

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

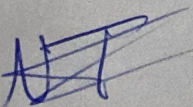
Ως κάτωθι υπογεγραμμένος/η Νικόλαος Τριαντάφυλλος του Γεωργίου φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (ΠΕ) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε. ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της.

Ο Δηλών



Ημερομηνία

2/11/20

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

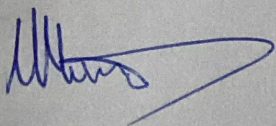
Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Μανος Μιχαήλ του Ηλίας φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (ΠΕ) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε. ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού μήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της.

Ο Δηλών



Ημερομηνία

2/11/20

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**<<Σχεδίαση , ανάλυση και προγραμματισμός δικτύου
αισθητήρων,για την δημιουργία έξυπνης καλλιέργειας
‘Τριφυλλιού>>**



Μιχαήλ Μανος Α.Μ. 44680

Νικήτας Τριαντάφυλλος Α.Μ. 44658

Επόπτης Καθηγητής : Χρήστος Δρόσος

ΑΘΗΝΑ , ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2020



**ΣΧΕΔΙΑΣΗ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΔΙΣΘΗΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΞΥΠΝΗΣ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΡΙΦΥΛΛΙΟΥ**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

1.1 Γενικά

1.2 Στόχοι Γεωργίας Ακριβείας

1.3 Η Γεωργία Ακριβείας

1.4 Ο κύκλος της γεωργίας ακριβείας

1.5 Εξοπλισμός και Τεχνικές της γεωργίας ακριβείας

1.5.1 Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS)

1.5.2 Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)

1.5.3 Τηλεπισκόπηση

1.5.4 Τεχνολογίες μεταβλητού ρυθμού (VRT)

1.5.5 Διαχείριση καλλιεργειών

1.5.6 Ζώνες διαχείρισης

1.6 Βασικές τεχνολογίες

1.6.1 Τα συστήματα τοποθέτησης υψηλής ακρίβειας

1.6.2 Αυτοματοποιημένα συστήματα διεύθυνσης

1.6.3 Γεωγραφική χαρτογράφηση

1.6.4 Τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού (VRT)

1.6.5 Αισθητήρες και τηλεπισκόπηση

1.6.6 Ενσωματωμένες ηλεκτρονικές επικοινωνίες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

2.1 Γενικά

2.2 Ορισμός και κατηγορίες

2.3 Χαρακτηριστικά ασύρματων δικτύων αισθητήρων

2.4 Δίκτυα αισθητήρων

2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό των δικτύων αισθητήρων

2.5.1 Ανοχή σε Σφάλματα

2.5.2 Επεκτασιμότητα

2.5.3 Κόστος Παραγωγής

2.5.4 Κατανάλωση Ισχύος

2.5.5 Μέσα Ασύρματης Επικοινωνίας

2.5.6 Τοπολογία δικτύου αισθητήρων

2.5.7 Περιβάλλον

2.6 Πρωτόκολλα επικοινωνίας

2.6.1 Πρωτόκολλο LEACH.

2.6.2 Πρωτόκολλο PEGASIS.

2.6.3 Πρωτόκολλο αυτο-οργάνωσης (SOP).

2.6.4 Πρωτόκολλο (APTEEN).

2.6.5 Πρωτόκολλο προώθησης βάσει τροχιάς (TBF)

2.6.6 Πρωτόκολλο ενεργειακής γνώσης WSN geographic routing (EAGRP).

2.7 Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων στη γεωργία ακριβείας

2.8 Εφαρμογές στη γεωργία ακριβείας

2.9 Τεχνολογίες Επικοινωνίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

3.1 Γενικά

3.2 Εισαγωγή

3.3 Γεωργία βάσης δεδομένων- Γεωργία 4.0

3.4 Διαδίκτυο των πραγμάτων - Συλλογή πληροφοριών

3.5 Μεγάλα δεδομένα - Ανάλυση τεράστιων δεδομένων

3.6 Γεωργία 5.0: Ρομποτική και Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)

3.7 Διαχείριση βάσει δεδομένων για προηγμένη καλλιέργεια: Κύρια στάδια

3.8 Δεδομένα και προγράμματα

3.9 Λογισμικό διαχείρισης δεδομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΜΗΔΙΚΗΣ

4.1 Ταξινόμηση

4.2 Μορφολογία – Φυσιολογία

4.3 Η καλλιέργεια

4.4 Καλλιεργητικές απαιτήσεις

4.5 Ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία

4.6 Σπορά

4.7 Ζιζάνια –Καταπολέμηση Εχθρών

4.8 Εφαρμογές

4.8.1 Κουσκούτα

4.9 Συγκομιδή, Αποθήκευση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

5.1 Γενικά

5.2 Ζώνες διαχείρισης

5.3 Διαχείριση άρδευσης

5.4 Ανίχνευτής καλλιέργειας

5.5 Μήκος κύματος και αναλογίες ζώνης ενδιαφέροντος για τη γεωργία ακριβείας

5.6 Ανίχνευση θρεπτικών στοιχείων

5.7 Ανίχνευση εντοπισμού

5.8 Ανίχνευση ασθενειών

5.9 Ανίχνευση ζιζανίων

5.10 Η καλλιέργεια της μηδικής

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την εργασία με τίτλο Σχεδίαση, ανάλυση και προγραμματισμός αισθητήρων για τη δημιουργία έξυπνης καλλιέργειας τριφυλλιού στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφηκε η γεωργία ακριβείας. Προσδιορίστηκε η έννοια αυτής, οι στόχοι της, αναλύθηκαν τα στάδια του κύκλου αυτής και έπειτα έγινε αναφορά στον εξοπλισμό και στις τεχνικές και στις βασικές τεχνολογίες. Στο επόμενο κεφάλαιο έγινε αναφορά στα δίκτυα αισθητήρων δίνοντας τον ορισμό, τις κατηγορίες, τα χαρακτηριστικά, τους παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό. Έπειτα αναλύθηκαν τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που έχουν αναπτυχθεί, που εφαρμόζονται και ποιες είναι οι σημαντικότερες τεχνολογίες επικοινωνίας. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται γενικότερα και στη συνέχεια στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύθηκε η καλλιέργεια της μηδικής. Στο τελευταίο κεφάλαιο αναλύθηκαν τα στάδια που ακολουθούνται για να μπορέσει να εφαρμοστεί η γεωργία ακριβείας και ακολουθούν τα βήματα που εφαρμόστηκαν για την δημιουργία μιας εφαρμογής έξυπνης γεωργίας στην καλλιέργεια μηδικής. Ακολουθούν τα συμπεράσματα και η βιβλιογραφία.

ABSTRACT

In this work entitled *Designing, Analyzing, and Programming Sensors to Create Smart Clover Cultures*, precision agriculture was described in the first chapter. Its concept was defined, its objectives were analyzed, the stages of this cycle were analyzed and then reference was made to the equipment and the techniques and the basic technologies. In the next chapter reference is made to sensor networks giving the definition, the categories, the characteristics, the factors that influence the design. Then the communication protocols that have been developed, applied and what are the most important communication technologies were analyzed. In the third chapter the programs used in general are presented and then in the fourth chapter the cultivation of alfalfa is analyzed. The last chapter analyzes the steps that can be followed to implement precision farming and follows the steps that were implemented to create a smart farming application in alfalfa cultivation. The following are the conclusions and the literature.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

1.1 Γενικά

Ένα σύστημα γεωργικής παραγωγής θεωρείται το αποτέλεσμα μιας σύνθετης αλληλεπίδρασης, όπου η προσεκτική διαχείριση όλων των εισροών είναι απαραίτητη για τη βιωσιμότητα ενός τόσο περίπλοκου συστήματος. Η εστίαση στην αύξηση της παραγωγικότητας χωρίς να ληφθούν υπόψη οι οικολογικές επιπτώσεις των εισροών οδήγησε στην περιβαλλοντική υποβάθμιση. Τα τελευταία χρόνια με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών με στόχο τη βελτίωση της διαχείρισης έχει αποδειχθεί μέσα από μελέτες ότι έχει θετικό αντίκτυπο στη μείωση των εφαρμογών, στη βελτίωση της απόδοσης, στην αύξηση της κερδοφορίας καθώς και στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιδράσεων στο περιβάλλον. Παρατηρείται η αύξηση της παραγωγικότητας μπορεί να αυξηθεί χωρίς καμία δυσμενή επίδραση μεγιστοποιώντας παράλληλα την αποδοτικότητα των πόρων. Επιπλέον, είναι δεδομένο ότι η διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού στον τομέα της γεωργίας θα είναι ελλιπής στο μέλλον με αποτέλεσμα η ανάγκη για τη χρήση νέων τεχνολογιών να είναι περισσότερο επιτακτικές. Μέσα από όλες τις παραπάνω απαιτήσεις δημιουργήθηκε η Γεωργία Ακριβείας ή αλλιώς η Precision Farming (Dwivedi A. et. al., 2017).

Η γεωργία ακριβείας αποτελεί βασικό μέρος του τρίτου κύματος των σύγχρονων γεωργικών επαναστάσεων. Η πρώτη γεωργική επανάσταση ήρθε κατά την χρονική περίοδο από το 1900-1930, όπου αυξήθηκε η μηχανοποίηση της γεωργίας και κάθε αγρότης τροφοδοτούσε περίπου 26 άτομα. Ακολουθεί η δεκαετία του 1990, όπου πραγματοποιήθηκε η Πράσινη Επανάσταση με νέες μεθόδους γενετικής τροποποίησης, με αποτέλεσμα κάθε αγρότης να τρέφει περίπου 155 άτομα. Αναμένεται ότι έως το 2050, ο παγκόσμιος πληθυσμός θα φτάσει περίπου τα 9,6 δισεκατομμύρια και η παραγωγή τροφίμων πρέπει ουσιαστικά να διπλασιαστεί από τα τρέχοντα επίπεδα προκειμένου να καλυφθούν οι παγκόσμιες ανάγκες. Με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, όπως η γεωργία ακριβείας κάθε αγρότης θα μπορεί να παρέχει τροφή σε 265 άτομα. Η γεωργία ακριβείας παγκόσμια αναπτύσσεται με διαφορετικό ρυθμό. Τα πρόδρομα έθνη ήταν οι Ηνωμένες Πολιτείες, ο Καναδάς και η

Αυστραλία, ενώ στην Ευρώπη το Ηνωμένο Βασίλειο ήταν το πρωτοπόρο και ακολούθησε η Γαλλία, όπου εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1997-1998. Στη Λατινική Αμερική η κορυφαία χώρα είναι η Αργεντινή, όπου εισήχθη στα μέσα της δεκαετίας του 1990 με την υποστήριξη του Εθνικού Ινστιτούτου Γεωργικής Τεχνολογίας. Η Βραζιλία δημιούργησε μια κρατική επιχείρηση, την Embrapa, για την έρευνα και την ανάπτυξη αειφόρου γεωργίας. Η ανάπτυξη τεχνικών GPS και διαδόσεων μεταβλητού ρυθμού συνέβαλε στην ενίσχυση των πρακτικών διαχείρισης της γεωργίας ακριβείας (Whelan and McBratney, 2003).

1.2 Στόχοι Γεωργίας Ακριβείας

Η επανάσταση της γεωργικής ακριβείας θα έρθει αρχικά με τη μορφή δορυφορικών και εναέριων εικόνων, πρόγνωσης καιρού, εφαρμογής λιπασμάτων μεταβλητού ρυθμού και δεικτών για την υγεία των καλλιεργειών. Έπειτα θα συγκεντρώσει τα δεδομένα για ακόμη πιο ακριβή φύτευση, τοπογραφική χαρτογράφηση και δεδομένα εδάφους.

Η γεωργία ακριβείας στοχεύει στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης επιτόπου σε σχέση με την (Andreo, 2013):

- Επιστήμη των καλλιεργειών, όπου συνδυάζει τις γεωργικές πρακτικές πιο κοντά στις ανάγκες των καλλιεργειών π.χ. εισροές λιπασμάτων.
- Προστασία του περιβάλλοντος, όπου μειώνει τους περιβαλλοντικούς κινδύνους και το αποτύπωμα της γεωργίας π.χ. περιορισμός της έκλυσης αζώτου.
- Οικονομία, όπου ενισχύει την ανταγωνιστικότητα μέσω πιο αποτελεσματικών πρακτικών π.χ. βελτιωμένη διαχείριση της χρήσης λιπασμάτων και άλλων εισροών.

Επίσης η γεωργία ακριβείας παρέχει στους αγρότες πληθώρα πληροφοριών για (Andreo, 2013):

- Δημιουργία συγκέντρωσης δεδομένων σχετικά με τη φάρμα τους.
- Βελτίωση της λήψης αποφάσεων.

- Προώθηση μεγαλύτερης ιχνηλασιμότητας
- Ενίσχυση του μάρκετινγκ των αγροτικών προϊόντων
- Βελτίωση των συμφωνιών μίσθωσης και της σχέσης με τους ιδιοκτήτες
- Ενίσχυση της εγγενούς ποιότητας των αγροτικών προϊόντων, όπως για παράδειγμα το επίπεδο πρωτεΐνης σε σιτάλευρο-αλεύρι.

1.3 Η Γεωργία Ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας (PA) ή η δορυφορική καλλιέργεια ή η διαχείριση καλλιεργειών συγκεκριμένης τοποθεσίας (SSCM) είναι μια έννοια διαχείρισης της γεωργίας που βασίζεται στην παρατήρηση, τη μέτρηση και την ανταπόκριση στη μεταβλητότητα μεταξύ των καλλιεργειών και εντός του πεδίου. Η γεωργία ακριβείας καθορίζει ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) για ολόκληρη τη διαχείριση των εκμεταλλεύσεων με σκοπό τη βελτιστοποίηση των αποδόσεων των εισροών και διατηρώντας παράλληλα τους πόρους (McBratney et al. 2003). Μεταξύ αυτών των πολλών προσεγγίσεων είναι μια φυτογεωμορφολογική προσέγγιση, η οποία συνδέει την πολυετή σταθερότητα / χαρακτηριστικά ανάπτυξης των καλλιεργειών με τις τοπολογικές ιδιότητες του εδάφους. Το ενδιαφέρον για τη φυτογεωμορφολογική προσέγγιση πηγάζει από το γεγονός ότι η συνιστώσα της γεωμορφολογίας συνήθως υπαγορεύει την υδρολογία του αγροκτήματος. (Kaspar et al. 2003)

Η πρακτική της γεωργίας ακριβείας έχει καταστεί δυνατή μέσω του GPS και του GNSS. Η ικανότητα του αγρότη ή / και του ερευνητή να εντοπίσει την ακριβή θέση τους σε ένα πεδίο επιτρέπει τη δημιουργία χαρτών χωρικής μεταβλητότητας όσων μεταβλητών μπορούν να μετρηθούν, όπως η απόδοση καλλιέργειας, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, η τοπογραφία, το ποσοστό της οργανικής ουσίας, τα επίπεδα υγρασίας, τα επίπεδα των θρεπτικών στοιχείων, το pH, η EC κ.λπ.) (McBratney et al., 2005). Παρόμοια δεδομένα συλλέγονται από οθόνες απόδοσης συγκομιδών τοποθετημένες σε μηχανές συγκομιδής που είναι εξοπλισμένες με GPS, συστοιχίες αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο που μετρούν από τα επίπεδα της χλωροφύλλης μέχρι την κατάσταση του νερού μέσω πολλαπλών και δορυφορικών εικόνων. Αυτά τα δεδομένα στη συνέχεια χρησιμοποιούνται από τεχνολογία

μεταβλητού ρυθμού (VRT) συμπεριλαμβανομένων των σπαρτών, των ψεκασθήρων κ.α. για τη βέλτιστη διανομή πόρων.

