσούσας επιφάνειας. Μετράει και αναλύει επιφάνεια, μήκος, πλάτος, περίμετρο, γωνία, μέσο όρο ακτινών, μεταβλητότητα ακτινών, αλληλεξάρτηση μεταβλητότητας ακτινών και μέσου όρου ακτινών, κυκλικότητα, επιμήκυνση και παράγοντα σχήματος. Το σύστημα παρέχει την δυνατότητα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων.

Δείκτης φυλλικής επιφάνειας – LAI. Φορητό - εύχρηστο όργανο για αναλύσεις παραμέτρων θόλου καλλιεργειών. Η λειτουργία του οργάνου βασίζεται σε έναν πολυαισθητήρα μήκους 1 μέτρου ο οποίος μετρά την PAR ακτινοβολία. Το όργανο έχει την δυνατότητα λειτουργίας είτε τελείως αυτόνομα με την χρήση ενός φορητού οργάνου μέτρησης καταγραφής και ανάλυσης των μετρήσεων είτε με απευθείας σύνδεση με υπολογιστή. Το όργανο μετρά την προσπίπτουσα καθώς και την διερχόμενη PAR ακτινοβολία σε θόλους φυτικών καλλιεργειών. Το όργανο συνοδεύεται από δεύτερο αισθητήρα χάρη στον οποίο είναι δυνατός ο προσδιορισμός της αναλογίας μεταξύ της απευθείας και της εκ διαχύσεως

προσπίπτουσας PAR ακτινοβολίας πάνω στην καλλιέργεια. Το όργανο προσφέρει απευθείας υπολογισμό και ένδειξη του LAI (Leaf Area Index). Η ηλεκτρονική μονάδα είναι ένας πλήρης ηλεκτρονικός υπολογιστής πολύ μικρών διαστάσεων και διαθέτει οθόνη υγρών κρυστάλλων υψηλής ευκρίνειας. Η χρήση της ηλεκτρονικής μονάδας είναι εξαιρετικά εύκολη καθώς το λογισμικό είναι δομημένο στην μέθοδο των εικονιδίων και των menus (όπως ακριβώς τα Windows).

Σύστημα ανάλυσης παραμέτρων θόλου μεγάλων καλλιεργειών. Είναι ένα πλήρες σύστημα βασιζόμενο σε πρόγραμμα Windows για εύκολη επεξεργασία ημισφαιρικών εικόνων. Η μέθοδος της ημι-σφαιρικής φωτογράφισης είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανάλυση της φυτοκάλυψης, ιδιαίτερα για ψηλά και μη συγκεκριμένης μορφής φυτά, όπως τα δάση. Οι φωτογραφίες λαμβάνονται σε ομοιόμορφες συνθήκες ουράνιου θόλου, με κατεύθυνση από το έδαφος προς τον ουρανό. Για την λήψη της φωτογραφίας χρησιμοποιείται φακός 18 megapixel. Το σύστημα χρησιμοποιεί εκτός από την λαμβανόμενη εικόνα τα δεδομένα της περιοχής λήψης της, προκειμένου να παράγει τις μετρήσεις της δομής φυτοκάλυψης. Με τον συνδυασμό των παραπάνω πληροφοριών και ενός μοντέλου ηλιακής ακτινοβολίας, το σύστημα μπορεί να προβλέψει τα επίπεδα ακτινοβολίας πάνω και κάτω από τα φυτά, καθώς επίσης τους συντελεστές της απευθείας, της διάχυτης και της ολικής ακτινοβολίας. Αποτυπώνοντας την ηλιακή διαδρομή πάνω από την φυτεία και λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος του ηλιακού δίσκου, το σύστημα υπολογίζει την ύπαρξη ηλιακών κηλίδων και την σχετική ηλιακή ακτινοβολία για κάθε ημερολογιακή ημέρα.

Στοματική Αγωγιμότητα Φύλλων- Πορόμετρο. Το όργανο είναι κατάλληλο για την μέτρηση της στοματικής αγωγιμότητας των φυτών. Ο θαλαμίσκος μέτρησης διαθέτει αισθητήρα θερμοκρασίας για την επίτευξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας καθώς επίσης και αισθητήρα υγρασίας. Το όργανο διαθέτει αισθητήρα μέτρησης της PAR ακτινοβολίας. Η όλη διάταξη του αισθητήρα είναι τέτοια ώστε η μέτρηση να μην προκαλεί την καταστροφή του προς μέτρηση φύλλου. Το όργανο έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης, σε εσωτερική μνήμη, των μετρήσεων, επίσης διαθέτει θύρα για την σύνδεση με υπολογιστή και την ανάκληση των μετρήσεων για περαιτέρω επεξεργασία. Συνοδεύεται από καλώδιο για την σύνδεση με υπολογιστή και κατάλληλο software. Το όργανο επιδέχεται ως παράμετρο την Βαρομετρική Πίεση, έτσι ώστε με κατάλληλη μετατροπή να γίνεται αντιστάθμιση και της Βαρομετρικής Πίεσης.

Κλασικό όργανο μέτρησης Υδατικού Δυναμικού Φύλλων. Πλήρως φορητό σύστημα μέτρησης του υδατικού Δυναμικού των φύλλων. Το όργανο παρέχει ακριβή και με ασφαλή μέτρηση και υπολογισμό του stress νερού, φυτικών ιστών. Ο σχεδιασμός του συστήματος σφράγισης του θαλάμου ελαχιστοποιεί την καταστροφή του βλαστού των φύλλων. Η παρεχόμενη πίεση συνεχώς παρακολουθείται από μετατροπέα πίεσης τύπου ημιαγωγού. Ο χρήστης ανά πάσα στιγμή μπορεί να “παγώσει” την ένδειξη της πίεσης με το απλό πάτημα ενός πλήκτρου. Διαθέτει βελονοειδή βαλβίδα, ώστε ο χρήστης να μπορεί να ρυθμίσει με ακρίβεια την ταχύτητα ανόδου της πίεσης στον θάλαμο.

Ηλεκτρονικό όργανο μέτρησης Υδατικού Δυναμικού Φύλλων και Εδάφους. Πλήρες ψηφιακό όργανο προσδιορισμού του υδατικού δυναμικού φύλλων και εδάφους. Η

χρησιμοποιούμενη μέθοδος μέτρησης είναι η ανίχνευση του σημείου δρόσου με την χρήση ψυχόμενου καθρέπτη πάνω από το δείγμα. Διαθέτει αισθητήρα υπερύθρων για την μέτρηση της θερμοκρασίας του δείγματος.

Ολοκληρωμένα συστήματα μέτρησης ροής χυμών. Ολοκληρωμένα συστήματα μέτρησης και καταγραφής της κίνησης των χυμών σε κάθε είδους φυτών. Τα συστήματα υποστηρίζονται από λογισμικά, τόσο για τον προγραμματισμό της διάταξης, όσο και για την επεξεργασία των μετρήσεων.

Ολοκληρωμένα συστήματα δεντρομέτρων. Πρόκειται για υψηλής ακρίβειας δεντρόμετρα για την μέτρηση της ανάπτυξης των κορμών και των φρούτων. Με τους αισθητήρες αυτούς μπορεί να μετρηθεί η επίπτωση παραγόντων stress στο φυτό μέσω της μέτρησης των αυξομειώσεων στην διάμετρο κορμού, κλαδιών και καρπών.

Όργανα μέτρησης του NDVI. Πλήρης σειρά οργάνων μέτρησης NDVI με 4, 8 ή και παραπάνω μήκη κύματος.

Συστήματα Συλλογής σωματιδίων. Πλήρες συστήματα συλλογής αερομεταφερόμενων σωματιδίων (όπως ασκοσπόρια, κονίδια, κτλ), για τον έλεγχο ψεκασμών.

Όργανα μέτρησης σκληρότητας καρπών (Πενετρόμετρα). Φορητά και εργαστηριακά όργανα μέτρησης της σκληρότητας καρπών με δυνατότητα σύνδεσης σε υπολογιστή.

Συστήματα παρακολούθησης ανταλλαγής αερίων σε φυτά και καρπούς

Μύλοι άλεσης φυτικών ιστών

Αισθητήρες μέτρησης συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα

Φορητά και εργαστηριακά διαθλασίμετρα

Θάλαμοι ανάπτυξης φυτών, ελεγχόμενων συνθηκών

Συστήματα δοκιμών ψεκασμών

Συστήματα παρατήρησης ριζικών συστημάτων στο πεδίο μέσω κάμερας

Πλήρης συστήματα μέτρησης και καταγραφής PAR

Ψυχρόμετρο φύλλων για προσδιορισμό του υδατικού δυναμικού. Το σύστημα είναι κατάλληλο για τον προσδιορισμό του υδατικού δυναμικού των φύλλων με την μέθοδο της ψυχομετρίας (υγρός βολβός). Το σύστημα αποτελείται από έναν ή περισσότερους θαλάμους μέτρησης κα-θώς επίσης και από μια μετρητική συσκευή (μικροβολτόμετρο).

