



**Πανεπιστήμιο Μακεδονίας**  
**Πληροφοριακά Συστήματα**  
**Μάθημα: Δίκτυα Υπολογιστών**  
**Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης**

**University Of Macedonia ΔΠΜΣ**  
**MSc. In Information Systems**  
**Course: Computer Networks**  
**Professor: A.A. Economides**

**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ  
ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΕΣ  
REAL CASES OF WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR AGRICULTURE  
FARMING & CROPS**



Πολύζου Μαρία mis19012  
Καραβίδα Ευφροσύνη mis19006

Θεσσαλονίκη, Μάιος 2019

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία δημιουργήθηκε για την ανάλυση του WSNs πάνω στον τομέα της Γεωργίας Ακριβείας. Στην εισαγωγή του θέματος περιγράφεται η μετάβαση της συμβατικής γεωργίας στην Γεωργία Ακριβείας. Στο πρώτο κεφάλαιο διευκρινίζεται ο ορισμός, η αρχιτεκτονική και τα χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων. Έπειτα αναλύονται οι τύποι αισθητήρων, οι πραγματικές μελέτες περιπτώσεων, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της Γεωργίας Ακριβείας. Τέλος παρατίθενται μία swot ανάλυση, τα συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

## ABSTRACT

This working was created for the analysis of WSNs in the field of precision agriculture. The introduction of the subject describes the transition of conventional agriculture to precision agriculture. The first chapter clarifies the definition, architecture and features of wireless networks. Then analyzed the types of sensors, the case studies, the advantages and disadvantages of precision agriculture. Finally, a swot analysis, conclusions and proposals for future research are presented.

**Παρουσίαση Θέματος :**

Κάνοντας μια αναδρομή στο παρελθόν παρατηρούμε ότι ο γεωργός γνώριζε τις καλλιεργητικές ανάγκες κατά την βλαστική περίοδο καθώς περπατούσε στο χωράφι, με αποτέλεσμα να ρίχνει περισσότερο λίπασμα όπου διέκρινε αδυναμία στα φυτά και να καταστρέφει ζιζάνια όπου εμφανίζονταν. Αυτό συνέβαινε πριν από την ευρεία εισαγωγή μηχανών σε μια παραγωγική διαδικασία γνωστή ως εκμηχάνιση. Με την μεγένθυση των αγροκτημάτων και την εκμηχάνιση της γεωργίας ο γεωργός χάνει αυτόματα την αίσθηση του χωραφιού του. Βάση των μέσων όρων της παραγωγής, των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας και των ιδιοτήτων του εδάφους γίνεται η σημερινή διαχείριση των αγροκτημάτων. Κύριο χαρακτηριστικό είναι ότι οι αγροί είναι ομοιόμορφοι, ώστόσο οι αγρότες είχαν επίγνωση ότι υπήρχε ανομοιομορφία των αγρών τους, μη έχοντας την δυνατότητα να καλύψουν τις ανάγκες που υπήρχαν στα διαφορετικά σημεία του αγρού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην λιπαίνεται ισάξια ο αγρός, αφού δεν υπολόγιζαν την χωρική ποικιλότητα του εδάφους και της παραγωγής. Άρα σε μερικά σημεία η μεγαλύτερη ποσότητα λιπάσματος από αυτήν που ενδείκνυται, προκαλεί σπατάλη λιπάσματος και υποτιμάται η ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος, αντιθέτως η ελλειπής ποσότητα λιπάσματος σε άλλες περιοχές ελαττώνει την παραγωγή.

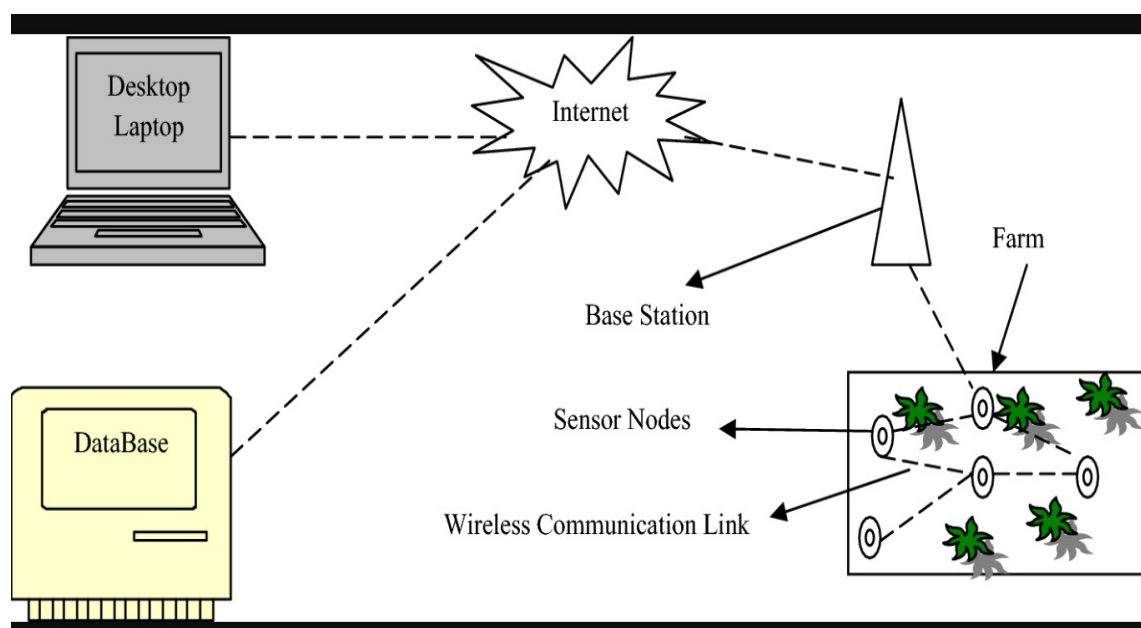
Για την ανάπτυξη συστημάτων Γεωργίας Ακριβείας συνετέλεσε η εκτέλεση των νέων τεχνολογιών στην γεωργία, οι οποίες μετρούσαν την χωρική και χρονική ποικιλομορφία των παραμέτρων της παραγωγής και του εδάφους. Ο πιο κατάλληλος ορισμός της Γεωργίας Ακριβείας είναι ότι οι εισροές δεν έχουν ορθή χρήση, οπότε για την βέλτιστη απόδοση των αγροκτημάτων και τη μείωση βλαβερών επιπτώσεων στο περιβάλλον, ορίζουμε τη διαχείριση της χωρικής και χρονικής ποικιλομορφίας. Συννοώντας με την νέα τεχνολογία οι αγρότες αποφασίζουν για το αγροτεμάχιο τους το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Και όταν αναφερόμαστε για το βέλτιστο αποτέλεσμα, αποδίδουμε πιο οικονομικά ενώ ταυτόχρονα δίνουμε την σωστή ποσότητα εισροών (λιπασμάτων κτλ) σε κάθε αγροτεμάχιο αναλόγως με τις ανάγκες του, έτσι υπάρχει και ο σεβασμός του περιβάλλοντος. ( Gemtos et al., 2002 )