Επίσης χρησιμοποιεί προσιτά μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα όπως το DJI Phantom μικρού κόστους, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από αρχάριους. Αυτά τα συστήματα, κοινώς γνωστά ως drones, δύναται να εξοπλιστούν με υπερφασματικές ή RGB κάμερες για τη λήψη εικόνων ενός πεδίου που μπορούν να υποστούν επεξεργασία χρησιμοποιώντας φωτογραμμετρικές μεθόδους για τη δημιουργία ορθοφωτογραφιών και χαρτών NDVI (Chris Anderson, 2014).

Ως γεωργία ακριβείας ορίζεται η εφαρμογή τεχνολογιών και αρχών για τη διαχείριση της χωρικής και χρονικής μεταβλητότητας που σχετίζεται με όλες τις πτυχές της γεωργικής παραγωγής για τη βελτίωση της παραγωγής και της ποιότητας του περιβάλλοντος. Η επιτυχία στη γεωργία ακριβείας εξαρτάται από την ακριβή εκτίμηση της μεταβλητότητας, τη διαχείριση και την αξιολόγησή της στο χωροχρονικό συνεχές στην παραγωγή των καλλιεργειών.

Το δυναμικό για οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη από τη γεωργία ακριβείας δεν έχει πραγματοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό, επειδή ο χωροχρόνος της καλλιέργειας δεν έχει αντιμετωπιστεί επαρκώς.

1.4 Ο κύκλος της γεωργίας ακριβείας

Είναι γεγονός ότι αυτή η μορφή γεωργίας απαιτεί την ακριβή εφαρμογή των εισροών με βάση την τοπική διαχείριση των διακυμάνσεων της απόδοσης σε μια δεδομένη περιοχή. Τα στάδια της γεωργίας ακριβείας μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια όπως παρουσιάζονται στην Εικόνα 1.1:

Με ορισμένες παραλλαγές σύμφωνα με διαφορετικούς συγγραφείς, η καλλιέργεια ακριβείας είναι μια διαδικασία πέντε σταδίων (Whelan and Taylor, 2013):

1. Γεω-εντοπισμός δεδομένων: Ο γεω-εντοπισμός ενός πεδίου επιτρέπει στον γεωργό να επικαλύπτει πληροφορίες που συλλέγονται από την ανάλυση των εδαφών και του υπολειμματικού αζώτου, καθώς και πληροφορίες για προηγούμενες καλλιέργειες και την αντίσταση του εδάφους. Η γεωγραφική τοποθεσία γίνεται με δύο τρόπους:

- ✓ Το χωράφι οριοθετείται χρησιμοποιώντας έναν δέκτη GPS εντός του οχήματος καθώς ο αγρότης οδηγεί ένα τρακτέρ γύρω από το χωράφι.
- ✓ Το πεδίο οριοθετείται σε έναν βασικό χάρτη που προέρχεται από εναέριες ή δορυφορικές εικόνες. Οι βασικές εικόνες πρέπει να έχουν το σωστό επίπεδο ανάλυσης και γεωμετρική ποιότητα για να διασφαλιστεί ότι η γεωγραφική τοποθεσία είναι αρκετά ακριβής.

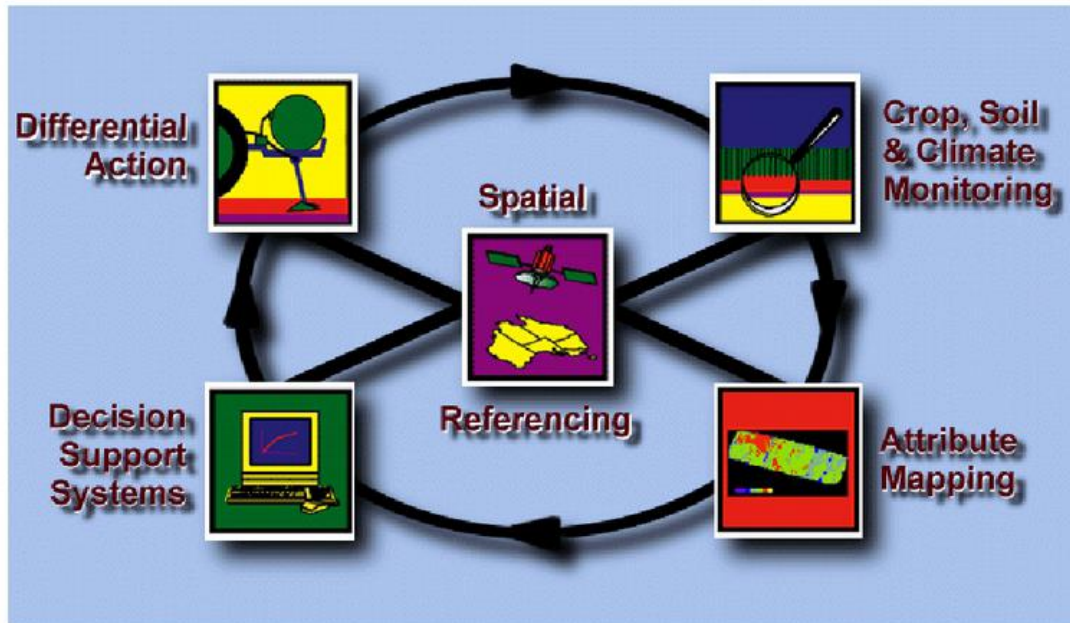


Figure 2: The SSCM cycle indicating spatial referencing as the enabling technology that drives the other parts of the cycle.

Εικόνα 1.1. Ο Κύκλος της γεωργίας ακριβείας που δείχνει τη χωρική αναφορά ως τεχνολογία ενεργοποίησης που οδηγεί τα άλλα μέρη του κύκλου.

2. Παρακολούθηση καλλιεργειών, εδαφών και κλίματος: Η μεταβλητότητα εντός και μεταξύ των πεδίων μπορεί να προκύψει από διάφορους παράγοντες. Αυτές περιλαμβάνουν τις κλιματολογικές συνθήκες χαλάζι, ξηρασία, βροχή κ.λπ., ιδιότητες του εδάφους υφή, βάθος, επίπεδα αζώτου, τις πρακτικές καλλιέργειας, όπως καλλιέργεια χωρίς άροση, ζιζάνια και ασθένειες.

Οι μόνιμοι δείκτες που είναι κυρίως δείκτες εδάφους παρέχουν στους αγρότες πληροφορίες σχετικά με τις κύριες περιβαλλοντικές σταθερές. Οι δείκτες σημείων επιτρέπουν να παρακολουθούν την κατάσταση μιας καλλιέργειας, δηλαδή να παρακολουθούν την ύπαρξη ασθενειών, τις συνθήκες που επικρατούν, αν έχει

υποστεί βλάβη από πάγο κ.λ.π.. Αυτές οι πληροφορίες μπορεί να προέρχονται από μετεωρολογικούς σταθμούς καθώς και από άλλους αισθητήρες. Οι μετρήσεις της αντίστασης του εδάφους σε συνδυασμό με την ανάλυση του εδάφους καθιστούν δυνατή την ακριβή χαρτογράφηση των συνθηκών.

Πολλοί αισθητήρες και οθόνες υπάρχουν ήδη για in-situ και on-the-go μέτρηση για ένα εύρος καλλιεργειών, εδάφους και κλιματικών μεταβλητών. Αυτά περιλαμβάνουν αισθητήρες απόδοσης, βιομάζας και ανταπόκρισης της καλλιέργειας μέσω εναέριων και διαστημικών κάμερών, πολλαπλών και υπερ-φασματικών, ραδιοφωνικούς ή κινητούς τηλεφωνικούς σταθμούς μετεωρολογικών σταθμών, αισθητήρες ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC), του φαινομένου ειδικού βάρους και αισθητήρες γ-ραδιομετρικού εδάφους. Οι επιστήμονες πρέπει επίσης να συνεχίσουν να αξιολογούν πώς μπορούν να μετρηθούν πολλαπλοί δείκτες καλλιέργειας και παραγωγής. Πολλοί χρήσιμοι θεωρούνται οι τοπογραφικοί χάρτες που δημιουργούνται μέσω DGPS, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κατά την ερμηνεία χαρτών απόδοσης και χαρτών ζιζανίων, καθώς και στο σχεδιασμό αρδευσης, στους χάρτες αλατότητας, όπου το GPS μπορεί να συζευχθεί με ένα έλκθηρο μετρητή αλατότητας που είναι συρόμενο πίσω από ένα ATV ή pickup για την ερμηνεία των χαρτών απόδοσης και των χαρτών ζιζανίων καθώς και για την παρακολούθηση της μεταβολής της αλατότητας με την πάροδο του χρόνου.

3. Χαρτογράφηση χαρακτηριστικών: Οι αισθητήρες καλλιέργειας, εδάφους και κλίματος παράγουν συχνά μεγάλα σύνολα δεδομένων. Οι παρατηρήσεις είναι συνήθως παράτυπες αποστάσεις και πρέπει να εισαχθούν σε μια επιφάνεια για να επιτραπεί να πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση. Όσον αφορά το λογισμικό για χαρτογράφηση και εμφάνιση δεδομένων από διαφορετικές πηγές σε μια κοινή πλατφόρμα βελτιώνεται ετησίως. Η ανάπτυξη GIS ειδικά για τη γεωργία επιτρέπει να συμβεί αυτό, ωστόσο η προσαρμογή και υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας για χρήση σε μεμονωμένες εκμεταλλεύσεις είναι ακόμη σε αρχικό στάδιο. Τα κύρια ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν είναι η ανάπτυξη ενός φιλικού προς το χρήστη προηγμένου συστήματος φιλτραρίσματος δεδομένων και ο προσδιορισμός των αρχικών και μελλοντικών συστημάτων δειγματοληψίας για να διασφαλιστεί ότι η μεταβλητότητα του συστήματος χαρακτηρίζεται σωστά.

4. Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων: Η γεωργία ακριβείας μπορεί να επιφέρει μεγάλη πληθώρα των διαθέσιμων αρχείων για τη διαχείριση της εκμετάλλευσης. Οι ηλεκτρονικοί αισθητήρες μπορούν να συλλέξουν πολλά δεδομένα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Απαιτείται πολύς χώρος στο δίσκο για την αποθήκευση όλων των δεδομένων καθώς και των χαρτών που προκύπτουν από αυτά τα δεδομένα. Οι Ηλεκτρονικοί ελεγκτές οι οποίοι σχετίζονται με την ανάπτυξη της καλλιέργειας, τα λιπάσματα και τους ψεκαστήρες μπορούν επίσης να σχεδιαστούν για να παρέχουν σήματα που καταγράφονται ηλεκτρονικά. Επομένως, δημιουργούνται πολλά νέα δεδομένα κάθε χρόνο, όπως οι αποδόσεις, ζιζάνια κ.λπ.. Είναι δεδομένο ότι οι αγρότες θα θέλουν να παρακολουθούν τα ετήσια δεδομένα για να μελετήσουν τις τάσεις που επικρατούν στη γονιμότητα, στις αποδόσεις, στην αλατότητα και σε πολλές άλλες παραμέτρους. Τεχνικές για παρουσίαση, αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων, όπως το GIS, είναι ήδη διαθέσιμες και εφαρμόζονται σχετικά εύκολα, χωρίς καμία ή με μικρές τροποποιήσεις, στη γεωργία. Ωστόσο, τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS) δεν είναι τόσο ευέλικτα και σε αυτόν τον τομέα και απαιτείται περαιτέρω έρευνα. Τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων χρησιμοποιούν αγρονομικά και περιβαλλοντικά δεδομένα, σε συνδυασμό με πληροφορίες για πιθανές τεχνικές διαχείρισης, με στόχο να καθοριστεί η βέλτιστη στρατηγική διαχείρισης για την παραγωγή. Τα περισσότερα εμπορικά DSS βασίζονται στη μέση απόκριση της καλλιέργειας σε ένα πεδίο. Η πλειονότητα των μηχανολογικών εταιρειών που προμηθεύουν τεχνολογία SSCM δεν παράγει DSS για να υποστηρίξει τη διαφορική χρήση του εξοπλισμού τους σε ένα σύστημα παραγωγής. Επομένως, το βάρος επωμίζονται οι επιμέρους φορείς της βιομηχανίας και σε μικρότερο βαθμό οι κυβερνητικές υπηρεσίες για να καλύψουν το κενό. Αρχικά μπορεί να αρκεί η προσαρμογή των υφιστάμενων γεωργικών DSS, όπως WHEATMAN, COTTONLOGIC ή APSIM σε συγκεκριμένες τοποθεσίες. Μακροπρόθεσμα, ωστόσο, ένα DSS που είναι σε θέση να μοντελοποιεί συγκεκριμένα τις αλληλεπιδράσεις φυτού-περιβάλλοντος από άποψη απόδοσης και ποιότητας θεωρείται δεδομένο ότι θα χρειαστεί.