Οσμόμετρο πίεσης ατμών για φυτικούς και ζωικούς ιστούς. Βασίζεται στην αρχή DEW POINT DEPRESSION με την χρήση ενός υγρομέτρου θερμοζεύγους πάνω στο δείγμα και μέσα σε ένα κλειστό θάλαμο. Το όργανο είναι κατάλληλο για φυτικούς και ζωικούς ιστούς.

Ψηφιακό όργανο μέτρησης της υγρασίας και της πυκνότητας σπόρων. Ανθεκτικού τύπου φορητός μετρητής υγρασίας σιτηρών για μέτρηση κατά τη διαδικασία της συγκομιδής και της αποθήκευσής τους. Το ενσωματωμένο καπάκι ηλεκτροδίου διπλού δίσκου έχει χωρητικότητα μόνο 3-4 γραμμ. επιτρέποντας μια πιο ομοιόμορφη δειγματοληψία και παρέχοντας ακριβείς και επαναλήψιμες μετρήσεις. Ο χρήστης μπορεί να συνδέσει ακόμα προαιρετικά εξαρτήματα για να ελέγχει την υγρασία σε υλικά όπως άχυρο.

Φορητό όργανο ελέγχου stress των φυτών. Ειδικά διαμορφωμένο για την γρήγορη αποτύπωση της κατάστασης stress των φυτών. Το όργανο αποτελείται από την μονάδα ελέγχου (είναι μεγέθους χειρός), και έχει ενσωματωμένο probe.

Φορητό όργανο μέτρησης της “Πράσινης Φθορίζουσας Πρωτεΐνης» (GFP). Καινοτόμο όργανο, το οποίο επιτρέπει την μη καταστροφική ποσοτική μέτρηση της GFP (Green Fluorescent Protein) σε δείγματα φύλλων.

Σύστημα μέτρησης και καταγραφής του profile CO₂. Το σύστημα μπορεί να κάνει αυτόματη δειγματοληψία και μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα από 12 διαφορετικά σημεία. Ιδανικό για την καταγραφή του κάθετου profile του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς διαθέτει εσωτερικό data logger.

OPEC Open Path Eddy Covariance System. Πλήρες σύστημα για συνεχόμενο, μακροχρόνιο και άμεσο προσδιορισμό της επιφανειακής διάχυσης του CO₂. Η συσκευή παρέχει ταυτόχρονη και ταχύτατη μέτρηση των ατμοσφαιρικών διακυμάνσεων, του διοξειδίου του άνθρακα και των υδρατμών. Είναι ειδικά σχεδιασμένο, για την ταυτόχρονη χρήση με ανεμόμετρο υπερήχων, για την συσχέτιση της διάχυσης του CO₂ και του H₂O με τους κάθετους ανέμους.

Λογισμικό για τον υπολογισμό της ET_o. Το λογισμικό είναι συμβατό με όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς της εταιρείας μας.

Ολοκληρωμένο σύστημα μέτρησης παραμέτρων ριζικού συστήματος. Πρόκειται για εξειδικευμένο σύστημα ανάλυσης εικόνας. Μερικές από τις βασικές εργασίες που μπορεί να εκτελέσει το σύστημα είναι: Ανάλυση μήκους ριζικού συστήματος (αλλά και άλλων δειγμάτων), υπολογισμός επιφάνειας, μήκους, μέσου όρου δια-μέτρων, πυκνότητα (σχέση μήκους προς όγκο).

Όργανο μέτρησης της ροής για τον Προσδιορισμό της Υδραυλικής Αγωγιμότητας των Φυτών. Το όργανο είναι σχεδιασμένο για την πραγματοποίηση μετρήσεων της υδραυλικής αγωγιμότητας στο ριζικό σύστημα και στους μίσχους των φυτών, χωρίς να είναι απαραίτητο το σκάψιμο και η αποκάλυψη του ριζικού συστήματος.

Φορητό όργανο μέτρησης της ανάκλασης φωτός των καλλιεργειών. Το όργανο παρέχει δεδομένα για τον κλασικό δείκτη βλαστικότητα, καθώς επίσης και δεδομένα ανακλαστικότητας των καλλιεργειών.

Όλα τα παραπάνω όργανα σε συνδυασμό και με τα αντίστοιχα όργανα μέτρησης παραμέτρων εδάφους και κλιματολογικών συνθηκών δίνουν ολοκληρωμένες λύσεις Γεωργίας Ακριβείας.

12.5.8 Gaiarobotics

www.gaiarobotics.gr

Η Gaia Robotics είναι μια ομάδα ειδικών στην τηλεπισκόπηση και στην γεωπληροφορική με κύριο πεδίο ενδιαφέροντος την Γεωργία ακριβείας. Η εταιρία εδρεύει στα Τσουκαλέϊκα Αχαΐας.

Η Gaia Robotics βοηθά τους πελάτες χρησιμοποιώντας μη επανδρωμένα αεροχημάτα (UAV)(drones) και ειδικό επιστημονικό εξοπλισμό με τα οποία συγκεντρώνει, επεξεργάζεται και αναλύει αγροτικά δεδομένα, συνήθως σε λιγότερο από 24 ώρες. Η δυνατότητα συλλογής πολυφασματικών δεδομένων υψηλής ανάλυσης αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο ο κόσμος προσεγγίζει παραδοσιακές πρακτικές σε ένα ευρύ φάσμα επιχειρήσεων. Από την γεωργία ακριβείας μέχρι και στις ασφαλιστικές εφαρμογές, η εναέρια απεικόνιση βοηθά τους επιχειρηματίες να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις από ποτέ.

Η εταιρία επικεντρώνεται σε αγορές, όπως η γεωργία που χρειάζονται οικονομικά αποδοτικές μεθόδους για να αποτιμήσουν καλύτερα τις αποδόσεις των καλλιεργειών, να αυξήσουν την παραγωγή τους, να μειώσουν τόσο τις δαπάνες τους όσο και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εφαρμογή φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων. Χρησιμοποιώντας τις τελευταίες εξελίξεις στην τεχνολογία και εφαρμόζοντας εξελιγμένα εργαλεία επεξεργασίας και ανάλυσης, η Gaia Robotics μπορεί δώσει την επιχειρηματική λύση που χρειάζεται ο κάθε πελάτης. Οι οπτικοί αισθητήρες καταγράφουν υψηλής ανάλυσης αεροφωτογραφίες που απεικονίζουν ακόμη και τις πιο μικρές λεπτομέρειες και ως εκ τούτου εκθέτουν προβληματικές περιοχές στην καλλιέργεια που δεν είναι ορατές στο ανθρώπινο μάτι. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιεί η εταιρία είναι:

- **AgSense.** Παρακολούθηση και καταγραφή περιβαλλοντικών παραμέτρων και συνθηκών στις αγροτικές καλλιέργειες (αμπελώνες, θερμοκήπια κ.α.)

Διαθέσιμοι Αισθητήρες:

- Θερμοκρασία αέρος
- Υγρασία περιβάλλοντος
- Θερμοκρασία εδάφους
- Υγρασία εδάφους
- Υγρασία φυλλώματος
- Ατμοσφαιρική πίεση
- Ηλιακή ακτινοβολία
- Ταχύτητα/διεύθυνση ανέμου
- Βροχόπτωση
- Και άλλοι...

- **Πολυφασματικός.** Υψηλής ανάλυσης με δυνατότητα παραγωγής δεδομένων ακριβείας μεγαλύτερης του 1cm/pixel Καταγραφή πολλαπλών φασμάτων του φωτός.

Είναι ιδανικός για:

- Μέτρηση – Καταγραφή της υγείας των φυτών
- Εκτίμηση Υδατικής Επάρκειας Καλλιεργειών
- Μέτρηση δεικτών βλάστησης
- Καταμέτρηση των Φυτών
- Πρόληψη Ασθενειών – Εφαρμογές Γεωργίας Ακριβείας

- **Θερμικός – Υπέρυθρος.** Καταγράφει την θερμοκρασία κάθε επιφάνειας.

Είναι ιδανικός για:

- Ανίχνευση θερμικών υπογραφών αντικειμένων
- Κτηνοτροφικές Εφαρμογές (Ανίχνευση- Παρακολούθηση Ζώων)
- Εφαρμογές Επιτήρησης και Ασφάλειας
- Ανίχνευση Διαρροών και άλλες κατασκευαστικές εφαρμογές
- Εφαρμογές Παρακολούθησης και Ασφάλειας

- **Οπτικός.** Κάμερα υψηλής ανάλυσης(RGB). Παράγει φωτογραφίες και βίντεο. Διαφορετικού μήκους φακοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή εικόνων υπερευψηλής ευκρίνειας.