## 1. Εισαγωγή Στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSNs)

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι μια από τις πιο σύγχρονες υπηρεσίες που χρησιμοποιούνται σε εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές. Αυτό συμβαίνει λόγω της τεχνολογικής ανάπτυξης στο τομέα επικοινωνίας, επεξεργαστή και χαμηλής κατανάλωσης ενσωματωμένων υπολογιστικών συσκευών. Το WSNs αποτελείται από κόμβους χρήσιμους για την παρατήρηση του περιβάλλοντος όπως θερμοκρασία, υγρασία, πίεση, ήχος κτλπ. (Electronis- Projects- Focus, 2019 ).

Η χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων στο πλαίσιο του αγροτικού κλάδου είναι όλο και περισσότερο κοινή. Η χρήση WSNs απελευθερώνει τον αγρότη από την χρήση καλωδίωσης σε ένα δύσκολο περιβάλλον. Για παράδειγμα αντλίες νερού ελέγχονται με τη χρήση ασύρματων συσκευών και η χρήση του νερού μπορεί να μετρηθεί και να μεταδίδεται ασύρματα σε ένα κεντρικό σημείο ελέγχου για τιμολόγηση. (Wikipedia, Google, 2019)

Η ανάπτυξη εφαρμογών WSNs στη Γεωργία Ακριβείας οδηγεί στην αύξηση της κερδοφορίας και αποτελεσματικότητας της φυτικής παραγωγής, βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί την κατατροφή του περιβάλλοντος. Τα συστήματα Γεωργίας Ακριβείας παρέχουν πληροφορίες μέσω WSNs σε πραγματικό χρόνο δημιουργώντας ένα μοντέλο λήψης αποφάσεων. Το μοντέλο αυτό δίνει την ευχέρεια στο γεωργό να γνωρίζει άμεσα την κατάσταση του αντικειμένου σε όλα τα στάδια του κάτι το οποίο θα τον διευκολύνει στη διαδικασία λήψης αποφάσεων οποιαδήποτε στιγμή υπάρχει ανάγκη. ( Ruiz-Garcia, Lunadei, Barreiro, & Robla, 2009)

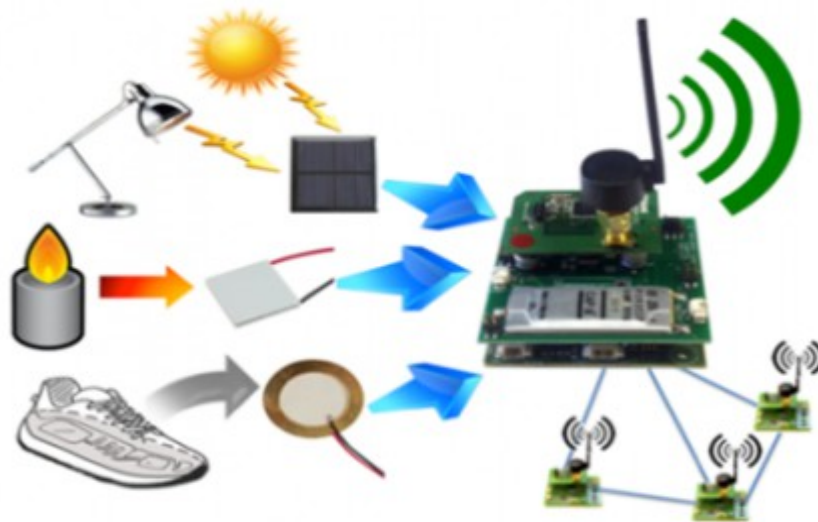


Εικόνα 1. Επισκόπηση της Γεωργίας Ακρίβειας

### 1.1 Τι είναι το Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων

Με τον όρο Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων WSNs εννοούμε ένα είδος ασύρματου δικτύου που αποτελείται από ένα σύνολο αυτορυθμιζόμενων και χαμηλής ισχύος συσκευών που ονομάζονται κόμβοι ή αλλιώς motes. Τα δίκτυα αυτά καλύπτουν ένα μεγάλο αριθμό μικρών, ενσωματωμένων συσκευών που λειτουργούν με μπαταρίες δικτυωμένες ώστε να ελέγχουν, να επεξεργάζονται και να μεταδίδουν τις πληροφορίες. Οι κόμβοι είναι οι μικροσκοπικοί υπολογιστές που λειτουργούν από κοινού για να σχηματίσουν τα δίκτυα. Μια συλλογή από κόμβους αισθητήρων συλλέγει δεδομένα από το περιβάλλον για να επιτύχει κάποιο στόχο εφαρμογής. ( Electronis- Projects- Focus, 2019 )

Τα Ασύρματα Δίκτυα αισθητήρων είναι χρήσιμα κυρίως για ελέγχους σε απομακρυσμένες και δύσβατες περιοχές. Συνήθως αποτελούνται από έναν κεντρικό αποδέκτη και μερικές δεκάδες ή και εκατοντάδες μικρούς περιφερειακούς κόμβους. Η μετάδοση πληροφοριών από κόμβο σε κόμβο μπορεί να γίνει είτε με υπέρυθρες είτε με οπτικές ίνες είτε με ραδιοσυχνότητες. Η επιλογή του μέσου μετάδοσης εξαρτάται από την εφαρμογή για την εφαρμογή που εγκαταστάθηκε. (Sohraby, Minoli, & Znati,2007)