5. Διαφορική δράση: Η διαφορική εφαρμογή των εισόδων που χρησιμοποιούν τεχνολογία VRA είναι ουσιαστικά ένα πρόβλημα μηχανικής. Λόγω του εμπορικού δυναμικού της τεχνολογίας VRA, μεγάλο μέρος αυτής της μηχανικής ανάπτυξης καθοδηγείται από τον ιδιωτικού τομέα. Οι εφαρμογές VRA απαιτούν ακριβείς

πληροφορίες σχετικά με τα ποσοστά εφαρμογών και τις σχετικές τοποθεσίες ή ώρες για τις εφαρμογές. Ο εξοπλισμός VRA θα πρέπει επίσης να καταγράφει την πραγματική διαδικασία εφαρμογής για εκ των υστέρων ποιοτικό έλεγχο. Το μεγαλύτερο εμπόδιο στην υιοθέτηση είναι η έλλειψη πληροφοριών από ένα DSS που σχετίζονται με το πού και το κατά πόσον οι εισροές πρέπει να ποικίλλουν. Οι ελεγκτές είναι διαθέσιμοι να ενεργοποιούν και να απενεργοποιούν ηλεκτρονικά τους βραχίονες και να αλλάζουν την ποσότητα του ζιζανιοκτόνου που θα εφαρμοστεί. Επιπρόσθετα, αρκετοί κατασκευαστές προς το παρόν παράγουν συστήματα καθοδήγησης χρησιμοποιώντας DGPS υψηλής ακρίβειας που μπορούν να τοποθετήσουν με ακρίβεια σε ένα κινούμενο όχημα. Αυτά τα συστήματα καθοδήγησης μπορούν να αντικαταστήσουν τους συμβατικούς δείκτες εξοπλισμού για ψεκασμό ή σπορά και μπορεί να είναι ένα πολύτιμο εργαλείο ανίχνευσης πεδίου.

Πίνακας 1.1. Σύνοψη των σταδίων σύμφωνα με την AGCO, 2005.

Στάδιο	Τεχνολογία που εμπλέκεται	Δραστηριότητες
Συλλογή και εισαγωγή δεδομένων	GPS - DGPS	Τοπογραφική μέτρηση
	GIS	Δειγματοληψία εδάφους ανά ζώνες
	Τοπογραφικά όργανα	ανίχνευση ζιζανίων και ασθενειών
	Απομακρυσμένοι αισθητήρες	άμεση μέτρηση των ιδιοτήτων του εδάφους και των καλλιεργειών
	Άμεσοι αισθητήρες	δορυφορικής απόδοσης παρακολούθησης τηλεανίχνευσης από καλλιέργεια και έδαφος
Ανάλυση, επεξεργασία και ερμηνεία πληροφοριών	GIS	Χάρτης ψηφιοποίησης
	Στατιστικό λογισμικό	ανάλυση αυτοσυσχέτισης
	Εμπειρία τεχνικού και χειριστή	χάρτες αξιολόγησης
Διαφορική εφαρμογή	VRT	Μεταβλητή εφαρμογή θρεπτικών ουσιών
	Ψεκαστήρας με υποστήριξη GPS	Μεταβλητή εφαρμογή χημικών
	Εξειδικευμένο λογισμικό	Διαφορική σπορά

1.5 Εξοπλισμός και Τεχνικές της γεωργίας ακριβείας

1.5.1 Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS)

Το GPS είναι ένα σύστημα πλοήγησης που βασίζεται σε ένα δίκτυο δορυφόρων που βοηθά τους χρήστες να καταγράφουν πληροφορίες θέσης, όπως το γεωγραφικό πλάτος, μήκος και υψόμετρο με ακρίβεια μεταξύ 100 και 0,01 m. Το GPS επιτρέπει στους αγρότες να εντοπίζουν την ακριβή θέση των χαρακτηριστικών του πεδίου, όπως για παράδειγμα ο τύπος του εδάφους, η εμφάνιση παρασίτων και ζιζανίων, οι απώλειες νερού κ.λ.π.. Υπάρχει ένα αυτόματο σύστημα ελέγχου, με πίνακα καθοδήγησης φωτός ή ήχου (DGPS), κεραία και δέκτη. Οι δορυφόροι GPS εκπέμπουν σήματα που επιτρέπουν στους δέκτες να υπολογίζουν τη θέση τους. Σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες, το GPS χρησιμοποιείται συνήθως ως πλοηγός για να καθοδηγήσει τους οδηγούς σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Αυτή την ίδια ακριβή καθοδήγηση παρέχει για τις επιτόπιες λειτουργίες, δηλαδή το σύστημα επιτρέπει στους παραγωγούς να αναγνωρίζουν αξιόπιστα τοποθεσίες πεδίου έτσι ώστε οι εισροές όπως σπόροι, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, ζιζανιοκτόνα και νερό άρδευσης να μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα μεμονωμένο πεδίο, βάσει κριτηρίων απόδοσης και προηγούμενων εφαρμογών εισαγωγής (Pedersen et al., 2014).

1.5.2 Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)

Η χρήση του GIS ξεκίνησε το 1960, το οποίο περιλαμβάνει υλικό, λογισμικό και διαδικασίες που έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν τη συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση και ανάλυση χαρακτηριστικών και δεδομένων τοποθεσίας για την παραγωγή χαρτών. Το GIS συνδέει πληροφορίες σε ένα μέρος με αποτέλεσμα να δύναται να γίνει παρέκταση όταν χρειάζεται. Οι ηλεκτρονικοί χάρτες GIS διαφέρουν από τους συμβατικούς και περιέχουν διάφορα επίπεδα πληροφοριών όπως για παράδειγμα η απόδοση, οι χάρτες έρευνας εδάφους, οι βροχοπτώσεις, οι καλλιέργειες, τα επίπεδα θρεπτικών συστατικών εδάφους και τα παράσιτα. Το GIS βοηθά στη μετατροπή ψηφιακών πληροφοριών σε μορφή που μπορεί να αναγνωριστεί και να χρησιμοποιηθεί.

Οι ψηφιακές εικόνες αναλύονται για να παράγουν έναν ψηφιακό χάρτη πληροφοριών για τη χρήση γης και την κάλυψη της βλάστησης. Το GIS είναι ένα είδος μηχανογραφημένου χάρτη, αλλά ο πραγματικός ρόλος του εστιάζεται στη χρήση στατιστικών και χωρικών μεθόδων για την ανάλυση χαρακτήρων και γεωγραφίας.

Μια βάση γεωργικών δεδομένων GIS μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με: αρχειοθετημένη τοπογραφία, τύπους εδάφους, αποστράγγιση επιφανείας, αποστράγγιση υπόγειου εδάφους, άρδευση, ποσοστά χημικής εφαρμογής και απόδοση σοδειάς. Μόλις αναλυθούν αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για την κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των διαφόρων στοιχείων που επηρεάζουν μια συγκομιδή σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία (Andreo , 2013).

1.5.3 Τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκόπηση προσφέρει την ευκαιρία να χαρτογραφήσει και να παρακολουθήσει τη μεταβλητότητα των καλλιεργειών και του εδάφους με έναν αποτελεσματικό τρόπο χαρτογράφησης και παρακολούθησης των επιπτώσεων κάθε κατάστασης που επηρεάζει την υγεία των φυτών, την απόδοση ή την ποιότητα των καλλιεργειών. Με βάση κυρίως τις διαφορές ανάκλασης μεταξύ των κόκκινων και των κοντινών υπέρυθρων ζωνών, πραγματοποιούνται διαφορετικές αναλύσεις για τη βιομάζα, την κατάσταση του στρες, τον ρυθμό ανάπτυξης. Αλλά πάνω απ' όλα, οι εικόνες χρησιμοποιούνται ως είσοδο σε ανάλυση που βασίζεται στο GIS για να καθοδηγήσουν τη δειγματοληψία πεδίου που βοηθά στην κατανόηση των παρατηρούμενων προτύπων και βοηθά στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την τρέχουσα ή τη μελλοντική διαχείριση ενός πεδίου. Συνεπώς, είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον χαρακτηρισμό του πεδίου και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα εργαλεία διαχείρισης ως μοντέλα προσομοίωσης καλλιεργειών. Επιπλέον, η χρονική ανάλυση των δεδομένων μπορεί να βοηθήσει στην απεικόνιση μιας συμπεριφοράς ενός πεδίου με όρους απόδοσης. Αυτό μπορεί να γίνει με χάρτες απόδοσης εάν είναι διαθέσιμοι, αλλά εάν δεν είναι, η απόδοση έχει αποδειχθεί ότι σχετίζεται ιδιαίτερα με την ανάκλαση NIR, οπότε αυτές οι εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο ελέγχου για τη λήψη αποφάσεων διαχείρισης πριν από τη συγκομιδή.

Οι εφαρμογές τηλεανίχνευσης στη γεωργία ακριβείας ξεκίνησαν με αισθητήρες οργανικής ύλης εδάφους και γρήγορα διαφοροποιήθηκαν για να συμπεριλάβουν δορυφορικούς, εναέριους και φορητούς αισθητήρες. Τα μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας επικεντρώθηκαν αρχικά σε μερικά ορατά ή πλησίον

υπέρυθρες ζώνες. Σήμερα, τα ηλεκτρομαγνητικά μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται κυμαίνονται από τμήματα υπεριώδους έως μικροκυμάτων φάσματος, επιτρέποντας προηγμένες εφαρμογές όπως ανίχνευση φωτός και εύρος (LiDAR), φασματοσκοπία φθορισμού και θερμική φασματοσκοπία, μαζί με πιο παραδοσιακές εφαρμογές στα ορατά και πλησίον τμήματα υπέρυθρων. Το φασματικό εύρος ζώνης έχει μειωθεί δραματικά με την έλευση της υπερ-φασματικής τηλεπισκόπησης, επιτρέποντας βελτιωμένη ανάλυση συγκεκριμένων ενώσεων, μοριακών αλληλεπιδράσεων, στρες καλλιέργειας και βιοφυσικών ή βιοχημικών χαρακτηριστικών καλλιέργειας. Υπάρχει μια ποικιλία φασματικών δεικτών για διάφορες εφαρμογές γεωργίας ακριβείας, αντί να επικεντρωθούμε μόνο σε δείκτες βλάστησης ομαλοποιημένων διαφορών. (Mulla, 2013).

Οι εφαρμογές τηλεπισκόπησης στη γεωργία βασίζονται στην αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με το έδαφος ή το φυτικό υλικό. Συνήθως, η τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει τη μέτρηση της ανακλώμενης ακτινοβολίας, αντί της μεταδιδόμενης ή απορροφούμενης ακτινοβολίας. Η τηλεπισκόπηση αναφέρεται σε μετρήσεις ακτινοβολίας μη επαφής που αντανακλάται ή εκπέμπεται από γεωργικούς αγρούς. Οι πλατφόρμες για την πραγματοποίηση αυτών των μετρήσεων περιλαμβάνουν δορυφόρους, αεροσκάφη, τρακτέρ και φορητούς αισθητήρες ή θερμικές εκπομπές (Cohen et al., 2005).

Η θερμική τηλεπισκόπηση για την ανάγκη σε νερό στις καλλιέργειες βασίζεται στην εκπομπή ακτινοβολίας σε απόκριση της θερμοκρασίας του φύλλου και του θόλου, η οποία ποικίλλει ανάλογα με τη θερμοκρασία του αέρα και το ρυθμό της εξαμισοδιαπνοής. Η ποσότητα της ακτινοβολίας που ανακλάται από τα φυτά σχετίζεται αντιστρόφως με την ακτινοβολία που απορροφάται από τις χρωστικές του φυτού και ποικίλλει ανάλογα με το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Φυτικές χρωστικές ουσίες όπως η χλωροφύλλη απορροφούν έντονα την ακτινοβολία στο ορατό φάσμα από 400 έως 700 nm, ιδιαίτερα σε μήκη κύματος όπως 430 (μπλε ή B) και 660 (κόκκινο ή R) nm για χλωροφύλλη-α. και 450 (B) και 650 (R) nm για χλωροφύλλη-β. Αντίθετα, η ανακλαστικότητα των φυτών είναι υψηλή στην εγγύς υπέρυθρη περιοχή (NIR 700-1300 nm) ως αποτέλεσμα της πυκνότητας των φύλλων (Pinter et al., 2003).

Αυτή η έντονη αντίθεση στη συμπεριφορά ανάκλασης μεταξύ των κόκκινων και NIR τμημάτων του φάσματος είναι το κίνητρο για ανάπτυξη φασματικών δεικτών που βασίζονται σε αναλογίες τιμών ανάκλασης στις ορατές και NIR περιοχές. Αυτοί οι φασματικοί δείκτες χρησιμοποιούνται συχνά για την εκτίμηση διαφόρων χαρακτηριστικών φυτών, όπως δείκτης περιοχής φύλλων (LAI), βιομάζα, περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη ή περιεχόμενο N. Η ποσότητα της ακτινοβολίας που αντανακλάται από τα γυμνά εδάφη επηρεάζεται κυρίως από την υγρασία του εδάφους και την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, αλλά και από το ποσοστό της Αργίλου, του ανθρακικού ασβεστίου ή των οξειδίων του σιδήρου. Κάθε συστατικό εδάφους έχει μια συγκεκριμένη φασματική περιοχή όπου η ανακλαστικότητα είναι η ισχυρότερη και μια συγκεκριμένη φασματική υπογραφή. Συχνά υπάρχουν και οι γυμνοί θόλοι του εδάφους και των καλλιεργειών και το μείγμα των δύο φασματικών υπογραφών συχνά μπερδεύει την ερμηνεία των δεδομένων ανάκλασης (Ben-Dor, 2010).

Οι αλγόριθμοι φασματικής μίξης, παράγωγα φάσματα ή φασματικοί δείκτες που προσαρμόζονται στις επιπτώσεις στο έδαφος χρησιμοποιούνται συχνά για την απομόνωση πληροφοριών σχετικά με τα χαρακτηριστικά των φυτών όταν η ανάκλαση επηρεάζεται και από τις δύο πηγές. Οι εφαρμογές τηλεπισκόπησης στη γεωργία ταξινομούνται συνήθως σύμφωνα με τον τύπο της πλατφόρμας για τον αισθητήρα, συμπεριλαμβανομένων δορυφορικών, εναέριων και επίγειων πλατφορμών. Αυτές οι πλατφόρμες και τα σχετικά συστήματα απεικόνισης μπορούν να διαφοροποιηθούν με βάση το υψόμετρο της πλατφόρμας, τη χωρική ανάλυση της εικόνας και την ελάχιστη συχνότητα επιστροφής για διαδοχική απεικόνιση. Η χωρική ανάλυση επηρεάζει την περιοχή που μπορεί να αναγνωριστεί. Καθώς η χωρική ανάλυση βελτιώνεται, η περιοχή του μικρότερου εικονοστοιχείου μειώνεται και η ομοιογένεια των χαρακτηριστικών του εδάφους ή της καλλιέργειας μέσα σε αυτό το εικονοστοιχείο αυξάνεται. Η κακή χωρική ανάλυση συνεπάγεται μεγάλα εικονοστοιχεία με αυξημένη ετερογένεια στα χαρακτηριστικά του εδάφους ή του φυτού. Η συχνότητα επιστροφής είναι σημαντική για την αξιολόγηση των χρονικών προτύπων στο έδαφος ή τα χαρακτηριστικά των φυτών (Haboudane et al., 2004).