Είναι ιδανικός για:

- Εναέρια χαρτογράφηση και απεικόνιση
- Εφαρμογές φωτογραμμετρίας και παραγωγής τρισδιάστατων μοντέλων
- Αγροτικές εφαρμογές (Μέτρηση φυτών-δεικτών βλάστησης)
- Εφαρμογές εναέριας επιτήρησης
- Τοπογραφικές και άλλες γεωδαιτικές Εφαρμογές

12.5.9 Bosch

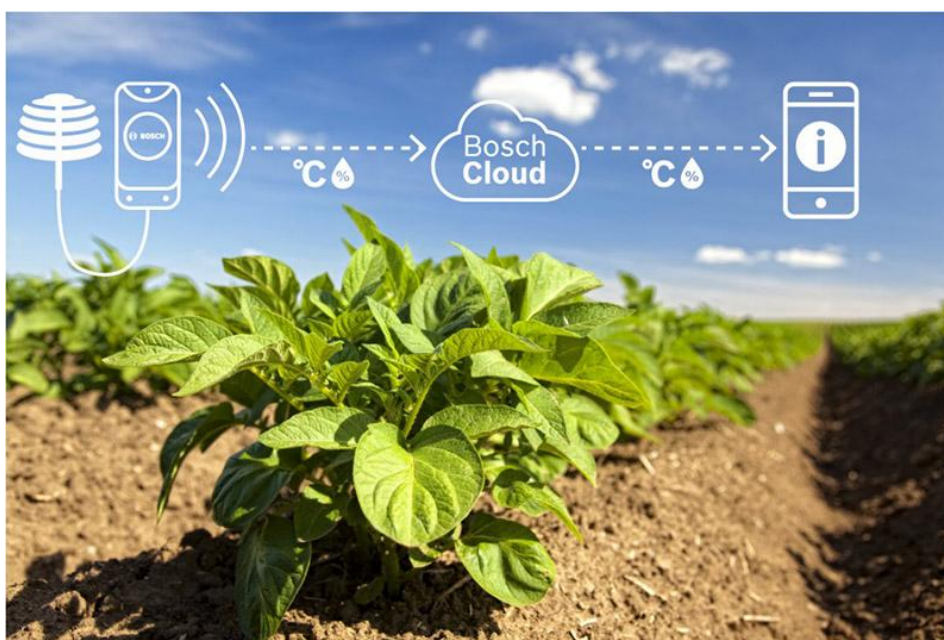
<https://www.bosch.com/stories/smart-agriculture/>

Η Bosch, ως εταιρεία πρωτοπόρος στον τομέα του Internet of Things, προωθεί την υψηλή της τεχνολογία αλλά και μεταφέρει την τεχνογνωσία της για το αυτοκίνητο και στον τομέα της γεωργίας. Είναι από τις λίγες εταιρείες που διαθέτουν ολοκληρωμένες λύσεις για το IoT, δηλαδή και την τεχνολογία αισθητήρων (sensors) και το απαραίτητο λογισμικό (software) και τις αντίστοιχες υπηρεσίες (services).

Χρησιμοποιώντας τη τεχνολογία αισθητήρων MEMS που αρχικά σχεδιάστηκε για τα αυτοκίνητα, η εταιρεία την εφαρμόζει τώρα και στις καλλιέργειες, προκειμένου οι αγρότες να μπορούν να υπολογίζουν με ακρίβεια παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η λίπανση κ.α. Το γεγονός αυτό, ήδη της έχει αποφέρει πωλήσεις αξίας 1 δις ευρώ. Μέσω του Bosch IoT cloud όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων μεταφέρονται στα smartphones των αγροτών, ενώ χάρη σε μία εφαρμογή (app) της εταιρείας, οι αγρότες μπορούν να

επιβλέπουν διαρκώς τις καλλιέργειες τους εξ' αποστάσεως, εξοικονομώντας χρόνο και βελτιώνοντας την ποιότητα και την απόδοση της σοδειάς τους. Επιπλέον, η Bosch διασυνδέει τα τρακτέρ, με σκοπό τα δεδομένα (data) που συλλέγονται να χρησιμοποιούνται από τους αγρότες για την έγκαιρη διάγνωση των βλαβών και την γρήγορη επιδιόρθωσή τους. Τα «έξυπνα» τρακτέρ διαθέτουν ακόμη και πολυφασματικές και υπερφασματικές κάμερες Bosch που αποτυπώνουν εικόνες από την σοδειά και τις στέλνουν στον οδηγό τους μέσω του Bosch IoT cloud αλλά και κάμερες αναγνώρισης αντικειμένων πχ για την παρουσία κάποιου ζώου.

Η αγροτική τεχνολογία που αναπτύσσει η Bosch δεν αποσκοπεί μόνο στην αύξηση της απόδοσης και της ποιότητας της σοδειάς, αλλά και στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Εξού και η συνεργασία της με την Bayer επάνω στη τεχνολογία του «έξυπνου» ψεκασμού. Με τη χρήση πάλι των αισθητήρων διαχωρίζεται η καλλιέργεια από τα ζιζάνια και στη συνέχεια ακολουθεί ο ψεκασμός με παρασιτοκτόνα απευθείας σε αυτά. Με τη χρήση του «έξυπνου» ψεκασμού, οι καλλιέργειες γίνονται πιο αποδοτικές, ενώ μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



Εικόνα 4.6: Μεταφορά μετρήσεων θερμοκρασίας από τον αισθητήρα στο Cloud της Bosch και από εκεί μέσω κατάλληλης εφαρμογής στο smartphone του αγρότη.

Πηγή: https://i2.prth.gr/files/2017/12/04/field_monitoring_kartoffelfeld_grafik_img_h720.jpg

12.5.10 Agrostis

<https://ifarma.agrostis.gr>

Η Agrostis είναι μία εταιρεία πληροφορικής (ίδρυση 2012) με έδρα τη Θεσσαλονίκη, που έχει στόχο να παρέχει προϊόντα και υπηρεσίες πληροφορικής και νέων τεχνολογιών αποκλειστικά στον πρωτογενή τομέα (Γεωργία – Κτηνοτροφία). Η Agrostis συνδυάζει τεχνογνωσία και εμπειρία πολλών ετών στο χώρο της Γεωπονικής και της Πληροφορικής. Η εταιρεία για την ανάπτυξή της χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα "Νέα Καινοτομική Επιχειρηματικότητα" του ΕΠΑΝ II του ΕΣΠΑ 2007-2013. Όσο αφορά την γεωργία ακρίβειας

έχει αναπτυχθεί και βρίσκεται ήδη στο εμπόριο το ifarma, μια εφαρμογή λογισμικού που απευθύνεται στον σύγχρονο αγρότη για την διαχείριση της Αγροτικής του εκμετάλλευσης. Η εφαρμογή αυτή συμπεριλαμβάνει:

➤ Διαχείριση Καλλιεργειών

Το αντικείμενο αυτής της αρμοδιότητας είναι ο προγραμματισμός, η παρακολούθηση και η καταγραφή εργασιών κατά την καλλιεργητική περίοδο. Ακόμα συμπεριλαμβάνεται και η λεπτομερής παρακολούθηση ποσοτήτων και κόστους εφοδίων και συντελεστών, όπως εργατών, μηχανημάτων, σπόρων, λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων. Επίσης είναι η χρήση καθορισμένων πρότυπων εργασιών και προγραμμάτων καθώς και δυνατότητα δημιουργίας νέων και τέλος η προβολή καλλιεργητικών εργασιών σε ημερολόγιο και η καταγραφή στο χάρτη.

➤ Διαχείριση Αποθεμάτων

Στην αρμοδιότητα αυτή εντάσσεται η καταγραφή αγορών εφοδίων, η αυτόματη καταγραφή χρήσης εφοδίου με την εκτέλεση καλλιεργητικής εργασίας, η υποστήριξη πολλαπλών αποθηκευτικών χώρων, η αναφορές αποθεμάτων και λεπτομερής καταγραφή των συναλλαγών, και η εμφάνιση χρήσης και κόστους για το σύνολο των συντελεστών, εργατών, μηχανημάτων και υλικών ανά αγροτεμάχιο και καλλιέργεια.

➤ Οικονομική Διαχείριση

Στην οικονομική διαχείριση έχουμε την καταγραφή του συνόλου των αγορών και των πωλήσεων, και τον προσδιορισμό των διαθέσιμων προϊόντων προς πώληση μέσα από την εργασία συγκομιδής. Από την άλλη η έξυπνη οικονομική ανάλυση βοηθάει στην ανάλυση κέρδους ανά αγροτεμάχιο, καλλιέργεια και εκμετάλλευση, στην ανάλυση κόστους και στον επιμερισμό ανά κατηγορία κόστους. Ακόμα διαθέτει αυτόματο επιμερισμό του σταθερού κόστους στα αγροτεμάχια και τις καλλιέργειες με βάση την έκταση ή την απόδοση και εμφανίζει δυναμικά γραφήματα και εξάγει αναφορές.