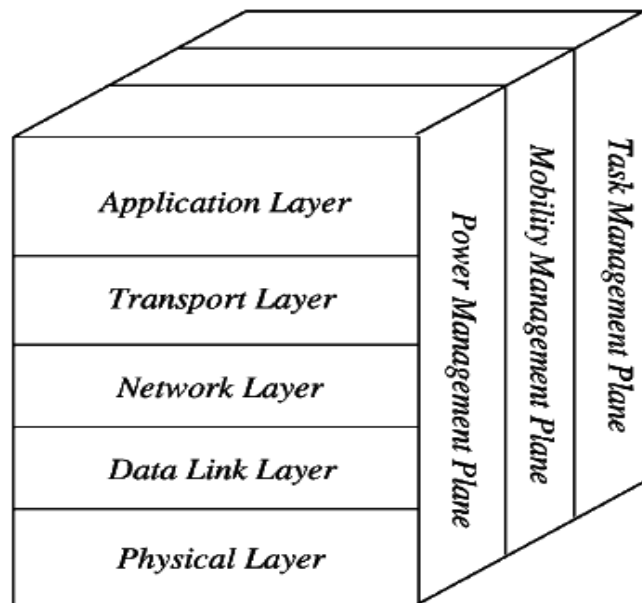


Εικόνα 2. Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων

### 1.2 Αρχιτεκτονική Δικτύου Ασύρματων Αισθητήρων

Η αρχιτεκτονική WSNs περιλαμβάνει πέντε στρώματα και τρία διαστρωματικά στρώματα. Κυρίως απαιτούνται πέντε επίπεδα, δηλαδή εφαρμογή, μεταφορά, δίκτυο, σύνδεση δεδομένων και φυσική στρώση. Τα τρία διαστρωματικά στρώματα είναι η διαχείριση εργασίας, η διαχείριση

κινητικότητα και η διαχείριση εργασιών. Αυτά τα στρώματα χρησιμοποιούνται για να κάνουν τους αισθητήρες να συνεργάζονται ώστε να αυξήσουν την απόδοση του δικτύου. (Electronis- Projects- Focus, 2019 )



Εικόνα 3. Αρχιτεκτονική Δικτύου Ασύρματων Αισθητήρων

- **Application Layer** : Το επίπεδο εφαρμογής είναι χρήσιμο για την κυκλοφορία και προσφέρει λογισμικό για πολλές εφαρμογές που μετατρέπουν τα δεδομένα σε χρήσιμες πληροφορίες. Τέτοιες εφαρμογές μπορεί να υπάρχουν σε πολλούς τομείς όπως στη γεωργία.
- **Transport Layer** : Το επίπεδο μεταφοράς είναι χρήσιμο για να παρέχει αποφυγή συμφόρησης και αξιοπιστία. Είναι απαραίτητο όταν σχεδιάζεται ένα σύστημα επικοινωνίας με άλλα δίκτυα και σκοπός του είναι μέσα από πρωτόκολλα η αναγνώριση και η ανάκτηση ζημιών.
- **Network Layer** : Το επίπεδο δικτύου είναι χρήσιμο για την δρομολόγηση. Παρέχει τα μέσα μεταφοράς πακέτων δικτύου μεταβλητού μήκους από μία πηγή σε έναν κεντρικό υπολογιστή μέσω ενός ή περισσότερων δικτύων.
- **Data Link Layer** : Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων είναι υπεύθυνο για την πολυπλεξία ανίχνευσης πλαισίου δεδομένων, ροές δεδομένων, MAC και έλεγχο σφαλμάτων. Επιβεβαιώνει την αξιοπιστία του σημείου- σημείου ή point-multipoint.
- **Physical Layer** : Το φυσικό στρώμα είναι υπεύθυνο για την επιλογή της συχνότητας, τη δημιουργία μιας φέρουσας συχνότητας, την ανίχνευση σημάτων, την κρυπτογράφηση δεδομένων.

( Electronis- Projects- Focus, 2019 )

### 1.3 Χαρακτηριστικά Δικτύου Ασύρματων Αισθητήρων

- Ανάπτυξη ασύρματης δικτύωσης
- Ύπαρξη πολλών αισθητήρων σε ένα δίκτυο που προσφέρουν υψηλή ανάλυση αφού

λαμβάνονται περισσότερες μετρήσεις

- Οικονομικό λόγω έλλειψης καλωδίωσης
- Λειτουργία σε ακραίες συνθήκες λόγω εξέλιξης μικροηλεκτρικών συστημάτων
- Παρέχει μεγάλη ανοχή σε σφάλματα λόγω της αυξημένης πυκνότητας
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Δυνατότητα αυτοοργάνωσης χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση (Μακρή 2011)

## **2.Τύποι Αισθητήρων στη Γεωργία Ακρίβειας**

Οι αισθητήρες είναι μηχανισμοί ταχείας μέτρησης και δειγματοληψίας. Τοποθετούνται στα χωράφια και αποθηκεύουν πληροφορίες για την θερμοκρασία, την υγρασία, καιρικές συνθήκες κτλπ. Με τη χρήση τέτοιων αισθητήρων ο γεωργός μπορεί να έχει πλήρη επίγνωση για τις ανάγκες και την φυσιολογική ανάπτυξη της καλλιέργειας του. Υπάρχουν αρκετοί τύποι αισθητήρων όπως σοδειάς, αγρού, εδάφους, φυτών, ζιζανίων κτλπ. (Farmacon Team, Χαρού Αναστασία, 2016)

### **2.1 Αισθητήρες Διαχείρισης Αζώτου**

Ένα εργαλείο διαχείρισης αζώτου είναι το Crop Circle. Ο αισθητήρας αυτός χρησιμοποιεί μια ενεργή πηγή φωτός και έναν αισθητήρα για το υπέρυθρο NIR και ορατό NAR φως που ανακλώνται από τα φυτά για να υπολογίσει το συντελεστή ανάκλασης φυτών και μέσω αυτού την κατάσταση αζώτου. Σκανάρει τα φυτά και βρίσκει την ποσότητα αζώτου που πρέπει να εφαρμοστεί σε πραγματικό χρόνο. Τοποθετείται επάνω σε λιπασματο-διανομέα ή ελκυστήρα και κάθε φορά που γίνεται πέρασμα από τα φυτά δημιουργείται ένας χάρτης που δείχνει την παραλλακτικότητα αζώτου στον αγρό.