Οι εφαρμογές τηλεπισκόπησης στη γεωργία έχουν επικεντρωθεί σε ένα ευρύ φάσμα προσπαθειών. Αυτά περιλαμβάνουν την απόδοση των καλλιεργειών και τη βιομάζα, θρεπτικά συστατικά καλλιέργειας και νερό προσβολές ζιζανίων, έντομα και φυτικές

ασθένειες και ιδιότητες εδάφους όπως οργανική ύλη, περιεκτικότητα σε υγρασία, άργιλο, pH και αλατότητα (Tilling et al., 2007; Thorp and Tian, 2004; Christy, 2008),).

1.5.4 Τεχνολογίες μεταβλητού ρυθμού (VRT)

Οι τεχνολογίες μεταβλητού ρυθμού (VRT) είναι αυτόματες και μπορεί να εφαρμοστούν σε πολλές γεωργικές εργασίες. Τα συστήματα αυτά ορίζουν το ρυθμό παράδοσης των εισροών της εκμετάλλευσης ανάλογα με τον τύπο του εδάφους που σημειώνεται πάνω σε έναν χάρτη. Οι πληροφορίες που παρέχονται από το GIS μπορούν να ελέγξουν διαδικασίες, όπως η σπορά, η λίπανση και η χρήση φυτοφαρμάκων καθώς και επιλογή και εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, με τον κατάλληλο ρυθμό στο σωστό μέρος τη σωστή στιγμή (Miao et al., 2005).

1.5.5 Διαχείριση καλλιεργειών

Το σύστημα της γεωργίας ακριβείας χρησιμοποιεί τις καινοτομίες και τις τεχνολογίες που περιγράφονται παραπάνω . Χάρη στα δορυφορικά δεδομένα, οι αγρότες έχουν καλύτερη κατανόηση της διακύμανσης των εδαφών και της τοπογραφίας, τα οποία επηρεάζουν την απόδοση των καλλιεργειών στο πεδίο. Συνεπώς, οι παραγωγοί διαχειρίζονται με ακρίβεια παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή, όπως σπόρους, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, ζιζανιοκτόνα, νερό, για να αυξήσουν την απόδοση και την αποτελεσματικότητα. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, για παράδειγμα, το σχήμα διαχείρισης του τυπικού PFS περιλαμβάνει τα ακόλουθα πρακτικά βήματα (Miao et al., 2005):

1. Προσδιορίζουν τις ζώνες διαχείρισης που θα εφαρμοστούν
2. Καθορίζουν τους στόχους απόδοσης.
3. Πραγματοποιούν δειγματοληψία εδάφους και ερμηνεία δεδομένων.

4. Λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τη διαχείριση της προετοιμασίας της γης, των ποικιλιών, των λιπασμάτων και άλλων θρεπτικών ουσιών για την επίτευξη των στόχων απόδοσης.
5. Δημιουργούν χάρτες για τον εντοπισμό του πληθυσμού των παρασίτων.
6. Εφαρμόζουν άρδευση ακριβείας.
7. Εφαρμόζουν την καταγραφή και την αυτόματη τήρηση αρχείων.
8. Παρακολουθήση και δημιουργία χάρτη απόδοσης, αξιολόγησης και εντοπισμού των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων για μελλοντική βελτίωση.

1.5.6 Ζώνες διαχείρισης

Ένας από τους στόχους της γεωργίας ακριβείας είναι ο εντοπισμός και η οριοθέτηση περιοχών ή ζωνών διαφορετικού παραγωγικού δυναμικού προκειμένου να εφαρμοστούν διαφορετικές στρατηγικές διαχείρισης (Bramley et al., 2005). Για την οριοθέτηση της ζώνης ενός αγροτεμαχίου, οι πληροφορίες σχετικά με το μοτίβο διακύμανσης της απόδοσης είναι ένα πολύ ενδιαφέρον σημείο. Αυτές οι περιοχές, που ονομάζονται ζώνες διαχείρισης, συνήθως διαφέρουν ως προς τις ιδιότητες του εδάφους, την κλίση και το μικροκλίμα. Η χρήση της ανάλυσης συστάδων είναι η συνιστώμενη μεθοδολογία ταξινόμησης που επιτρέπει τη χωροθέτηση ζωνών (Taylor et al., 2007). Μέσω μιας επαναληπτικής διαδικασίας, αυτή η διαδικασία επιτρέπει τη συγκέντρωση τιμών που παρεμβάλλονται από τους χάρτες σε ομοιογενείς ομάδες σε σχέση με τις μεταβλητές που επιλέχθηκαν για την ανάλυση. Είναι δυνατός ο προκαθορισμός του αριθμού ομάδων και η οριοθέτηση 2 έως 5 κατηγοριών. Οι Whelan και McBratney το 2003 διατυπώνουν μια σειρά προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των ζωνών διαχείρισης. Αυτές περιλαμβάνουν πολύγωνα που έχουν σχεδιαστεί σε χάρτες απόδοσης, εποπτευόμενες και μη εποπτευόμενες διαδικασίες ταξινόμησης σε δορυφορικές ή εναέριες εικόνες, προσδιορισμός των προτύπων σταθερότητας απόδοσης σε όλες τις εποχές, κ.λπ.

1.6 Βασικές τεχνολογίες

1.6.1 Τα συστήματα τοποθέτησης υψηλής ακρίβειας

Όπως το GPS έτσι και τα συστήματα τοποθέτησης υψηλής ακρίβειας είναι η βασική τεχνολογία για την επίτευξη ακρίβειας κατά την οδήγηση παρέχοντας τη δυνατότητα πλοήγησης οπουδήποτε στη γη, οποτεδήποτε υπό οποιεσδήποτε συνθήκες. Τα συστήματα καταγράφουν τη θέση του πεδίου χρησιμοποιώντας γεωγραφικές συντεταγμένες, δηλαδή γεωγραφικό πλάτος και μήκος και επιπλέον εντοπίζουν και πλοηγούν γεωργικά οχήματα μέσα σε ένα πεδίο με ακρίβεια 2 εκατοστών ().

1.6.2 Αυτοματοποιημένα συστήματα διεύθυνσης

Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την ανάληψη συγκεκριμένων εργασιών, όπως την αυτόματη οδήγηση, την εναέρια περιστροφή κ.λ.π.. Αυτές οι τεχνολογίες μειώνουν τα ανθρώπινα λάθη και είναι το κλειδί για την αποτελεσματική διαχείριση διότι:

1. Τα υποβοηθούμενα συστήματα διεύθυνσης δείχνουν στους οδηγούς τον τρόπο παρακολούθησης στο πεδίο με τη βοήθεια συστημάτων δορυφορικής πλοήγησης, όπως το GPS, όπου επιτυγχάνεται μια πιο ακριβή οδήγηση, αλλά θα πρέπει ο παραγωγός να οδηγεί.
2. Αυτοματοποιημένα συστήματα διεύθυνσης, όπου έχουν τον πλήρη έλεγχο του τιμονιού επιτρέποντας στον οδηγό - παραγωγό την ικανότητα να παρακολουθεί τον φυτευτή, τον ψεκαστήρα ή άλλο εξοπλισμό.
3. Τα ευφυή συστήματα καθοδήγησης, τα οποία παρέχουν διαφορετικά μοτίβα διεύθυνσης ανάλογα με το σχήμα του χωραφιού και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τα παραπάνω συστήματα.

1.6.3 Γεωγραφική χαρτογράφηση

Χρησιμοποιείται για την παραγωγή χαρτών, όπου σχετίζονται με τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, όπως ο τύπος εδάφους, τα επίπεδα θρεπτικών ουσιών κ.λπ. σε στρώσεις και αντιστοιχούν αυτές τις πληροφορίες στη συγκεκριμένη τοποθεσία του πεδίου.



Εικόνα 1.2. Σπορά χρησιμοποιώντας ένα σύστημα γεωγραφικής χαρτογράφησης

1.6.4 Τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού (VRT)

Είναι η ικανότητα προσαρμογής παραμέτρων σε ένα μηχάνημα για εφαρμογή σποράς ή λιπάσματος σύμφωνα με τις ακριβείς διακυμάνσεις στην ανάπτυξη των φυτών ή των θρεπτικών στοιχείων και του τύπου του εδάφους.

1.6.5 Αισθητήρες και τηλεπισκόπηση

Πραγματοποιείται συλλογή δεδομένων από απόσταση έως την αξιολόγηση της κατάστασης του εδάφους και των καλλιεργειών. Οι αισθητήρες δεδομένων μπορούν να τοποθετηθούν σε κινούμενα μηχανήματα.

1.6.6 Ενσωματωμένες ηλεκτρονικές επικοινωνίες

Είναι μεταξύ εξαρτημάτων σε ένα σύστημα για παράδειγμα μεταξύ τρακτέρ και γραφείου αγροκτήματος, τρακτέρ και εμπόρου ή δοχείου ψεκασμού και ψεκαστήρα (Zarco-Tejada et al. 2005).

1.7 Εργαλεία της γεωργίας ακριβείας

Το Precision Farming είναι ένας συνδυασμός εφαρμογής διαφορετικών τεχνολογιών, όπως παρατίθενται παρακάτω (Dwivedi et al., 2017):

- Παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS): Είναι ένα σύνολο 24 δορυφόρων στην τροχιά της Γης. Στέλνουν ραδιοσήματα, τα οποία μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία από έναν δέκτη γείωσης για τον προσδιορισμό της γεωγραφικής θέσης στη γη. Έχει 95% πιθανότητα ότι η δεδομένη θέση στη γη θα είναι εντός 10-15 μέτρων από την πραγματική θέση.
- Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS): Είναι λογισμικό που εισάγει, εξάγει και επεξεργάζεται χωρικά και χρονικά γεωγραφικά κατανεμημένα δεδομένα.
- Δειγματοληψία πλέγματος: Είναι μια μέθοδος διάσπασης του χωραφιού σε πλέγματα περίπου 0,5-5 εκταρίων. Η δειγματοληψία εδάφους εντός των πλεγμάτων είναι χρήσιμη για τον προσδιορισμό του κατάλληλου ρυθμού εφαρμογής λιπασμάτων. Λαμβάνονται διάφορα δείγματα από κάθε πλέγμα, αναμιγνύονται και αποστέλλονται στο εργαστήριο για ανάλυση.
- Τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού (VRT): Τα υπάρχοντα μηχανήματα πεδίου με πρόσθετη ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU) και ενσωματωμένο GPS μπορούν να ικανοποιήσουν την απαίτηση εισαγωγής μεταβλητού ρυθμού. Οι ψεκαστικοί βραχίονες, η συσκευή περιστροφής δίσκου με ECU και GPS έχουν χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για τον ψεκασμό.
- Χάρτες απόδοσης: Οι χάρτες απόδοσης παράγονται με επεξεργασία δεδομένων που προέρχονται από θεριζοαλωνιστική μηχανή που είναι εξοπλισμένη με GPS. Η χαρτογράφηση απόδοσης περιλαμβάνει την καταγραφή της ροής των κόκκων μέσω της θεριζοαλωνιστικής, ενώ ταυτόχρονα καταγράφει την πραγματική θέση αυτής στο χωράφι.

- Απομακρυσμένοι αισθητήρες: Αυτές είναι γενικά κατηγορίες κεραιών ή δορυφορικών αισθητήρων. Μπορούν να υποδείξουν παραλλαγές στα χρώματα του χωραφιού που αντιστοιχούν σε αλλαγές στον τύπο του εδάφους, στην ανάπτυξη των καλλιεργειών, στα όρια του χωραφιού, στους δρόμους, στο νερό, κ.λπ. Μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία για την παροχή φυτικών δεικτών, που αντικατοπτρίζουν την υγεία του φυτού.
- Αισθητήρες προσέγγισης: Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση των παραμέτρων του εδάφους καθώς ο τρακτέρ, το οποίο συνδέεται με αισθητήρα περνά πάνω από το χωράφι.
- Υλικό και λογισμικό υπολογιστή: Προκειμένου να αναλυθούν τα δεδομένα που συλλέγονται από άλλα στοιχεία τεχνολογίας και να καταστούν διαθέσιμα σε χρήσιμες μορφές όπως χάρτες, γραφήματα, αναφορές, η υποστήριξη του υπολογιστή είναι απαραίτητη μαζί με συγκεκριμένη υποστήριξη λογισμικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

2.1 Γενικά

Η τεχνολογία των ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων (WSN: Wireless Sensors Networks) εξελίχθηκε ραγδαία την τελευταία δεκαετία. Σ' αυτό βοήθησε σε μεγάλο βαθμό η ταυτόχρονη πρόοδος στις τεχνολογίες της μικροηλεκτρονικής και των επικοινωνιών δεδομένων. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN) παίζουν εδώ και πολλά χρόνια σημαντικό ρόλο τόσο στη μηχανική, στην επιστήμη, τη γεωργία όσο και σε πολλούς άλλους ακόμη τομείς όπως οι στρατιωτικές εφαρμογές, τα έξυπνα αυτοκίνητα κ.λπ. Η υιοθέτηση των WSN στη γεωργία ακριβείας στοχεύει στη μέτρηση διαφορετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων όπως η υγρασία της ατμόσφαιρας, η θερμοκρασία, η υγρασία του εδάφους, η τιμή του PH του εδάφους κ.λπ., για την βελτίωση της ποσότητας και της ποιότητας των καλλιεργειών. Επιπλέον, τα WSN βοηθούν στη μείωση της κατανάλωσης φυσικών πόρων που χρησιμοποιούνται στη γεωργία (Thakur et al., 2019).

2.2 Ορισμός και κατηγορίες

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN) θεωρούνται τα δίκτυα που αποτελούνται από κόμβους αισθητήρων. Αυτοί οι κόμβοι βοηθούν στην ανίχνευση, τη συλλογή και τη μέτρηση των πληροφοριών από το περιβάλλον όπου αναπτύσσονται και μεταδίδουν τα δεδομένα στους χρήστες. Ένα WSN παρουσιάζει μια βασική ή μια υποτυπώδη υποδομή και οι κόμβοι αισθητήρων σε αριθμό κυμαίνονται από δέκα έως κάποιες χιλιάδες, οι οποίοι συνεργάζονται μεταξύ τους με στόχο την παρακολούθηση της περιοχής όπου αναπτύσσονται (Thakur et al., 2019).