➤ Εφαρμογή για φορητές συσκευές:

Η εφαρμογή διαθέτει:

- Χρήση Offline στο χωράφι
- Αυτόματο συγχρονισμό με τον λογαριασμό του χρήστη στο cloud
- Παρακολούθηση, καταγραφή και δημιουργία καλλιεργητικών εργασιών και ορισμός ειδοποιήσεων
- Λήψη φωτογραφιών με την κάμερα της συσκευής και επισύναψη σε αγροτεμάχιο
- Λήψη ειδοποιήσεων για καθυστερημένες εργασίες και υπενθυμίσεις
- Καταγραφή εργασιών με τη χρήση του GPS της φορητής συσκευής
- Έξυπνα εργαλεία για υπολογισμούς
- Απεριόριστος αριθμός καλλιεργειών ανά εκμετάλλευση

➤ Άλλες δυνατότητες:

- Προβολή αγροτεμαχίων, καλλιεργειών και εργασιών στο χάρτη
- Πλήρης βάση δεδομένων γεωργικών φαρμάκων
- Αποθήκευση εγγράφων
- Καταχώρηση αποτελεσμάτων χημικών αναλύσεων εδάφους, νερού και φύλλων
- Δημιουργία σημείων επαναφοράς δεδομένων
- Όλες οι αναφορές διαθέσιμες σε αρχεία Excel, Word και pdf

Η χρήση των υπηρεσιών της συγκεκριμένης εταιρίας διατίθεται με ετήσια συνδρομή. Για μικρομεσαίες εκμεταλλεύσεις το κόστος είναι 180€/ έτος ενώ για γεωργικές επιχειρήσεις 340€/ έτος. Η εφαρμογή διατίθεται επίσης και για Διαχείριση Ομάδων Παραγωγών και Συμβολαιακή Γεωργία.

13 Παράδειγμα χρήσης τεχνολογιών Γεωργίας Ακριβείας σε αγρό που καλλιεργείται βαμβάκι.

13.1 Το βαμβάκι

Το βαμβάκι είναι φυτό απαιτητικό σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα κατάλληλα εδάφη θεωρούνται αυτά που είναι αμμοπηλώδη με αρκετή ποσότητα αργίλου, οργανικές ουσίες και λίγο άζωτο και φώσφορο. Η απόδοση σε παραγωγή δεν επηρεάζεται εάν το χωράφι φυτεύεται για πολλά χρόνια. Στην Ελλάδα λόγω έλλειψης μεγάλων εκτάσεων καλλιεργείται στο ίδιο χωράφι για πολλά χρόνια και πολλές φορές.

Επειδή το βαμβάκι είναι αρκετά ευαίσθητο φυτό η καταπολέμηση των ζιζανίων είναι αρκετά δύσκολη και η ύπαρξη τους μπορεί να μειώσει αισθητά την παραγωγή. Ο πολλαπλασιασμός του βαμβακιού γίνεται με σπορά αφού πρώτα τα σπόρια υποστούν ειδική επεξεργασία και αφαιρεθούν οι διάφορες ίνες που τα περιβάλλουν. Έτσι ο σπόρος κυλά ευκολότερα στις μηχανές σποράς και διευκολύνει την απορρόφηση της υγρασίας του εδάφους.

Στην Ελλάδα η καλύτερη εποχή για τη σπορά είναι από τις αρχές Απριλίου έως τα μέσα Μαΐου. Η θερμοκρασία κατά τη σπορά πρέπει να είναι γύρω στους 15 βαθμούς καθώς χαμηλότερες θερμοκρασίες καθυστερούν το φύτευμα και οι σπόροι μπορεί να εμφανίσουν μύκητες. Το βαμβάκι δεν εξαντλεί το έδαφος από τα θρεπτικά του στοιχεία. Παρ όλα αυτά μερικές φορές χρειάζεται λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα. Η λίπανση με διάφορα άλλα λιπάσματα δεν έχει δώσει καλύτερα αποτελέσματα στην παραγωγή. Όταν χρειαστεί πότισμα τότε αυτό είναι καλό να γίνεται με τη μέθοδο της τεχνητής βροχής, δηλαδή ράντισμα όλου του φυτού.

13.2 Συγκομιδή-Εκκόκκιση

Για να ωριμάσει το βαμβάκι πρέπει να περάσουν περίπου 2 μήνες από τη σπορά. Η συλλογή του γίνεται με ειδικές μηχανές, που είναι πιο σύνηθες ή με το χέρι που είναι πιο δαπανηρό και επίπονο αλλά το βαμβάκι είναι πιο καθαρό και έτσι έχει και καλλίτερη τιμή στο εμπόριο. Μετά τη συγκομιδή το βαμβάκι μεταφέρεται σε ειδικούς χώρους που λέγονται εκκοκκιστήρια. Εκεί γίνεται ο αποχωρισμός των ινών από το σπόρο. Τα

περισσότερα εκκοκκιστήρια διαθέτουν μηχανισμούς που απομακρύνουν τα διάφορα ξένα σώματα όπως χώμα, φύλλα, σπόρους καθώς και την περιττή υγρασία. Μετά από τις διαδικασίες αυτές τα βαμβάκια, καθαρά πλέον, προωθούνται στο εμπόριο.

13.3 Εμπόριο, Χρήσεις

Η κατασκευή υφασμάτων είναι η βασικότερη από τις διάφορες χρήσεις του βαμβακιού. Το μεγαλύτερο μέρος του Ελληνικού βαμβακιού καταναλώνεται εγχώρια ενώ το υπόλοιπο εξάγεται κυρίως σε μορφή νημάτων. Από το σπόρο του βαμβακιού βγαίνει λάδι (βαμβακέλαιο) που χρησιμοποιείται ως επιτραπέζιο αλλά περιορισμένα. Επίσης από τα υπολείμματα του βαμβακιού παρασκευάζεται η βαμβακόπιτα που χρησιμοποιείται ως ζωτροφή.

13.4 Ο αγρός

Θα περιγραφεί η εφαρμογή μίας από τις τεχνολογίες που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο σε προηγούμενο κεφάλαιο σε αγρό 74 στρεμμάτων, Εικόνα 5.1 δυτικά της πόλης της Κομοτηνής και 1,2 km Βόρεια του χωριού Ροδίτης. Το αγροτεμάχιο έχει μικρή κλίση, 0,85%, με το ψηλότερο σημείο είναι 60 μέτρα και το χαμηλότερο είναι 56 μέτρα,



Εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.1: Οριοθέτηση αγροτεμαχίου



Εικόνα 5.2: Υψομετρικές διαφορές αγροτεμαχίου.

Στο αγροτεμάχιο αυτό δεν υπάρχει σημαντική χώρο-χρονική παραλλακτικότητα, ώστε να υπάρχει λόγος δημιουργίας ζωνών. Παρόλα αυτά η χρήση αισθητήρων είναι σημαντική για την παρακολούθηση του χωραφιού σε πραγματικό χρόνο, ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες για εισροές στην βαμβακοφυτεία έγκαιρα και χωρίς σπατάλες. Με αυτή τη λογική εγκαταστάθηκαν στο αγροτεμάχιο αισθητήρες της εταιρίας Ρυσπο (§ 4.5.2). Επιλέχθηκαν οι αισθητήρες αυτής της εταιρίας διότι είναι εύκολοι στην τοποθέτησή τους από τον ίδιο τον

αγρότη, δεν έχουν ενεργειακές απαιτήσεις (καθώς λειτουργούν με την ηλιακή ενέργεια, η τιμή τους είναι προσιτή και πλατφόρμα της εφαρμογής είναι εύχρηστη.

Η διάταξη των αισθητήρων φαίνεται στην Εικόνα 5.3. Το μήκος των αισθητήρων που επιλέχθηκαν είναι 90 cm καθώς το ριζικό σύστημα του βαμβακιού μπορεί να φτάσει από τα 60cm έως το 1m.

Για το παρόν αγροτεμάχιο ένα σύμπλεγμα αισθητήρων κρίνεται επαρκές. Το σύμπλεγμα αισθητήρων περιλαμβάνει ένα αισθητήρα Master(M) και 3 Nodes(N).



Εικόνα 5.3: Διάταξη αισθητήρων στον αγρό.

13.5 Οικονομικότητα

Η στρεμματική απόδοση βάμβακος κατά μέσο όρο είναι $241,42^4$ κιλά ανά στρέμμα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.1 . Το αγροτεμάχιο μας είναι 74 στρέμματα, άρα η παραγωγή αναμένεται να είναι **17.865 κιλά** ή 17,8 τόνοι.