Ένας τύπος Crop Circle είναι ο αισθητήρας Crop Circle ACS 210. Οι πληροφορίες που παίρνουν από αυτόν τον αισθητήρα είναι οι ποσότητες νερού, ασθενειών, θρεπτικών ουσιών και άλλων στοιχείων που επηρεάζουν τα φυτά. ( Χατζής 2011, Joshua D Rudd, Gary T Roberson, John J Classen, 2017 )



Εικόνα 4. Crop Circle Sensor

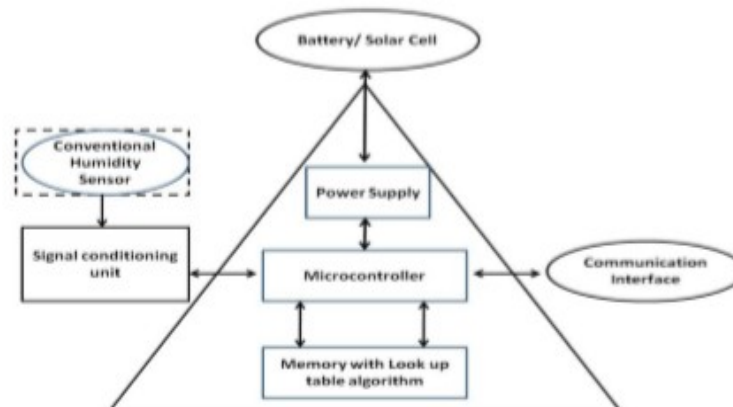
## 2.2 Αισθητήρας Μέτρησης Υγρασίας Εδάφους

Ο ευφυής αισθητήρας υγρασίας είναι μία έμμεση μέθοδος μέτρησης του νερού του εδάφους ( υγρασία εδάφους). Είναι χρήσιμος τόσο για γεωργικές εφαρμογές όσο και για εφαρμογές τοπίου. Είναι αισθητήρας ηλεκτρικής χωρητικότητας όπου μετρώντας την, μεταδίδει σε έναν ενσωματωμένο επεξεργαστή. ( Shinghal, Noor, Srivastava, & Singh, 2011)



Εικόνα 5. Αισθητήρας Υγρασίας

Ένας πίνακας βαθμονόμησης αποθηκεύεται στη μνήμη του συστήματος αισθητήρων όπου οι προκατασκευασμένες τιμές αναφοράς χωρητικότητας αποθηκεύονται στο χάρτη μνήμης για επεξεργασία την οποία κάνει ο επεξεργαστής του αισθητήρα υγρασίας. Έτσι αναγνωρίζεται η ένταση του εδαφικού ύδατος. (Shinghal, Noor, Srivastava, & Singh, 2011)



Εικόνα 6. Διάγραμμα λειτουργίας αισθητήρα

Ο αισθητήρας Υγρασίας αποτελείται από :

- Αισθητήριο στοιχείο μέτρησης υγρασίας
- Υπολογιστικό στοιχείο ανάλυσης των μετρήσεων
- Μία διεπαφή αφού έχει γίνει επεξεργασία που δίνει την δυνατότητα στη συσκευή να ανταλλάξει πληροφορίες με άλλα στοιχεία μεγαλύτερων συσκευών

(Shinghal, Noor, Srivastava, & Singh, 2011)

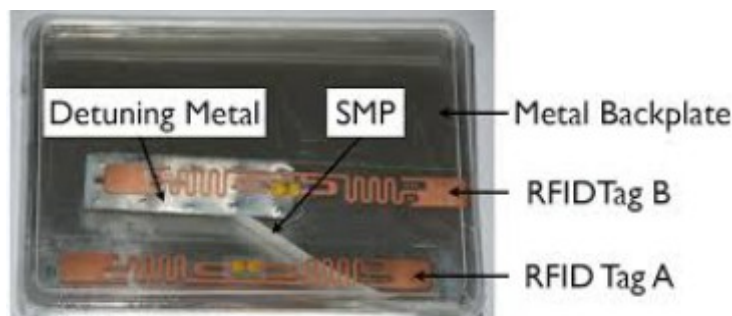


### 2.3 Αισθητήρας μέτρησης θερμοκρασίας περιβάλλοντος

Η απόδοση των καλλιεργειών επηρεάζεται άμεσα από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και θεωρείται εξίσου σπουδαίος παράγοντας. Αναπτύσσονται οι αισθητήρες πρόβλεψης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος για την αποφυγή πιθανών ζημιών στις καλλιέργειες τεχνολογίας της Γεωργίας Ακριβείας.

Ακολουθεί η εμφάνιση σχετικά με την λειτουργικότητα ενός αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας :

- Σε μία πλαστική βάση υπάρχουν δύο ετικέτες RFID (Radio Frequency Identification) με απόσταση 25mm.
- Εσωτερικά στον αισθητήρα θερμοκρασίας βρίσκεται μία μεταλλική πλακέτα. Η πολυμερούς μνήμης σχήματος (shape memory polymer ,SMP), συνδέει τις πλακέτες του RFID με την παραπάνω μεταλλική πλακέτα, με στόχο να μετακινηθεί η παραπάνω πλακέτα. ( Bhattacharyya, Di Leo, Floerkemeier, Sarma & Anand, 2010 )



Εικόνα 7. Αισθητήρας Θερμοκρασίας

### 2.4 Αισθητήρας φυτών και ζιζανίων

Ένας σημαντικός παράγοντας που έχει επίδραση στην αποδοτικότητα των καλλιεργειών και στην απόδοση των προϊόντων είναι τα ζιζάνια και τα έντομα που προκαλούν την εξασθένηση των φυτών. Ο γεωργός για την αντιμετώπιση της ασθένειας ή την εξουδετέρωση ζιζανίων πρέπει αρχικά να μπορεί να τα εντοπίσει. Στον εντοπισμό αυτόν χρησιμεύουν τεχνικές όπως οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές που είτε είναι συνδεδεμένες στο τρακτέρ είτε είναι αυτόνομες μηχανές.

Για την μέτρηση των ιδιοτήτων των φυτών και του εδάφους υφίσταται τα συστήματα εφαρμογών εισροών με μεταβλητές δόσεις τα οποία διαχειρίζονται αισθητήρες. Τα εμπορικά

συστήματα ελέγχου ζιζανίων αποτελούνται από φωτονικό σύστημα διερεύνησης που μεταχειρίζεται ανακλάσεις για την αποσαφήνιση των διαφορών μεταξύ των ζιζανίων και το γυμνό έδαφος. Τέτοιο παράδειγμα συστημάτων εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις με χρήση αισθητήρων είναι το Weedseeker.

Το μηχάνημα Weedseeker ασχολείται αποκλειστικά με τον ψεκασμό των ζιζανίων και όχι του εδάφους, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει άσκοπη σπατάλη στην χρήση ζιζανιοκτόνων. Λειτουργεί με τον εξής τρόπο:

- Η δίοδος LED εκπέμπει φως στο έδαφος.
- Ο ανιχνευτής εντοπίζει το ανακλώμενο φως.
- Αν εντοπιστεί πράσινο φυτό, δίνεται ηλεκτρονικά σήμα στην βαλβίδα και προχωράει η διαδικασία του ψεκασμού με ζιζανιοκτόνο.
- Ψεκάζει μόνο ζιζάνια αποκλειστικά και όχι γυμνό έδαφος.