Τα WSN ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες στις δομημένες και στις μη δομημένες. Ως δομημένο WSN θεωρείται εκείνο που αναπτύσσεται με τον κατάλληλο τρόπο σε μια συγκεκριμένη περιοχή και μπορεί εύκολα να διαμορφωθεί εάν υπάρχει κάποιο πρόβλημα σε κύριο κόμβο, ενώ το μη δομημένο WSN είναι εκείνο στο οποίο οι κόμβοι αισθητήρων αναπτύσσονται χωρίς κάποια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική. Τα

δομημένα βρίσκονται κυρίως σε εκείνες τις περιοχές όπου είναι δύσκολο για τους ανθρώπους να φτάσουν εύκολα και να λάβουν δεδομένα από αυτήν την περιοχή. Σε ένα μη δομημένο WSN, είναι δύσκολη η επισκευή του κόμβου αισθητήρα εάν σταματήσει να λειτουργεί ή παρουσιάζει πρόβλημα αστοχίας κόμβου. Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων ταξινομείται σε πέντε τύπους για την παρακολούθηση των παραμέτρων της επιφάνειας της γης, των υπόγειων συνθηκών, των υποβρύχιων συνθηκών, των πολυμέσων και για την παρακολούθηση της περιοχής με τη βοήθεια της κίνησης των αισθητήρων. Αυτοί οι πέντε τύποι αισθητήρων ορίζονται όπως παρουσιάζεται παρακάτω (Yick et al., 2008):

- ✓ Οι επίγειοι WSN: Τεράστιος αριθμός κόμβων αναπτύσσεται σε μια επιφάνεια γης που μπορεί να βοηθήσει στην εξέταση των συνθηκών αυτής.
- ✓ Υπόγειο WSN: Είναι δίκτυα κόμβων αισθητήρων που αναπτύσσονται σε σπηλιές, ορυχεία ή υπόγειες επιφάνειες για την παρακολούθηση της κατάστασης του εδάφους, της υγρασίας κ.λ.π.
- ✓ Υποβρύχιο WSN: Οι αισθητήρες αναπτύσσονται στην περιοχή των ωκεανών, των ποταμών για υποβρύχια παρακολούθηση.
- ✓ Πολυμέσα WSN: Αποτελείται από κόμβους αισθητήρων που έχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης, επεξεργασίας και πρόσβασης σε δεδομένα πολυμέσων όπως δεδομένα βίντεο, αρχεία ήχου και εικόνες.
- ✓ Mobile WSN: Οι κόμβοι αισθητήρων έχουν τη δυνατότητα να μετακινούνται από το ένα μέρος στο άλλο. Η εφαρμογή τέτοιων δικτύων είναι η στρατιωτική επιτήρηση, η παρακολούθηση της περιοχής, η παρακολούθηση στόχου και η παρακολούθηση κάτω από την επιφάνεια του νερού.

Στα WSN, οι αισθητήρες είναι ενσωματωμένοι με έναν πομποδέκτη ραδιοφώνου και ένα σύνολο ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, τα οποία βοηθούν στη μετάδοση δεδομένων από την πηγή στον προορισμό. Οι κόμβοι αισθητήρων έχουν τη δυνατότητα να οργανωθούν για να δημιουργήσουν ad hoc, δίκτυο πολλαπλών-hop που βοηθούν στη δημιουργία συνδέσμου επικοινωνίας μεταξύ κόμβων. Ο χρήστης μπορεί να δώσει εντολές σε αισθητήρες και ως απόκριση αυτών των εντολών οι αισθητήρες μπορούν να μεταδίδουν δεδομένα στον χρήστη, όπως για παράδειγμα, όταν εκχωρείται στον αισθητήρα ένα συγκεκριμένο όριο θερμοκρασίας με τη βοήθεια γλώσσας

προγραμματισμού, εάν η θερμοκρασία υπερβαίνει τη συγκεκριμένη τιμή ο αισθητήρας παρέχει πληροφορίες στον χρήστη (Agre and Clare , 2000).

2.3 Χαρακτηριστικά ασύρματων δικτύων αισθητήρων

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι τα ακόλουθα (Akyildiz et al., 2002):

- ✓ Χαμηλή κατανάλωση: Οι κόμβοι του δικτύου τροφοδοτούνται με μπαταρίες, όπου αδειάζουν μετά από κάποιο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα το δίκτυο να μην λειτουργεί. Συνεπώς, όσο πιο χαμηλή είναι η κατανάλωση, τόσο μεγαλύτερο θα είναι το χρονικό αυτό διάστημα λειτουργίας και τόσο περισσότερο θα μειώνεται το κόστος συντήρησης. Πλέον σε μεγάλη κλίμακα χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπου η χρήση τους εξαρτάται από την τοποθεσία αυτών. Δίκτυα που είναι τοποθετημένα σε μεγάλο βάθος στον ωκεανό για μελέτη της υποθαλάσσιας ζωής υπόκεινται σε περιορισμούς.
- ✓ Αυτόνομη και προγραμματιζόμενη λειτουργία: Είναι δεδομένο ότι κάθε κόμβος θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να έχει γνώση τί κάνει, πότε να το κάνει , πού θα στείλει τη μέτρηση και να προγραμματίζεται δυναμικά
- ✓ Χαμηλό κόστος: Το κόστος των κόμβων που κυκλοφορούν είναι πολύ υψηλό για μεγάλης κλίμακας δίκτυα.
- ✓ Γρήγορη δημιουργία δικτύου: Τα δίκτυα θα πρέπει μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα να έχουν χαρτογραφήσει το δίκτυο και παράλληλα να ξεκινήσουν την προγραμματιζόμενη λειτουργία τους. Οι παράγοντες που το επηρεάζουν είναι τόσο το μέγεθος του δικτύου όσο και το hardware/software των κόμβων.
- ✓ Προσαρμοστικότητα: Κύριο χαρακτηριστικό είναι η προσαρμοστικότητα τους στα νέα δεδομένα. Στην περίπτωση όπου κάποιοι κόμβοι δεν λειτουργούν το δίκτυο συνεχίζει να λειτουργεί, διότι παρουσιάζει προσαρμοστικότητα
- ✓ Απλότητα
- ✓ Απόδοση

2.4 Δίκτυα αισθητήρων

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη κόμβων αισθητήρων χαμηλού κόστους, χαμηλής ισχύος και πολυλειτουργικότητας . Είναι μικρού μεγέθους και επικοινωνούν χωρίς σύνδεση σε μικρές αποστάσεις και αποτελούνται από στοιχεία ανίχνευσης, επεξεργασίας δεδομένων και επικοινωνιών, αξιοποιούν την ιδέα των δικτύων αισθητήρων με βάση τη συλλογική δραστηριότητα ενός μεγάλου αριθμού κόμβων. Τα δίκτυα αισθητήρων αντιπροσωπεύουν μια σημαντική βελτίωση ανταλλαγής παραδοσιακών αισθητήρων, οι οποίοι αναπτύσσονται με τους ακόλουθους δύο τρόπους (Intanagonwiwat et al., 2000):

- Οι αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν πολύ μακριά από το φαινόμενο. Σε αυτήν την προσέγγιση, απαιτούνται μεγάλοι αισθητήρες που χρησιμοποιούν μερικές πολύπλοκες τεχνικές για να διακρίνουν τους στόχους από τον περιβαλλοντικό θόρυβο.

- Πολλοί αισθητήρες που εκτελούν μόνο ανίχνευση μπορούν να αναπτυχθούν. Οι θέσεις των αισθητήρων και της τοπολογίας επικοινωνίας είναι προσεκτικά σχεδιασμένες. Μεταδίδουν χρονοσειρές του αισθητηρίου φαινομένου στους κεντρικούς κόμβους, όπου εκτελούνται υπολογισμοί και τα δεδομένα συντήκονται. Ένα δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από μεγάλο αριθμό κόμβων αισθητήρων, οι οποίοι αναπτύσσονται πυκνά είτε εντός του φαινομένου είτε πολύ κοντά σε αυτό.

Η θέση των κόμβων αισθητήρα δεν χρειάζεται να είναι προκαθορισμένη και έτσι επιτρέπει την τυχαία ανάπτυξη σε απρόσιτες περιοχές . Από την άλλη πλευρά, αυτό σημαίνει επίσης ότι τα πρωτόκολλα και οι αλγόριθμοι του δικτύου αισθητήρων πρέπει να διαθέτουν δυνατότητες αυτο-οργάνωσης. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των δικτύων αισθητήρων είναι το συνεταιριστικό στοιχείο των κόμβων αισθητήρων. Οι κόμβοι αισθητήρα είναι εξοπλισμένοι με έναν ενσωματωμένο επεξεργαστή. Αντί να στέλνουν τα ανεπεξέργαστα δεδομένα στους κόμβους που είναι υπεύθυνοι για τη σύντηξη, οι κόμβοι αισθητήρων χρησιμοποιούν τις δυνατότητες επεξεργασίας τους για να πραγματοποιούν τοπικά απλούς υπολογισμούς και να μεταδίδουν μόνο τα απαιτούμενα και μερικώς επεξεργασμένα δεδομένα.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά διασφαλίζουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών των δικτύων αισθητήρων. Μερικοί από τους τομείς εφαρμογής είναι η υγεία, η στρατιωτική και η ασφάλεια. Για παράδειγμα, τα φυσιολογικά δεδομένα για έναν ασθενή μπορούν να παρακολουθούνται εξ αποστάσεως από έναν γιατρό. Αν και αυτό

είναι πιο βολικό για τον ασθενή, επιτρέπει επίσης στον γιατρό να κατανοήσει καλύτερα την τρέχουσα κατάσταση του ασθενούς. Τα δίκτυα αισθητήρων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση τοξικών χημικών ουσιών στον αέρα και το νερό με συννέπεια τον προσδιορισμό του ρύπου, της συγκέντρωσης και της θέσης αυτών. Η πραγματοποίηση αυτών και άλλων εφαρμογών δικτύου αισθητήρων απαιτεί ασύρματες τεχνικές δικτύωσης ad hoc. Παρόλο που έχουν προταθεί πολλά πρωτόκολλα και αλγόριθμοι για τα παραδοσιακά ασύρματα δίκτυα ad hoc, δεν είναι κατάλληλα για τις μοναδικές δυνατότητες και τις απαιτήσεις εφαρμογής των δικτύων αισθητήρων. Οι διαφορές μεταξύ των δικτύων αισθητήρων και των ad hoc δικτύων περιγράφονται παρακάτω (Perkins, 2000):

- Ο αριθμός των κόμβων αισθητήρων σε ένα δίκτυο αισθητήρων μπορεί να είναι πολλές τάξεις μεγέθους υψηλότερος από τους κόμβους σε ένα ad hoc δίκτυο.
- Οι κόμβοι αισθητήρων αναπτύσσονται πυκνά.
- Οι κόμβοι αισθητήρων είναι επιρρεπείς σε αστοχίες.
- Η τοπολογία ενός δικτύου αισθητήρων αλλάζει πολύ συχνά
- Οι κόμβοι αισθητήρων χρησιμοποιούν κυρίως παράδειγμα επικοινωνίας μετάδοσης, ενώ τα περισσότερα δίκτυα ad hoc βασίζονται σε επικοινωνίες από σημείο σε σημείο.
- Οι κόμβοι αισθητήρων έχουν περιορισμένη ισχύ, υπολογιστικές ικανότητες και μνήμη.
- Οι κόμβοι αισθητήρων ενδέχεται να μην έχουν καθολική ταυτοποίηση (ID) λόγω του μεγάλου αριθμού γενικών και μεγάλου αριθμού αισθητήρων.

Δεδομένου ότι μεγάλος αριθμός κόμβων αισθητήρων αναπτύσσεται πυκνά, οι γειτονικοί κόμβοι μπορεί να είναι πολύ κοντά ο ένας στον άλλο. Ως εκ τούτου, η επικοινωνία στα δίκτυα αισθητήρων αναμένεται να καταναλώνει λιγότερη ισχύ από την παραδοσιακή επικοινωνία single hop. Επιπλέον, τα επίπεδα ισχύος μετάδοσης μπορούν να διατηρηθούν χαμηλά, κάτι που είναι ιδιαίτερα επιθυμητό στις κρυφές λειτουργίες. Η επικοινωνία πολλαπλών λυχνιών μπορεί επίσης να ξεπεράσει αποτελεσματικά ορισμένα από τα αποτελέσματα διάδοσης σήματος που βιώνονται στην ασύρματη επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων. Ένας από τους σημαντικότερους

περιορισμούς στους κόμβους του αισθητήρα είναι η απαίτηση χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Οι κόμβοι αισθητήρων μεταφέρουν περιορισμένες αναντικατάστατες πηγές ισχύος. Επομένως, ενώ τα παραδοσιακά δίκτυα στοχεύουν στην επίτευξη υψηλών προδιαγραφών υπηρεσιών (QoS), τα πρωτόκολλα δικτύου αισθητήρων πρέπει να επικεντρώνονται κυρίως στην εξοικονόμηση ενέργειας. Θα πρέπει να έχουν ενσωματωμένους μηχανισμούς συναλλαγής που δίνουν στον τελικό χρήστη τη δυνατότητα παράτασης της διάρκειας ζωής του δικτύου με κόστος χαμηλότερης απόδοσης ή υψηλότερης καθυστέρησης μετάδοσης.

2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό των δικτύων αισθητήρων

2.5.1 Ανοχή σε Σφάλματα

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι κόμβοι δύναται να σταματήσουν την λειτουργία τους, λόγω εξάντλησης της ενέργειας τους, φυσικής τους φθοράς ή καταστροφής και παρεμβολών. Απαιτείται η κανονική λειτουργία του δικτύου για αποφυγή σφαλμάτων και χάσιμο της αξιοπιστίας του δικτύου. Η ανοχή σφαλμάτων είναι η ικανότητα διατήρησης των λειτουργιών του δικτύου αισθητήρων χωρίς διακοπή λόγω αστοχιών του κόμβου αισθητήρα. Τα πρωτόκολλα και οι αλγόριθμοι μπορούν να σχεδιαστούν για να αντιμετωπίσουν το επίπεδο ανοχής σφαλμάτων που απαιτείται από τα δίκτυα αισθητήρων. Εάν το περιβάλλον όπου αναπτύσσονται οι κόμβοι αισθητήρων έχει μικρή παρέμβαση, τότε τα πρωτόκολλα μπορούν να χαλαρώσουν. Για παράδειγμα, εάν οι κόμβοι αισθητήρων αναπτύσσονται σε ένα σπίτι για να παρακολουθούν τα επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας, η απαίτηση ανοχής σφαλμάτων μπορεί να είναι χαμηλή δεδομένου ότι αυτό το είδος δικτύων αισθητήρων δεν βλάπτεται εύκολα ή παρεμποδίζεται από περιβαλλοντικό θόρυβο. Συνεπώς, το επίπεδο ανοχής σφαλμάτων εξαρτάται από την εφαρμογή των δικτύων αισθητήρων και θα πρέπει να αναπτυχθούν λαμβάνοντας αυτό υπόψη (Hoblos G et al., 2001, Shen et al., 2001).