Η τιμή σύσπορου βαμβακιού τον Μάιο του 2019 είναι περίπου στα 0,54 ευρώ/κιλό⁵. Άρα η ακαθάριστη αξία παραγωγής είναι στα **9.647** ευρώ. Ενώ ο μέσος όρος της τιμής του σύσπορου βαμβακιού από το 2002 έως το 2010 είναι 0,615 ευρώ το κιλό⁴ (Πίνακας 5.1). Σε όλη την ανάλυση δεν υπολογίζονται οι κρατικές ενισχύσεις προς τους παραγωγούς.

⁴ <http://www.minagric.gr/index.php/el/the-ministry-2/agricultural-policy/statistika>

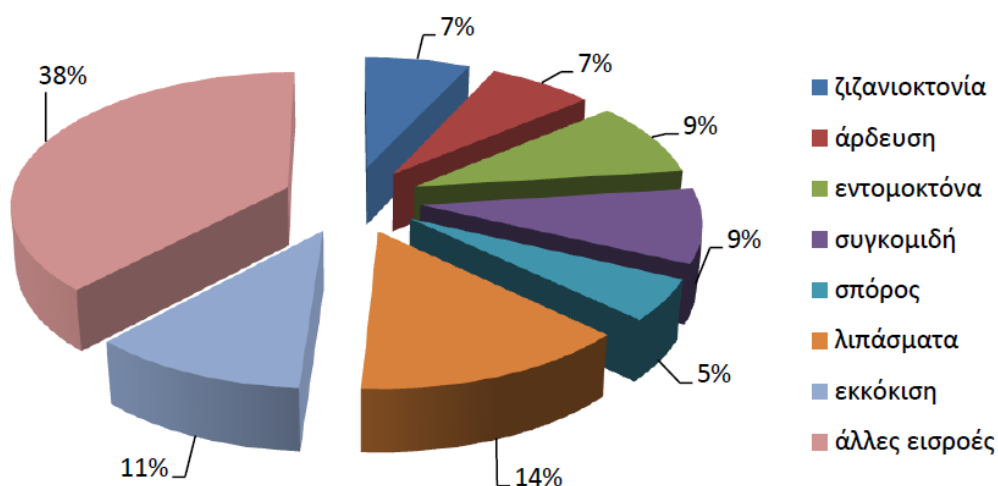
⁵ <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/crop-production/bambaki/125-diethnistimesbambakos>

Το συνολικό κόστος παραγωγής ανέρχεται στα 0,88 ευρώ ανά κιλό. Δηλαδή στα 15.721 ευρώ. Σύμφωνα με το γράφημα της Εικόνας 5.4 το 7% του κόστους είναι για ζιζανιοκτονία, 7% για άρδευση, 9% για εντομοκτόνα και το 14% για λίπανση. Η τοποθέτηση αισθητήρων μπορεί να μειώσει το κόστος σε αυτούς τους τομείς. Δηλαδή η παρέμβαση μπορεί να γίνει στο 37% του κόστους.

Πίνακας 5-1: Εξέλιξη της καλλιέργειας σύσπορου βαμβακιού

ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τόνοι)	ΣΤΡΕΜ. ΑΠΟΔΟΣΗ (κιλά/στρεμ.)	ΤΙΜΗ (δρχ./κιλό)	ΑΚΑΘ. ΑΞΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (σε χιλ. δρχ.)
1961	2.083.600	277.000	133	7,07	1.958.390
1962	2.057.000	253.000	123	6,85	1.733.050
1963	2.312.000	266.000	115	6,7	1.782.200
1964	1.403.000	186.000	133	7,58	1.409.880
1965	1.355.540	205.000	151	7,47	1.531.350
1966	1.403.000	242.000	172	7,07	1.710.940
1967	1.374.000	264.000	192	7,23	1.908.720
1968	1.405.800	210.000	149	8,16	1.713.600
1969	1.487.680	313.000	210	7,17	2.244.210
1970	1.317.100	308.000	234	8,09	2.491.720
1971	1.302.000	330.000	253	9,58	3.161.400
1972	1.650.000	360.000	218	9,93	3.574.800
1973	1.466.000	310.000	211	19	5.890.000
1974	1.510.000	350.000	232	16,56	5.796.000
1975	1.350.000	368.000	273	14,1	5.188.800
1976	1.492.000	340.000	228	23,75	8.075.000
1977	1.820.000	435.000	239	19,86	8.639.100
1978	1.675.000	451.200	269	20,68	9.330.816
1979	1.422.000	320.000	225	24,9	7.968.000
1980	1.411.700	356.000	252	33,12	11.790.720
1981	1.263.000	358.835	284	45,21	16.222.930
1982	1.375.000	315.869	230	62,44	19.722.860
1983	1.680.000	402.506	240	78,73	31.689.297
1984	1.920.000	452.370	236	103,95	47.023.862
1985	2.090.000	526.045	252	109,82	57.770.262
1986	2.100.000	623.592	297	113,87	71.008.421
1987	2.020.000	571.052	283	133,05	75.978.469
1988	2.560.000	749.807	293	137,69	103.240.926

1989	2.800.000	828.944	296	159,9	132.548.146
1990	2.680.000	663.032	247	182,75	121.169.098
1991	2.330.000	680.000	292	238,78	162.370.400
1992	3.212.000	815.000	254	262,32	213.790.800
1993	3.516.000	986.000	280	276,76	272.885.360
1994	3.826.000	1.184.000	309	288,13	341.145.920
1995	4.406.000	1.250.000	284	277,82	347.275.000
1996	4.282.330	962.000	225	294,31	283.126.220
1997	3.862.440	1.058.920	274	295	312.381.400
1998	4.070.000	1.170.000	287	275	321.750.000
1999	4.300.000	1.320.000	307	260	343.200.000
2000	4.050.000	1.235.000	305	298	368.030.000
2001	3.787.378	1.246.839	329	245,34	305.899.480
2002	3.605.000	1.131.500	314	0,88	995.720
2003	3.671.000	972.000	265	1,03	1.001.160
2004	3.837.910	1.254.780	327	0,88	1.104.206
2005	3.630.000	946.000	261	0,9	851.400
2006	3.803.800	765.400	201	0,31	237.274
2007	3.387.240	668.181	197	0,42	280.636
2008	2.841.570	670.000	236	0,2	134.000
2009	2.330.000	600.000	258	0,32	192.000
2010	2.550.000	500.000	196	0,6	300.000



Εικόνα 5.4: Διάρθρωση κόστους παραγωγής της καλλιέργειας βαμβακιού (Μπαλαμπάνης 2017)

Με τη χρήση των αισθητήρων επετεύχθη μείωση των εισροών αυτών κατά 30%. Δηλαδή το συνολικό κόστος μειώθηκε κατά 11,1%, διαμορφώνεται δηλαδή από 0,88 σε 0,78. Δηλαδή ο παραγωγός εξοικονομεί 1786 ευρώ.

Το κόστος εγκατάστασης των αισθητήρων είναι 2200\$ (περίπου 1959 ευρώ).

Με μια πρώτη ματιά φαίνεται ότι ο παραγωγός κάνει απόσβεση σχεδόν από τον πρώτο χρόνο χρήσης των αισθητήρων. Επιπλέον στους παραπάνω υπολογισμούς δεν λήφθηκε υπόψη η αναμενόμενη αύξηση της παραγωγής ανά στρέμμα, που αναμένεται λόγω καλύτερων συνθηκών καλλιέργειας.

Κάτι ακόμα που προκύπτει από την εξέταση των παραπάνω υπολογισμών είναι ότι η καλλιέργεια βάμβακος είναι ασύμφορη για τους παραγωγούς χωρίς την κρατική ενίσχυση. Επίσης σημειώνεται ότι ο υπολογισμός των εσόδων από την καλλιέργεια βάμβακος είναι πολύπλοκος και ξεπερνά τους σκοπούς της παρούσας εργασίας. Στη παρούσα εργασία μας ενδιαφέρει να αποδείξουμε ότι η εγκατάσταση νέων τεχνολογιών είναι συμφέρουσα για τον μέσο παραγωγό.

14 Συμπεράσματα

Η γεωργία, στην Ελλάδα, χάνει σταδιακά το ρόλο και τη σημασία της σαν τομέας οικονομικής δραστηριότητας και απασχόλησης. Επίσης σήμερα πρέπει να δοθεί έμφαση στην ποιότητα και όχι στη ποσότητα, όπως ήταν η Κοινή Αγροτική Πολιτική του παρελθόντος. Η σημαντικότητα του Αγροτικού τομέα για την Ελλάδα εξακολουθεί να είναι υπολογίσιμη, παρόλο που μειώθηκε, αφού παράγει περίπου το 10% του ΑΕΠ της χώρας, απασχολεί το 20% του εργατικού δυναμικού, τα «νωπά» αγροτικά προϊόντα αποτελούν το 10% του συνόλου των εξαγωγών και τα μεταποιημένα το 30% και τέλος στηρίζει μια σειρά σημαντικών βιομηχανικών κλάδων (βιομηχανίες τροφίμων, καπνού, κλωστοϋφαντουργίας και τον τουρισμό).