Τα συστήματα εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις αποτελούνται από τρία βασικά μέρη:

- Τους αισθητήρες (sensors).
- Τους ελεγκτές (controllers).
- Τους ενεργοποιητές (actuators).

Οι αισθητήρες που έχουν αναπτυχθεί για εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις μετρούν τις παρακάτω ιδιότητες των φυτών και του εδάφους :

- Αν περιέχει το έδαφος οργανική ουσία.
- Τη χωρητικότητα του εδάφους σε νερό.
- Ανάκλαση φωτός από καλλιέργειες και ζιζάνια.
- Θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος.

(Anusha and Shobha, 2015; Thessler, Kooistra, Teye, Huitu, & Bregt, 2011)



Εικόνα 8. Μηχάνημα Weedseeker



Εικόνα 9. Αισθητήρας Weedseeker

### 3. Πραγματικές μελέτες περιπτώσεων χρήσης WSNs στη Γεωργία Ακρίβειας

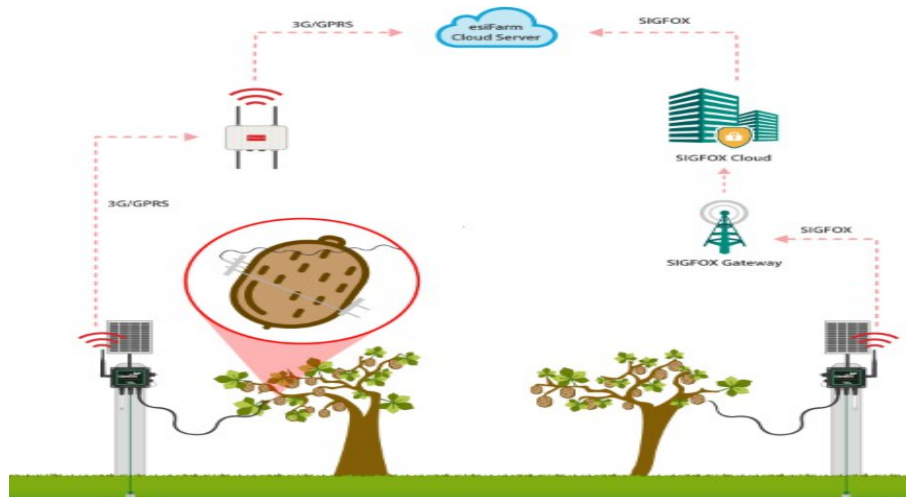
#### 3.1 Έξυπνο Σύστημα Άρδευσης για την βελτίωση παραγωγής ακτινιδίων στην Ιταλία

Για τη βελτίωση παραγωγής ακτινιδίων τοποθετήθηκαν δύο διαφορετικοί ασύρματοι αισθητήρες οι οποίοι παρακολουθούν τη κατάσταση των υδάτων του εδάφους για τον προγραμματισμό της άρδευσης. Τα δεδομένα των μετρήσεων καταγράφηκαν με το ίδιο σύστημα αλλά η μετάδοση πληροφοριών έγινε με δύο διαφορετικές ασύρματες συνδέσεις GPRS και Sigfox. Στόχος ήταν ο έλεγχος αξιοπιστίας και κόστους κατά τη καλλιεργητική περίοδο 2016 του ακτινιδίου.

Δύο Waspnote Plug & Sense αναπτύχθηκαν με αισθητήρες υδατογραφήματος σε διαφορετικά βάθη για τον έλεγχο υγρασίας του εδάφους με αισθητήρα διάμετρο φρούτων για τη μέτρηση μεγέθους του καρπού. Επιπλέον έγινε χρήση αισθητήρων θερμοκρασίας και υγρασίας για τον έλεγχο των περιβαλλοντικών συνθηκών. Μία από τις πλατφόρμες αισθητήρων είναι συνδεδεμένη με ασπίδα GPRS και η άλλη με Sigfox. Οι πληροφορίες που συλλέχτηκαν στάλθηκαν σε μια πλατφόρμα esiFARM που περιλαμβάνει τεχνολογίες GPRS και Sigfox. Για την διαχείριση GPRS έπρεπε να ρυθμιστεί ένας διακομιστής. Σε αυτή την περίπτωση η Meshlium IOT Gateway ενσωμάτωσε το σύστημα διαχείρισης Meshlium κάνοντας εύκολα τη διαχείριση δεδομένων. Οι αγρότες εντυπωσιάστηκαν από την ευκολία εγκατάστασης η οποία παρείχε πληροφορίες σε λιγότερο από μια ώρα απ' την πλήρη εγκατάσταση. Σε αυτό το έργο το σύστημα άρδευσης ενεργοποιήθηκε από τον αγρότη. ( Libelium, 2017)



Εικόνα 10. Waspnote Plug & Sense σε φυτεία ακτινιδίου. Εικόνα 11. Αισθητήρας διαμέτρου φρούτων ακτινιδίου.



Εικόνα 12. Διάγραμμα ανάπτυξης FAMOSA

### 3.2 Εφαρμογή Δικτύου Αισθητήρων για τη βελτίωση παραγωγής μπανάνας στη Κολομβία

Για τη βελτίωση παραγωγής της μπανάνας αναπτύχθηκε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων με τεχνολογία Libelium στη περιοχή Lempro στη περιοχή Santa Rosa de Cabal το 2016.

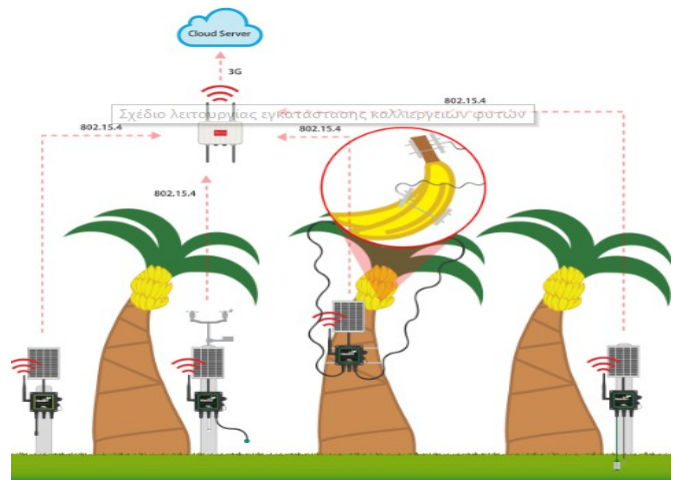
Επιλέχθηκε το σύστημα αισθητήρων Wasmote Plug & Sense στο οποίο προστέθηκαν αισθητήρες μέτρησης υγρασίας και θερμοκρασίας εδάφους, διαμέτρου κορμού, διαμέτρου φρούτων, ηλιακής ακτινοβολίας και βροχόμετρο. Το Wasmote Plug & Sense επικοινωνεί με το Meshlium Gateway μέσω πρωτοκόλων 802.15.4 ενώ τα δεδομένα αποστέλλονται στο Cloud μέσω 3G και GPRS. Οι πληροφορίες εμφανίζονται σε εφαρμογή βασισμένη σε Cloud για το έργο. Η πλατφόρμα είναι προσβάσιμη σε οποιοδήποτε υπολογιστή και σε εφαρμογή σε κινητά.