2.5.2 Επεκτασιμότητα

Ο αριθμός των κόμβων, που αναπτύσσονται μπορούν να κυμαίνεται από μερικές δεκάδες έως και απαιτεί ένα καινούργιο πλαίσιο εργασίας το οποίο λαμβάνει υπόψη τον αριθμό των κόμβων που θα εφαρμοστούν. Τα νέα αυτά σχήματα θα πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργήσουν με αυτόν τον αριθμό κόμβων. Επιπρόσθετα θα χρησιμοποιούν τη φύση υψηλής πυκνότητας των δικτύων αισθητήρων, με την πυκνότητα να κυμαίνεται από μερικούς κόμβους αισθητήρων έως μερικές εκατοντάδες σε μια περιοχή, η οποία μπορεί να έχει διάμετρο μικρότερη από 10 μέτρα . Η πυκνότητα των κόμβων εξαρτάται και από την εφαρμογή στην οποία αναπτύσσονται οι κόμβοι αισθητήρων (Cho and Chandrakasan, 2000).

2.5.3 Κόστος Παραγωγής

Εξαιτίας του μεγάλου αριθμού δικτύων αισθητήρων που αποτελούνται οι κόμβοι θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το κόστος παραγωγής αυτών, διότι επηρεάζεται και το συνολικό κόστος εγκατάστασης του δικτύου. Στην περίπτωση όπου το κόστος της εγκατάστασης ενός δικτύου αισθητήρων υπερβεί κατά πολύ το κόστος των ήδη υπάρχουσών συμβατικών τεχνολογιών είναι δεδομένο ότι θα απορριφθεί. Γι' αυτό θα πρέπει το κόστος του κάθε κόμβου χωριστά να είναι σε χαμηλά επίπεδα έτσι ώστε να είναι προσβάσιμα για τον καταναλωτή (Cho and Chandrakasan, 2000).

2.5.4 Κατανάλωση Ισχύος

Ο κάθε αισθητήριος κόμβος τροφοδοτείται μόνο από μία πηγή περιορισμένης ισχύος <0.5 Ah και 1.2 V και σε πολλές περιπτώσεις είναι δύσκολη η αντικατάσταση της μπαταρίας του. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο χρόνος ζωής του κόμβου είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με το χρόνο ζωής της μπαταρίας του (Cho and Chandrakasan, 2000).

2.5.5 Μέσα Ασύρματης Επικοινωνίας

Σε ένα δίκτυο αισθητήρων πολλαπλών βημάτων, η ζεύξη επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων είναι ασύρματη και μπορεί να γίνει (Cho and Chandrakasan, 2000):

- ✓ Με ραδιοσυχνότητες,

- ✓ Με υπέρυθρες,
- ✓ Με Bluetooth και
- ✓ Με οπτικές ακτίνες Laser.

2.5.6 Τοπολογία δικτύου αισθητήρων

Οι τεράστιοι αριθμοί μη προσβάσιμων και ανεπιτήρητων κόμβων αισθητήρων, που είναι επιρρεπείς σε συχνές αστοχίες, καθιστούν τη συντήρηση τοπολογίας μια δύσκολη εργασία. Εκατοντάδες έως αρκετές χιλιάδες κόμβοι αναπτύσσονται σε όλο το πεδίο του αισθητήρα σε απόσταση δεκάδων ποδιών μεταξύ τους. Η πυκνότητάκός μπορεί να είναι τόσο υψηλές όσο 20 κόμβοι / m³ . Η ανάπτυξη μεγάλου αριθμού κόμβων πυκνά απαιτεί προσεκτικό χειρισμό συντήρησης τοπολογίας. Εξετάζονται τα θέματα που σχετίζονται με τη συντήρηση της τοπολογίας και την αλλαγή σε τρεις φάσεις (Shih et al., 2001):

1. Προ-ανάπτυξη και φάση ανάπτυξης: Οι κόμβοι του αισθητήρα μπορούν να τοποθετούνται είτε μαζικά είτε ένας-ένας Μπορούν να τοποθετηθούν με διάφορους τρόπους όπως από αεροπλάνο, πύραυλο ή πύραυλο, ρίψη από ένα σκάφος κ.λπ. και από άνθρωπο ή ρομπότ .
2. Φάση μετά την ανάπτυξη : Μετά την ανάπτυξη, οι αλλαγές τοπολογίας οφείλονται στην αλλαγή στους κόμβους αισθητήρων [39,50], δηλαδή στη θέση, προσβασιμότητα, διαθέσιμη ενέργεια, δυσλειτουργία και λεπτομέρειες εργασιών.
3. Φάσης προσθήκης πρόσθετων κόμβων: μπορούν να αναπτυχθούν εκ νέου ανά πάσα στιγμή για να αντικαταστήσουν τους κόμβους που δεν λειτουργούν ή λόγω αλλαγών στη δυναμική εργασιών. Η προσθήκη νέων κόμβων δημιουργεί την ανάγκη αναδιοργάνωσης του δικτύου. Η αντιμετώπιση συχνών αλλαγών τοπολογίας σε ένα ad hoc δίκτυο που έχει χιλιάδες κόμβους και πολύ αυστηρούς περιορισμούς κατανάλωσης ενέργειας απαιτεί ειδικά πρωτόκολλα δρομολόγησης.

2.5.7 Περιβάλλον

Οι κόμβοι αισθητήρα αναπτύσσονται πυκνά είτε πολύ κοντά είτε απευθείας μέσα στην περιοχή που πρέπει να παρατηρηθεί. Επομένως, εργάζονται χωρίς

παρακολούθηση σε απομακρυσμένες γεωγραφικές περιοχές. Μπορεί να λειτουργούν (Shih et al., 2001):

- σε πολυσύχναστα σημεία
- στο εσωτερικό μεγάλων μηχανημάτων,
- σε μεγάλο βάθος ενός ωκεανού,
- μέσα σε ένα twister,
- στην επιφάνεια ενός ωκεανού κατά τη διάρκεια ενός ανεμοστρόβιλου,
- σε ένα βιολογικά ή χημικά μολυσμένο πεδίο,
- σε ένα σπίτι ή ένα μεγάλο κτίριο,
- σε μια μεγάλη αποθήκη,
- προσαρτημένο σε ζώα,
- προσαρτημένο σε γρήγορα κινούμενα οχήματα, και • σε ποτάμι που κινείται με ρεύμα

2.6 Πρωτόκολλα επικοινωνίας

2.6.1 Πρωτόκολλο LEACH.

Είναι ένας κοινώς γνωστός αλγόριθμος ομαδοποίησης που λειτουργεί σε μια μετάδοση single-hop μεταξύ κεφαλών συμπλέγματος (CHs) και υιοθετεί μια τυχαία επιλογή. Δεν είναι κατάλληλο για δίκτυα μεγάλης κλίμακας και εάν επιλεγεί ένας κόμβος αισθητήρα χαμηλής ενέργειας ως κεφαλή συμπλέγματος, η διάρκεια ζωής του δικτύου ενδέχεται να τεθεί σε κίνδυνο καθώς αυτός ο κόμβος μπορεί να μη λειτουργεί ως αποτέλεσμα εξάντλησης της ενέργειας. Κάθε κόμβος στο δίκτυο αφού υπολογίσει το ενεργειακό του επίπεδο προωθεί αυτά τα δεδομένα συνοδευόμενα από τη θέση του στον κόμβο προορισμού. Ο κόμβος προορισμού, με τη σειρά του, μετρά τα επίπεδα ενέργειας και προσδιορίζει έναν κόμβο αισθητήρα με ένα επίπεδο ενέργειας πάνω από αυτόν τον μέσο όρο τον οποίο θα επιλέξει ως CH για αυτόν τον κύκλο (Heinzelman et al., 2000).

2.6.2 Πρωτόκολλο PEGASIS.

Είναι μια άλλη βελτίωση του πρωτοκόλλου LEACH, όπου τα συνδυασμένα δεδομένα μεταδίδονται από τον έναν κόμβο στον άλλο, συγκεντρώνονται και προωθούνται . Αποφεύγεται η χρήση πολλαπλών κόμβων, ώστε να μην σχηματίζονται συστάδες.

Τα μειονεκτήματα του PEGASIS είναι ότι η μετάδοση δεδομένων σε απομακρυσμένους κόμβους προκαλεί καθυστέρηση και ο μοναδικός κόμβος που επιλέγεται για μετάδοση δεδομένων μπορεί να εξαντλήσει την ενέργειά του λόγω τακτικών μεταδόσεων. Μια καλύτερη παραλλαγή του PEGASIS, που ονομάστηκε Hierarchical-PEGASIS αναπτύχθηκε για να ξεπεράσει την πρόκληση καθυστέρησης. Παρόλο που το PEGASIS πάσχει από πλεονασμό μετάδοσης δεδομένων με αποτέλεσμα περισσότερη ενέργεια να καταναλώνεται στο δίκτυο, είναι ενεργειακά πιο αποδοτική σε σχέση με το LEACH (Zungeru et al., 2013).

2.6.3 Πρωτόκολλο αυτο-οργάνωσης (SOP).

[61] Οι κόμβοι προώθησης αισθητήρων είναι αυτο-οργανωμένοι και πώς δημιουργούν πίνακες δρομολόγησης στα τέσσερα στάδια ανακάλυψης, οργάνωσης, αυτοανα-διοργάνωση και συντήρησης. Στο πρώτο στάδιο, ανακαλύπτονται οι γειτονικοί κόμβοι αισθητήρων. Ο σχηματισμός ομάδων που συγχωνεύονται δημιουργούν μια ιεραρχία , όπου ανάλογα με την κατάταξη τους που πραγματοποιείται στο στάδιο οργάνωσης ασχολείται με την αναδιοργάνωση των ομάδων και την ανταπόκριση στην αποτυχία στον διαχωρισμό των κόμβων. Ωστόσο, η φάση οργάνωσης του αλγορίθμου έρχεται με επιπλέον επιβάρυνση (Zungeru et al., 2013).

2.6.4 Πρωτόκολλο (APTEEN).

Το APTEEN [63], είναι ένα πρωτόκολλο που στοχεύει στην απόκτηση περιοδικών δεδομένων και την ανταπόκριση σε γεγονότα που βασίζονται στο χρόνο. Είναι επίσης υπεύθυνη για τη δημιουργία συστάδων, για τη συγκέντρωση δεδομένων και την εξοικονόμηση ενέργειας. Το πρωτόκολλο υποστηρίζει τρεις τύπους ερωτημάτων, τα

οποία είναι για παρακολούθηση συμβάντων. Οι αναλύσεις προσομοίωσης δείχνουν ότι αποδίδει καλύτερα από το LEACH, με την πρόκληση του γενικού σχηματισμού συμπλεγμάτων πολλαπλών επιπέδων καθώς και τη χρήση (Zungeru et al., 2013).

2.6.5 Πρωτόκολλο προώθησης βάσει τροχιάς (TBF)

Χρησιμοποιεί ένα πυκνοκατοικημένο δίκτυο με ένα σύστημα συντεταγμένων που βοηθά τους κόμβους του αισθητήρα να τοποθετηθούν για να εκτιμήσουν την απόσταση. Μια πηγή συμβάντος καθορίζει μια τροχιά αλλά η διαδρομή σε βάση hop-by-hop δεν δίνεται. Ένας κόμβος αισθητήρα που προωθεί δεδομένα βρίσκει την πλησιέστερη τροχιά που έχει διορθώσει ο κόμβος του αισθητήρα στην πηγή. Υπάρχει η πιθανότητα δημιουργίας πολλαπλών διαδρομών στο TBF. Η συντήρηση της διαδρομής δεν επηρεάζεται από την κινητικότητα των αισθητήρων (Nath and Niculescu ., 2003).

2.6.6 Πρωτόκολλο ενεργειακής γνώσης WSN geographic routing (EAGRP).

Λειτουργεί με το επίπεδο ενέργειας και τη θέση κάθε κόμβου στο δίκτυο. Τα επίπεδα ενέργειας των γειτονικών κόμβων είναι γνωστά από κάθε κόμβο για να επιτραπεί η προώθησή. Υπολογίζεται το τυπικό εύρος σε όλα τα γειτονικά της πηγής ή του κόμβου προώθησης και ελέγχονται τα επίπεδα της ενέργειάς τους καθώς και η επιλογή του κατάλληλου με βάση το επίπεδο ενέργειας. Κατάλληλο είναι αυτό που έχει το ενεργειακό του επίπεδο να υπερβαίνει την καθορισμένη τιμή αφετηρίας και έχει περισσότερη ενέργεια (ElGrahim et al., 2010).

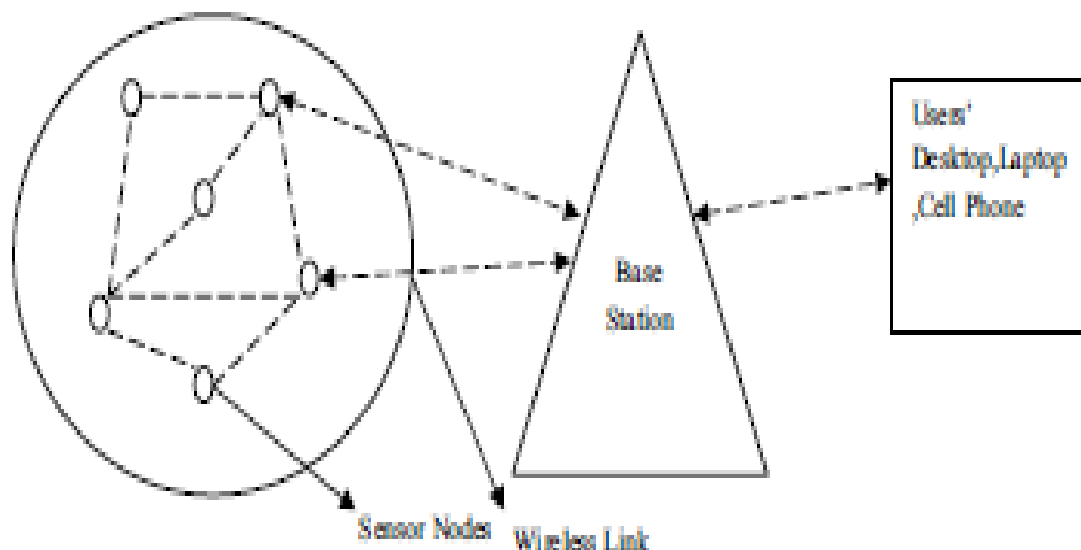
2.7 Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων στη γεωργία ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω επιτρέπει στους αγρότες να διαχειρίζονται τη χωρική και χρονική μεταβλητότητα στον γεωργικό τομέα, όπως τη μείωση των φυσικών πόρων, τη διαχείριση της άρδευσης, της παραγωγής, της λίπανσης, της φυτοπροστασίας και την παρακολούθηση των δεδομένων σε

πραγματικό χρόνο . Στόχος της υιοθέτησης των αισθητήρων στη γεωργία ακριβείας είναι η ενίσχυση της συνολικής παραγωγής των καλλιεργειών. Οι αισθητήρες μπορούν να βοηθήσουν στη μέτρηση διαφόρων παραμέτρων της γεωργικής γης όπως η υγρασία της ατμόσφαιρας και του εδάφους, οι κλιματολογικές συνθήκες, η ανίχνευση εμφάνισης προσβολών κ.λ.π. (Ketshabetswe et al., 2019).