Τα ιδιαίτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η Ελληνική Γεωργία σήμερα και που καλείται να λύσει με τη χρήση των νέων τεχνολογιών είναι (Φασνάκης 2012):

- Μικρός και κατακερματισμένος κλήρος
- Δυσμενείς γεωμορφολογικές συνθήκες
- Ανισομερής κατανομή μεταξύ φυτικής και ζωικής παραγωγής
- Υψηλή εξάρτηση από επιδοτήσεις για μια σειρά αγροτικών προϊόντων
- Περιορισμένη εφαρμογή νέας τεχνολογίας, σύγχρονων μεθόδων παραγωγής και οργάνωσης- διοίκησης των αγροτικών εκμεταλλεύσεων
- Χαμηλό ποσοστό αρδευόμενων εκτάσεων και ανομοιογενής χωροταξική διασπορά των υδάτινων πόρων
- Δυσμενής δημογραφική σύνθεση
- Χαμηλό μορφωτικό επίπεδο
- Ελλείψεις σε μηχανισμούς ενημέρωσης, κατάρτισης, ευαισθητοποίησης του αγροτικού πληθυσμού γενικά και των παραγωγών ειδικά
- Ελλείψεις σε κρίσιμες παραμέτρους για τη σύγκλιση ποιότητας ζωής μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών
- Ανταγωνιστικότητα

- Χαμηλή παραγωγικότητα (παρά τη συνεχή αύξησή της τα τελευταία χρόνια) εξαιτίας κακού επενδυτικού σχεδιασμού
 - Απουσία «επώνυμων» πιστοποιημένων ποιοτικών προϊόντων από την πρωτογενή παραγωγή
 - Μείωση των ιδιωτικών επενδύσεων επί σειρά ετών στις αρχές του 21^{ου} αιώνα.
 - Χαμηλός βαθμός τυποποίησης και μεταποίησης της πρωτογενούς παραγωγής
 - Χαμηλό ποσοστό παραγωγής «βιολογικών» προϊόντων παρά τους εκρηκτικούς ρυθμούς αύξησης της παραγωγής και ζήτησής τους τα τελευταία χρόνια
- Περιβάλλον
- Πιέσεις στο δασικό πλούτο της χώρας για αστική και τουριστική εκμετάλλευση
 - Υφαλμύρωση υδάτων σε παράκτιες περιοχές από την υπερ- άντληση
 - Επιβάρυνση υπόγειων υδάτων και εδαφών σε συγκεκριμένες περιοχές
 - Πιέσεις στη γεωργική γη από αστική και τουριστική ανάπτυξη
 - Μη άσκηση της γεωργικής δραστηριότητας, ιδιαίτερα στις ορεινές περιοχές με αποτέλεσμα την αλλοίωση του τοπίου.

Το κόστος εγκατάστασης αισθητήρων Γ.Α. τείνει συνεχώς να μειώνεται, καθώς υπάρχουν εταιρείες που προσφέρουν υπηρεσίες και με ετήσια συνδρομή. Οι επενδύσεις εξοπλισμού μεγάλης κλίμακας θα μπορούσαν να γίνονται από τους αγροτικούς συνεταιρισμούς ή από εταιρίες που εξειδικεύονται στην παροχή τέτοιων υπηρεσιών, όπως είναι τα Θρακικά Εκκοκκιστήρια για παράδειγμα και όχι από μεμονωμένους τους παραγωγούς.

Οι δαπάνες για τις νέες τεχνολογίες θα μπορούσαν να επιδοτούνται και από το κράτος κατά ένα βαθμό. Όπως και να έχει η εξοπλιστική δαπάνη αποσβάζεται με τον χρόνο λόγω της εξοικονόμησης πόρων από τις εισροές (π.χ. νερό, λίπασμα, φυτοφάρμακα κλπ).

Η ελληνική γεωργία έχει τη δυνατότητα με τη χρήση της πληροφορικής και των νέων τεχνολογιών να παράγει προϊόντα υψηλής ποιότητας, με σεβασμό στο περιβάλλον και να διασφαλίσει ικανοποιητικό εισόδημα στον Έλληνα παραγωγό. Ως φυσική συνέπεια των παραπάνω είναι η τόνωση της ζωής στην ύπαιθρο.

Βιβλιογραφία

Adamchuk, V.I., J.W. Hummel, M.T. Morgan, και S.K. Upadhyaya. «On-the-go soil sensors for precision agriculture.» *Computers and Electronics in Agriculture*, 2004.

Ayday, Can, και Saban Safak. «Application of Wireless Sensor Networks with GIS on the Soil Moisture Distribution Mapping.» *Symposium GIS Ostrava*. Ostrava, 2009. 25-28.

Brasa Ramos, A, F Montero Riquelme, F Montero García, L Orozco, και J.J. Roncero. «Precision viticulture using a Wireless SensorNetwork.» *Acta Horticulturae (ISHS)*, 2010: 307-313.

Corwin, D.L., και S.M. Lesch. «Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture.» *Computers and Electronics in Agriculture*, 2005: 11-43.

Damas, M., A.M. Prados, F. Gomez, and G. Olivares. "HidroBus® system: fieldbus for integrated management of extensive areas of irrigated land." *Microprocessors and Microsystems*, Μάιος 2001: 177-184.

Fountas, S, και συν. «Site-specific management in an olive tree plantation.» *Precision Agriculture*, April 2011: 179-195.

Friedman, S. «Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review.» *Computers and Electronics in agriculture*, 2005: 45-70.

Gemtos, T.A., Ath. Markinos, L Toullos, D Pateras, και G Zerva. «A Precision Farming Application in the Small Cotton Farms of Greece.» *ITAFE conference*. Izmir, Turkey, 2003.

Gemtos, Theofanis, S Fountas, A Tagarakis, και V Liakos. «Precision Agriculture Application in Fruit Crops: Experience in Handpicked Fruits.» *Procedia Technology*, 2013: 324-332.

Gertsis, Athanasios, Dimitrios Fountas, Ionel Arpasanu, and Masianos Michaloudis. "Precision Agriculture Applications in a High Density Olive Grove Adapted for Mechanical Harvesting in Greece." *Procedia Technology*, 2013: 152 – 156.

Gondchawar, Nikesh, και R. S. Kawitkar. «IoT based Smart Agriculture.» *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Ιούλιος 2016: 838-842.

Hydrosense.

http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIFE08_ENV_GR_000570_LAYMAN_EL.pdf.

KESHAVARZI, ALI, και FEREDOON SARMADIAN. «Mapping of Spatial Distribution of Soil Salinity and Alkalinity in a Semi-arid Region.» *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Land Reclamation*, 2012: 3-14.

Lund, E.D., C.D. Christy, και P.E. Drummond. «PRACTICAL APPLICATIONS OF SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY MAPPING.» *2nd European Conference on Precision Agriculture*. 1999.

Markinos, A.T, T.A. Gemtos, D. Pateras, L. Toullos, G. Zerva, και M. Papaconomou. «The influence of cotton variety in the calibration factor of a cotton yield monitor.» *2nd HAICTA conference*. Thessaloniki, 2004. 65-74.

Papageorgiou, E.I, A.T Markinos, and T.A Gemtos. "Soft Computing Technique of Fuzzy Cognitive Maps to connect yield defining parameters with yield in Cotton Crop Production in Central Greece as a basis for a decision support system for precision agriculture application." *Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications*, 2010: 325-362.

Rao, Pinnagadi Venkateswara, K Anuraag, V Aravinth, M Arun David, and E Arun. "Smart Agriculture Monitoring System based on Internet of Things." *International Research Journal of Engineering and Technology*, Μάρτιος 2018: 1952-1956.

Ruiz-Garcia, Luis, Loredana Lunadei, Pilar Barreiro, και Jose Ignacio Robla. «A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and food industry: State of the Art and Current trends.» *Sensors*, 2009: 4728-4750.

Seifi, M.R., R Alimardani, και A Sharifi. «How can soil electrical conductivity measurements control soil pollution?» *Research Journal of Environmental and EarthSciences* , 2010: 235-238.

Surai, S., R Kundu, R Ghosh, και G Bid. «An IoT Based Smart Agriculture System with.» *Journal of Innovation and Research*, Μάιος 2018: 39-42.

TongKe, Fan. «Smart Agriculture Based on Cloud Computing and IOT.» *Journal of Convergence Information Technology*, 1 2013: 210-216.

Vellides, G., M. Tucker, C. Perry, C. Kvien, and C. Bednarz. "A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation." *Computers and Electronics in Agriculture*, Απρίλιος 2008: 44-50.