Παρακολουθώντας αυτές τις παραμέτρους οι γεωργοί ελέγχουν εξ' αποστάσεως τις περιβαλλοντικές και γεωπονικές παραλλαγές για να ερευνήσουν νέες ποικιλίες μπανάνας. Το έργο αυτό θα βοηθήσει στην ανάπτυξη μελλοντικών έργων στη Κολομβία για την βελτίωση παραγωγής μπανάνας και για να διατηρηθεί η πρώτη θέση στη κατάταξη χώρων εξαγωγής. ( Libelium, 2017 )





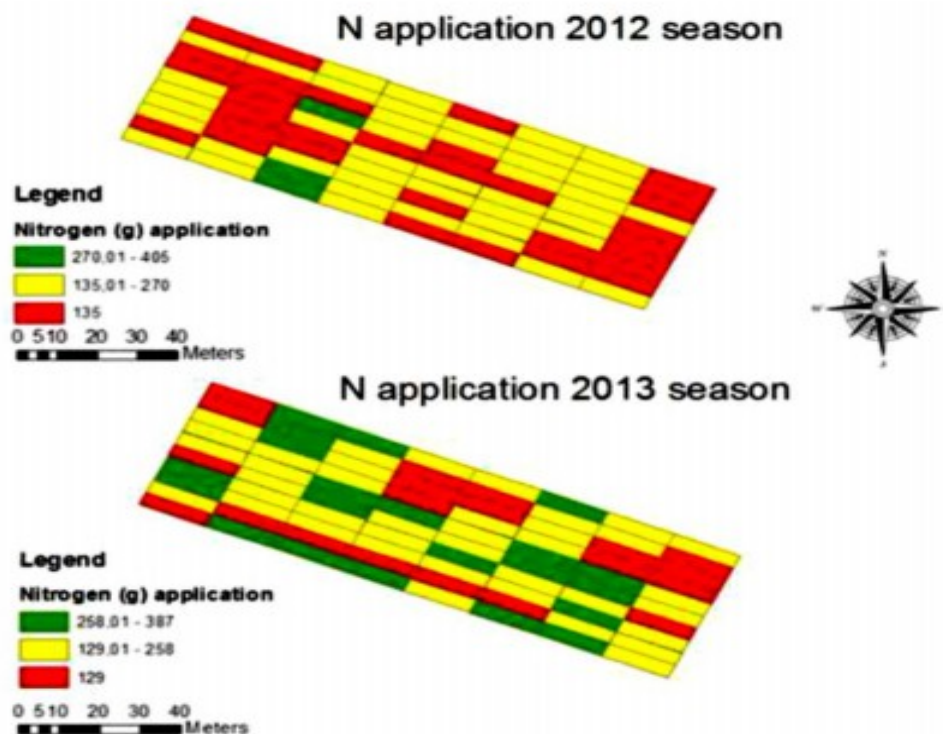
Εικόνα 13. Waspmote Plug & Sense



Εικόνα 14. Σχέδιο εγκατάστασης

### 3.3 Εφαρμογές Δικτύου Αισθητήρων στα Αχλάδια στο Τυρναβο, Λάρισα

Πραγματοποιήθηκε εφαρμογή σε οπωράνα αχλαδιάς 5 στρεμμάτων στο Τυρναβο Λάρισα. Έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής και διαπιστώθηκε σημαντική παραλλακτικότητα τόσο της ποιοτικής παραγωγής όσο και των ποσοτικών χαρακτηριστικών. Δημιουργήθηκαν χάρτες εφαρμογής και προστέθηκε το αζωτούχο λίπασμα το χειμώνα σύμφωνα με το χάρτη. Η εφαρμογή έγινε με χέρια ανά 5 δέντρα και πραγματοποιήθηκε εξοικονόμηση λιπάσματος 50% για τα 2 έτη. ( Φούντας , 2015)



Εικόνα 15. Χάρτες εφαρμογής αζωτούχου λίπανσης για τα έτη 2012- 2013

### 3.4 Εφαρμογή Δικτύου Αισθητήρων στην Ελιά στη Χαλκιδική

Η ομάδα της GAIA ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ διεκπεραίωσε την εφαρμογή στις καλλιέργειες στην Χαλκιδική το 2016. Για την υλοποίηση της, τοποθετήθηκαν 3 τηλεμετρικοί σταθμοί GAIATron για να μετρηθούν οι παράμετροι της ατμόσφαιρας και του εδάφους, οι οποίοι συγκέντρωσαν πληροφορίες από δείγματα εδάφους και φύλλων. Έπειτα χρειάστηκαν όργανα μέτρησης δεικτών της φυσιολογίας των δέντρων και τοποθέτηση εντομοπαγίδων. Τέλος όλα τα δεδομένα των μετρήσεων που έλαβαν χώρα στο χωράφι αποστέλλονται στο κινητό του παραγωγού και του επιβλέποντα γεωπόνου διαμέσου των ειδικών εφαρμογών, χωρίς την χρονική επίδραση στις υπόλοιπες εργασίες τους.

Ειδικά μοντέλα λίπανσης εγκαθίστανται για την ελιά. Για το βέλτιστο αποτέλεσμα δόθηκαν συμβουλές στον παραγωγό ως προς την ποσότητα, το τρόπο και το χρόνο που πρέπει να υλοποιήσει στα λιπάσματα, οι οποίες σταδιακά επηρέασαν τόσο την ποσότητα παραγωγής, όσο και στο μέγεθος του καρπού.

Σχηματίστηκαν μοντέλα που, αναλόγως με τις κλιματικές αλλαγές, πληροφορούν για την επικινδυνότητα από τις ασθένειες που επιτίθενται στην ελιά (δάκος, κυκλόνιο), με απώτερο σκοπό το άνωφelo ψέκασμα του φυτού.