Επιπλέον, ο αισθητήρας μπορεί να συλλέξει πληροφορίες σχετικά με διάφορες παραμέτρους και να επεξεργαστεί τις πληροφορίες που συλλέγονται για καλύτερη καλλιέργεια. Ο σημαντικός ρόλος των αισθητήρων στον αγροτικό τομέα παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.1, όπου παρατηρείται (Kumar, 2003):

- Συλλογή πληροφοριών για τις καιρικές συνθήκες, το έδαφος και τις καλλιέργειες
- Έρευνα της γης για καλύτευση της καλλιέργειας.
- Μέτρηση των αναγκών των πόρων των καλλιεργειών.
- Προσδιορισμός την κατά καιρούς απαίτηση των καλλιέργειες για λιπάσματα, άρδευση, φυτοφάρμακα κ.λπ.
- Προστασία των αγροτεμαχίων από επιθέσεις εισβολέων



Εικόνα 2.1.Επισκόπηση των WSN

2.8 Εφαρμογές στη γεωργία ακριβείας

Οι Sanchez et al. πρότεινε ένα ολοκληρωμένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων ως λύση για την ακρίβεια. Ο κύριος στόχος αυτού του μοντέλου είναι να εξασφαλίσει τις καλλιέργειες από εισβολείς και να εντοπίσει τα ίδια στον αγροτικό τομέα. Η ανίχνευση και ταυτοποίηση των παρασίτων γίνεται με τη βοήθεια της παρακολούθησης βίντεο. Η υψηλή κατανάλωση ενέργειας και τα προβλήματα καθυστέρησης από άκρο σε άκρο αποτελούν τα μειονεκτήματα αυτού του μοντέλου. Τα παράσιτα εντοπίζονται χρησιμοποιώντας αισθητήρες κίνησης υπέρυθρων και η αναγνώριση ολοκληρώνεται με τη βοήθεια αισθητήρων κάμερας. Οι Zhang et al., πρότειναν μια μέθοδο για την παρακολούθηση της σφριγηλότητας του φυτού με τη βοήθεια των WSN. Η παρακολούθηση πραγματοποιείται μέσω ενσωματωμένης τεχνολογίας και επεξεργασίας εικόνας. Εάν εντοπιστεί ασυνήθιστη συμπεριφορά κατά τη διαδικασία παρακολούθησης, τότε αποστέλλεται μήνυμα στους τελικούς χρήστες. Με τη βοήθεια ασύρματων κόμβων αισθητήρων που αναπτύσσονται στη σπατάλη πόρων που απαιτούνται για την καλλιέργεια φυτών ελαχιστοποιούνται. Η προτεινόμενη μέθοδος βοηθά στην παροχή του καλά οργανωμένου τρόπου παρακολούθησης της αντοχής των φυτών σε πολλές φάσεις της γεωργίας. Οι Zou et al. πρότειναν έναν αλγόριθμο που ονομάζεται OASNDFA για την επίτευξη έξυπνης γεωργικής παρακολούθησης με ελάχιστους κόμβους αισθητήρων που αναπτύσσονται στο πεδίο. Η επιλογή της θέσης των κόμβων είναι δύσκολη σε λοφώδεις περιοχές λόγω τοπογραφικών και καιρικών συνθηκών. Αυτός ο αλγόριθμος βοηθά στην εύρεση της κατάλληλης θέσης των κόμβων και λειτουργεί σε τρεις φάσεις. Η πρώτη φάση εξετάζει τον διαφορετικό σχετικό παράγοντα, στη δεύτερη φάση, σχεδιάζεται ένα μαθηματικό μοντέλο με τη βοήθεια των σχετικών παραγόντων και η τρίτη φάση αποτελείται από βασικά σημεία με μέγιστα χαρακτηριστικά, τα οποία υπολογίζονται μέσω μαθηματικού μοντέλου. Για παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο οι Kim et al. πρότειναν ένα WSN βασισμένο σε λειτουργία beacon με αυτονομία. Αυτή η αρχιτεκτονική παρέχει τις λύσεις για προβλήματα όπως πυρκαγιά, παρουσία

παρασίτων και έλλειψη διαθεσιμότητας πόρων. Οι Barat et al. πρότειναν ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για την προστασία των αγροκτημάτων από επιθέσεις ζώων. Οι κόμβοι αισθητήρων που είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες PIR, αισθητήρες ήχου, φλας και μονάδα RF αναπτύσσονται στον τομέα της γεωργίας. Οι κόμβοι αισθητήρων που βρίσκονται κοντά στα όρια του πεδίου ανιχνεύουν την είσοδο των ζώων και στέλνουν πληροφορίες στον κεντρικό σταθμό βάσης. Από την κεντρική βάση οι πληροφορίες αποστέλλονται στους τελικούς χρήστες. Για την παρακολούθηση της μεταβλητότητας του αζώτου και ύπαρξης εχθρών στην καλλιέργεια ζαχαροκάλαμου οι Portz et al. πρότειναν μοντέλο ενεργού αισθητήρα καλλιέργειας βασισμένο σε WSNs. Παρατηρήθηκε ότι το προτεινόμενο μοντέλο είναι ικανό να υποδείξει τη ζήτηση αζώτου και βιομάζας. Ο αισθητήρας βοηθά στην ανίχνευση της μεταβλητότητας της βιομάζας και του αζώτου και μπορεί να αναληφθεί δράση για την τροφοδοσία της βιομάζας και του αζώτου στην καλλιέργεια ζαχαροκάλαμου. Οι Reiser et al. προτεινόμενο σύστημα βασισμένο σε WSN για αυτόνομη πλοήγηση στον γεωργικό τομέα. Το προτεινόμενο σύστημα περιλαμβάνει τη θέση των κόμβων που αναπτύσσονται στον τομέα της γεωργίας και την επίτευξη δεδομένων. Το προτεινόμενο σύστημα έχει πλεονεκτήματα έναντι του στενού εύρους μετάδοσης κόμβων. Αυτό το σύστημα εντοπίζει αποτελεσματικά τους ελαττωματικούς κόμβους.

Οι Smiljković et al. πρότειναν ένα έξυπνο σύστημα που βασίζεται σε cloud και ονομάζεται Smartwine, το οποίο παρακολουθεί τη διαδικασία παραγωγής κρασιού. Λειτουργεί σε πλατφόρμα δικτύου αισθητήρων με κεντρικό σύστημα διακομιστή που επιτρέπει σε περισσότερους από έναν χρήστες να χρησιμοποιούν ταυτόχρονα το σύστημα. Το σύστημα Smartwine βοηθά στη μείωση του κόστους ενέργειας, νερού, πόρων και φυτοφαρμάκων για την παραγωγή κρασιού. Για την παρακολούθηση της διαδικασίας γεωργικής παραγωγής, οι Diaz et al. πρότεινε μια μεθοδολογία που έχει επτά φάσεις : τη Μελέτη της κατάστασης του περιβάλλοντος, το σχεδιασμό της αρχιτεκτονική του δικτύου αισθητήρων, το ρόλο και τη σημασία, την υλοποίηση, την προσομοίωση, την ανάπτυξη και τη συντήρηση.

Για την παρακολούθηση των καλλιεργειών σε θερμοκήπιο και οπωρώνα, Zhu et al. ανέπτυξε ένα σύστημα παρακολούθησης βασισμένο σε WSN. Οι δυνατότητες του προτεινόμενου συστήματος αξιολογούνται χρησιμοποιώντας τρία διαφορετικά σενάρια όπως το θερμοκήπιο, το ανοιχτό χωράφι και τον οπωρώνα. Το προτεινόμενο

σύστημα παρέχει καλύτερη αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ κόμβων αισθητήρων που αναπτύσσονται σε γεωργικούς τομείς. Περαιτέρω, φαίνεται επίσης ότι ο ρυθμός απώλειας πακέτου μειώνεται σημαντικά. Για να επιτευχθεί μικρότερο κόστος διαχείρισης και υψηλή παραγωγικότητα στην καλλιέργεια καλλιεργειών, οι Srbinovska et al. προτεινόμεναν αρχιτεκτονική βασισμένη σε WSN για θερμοκήπιο λαχανικών. Το ανεπτυγμένο σύστημα αναλύει τις διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως θερμοκρασία, υγρασία και φως, για βέλτιστες συνθήκες καλλιέργειας. Αποκαλύπτεται ότι το προτεινόμενο σύστημα θα μπορούσε να βελτιώσει την παραγωγικότητα και την ποιότητα της καλλιέργειας.

Οι El-kader et al. πρότειναν ένα μοντέλο για την καλλιέργεια πατάτας. Στο προτεινόμενο μοντέλο, η δοκιμή του εδάφους γίνεται μέσω κόμβων αισθητήρων εάν η γη είναι κατάλληλη για καλλιέργεια ή όχι. Αυτό το μοντέλο παρέχει επίσης τις εγκαταστάσεις καλύτερου προγραμματισμού άρδευσης και λίπανσης για τη μείωση των φυσικών πόρων. Επιπλέον, παρατηρείται ότι το πρωτόκολλο APTEEN υιοθετείται για καλύτερες διαδρομές δρομολόγησης.

Για την παρακολούθηση των παραμέτρων του εδάφους, οι Georgieva et al. σχεδίασε ένα μοντέλο παρακολούθησης βασισμένο σε WSN. Το προτεινόμενο μοντέλο παρακολούθησης υπολογίζει τις διάφορες παραμέτρους του εδάφους, όπως θερμοκρασία, υγρασία, αγωγιμότητα και pH. Η πλατφόρμα arduino χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση των διαφόρων συστατικών του προτεινόμενου μοντέλου παρακολούθησης. Για την παροχή καλύτερης και ποιοτικής συνδεσιμότητας και κάλυψης αισθητήρων στον τομέα της γεωργίας, οι Kaiwartya et al. σχεδίασε ένα σύστημα μέτρησης ποιότητας πολλών μετρικών για αναπτυγμένους κόμβους αισθητήρων. Σε αυτό το έργο, επτά μετρήσεις έχουν σχεδιαστεί για την ανάπτυξη του αισθητήρα και τη βέλτιστη συνδεσιμότητα μεταξύ των κόμβων του αισθητήρα.

Οι Lee et al., σχεδίασαν ένα σύστημα ανίχνευσης ενσωματωμένο με σύστημα χαρτογράφησης απόδοσης, αισθητήρες για την ανίχνευση ασθενειών, ανιχνευτές devris, έναν ανιχνευτή N χρησιμοποιώντας πλατφόρμες εδάφους και εναέριες. Το προτεινόμενο σύστημα ανίχνευσης μπορεί να μετρήσει την ανίχνευση φωσφόρου εδάφους, την ανίχνευση θρεπτικών ουσιών στο έδαφος και την ανίχνευση εντόμων κόκκων με τη βοήθεια της φασματοσκοπίας NIR και RAMAN.

Για την παρακολούθηση του παγετού στον αμπελώνα, Valente et al. πρότεινε ένα σύστημα συνεργασίας βασισμένο σε WSN και ρομπότ. Το εναέριο ρομπότ μπορεί να λειτουργήσει ως δυναμικός κόμβος και μπορεί να είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία μεταξύ γεωργικού πεδίου και σταθμού βάσης. Επιπλέον, το UAV και το WSN συνδυάζονται για την έρευνα κατακερματισμένων καλλιεργειών.

Για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων, οι Carrascosa et al. πρότεινε ένα μοντέλο υλικού ανοιχτού κώδικα βασισμένο στη γεωργία ακριβείας. Το προτεινόμενο μοντέλο περιέχει δύο κύρια συστατικά, δηλαδή υλικό και λογισμικό. Το στοιχείο υλικού του μοντέλου είναι υπεύθυνο για την καταγραφή περιβαλλοντικών παραμέτρων, ενώ το στοιχείο λογισμικού συνδέει τη συσκευή με διακομιστή δεδομένων. Τα χαρακτηριστικά του μοντέλου υλικού ανοιχτού κώδικα έχει χαμηλό κόστος απόκτησης και λιγότερη πολυπλοκότητα για προσαρμογή.

2.9 Τεχνολογίες Επικοινωνίας

Στην ασύρματη επικοινωνία αισθητήρων χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες για τη μετάδοση των δεδομένων από το γεωργικό πεδίο στο κεντρικό σημείο. Η ZigBee είναι μια συσκευή χαμηλού κόστους, χαμηλού ρυθμού και χαμηλής ισχύος σε σύγκριση με άλλες ασύρματες τεχνολογίες που βοηθούν στην ασφαλή και αποτελεσματική μετάδοση δεδομένων από πηγή σε προορισμό. Εφαρμόζοντας ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων που βασίζεται στο ZigBee σε δεδομένα αγροτικού πεδίου σχετικά με τις συνθήκες του πεδίου μεταδίδεται σωστά στον χρήστη με υψηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (Zhang et al., 2008).

Το Bluetooth είναι μια μικρή, χαμηλής κατανάλωσης συσκευή για ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, η οποία βοηθά στη μετάδοση δεδομένων από έναν χρήστη σε άλλο σε απόσταση 100 μέτρων. Λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων 2,4 GHz (Versichele et al., 2012).