Whelan, B. M., και A. B. McBratney. «The “Null Hypothesis” of Precision Agriculture.» *Precision Agriculture*, 2000: 265-279.

wikipedia GPS. *wikipedia el*. https://el.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System (πρόσβαση 1 2019).

Wikipedia, Τηλεπισκόπηση. *Wikipedia*. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%BA%CF%8C%CF%80%CE%B7%CF%83%CE%B7> (πρόσβαση 1 2019).

Αγγελοπούλου, Κ. *Γεωργία Ακριβείας στην καλλιέργεια μήλων*. Διδακτορική Διατριβή, Βόλος: Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, 2008.

Βερυκοκίδης, Μανώλης. *ΕΞΥΠΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ -SMART SENSORS*. Πτυχιακή Εργασία, Ηλεκτρολογίας, Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο: ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, 2010.

Μήτσιος. *Γονιμότητα εδαφών. Θρεπτικά στοιχεία φυτών*. Αθήνα.: Ζημελ,, 2004.

Μπαλαμπάνης, Άγγελος. «Μελέτη της κοστολόγησης της καλλιέργειας βαμβακιού στο Νομό της Αιτωλοακαρνανίας.» Διπλωματική Μεταπτυχιακού, Αγρίνιο, 2017.

Ξενούλης, Μιχαήλ. «Χαρτογράφηση της αναβάσταξης του φυσικού οικοσυστήματος της περιοχής Πάρνηθας Αττικής με χρήση δορυφορικών παρατηρήσεων και γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων.» *Μεταπτυχιακή Διατριβή*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών., 2011.

Στυλιανίδης, Δ.Κ, Α.Δ. Σιμώνης, και Γ.Δ. Συργιανίδης. *Θρεψη, Λίπανση φυλλοβόλων οπωροφόρων δένδρων*. Αθήνα,: Εκδόσεις Σταμούλη, 2002.

Φασνάκης, Γεώργιος. *Η χρήση των νέων τεχνολογιών της πληροφορικής στη γεωργία και στην κτηνοτροφία*. Διπλωματική εργασία Μεταπτυχιακού, Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών, Κοζάνη: ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, 2012.

Φούντας, Σπύρος, και Θεοφάνης Γέμτος. *Γεωργία Ακριβείας*. www.kallipos.gr. Αθήνα: ΣΕΑΒ, 2015.

ΦΥΤΙΛΗΣ, ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Κ. *ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΙΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ*. Διατριβή Ειδίκευσης Μεταπτυχιακού, Βόλος: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, 2012.

Παράρτημα Α_ Δείκτες τηλεπισκόπισης που χρησιμοποιούνται στη γεωργία.

I. NDVI

Ο πιο σημαντικός δείκτης που χρησιμοποιείται στην γεωργία είναι ο NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς βλάστησης ο οποίος έχει τύπο:

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

NIR: Μήκος Κύματος στο Εγγύς Υπέρυθρο.

RED: Μήκος Κύματος στο Ερυθρό.

Ο NDVI παίρνει τιμές από «-1» (μη ύπαρξη φυτοκάλυψης) έως «1» (πλήρης φυτοκάλυψη). Χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση χαρακτηριστικών, όπως ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI), η βιομάζα, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα, η παραγωγικότητα των φυτών, η κλασματική φυτοκάλυψη, η συνολική βροχόπτωση, κλπ.

II. NDSI

Ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς εδάφους (Normal Difference Soil Index) NDSI χρησιμοποιείται για τη μέτρηση χαρακτηριστικών στο έδαφος. Ο τύπος είναι :

$$NDSI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

NIR: Μήκος Κύματος στο Εγγύς Υπέρυθρο.

SWIR: Μήκος Κύματος στα Μικροκύματα.

III. NDWI

Ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς νερού (Normal Difference Water Index) NDWI χρησιμοποιείται για τη μέτρηση χαρακτηριστικών του νερού. Ο τύπος είναι:

$$NDWI = \frac{RED - SWIR}{RED + SWIR}$$

SWIR: Μήκος Κύματος στα Μικροκύματα.

RED: Μήκος Κύματος στο Ερυθρό.

Από αυτούς τους δείκτες και κυρίως από τον NDVI προέκυψαν και άλλοι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την καλύτερη κατανόηση του οικοσυστήματος, αλλά και για να διορθώσουν σφάλματα που εμφανίζονται σε αυτούς τους δείκτες. Παρακάτω θα γίνει μια αναφορά σε δείκτες που χρησιμοποιούνται για αυτόν τον σκοπό.

IV. NVMI

Δείκτης Κανονικοποιημένης Υγρασίας Βλάστησης (Normalized Vegetation Moisture Index).

$$NVMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

NIR: Μήκος Κύματος στο Εγγύς Υπέρυθρο.

SWIR: Μήκος Κύματος στα Μικροκύματα.

V. SAVI

Δείκτης Εδαφικής Ρύθμισης Βλάστησης (Soil-Adjusted Vegetation Index).

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{(NIR + RED + L)} \times (1 + L)$$

NIR: Μήκος Κύματος στο Εγγύς Υπέρυθρο.

RED: Μήκος Κύματος στο Ερυθρό.

L: Μεταβλητή με τιμές 0 (πλήρης φυτοκάλυψη) έως 1 (Καθόλου Φυτοκάλυψη).

VI. SR ή RVI

Δείκτης Αναλογικής Βλάστησης (Simple Ration Ratio Vegetation Index).

$$RVI = \frac{NIR}{RED}$$

NIR: Μήκος Κύματος στο Εγγύς Υπέρυθρο.

RED: Μήκος Κύματος στο Ερυθρό.

VII. GNDVI

Δείκτης κανονισποιημένης διαφοράς βλάστησης στο πράσινο (Green Normalized Difference Vegetation Index).

$$GNDVI = \frac{NIR - GREEN}{NIR + GREEN}$$

NIR: Μήκος Κύματος στο Εγγύς Υπέρυθρο.

GREEN: Μήκος Κύματος στο Πράσινο.

VIII. CVI

Δείκτης Χλωροφύλλης Βλάστησης (Chlorophyll Vegetation Index).

$$CVI = \frac{NIR}{GREEN} \times \frac{RED}{GREEM}$$

NIR: Μήκος Κύματος στο Εγγύς Υπέρυθρο.

RED: Μήκος Κύματος στο Ερυθρό.

GREEN: Μήκος Κύματος στο Πράσινο.

IX. NBRI

Δείκτης Κανονισιοποιημένης Αναλογίας Καύσης (Normalized Burn Ratio Index).

$$NBRI = \frac{NIR - MIR}{NIR + MIR}$$

NIR: Μήκος Κύματος στο Εγγύς Υπέρυθρο.

MIR: Μήκος Κύματος στο Μέσο Υπέρυθρο.

Οι παραπάνω δείκτες που αναφέρθηκαν αποτελούν ένα μικρό μέρος των δεικτών που υπάρχουν στην τηλεπισκόπηση.

Παράρτημα Β_Τεχνικές Ορολογίες που συνδέονται με τους έξυπνους αισθητήρες

I. Αισθητήρες- Sensors

Οι αισθητήρες είναι ηλεκτρονικές συσκευές που μετρούν μια φυσική αλλαγή στο περιβάλλον και την μετατρέπουν σε κατάλληλη ηλεκτρική μορφή. Αισθητήρες όπως περιβαλλοντικοί αισθητήρες, αισθητήρες ροής αέρα, αισθητήρες θέσης, ηλεκτροχημικοί αισθητήρες, μηχανικοί αισθητήρες και οπτικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την συλλογή διαφόρων ειδών γεωργικών δεδομένων. Οι έξυπνοι αισθητήρες είναι σε θέση όχι μόνο να αποκτούν δεδομένα, αλλά και να αποθηκεύουν, να επεξεργάζονται και να ενσωματώνουν αυτά τα δεδομένα. Η σύντηξη δεδομένων αισθητήρων είναι ένας συνδυασμός δύο ή περισσότερων αισθητήρων για την συλλογή διαφορετικών ειδών δεδομένων ώστε να ξεπεραστεί η αδυναμία ενός μόνο αισθητήρα. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSNs) είναι δίκτυα τέτοιων αισθητήρων που συνδέονται ασύρματα.

II. Ενσωματωμένο Σύστημα _Embedded System

Ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι ένας μικροεπεξεργαστής / ελεγκτής ενσωματωμένος σε ένα ηλεκτρομηχανικό σύστημα για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης εργασίας. Είναι προγραμματιζόμενο και έχει περιορισμένη ισχύ μνήμης και επεξεργασίας. Τα περισσότερα από τα ενσωματωμένα συστήματα βασίζονται σε συστήματα ανίχνευσης, που αποτελούνται από αισθητήρες και ενεργοποιητές.