Η διαφορά στον τρόπο άρδρευσης, τροποποιεί την ανάπτυξη του ενεργού ριζικού συστήματος, για αυτό στην προσαρμογή μοντέλων χρειάστηκε ειδική προεργασία. Οι μετρήσεις που υλοποιήθηκαν από τους αισθητήρες ήταν της κατανομής του ριζικού συστήματος στο έδαφος και της απόκρισης των δέντρων στην υδατική αλλοίωση με μετρήσεις μέγιστης φωτοσυνθετικής ικανότητας, στοματικής αγωγιμότητας και μεσοκυττάρου CO<sub>2</sub>.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω δεδομένα μετρήσεων, τροποποιήθηκε το μοντέλο διαχείρισης υδατικού δυναμικού, το οποίο υπολόγιζε και πληροφορούσε σχετικά με τη ποσότητα νερού που έχει ανάγκη το κάθε δέντρο.

Στόχος της εφαρμογής αυτής η μείωση των ψεκασμών κατά των ασθενειών και η εξοικονόμηση του νερού. (Πρωτονοτάριος, 2016)

## 4. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Εφαρμογής Δικτύων Αισθητήρων στη Γεωργική Ακρίβεια

### 4.1 Μειονεκτήματα

Στη χώρα μας και γενικότερα στον Ευρωπαϊκό Νότο υπάρχει μια καθυστέρηση στην εφαρμογή των συστημάτων αυτών. Αυτό προκαλείται από τα μειονεκτήματα τα οποία είναι:

- Υπάρχουν αρκετές μικρές γεωργικές καλλιέργειες που χρειάζονται οικονομική ενίσχυση για την ένταξη τους στα συστήματα.
- Το επίπεδο μόρφωσης των περισσότερων γεωργών είναι χαμηλό με αποτέλεσμα να μην κατανοούν την εφαρμογή των συστημάτων.
- Η πλειοψηφία των γεωργών προτιμάει τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής, που γνώριζαν

πως θα επιφέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα και είναι προσκολλημένοι στα επιδοτούμενα προγράμματα των προϊόντων .

- Η ελλιπής ανάπτυξη τεχνολογίας εφαρμογής των μεθόδων Γεωργία Ακριβείας, ειδικά στα φρούτα και στα λαχανικά στις καλλιέργειες του Ευρωπαϊκού Νότου.

#### 4.2 Πλεονεκτήματα

- Για την αγροτική εκμετάλλευση και τις καλλιεργητικές εργασίες παρέχεται ενισχυμένη διαδικτυακή διαχείριση.
- Εφαρμογές στα εξύπνα κινητά τα οποία κάνουν οργανωμένους ελέγχους και καταγράφουν τις παρατηρήσεις στον αγρό.
- Με τον γρήγορο εντοπισμό ασθενειών και την άμεση αντιμετώπισή τους επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση των κινδύνων στην παραγωγή.
- Ο συνδυασμός της επιστημονικής γνώσης με τα ακριβή δεδομένα εξυπηρετούν στην σωστή λήψη αποφάσεων.
- Σε κάθε αγροτεμάχιο ξεχωριστά συνεχώς οι πληροφορίες ενημερώνονται ,οπότε έχουμε γρήγορη εφαρμογή ελέγχων.

### 5. Ανάλυση Swot

Η ανάλυση SWOT αποτελεί ένα εργαλείο στρατηγικού σχεδιασμού για την περιγραφή του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος μίας επιχείρησης, όταν απαιτείται να ληφθεί μια απόφαση σχετικά με τους σκοπούς που έχει θέσει.

<p style="text-align: center;"><b>Δυνάμεις</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ελαχιστοποίηση καλλιεργητικών εισροών.</li> <li>➤ Περιβαλλοντική προστασία.</li> <li>➤ Διεξοδικές ,λεπτομερείς και συχνότερες πληροφορίες.</li> <li>➤ Επέκταση της απόδοσης της παραγωγής και βελτιστοποίηση ως προς την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.</li> <li>➤ Ρύθμιση του αγροτεμαχίου βάση της ποικιλομορφίας και όχι της ομοιομορφίας σε σημεία μικρότερης κλίμακας.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Αδυναμίες</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Υψηλή κοστολόγηση της εφαρμογής.</li> <li>➤ Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν αδυναμία εμπιστοσύνης στους γεωργούς.</li> <li>➤ Έλλειψη από επιτυχημένα παραδείγματα .</li> <li>➤ Ανεπαρκής εξοικείωση με τα συστήματα.</li> <li>➤ Ανεπαρκής εκπαίδευση των γεωργών.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Ευκαιρίες</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Καινοτομία συστημάτων.</li> <li>➤ Αύξηση του εισοδήματος.</li> <li>➤ Θετική επίδραση περισσότερων γεωργών.</li> <li>➤ Ευρωπαϊκές επιδοτήσεις για την ανάπτυξη του αγρότη.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Απειλές</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Πιθανή μη δικαιοδοσία επιδοτήσεων στους αγρότες που δεν θα χρησιμοποιούν Γεωργία Ακριβείας από την ΕΕ.</li> </ul>

## **6. Συμπεράσματα – Μελλοντικές προτάσεις**

Συνεπάγεται το συμπέρασμα ότι η απόδοση της παραγωγής και η ποιότητα των γεωργικών προϊόντων οφείλεται στην ανάπτυξη των προηγμένων τεχνολογιών στις ήδη υπάρχουσες γεωργικές πρακτικές που χρησιμοποιεί η γεωργία ακριβείας. Επιπροσθέτως είναι μια θεμελιώδη επανάσταση στον τομέα τόσο της τεχνολογίας όσο και της πληροφορίας. Αναμφισβήτητα μειώνεται η χειρωνακτική εργασία, η οποία είναι επίπονη επομένως αναβαθμίζεται ποιοτικά η ζωή των εργαζομένων στην γεωργία. Η τεχνολογική εξέλιξη από τη φύτευση, την αρδρευση, τη φυτοπροστασία και τη συγκομιδή συνδέοντας αυτά τα στοιχεία συμβάλλουν στην γεωργία.