III. IoT

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι ένα σύνθετο διασυνδεδεμένο δίκτυο πραγμάτων που ανταλλάσσει συνεχώς δεδομένα. Εδώ, τα "πράγματα" αναφέρονται σε οποιοδήποτε φυσικές συσκευές όπως αισθητήρες, φωτογραφικές μηχανές, φορητά, οχήματα, κινητά τηλέφωνα και σπίτια που είναι συνδεδεμένα στο διαδίκτυο. Οι συσκευές και τα αντικείμενα με ενσωματωμένους αισθητήρες συνδέονται με μια πλατφόρμα, η οποία περιλαμβάνει δεδομένα από τις διάφορες συσκευές και εφαρμόζει αναλυτικά στοιχεία για να μοιράζονται τις πιο πολύτιμες πληροφορίες με εφαρμογές που έχουν δημιουργηθεί για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων αναγκών. Οι συσκευές IoT μπορούν να εντοπίσουν ακριβώς ποιες πληροφορίες είναι χρήσιμες και να τις εκμεταλλευτούν κατάλληλα, μέσα από τον

τεράστιο όγκο πληροφοριών που παράγουν οι συσκευές λόγω της συνεχούς επικοινωνίας τους με το δίκτυο (streaming data). Ενώ στην παραδοσιακή ανάλυση, τα δεδομένα αποθηκεύονται και μετά αναλύονται, στην περίπτωση των δεδομένων συνεχούς ροής (streaming data) όπως αυτά του IoT, τα μοντέλα και οι αλγόριθμοι είναι αυτοί που αποθηκεύονται και τα δεδομένα περνούν μέσα από αυτά για ανάλυση. Αυτό το είδος της ανάλυσης καθιστά δυνατό τον εντοπισμό και την εξέταση μοτίβων καθώς τα δεδομένα δημιουργούνται, σε πραγματικό χρόνο.

Έτσι, πριν αποθηκευτούν τα δεδομένα, στο cloud ή σε οποιοδήποτε άλλον χώρο αποθήκευσης, υπόκειται σε επεξεργασία. Έπειτα, χρησιμοποιούνται analytics ώστε να αποκρυπτογραφηθούν τα δεδομένα, ενώ όλες οι συσκευές συνεχίζουν να εκπέμπουν και να λαμβάνουν δεδομένα.

Με τεχνικές advanced analytics, τα data stream analytics μπορούν να πάνε πέρα από την απλή παρακολούθηση των υπαρχουσών συνθηκών και την αξιολόγηση των κατώτατων ορίων στην πρόβλεψη μελλοντικών σεναρίων και στην εξέταση πολύπλοκων ερωτημάτων.

Για να εκτιμηθεί το μέλλον με τη χρήση αυτών των ροών δεδομένων (data streams), θα πρέπει να υπάρχουν τεχνολογίες υψηλής απόδοσης που μπορούν να προσδιορίζουν μοτίβα στα δεδομένα τη στιγμή που αυτά δημιουργούνται. Μόλις ένα μοτίβο αναγνωρίζεται, μετρήσεις ενσωματωμένες στη ροή δεδομένων, οδηγούν στην αυτόματη προσαρμογή των συνδεδεμένων συστημάτων ή δημιουργούν ειδοποιήσεις για άμεσες δράσεις και λήψη καλύτερων αποφάσεων.

Ουσιαστικά, αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να προχωρήσουμε πέρα από την απλή παρακολούθηση συνθηκών και ορίων στην εκτίμηση πιθανών μελλοντικών γεγονότων και στον προγραμματισμό τους για αμέτρητα what-if σενάρια.

IV. Cloud computing

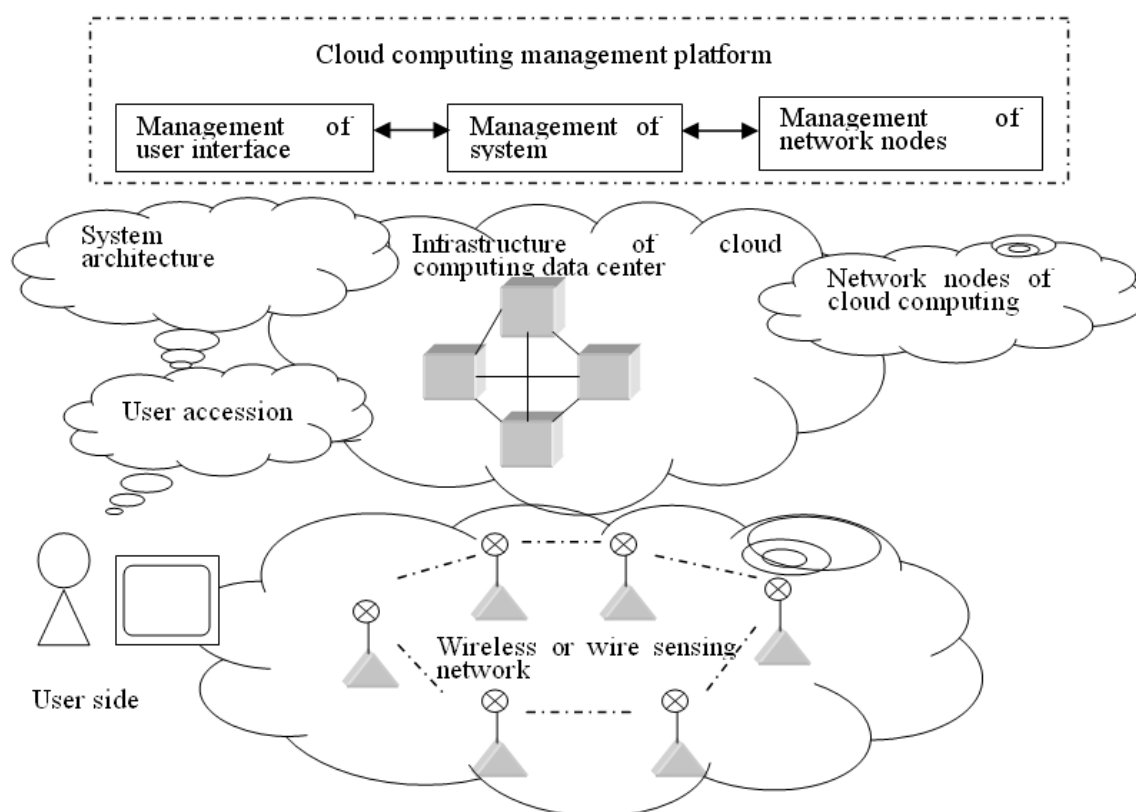
Το Cloud computing είναι μια υπηρεσία υπολογιστών που βασίζεται στο διαδίκτυο, όπου ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει, να χειριστεί και να ανακτήσει δεδομένα και να χρησιμοποιήσει πόρους από οπουδήποτε χωρίς να έχει στην κατοχή του το απαιτούμενο υλικό ή λογισμικό.

V. Ανάλυση Δεδομένων_ Data Analytics

Οι τεχνικές ανάλυσης δεδομένων περιλαμβάνουν την ανάλυση και επεξεργασία των ληφθέντων μεγάλων συνόλων δεδομένων από το πεδίο και την παροχή σημαντικών πληροφοριών έτσι ώστε κάθε ενδιαφερόμενο μέρος να μπορεί να τις χρησιμοποιήσει για τις μελλοντικές τους εργασίες. Αυτά τα μεγάλα σύνολα δεδομένων ονομάζονται μεγάλα δεδομένα (big data) και η αναλυτική τεχνική ονομάζεται εξόρυξη δεδομένων (data mining). Ένα ξεχωριστό πεδίο μελέτης που ονομάζεται επιστήμη των δεδομένων (data science) έχει αναδυθεί πρόσφατα που συνδυάζει αλγόριθμους υπολογιστών και στατιστικές μεθόδους για την ανάλυση δεδομένων.

VI. Τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) - Information and Communications Technology (ICT)

Η τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) είναι ένας όρος επέκτασης για την τεχνολογία της πληροφορίας (IT) που τονίζει τον ρόλο των ενοποιημένων επικοινωνιών και την ολοκλήρωση των τηλεπικοινωνιών (τηλεφωνικές γραμμές και ασύρματα σήματα) και των υπολογιστών, συστήματα αποθήκευσης και οπτικοακουστικά συστήματα, τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες να έχουν πρόσβαση, να αποθηκεύουν, να μεταδίδουν και να χειρίζονται πληροφορίες. Οι ΤΠΕ είναι ένα ευρύ θέμα και οι έννοιες εξελίσσονται. Καλύπτει οποιοδήποτε προϊόν που αποθηκεύει, ανακτά, χειρίζεται, μεταδίδει ή λαμβάνει πληροφορίες ηλεκτρονικά σε ψηφιακή μορφή (π.χ. προσωπικοί υπολογιστές, ψηφιακή τηλεόραση, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή ρομπότ).



Σχήμα Α: Σχηματική αναπαράσταση cloud computing για εφαρμογές IoT.