Μία μελλοντική πρόταση είναι η ρομποτική και ο αυτοματισμός αφού πολλά τμήματα της γεωργίας περιλαμβάνουν συχνές επαναλήψεις και καθήκοντα που είναι βάση τυποποίησης. Για παράδειγμα η ύπαρξη τρακτέρ χωρίς οδηγό. Η ανθρώπινη παρέμβαση θα είναι αναγκαία για την επισκευή και τη συντήρηση των αυτόνομων μηχανών. Όπως επίσης θα είναι αναγκαία και στα πρώτα στάδια για να δημιουργηθούν οι τοπογραφικοί χάρτες χωραφιών και ορίων, για να προγραμματιστούν καλύτερα τις διαδρομές μέσα στο χωράφι με τη χρήση λογισμικού προγραμματισμού διαδρομών. Αργότερα με το πέρασμα του χρόνου οι αυτόνομες μηχανές θα εξελιχθούν με τις πρόσθετες μηχανές και συστήματα μηχανικής όρασης, με Gps πλοήγηση, με διασύνδεση IoT για τη συνεχή παρακολούθηση και τη λειτουργία ραντάρ LiDar για να εντοπίζουν και να αποφεύγουν αντικείμενα. Με αποτέλεσμα να μειωθεί αισθητά η ανάγκη των ανθρώπων για τον συνεχή έλεγχο των μηχανημάτων έχοντας τις τεχνολογικές εξελίξεις να συνεισφέρουν σε αυτό. ( FARMABLOG, 2018)



## Βιβλιογραφία

Wireless Sensor Network Architecture and Its Applications, 2019. Retrieved from: <https://www.elprocus.com/architecture-of-wireless-sensor-network-and-applications/>

Wikipedia, Google, 2019

Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., Barreiro, P., & Robla, J.I. (2009). A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and Food Industry: State of the Art and Current Trends. *Sensors*, 9, 4728-4850. doi:10.3390/s90604728

Sohraby, K., Minoli, D., & Znati, T. (2007). *Wireless Sensor Networks: Technology, Protocols and Applications*(1st ed.). Hoboken. MA: John Wiley and Sons.

Μακρή, Χ.Α, 2011, Μελέτη συνύπαρξης Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων και Δικτύων Wi-Fi σε Πραγματικό Περιβάλλον.

Farmacon Team, Χάρου Αναστασία- Γεωπόνος ΑΠΘ, 2016, Η εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας στην Ελλάδα, ανά καλλιέργεια. Retrieved from: <https://blog.farmacon.gr/katigories/texniki-arthrografia/georgia-akriveias/item/1322-i-efarmogi-tis-georgias-akriveias-stin-ellada-ana-kalliergeia>

Joshua D Rudd, Gary T Roberson, John J Classen, 2017, Crop Circle Sensor

Crop Circle Sensor, ACS 210. Retrieved from : [www.cropsense.com](http://www.cropsense.com)

Shinghal, K., Noor, A., Srivastava, N., & Singh, R, 2011, Intelligent humidity sensor for wireless sensor network agricultural application. *International Journal of Wireless & Mobile Networks*, 3, 1. doi:10.5121/ijwmn.2011.3111

Centro Servizi Ortofrutticoli(CSO), FAMOSA, 2017, Smart irrigation system to improve kiwi production in Italy, Retrieved from: <http://www.libelium.com/smart-irrigation-system-to-improve-kiwiproduction-in-italy/>

SENA Regional Risaralda, Red Tecnoparque, 2016, Improving banana crops production and agricultural sustainability in Colombia using sensor networks, Retrieved from: <http://www.libelium.com/improving-banana-crops-production-and-agricultural-sustainability-in-colombia-using-sensor-networks/>

Gemtos, T.A., Fountas, S., Blackmore, S. and Greipentrog, H.W., 2002. Precision farming experience in Europe and the Greek potential. HAICTA Conference, Athens, June 2002.

Memos, V., Psannis, K., Ishibashi, Y., Kim, B., & Gupta, B. (2018). An Efficient Algorithm for Media-based Surveillance System (EAMSuS) in IoT Smart City Framework. *Future Generation Computer Systems*, 83, 619-628. doi: 10.1016/j.future.2017.04.039

Ojo, M., Giordano, S., Procissi, G., & Seitanidis, I. (2018). A Review of Low-End, Middle-End, and High-End Iot Devices. *IEEE Access*, 6, 70528-70554. doi: 10.1109/access.2018.2879615

Bhattacharyya, R., Di Leo, C., Floerkemeier, C., Sarma, S. & Anand, L. (2010). RFID tag antenna based temperature sensing using shape memory polymer actuation. Paper presented at 2010 IEEE Sensors, Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology, 2363 – 2368. doi: 10.1109/ICSENS.2010.5690951

Anusha, P., & Shobha, K. R. (2015). Design and Implementation of Wireless Sensor Network for Precision Agriculture. *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science*, 1, 521-527.

Michailidis, A., Marantidou, A., Koutsouris, A., Papadaki-Klavdianou A. and Samathrakis, V. (2008). Adoption of Information and Communication Technologies among Farmers in the Region of West Macedonia. Presented at the International Advanced Workshop on Information and Communication Technologies for Sustainable Agri-production and Environment, May 22-23, 2008, Alexandroupolis.

Φουντάς, Σ., Γέμτος, Θ., 2015. Γεωργία ακριβείας. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Retrieved from: [https://repository.kallipos.gr/pdfviewer/web/viewer.html?file=/bitstream/11419/2671/1/02\\_chapter\\_1.pdf](https://repository.kallipos.gr/pdfviewer/web/viewer.html?file=/bitstream/11419/2671/1/02_chapter_1.pdf)

Βασίλης Πρωτονοτάριος (2016). Πως εφαρμόζεται η Ευφυής Γεωργία στη Χαλκιδική για την ελιά. Retrieved from: <https://www.ypaithros.gr/ypiresia-efyous-georgias-sti-xalkidiki/>

<https://www.ypaithros.gr/efihs-gewrgia/#efihs-goergia-astheneies>

Farmacon Team, 2018. Retrieved from: <https://blog.farmacon.gr/katigories/texniki-arthrografia/georgia-akriveias/item/2008-eksypni-georgia-simainei-aftomatopoiimeni-kai-syndedemeni-georgia>

Χαρού Αναστασία - Γεωπόνος Α.Π.Θ. (Φυτοπροστασία), MSc "Αειφορική Γεωργική Ανάπτυξη" (2016) Retrieved from: [https://blog.farmacon.gr/katigories/eidiseis/eidiseografia/item/1300-georgia-akriveias-vs-symvatiki-georgia?fbclid=IwAR32rgJSUKgAdvmbe4yTg9s0TRp8ir\\_z61ZIGTzcoqBQKj0YeVQKj\\_HDWs](https://blog.farmacon.gr/katigories/eidiseis/eidiseografia/item/1300-georgia-akriveias-vs-symvatiki-georgia?fbclid=IwAR32rgJSUKgAdvmbe4yTg9s0TRp8ir_z61ZIGTzcoqBQKj0YeVQKj_HDWs)

Ν.Στουπή και Θ.Βλάχου (2018). Retrieved from: <https://tvxs.gr/news/egrapsan-eipan/eyfyis-georgia-mythos-i-anagki>