Η ασύρματη πιστότητα (Wi-Fi) είναι το πρότυπο IEEE 802.11b για ασύρματο τοπικό δίκτυο το οποίο λειτουργεί σε ζώνη συχνοτήτων 2,4 GHz που αναπτύσσεται με κατανεμημένο τρόπο για να καλύψει το εύρος των εκατό μέτρων. Το Wi-Fi είναι η πιο επιτυχημένη τεχνολογία ασύρματων δικτύων αισθητήρων πριν από λίγα χρόνια. Το

Wi-Fi ήταν διαθέσιμο μόνο σε φορητούς υπολογιστές, αλλά τώρα διατίθεται εύκολα σε κινητά τηλέφωνα, κάμερες, τηλεόραση κ.λπ. (Leroy et al., 2011).

Η γενική υπηρεσία ραδιοφωνικών συστημάτων (GPRS) παρέχει γρήγορη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων στους χρήστες. Χρησιμοποιεί το εύρος συχνοτήτων 2,4 GHz. Το GPRS παρέχει ταχύτερη και υπεραστική σύνδεση για μετάδοση δεδομένων. Το εύρος του GPRS εκτείνεται σε χιλιόμετρα ανάλογα με την περιοχή κάλυψης του GPRS (Gu et al., 2008) .

Τέλος το WiMAX είναι ένα πρότυπο IEEE 802.16e που χρησιμοποιείται για μια τεχνολογία επικοινωνιών μεγάλων αποστάσεων. Με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας WiMAX, η χωρητικότητα του δικτύου μπορεί να αυξηθεί έως και 70 mbps (Gungor, 2006)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

3.1 Γενικά

Οι πληροφορίες που προσφέρουν οι καλλιέργειες μετατρέπονται σε σωστές και προληπτικές αποφάσεις όταν διαχειρίζονται αποτελεσματικά. Οι τρέχουσες εξελίξεις στη διαχείριση δεδομένων κάνουν την γεωργία ακριβείας να αναπτύσσεται εκθετικά, καθώς τα δεδομένα έχουν γίνει το βασικό στοιχείο στη σύγχρονη γεωργία για να βοηθήσουν τους παραγωγούς να λάβουν κριτική λήψη αποφάσεων. Σημαντικές εμφανίζονται οι αντικειμενικές πληροφορίες που λαμβάνονται μέσω αισθητήρων με σκοπό τη μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας και της βιωσιμότητας. Η ανάλυση της βάσης δεδομένων βασίζεται σε πληροφορίες που μπορούν να αυξήσουν την αποδοτικότητα αποφεύγοντας την κατάχρηση πόρων και τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Η γεωργία βάσει δεδομένων, με τη βοήθεια ρομποτικών λύσεων που ενσωματώνουν έξυπνες τεχνικές, θέτει τη βάση για τη βιώσιμη γεωργία του μέλλοντος (Saiz-Rubio and Rovira-Más, 2020).

3.2 Εισαγωγή

Είναι αποδεκτό ότι ο τομέας της γεωργίας βρίσκεται σε ένα μεταβατικό στάδιο, το οποίο βασίζεται σε νέες τεχνολογίες πολύ ελπιδοφόρες καθώς επιτρέπουν σε αυτόν τον πρωτογενή τομέα να προχωρήσει στο επόμενο επίπεδο παραγωγικότητας και δυνατότητας της εκμετάλλευσης (Himesh, 2018). Η γεωργία ακριβείας, η οποία συνίσταται στην εφαρμογή εισροών όταν και όπου απαιτείται, έχει γίνει το τρίτο κύμα της σύγχρονης γεωργικής επανάστασης με το πρώτο να είναι η μηχανοποίηση και το δεύτερο η πράσινη επανάσταση με τη γενετική τροποποίησή της (Zhang, 2019) και σήμερα πλέον, βελτιώνεται με την αύξηση των συστημάτων γνώσης των εκμεταλλεύσεων λόγω της διαθεσιμότητας μεγαλύτερων ποσοτήτων δεδομένων. Επιπλέον, όταν εξετάζεται το περιβάλλον, οι νέες τεχνολογίες εφαρμόζονται όλο και περισσότερο στις εκμεταλλεύσεις για τη διατήρηση της βιωσιμότητας της γεωργικής παραγωγής.

Κατά την εφαρμογή αυτών των νέων τεχνολογιών, η πρόκληση για την ανάκτηση δεδομένων από καλλιέργειες έχει θέσει ως στόχο να την δημιουργία ενός σημαντικού τομέα, επειδή τα ίδια τα δεδομένα δεν είναι χρήσιμα, μόνο μέσω αριθμών ή εικόνων. Οι εκμεταλλεύσεις που χρησιμοποιούν την νέα τεχνολογία, παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η εξοικονόμηση χρημάτων και εργασίας, αυξημένη παραγωγή ή μείωση του κόστους και παραγωγή ποιοτικών τροφίμων με περισσότερο φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές.

Ωστόσο, η λήψη αυτών των πλεονεκτημάτων στο αγρόκτημα θα εξαρτηθεί, όχι μόνο από την προθυμία των παραγωγών για την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών στους τομείς τους, αλλά και σε κάθε ειδικό δυναμικό εκμετάλλευσης από άποψη οικονομικών κλίμακας, καθώς το περιθώριο κέρδους αυξάνεται με το μέγεθος της εκμετάλλευσης. Το USDA ανέφερε ότι, κατά μέσο όρο, το προϊόν του καλαμποκιού μέσω της γεωργίας ακριβείας είχε κέρδος 163 δολάρια ανά εκτάριο υψηλότερο από ό, τι στη συμβατική . Η μεγαλύτερη χρήση των υπηρεσιών Smart Farming είναι ζωτικής σημασίας όχι μόνο για τη βελτίωση της οικονομικής απόδοσης μιας φάρμας, αλλά και για την κάλυψη των αναγκών διατροφής σε παγκόσμια κλίμακα(Grand View Research. , 2019) .

3.3 Γεωργία βάσης δεδομένων- Γεωργία 4.0

Αυτή η νέα φιλοσοφία με επίκεντρο τα γεωργικά δεδομένα έχει εκφραστεί με διάφορα ονόματα: Agriculture 4.0, Digital Farming ή SmartFarming, συνδυάστηκαν με την ήδη γνωστή έννοια της Precision Agriculture, βελτιώνοντας την ακρίβεια των λειτουργιών (CEMA., 2020) Ως αποτέλεσμα, το Agriculture 4.0 βασίζεται σε αρχές Precision Agriculture με παραγωγούς που χρησιμοποιούν συστήματα που παράγουν δεδομένα στις εκμεταλλεύσεις τους, τα οποία θα υποβληθούν σε επεξεργασία με τέτοιο τρόπο ώστε να λαμβάνουν σωστές στρατηγικές και επιχειρησιακές αποφάσεις. Παραδοσιακά, οι αγρότες έχουν πάει στα πεδία-κτήματα για να ελέγξουν την κατάσταση των καλλιεργειών τους και να λάβουν αποφάσεις με βάση τη συσσωρευμένη εμπειρία τους. Αυτή η προσέγγιση δεν είναι πλέον βιώσιμη καθώς, μεταξύ άλλων, ορισμένα πεδία είναι πολύ μεγάλα για να διαχειριστούν σωστά τα τριπλά κριτήρια των επόμενων ετών : Αποτελεσματικότητα, βιωσιμότητα και

διαθεσιμότητα. Τα προηγμένα συστήματα διαχείρισης στο πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας παρέχουν πρακτικές λύσεις. Επίσης, παρά το γεγονός ότι ορισμένοι αγρότες έχουν συγκεντρώσει μια μακροχρόνια εμπειρία μετά από πολλά χρόνια εργασίας στον αγροτικό τομέα, εντούτοις η τεχνολογία μπορεί να παρέχει ένα συστηματικό εργαλείο για την ανίχνευση απρόβλεπτων προβλημάτων που δύσκολα παρατηρούνται με οπτική επιθεώρηση σε περιστασιακούς ελέγχους.

Όσον αφορά την προθυμία υιοθέτησης σύγχρονων εργαλείων στη γεωργία, οι νέοι αγρότες δείχνουν μια πιο θετική στάση από τους ηλικιωμένους, καθώς οι πρώτοι μπορούν να υποστηρίξουν την όχι τόσο μεγάλη εμπειρία τους στον τομέα με νέα έξυπνα εργαλεία που παρέχουν βασικές πληροφορίες. Ωστόσο, η μέση ηλικία των αγροτών τις τελευταίες δεκαετίες αυξάνεται ανησυχητικά: Περίπου 58 ετών στις ΗΠΑ και την Ευρώπη, 60 στην Αφρική και 63 στην Ιαπωνία. Η ανανέωση των γενεών σε ένα πλαίσιο αγροτικής ανάπτυξης υπερβαίνει τη μείωση της μέσης ηλικίας των αγροτών. Αφορά επίσης την ενδυνάμωση της γενιάς με υψηλής ποιότητας τεχνολογία για την υποστήριξη βιώσιμων γεωργικών πρακτικών (Nierenberg, 2020) . Αυτό συνεπάγεται ότι οι νέοι αγρότες θα πρέπει να μετατρέψουν την υπάρχουσα γη σε πιο σύγχρονες και ανταγωνιστικές εκμεταλλεύσεις με σκοπό τη διατήρηση βιώσιμης παραγωγής βελτιώνοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα της αλυσίδας αγροτικών τροφίμων, επειδή με τις προηγμένες τεχνολογίες και τη νέα σκέψη, οι νέοι μπορούν να μεταμορφώσουν τον γεωργικό τομέα (European Commission., 2012).

3.4 Διαδίκτυο των πραγμάτων - Συλλογή πληροφοριών

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) σε γεωργικό πλαίσιο αναφέρεται στη χρήση αισθητήρων και άλλων συσκευών για τη μετατροπή κάθε στοιχείου και δράσης που εμπλέκεται στη γεωργία σε δεδομένα. Έχει αναφερθεί ότι το 10% έως 15% των αγροτών των ΗΠΑ χρησιμοποιούν λύσεις IoT στα αγρόκτηματά τους. Το IoT οδηγεί το Agriculture 4.0. Στην πραγματικότητα, οι τεχνολογίες IoT είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους η γεωργία μπορεί να παράγει τόσο μεγάλη ποσότητα πολύτιμων πληροφοριών και ο γεωργικός τομέας αναμένεται να επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό από την πρόοδο αυτών των τεχνολογιών (Tzounis, 2017). Εκτιμάται ότι, με νέες τεχνικές, το IoT έχει τη δυνατότητα να αυξήσει τη γεωργική παραγωγικότητα κατά

70% έως το 2050 , κάτι που είναι θετικό, διότι σύμφωνα με τους Myklevy et al., ο κόσμος πρέπει να αυξήσει την παγκόσμια παραγωγή τροφίμων κατά 60% έως το 2050 λόγω της αύξησης του πληθυσμού άνω των εννέα χιλιάδων εκατομμυρίων . Τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης του IoT είναι η επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων και μικρότερου κόστους. Για παράδειγμα, μελέτες από την OnFarm διαπίστωσαν ότι για ένα μέσο αγρόκτημα που χρησιμοποιεί IoT, η απόδοση αυξάνεται κατά 1,75% και το ενεργειακό κόστος πέφτει 17 έως 32 δολάρια ανά εκτάριο, ενώ η χρήση νερού για άρδευση μειώνεται κατά 8% .

3.5 Μεγάλα δεδομένα - Ανάλυση τεράστιων δεδομένων

Στην τρέχουσα εποχή που βασίζεται στην τεχνολογία, η έννοια των μεγάλων δεδομένων υπάρχει σε πολλούς οικονομικούς τομείς, αλλά είναι ήδη διαθέσιμη στη γεωργία. Η διαρκώς αυξανόμενη ποσότητα δεδομένων που διατίθεται για τη διαχείριση του πεδίου καθιστά απαραίτητη την εφαρμογή κάποιου τύπου αυτόματης διαδικασίας για την εξαγωγή επιχειρησιακών πληροφοριών από μαζικά δεδομένα.

Ωστόσο, ο όγκος των δεδομένων που ανακτώνται επί του παρόντος από τα περισσότερα εμπορικά πεδία, αναμφισβήτητα, δεν βρίσκεται ακόμη στο επίπεδο που θεωρείται ταξινομημένο ως μεγάλα δεδομένα. Σύμφωνα με τους Manyica et al., τα μεγάλα δεδομένα έχουν τρεις διαστάσεις: Όγκο, ταχύτητα και ποικιλία. Ο Kunisch πρόσθεσαν ένα τέταρτο V για την ακρίβεια. Τέλος, προστέθηκε ένα πέμπτο V από τους Chi et al. για την αξιοποίηση επιπλέον διαστάσεων. Συνολικά, τα πέντε V ή διαστάσεις) μεγάλων δεδομένων αντιπροσωπεύουν (Kunisch, 2017 ; Kamilaris and Kartakoullis, 2017):

- Τον όγκο, ο οποίος αναφέρεται σε σύνολα δεδομένων όπου το μέγεθος είναι πέρα από την ικανότητα των τυπικών εργαλείων λογισμικού βάσης δεδομένων να συλλάβουν, να αποθηκεύουν, να διαχειριστούν και να αναλύσουν νέες πληροφορίες. Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει μια εκτίμηση για το πόσο μεγάλο πρέπει να είναι ένα σύνολο δεδομένων για να θεωρηθεί μεγάλο και μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τον τομέα της μελέτης, με τα εργαλεία λογισμικού που είναι συνήθως διαθέσιμα και κοινά μεγέθη συνόλων δεδομένων, ξεκινώντας από τη σειρά terabyte.

- Η ταχύτητα αναφέρεται στην ικανότητα απόκτησης, κατανόησης και ερμηνείας γεγονότων καθώς συμβαίνουν. Στη γεωργία, αυτό θα αναφέρεται σε εφαρμογές που εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο, όπως τα δεδομένα που υποβάλλονται σε επεξεργασία ακριβώς στον τομέα για την εφαρμογή μεταβλητών ποσοστών χημικών ουσιών σε εξοπλισμό με τεχνολογίες εφαρμογών μεταβλητού ρυθμού.
- Η ποικιλία αναφέρεται στις διαφορετικές μορφές δεδομένων, δηλαδή βίντεο, κείμενο, φωνή και στους διαφορετικούς βαθμούς πολυπλοκότητας. Αυτή η κατάσταση δεν είναι περίεργη στη γεωργία όταν διαφορετικές πηγές δεδομένων χρησιμοποιούνται για να λειτουργήσουν σε σύνθετα σενάρια, όπως εικόνες και ανιχνευτές εδάφους ή καιρού.
- Η ακρίβεια αναφέρεται στην ποιότητα, την αξιοπιστία και τη συνολική εμπιστοσύνη των δεδομένων.
- Η αξιοποίηση είναι η ικανότητα διάδοσης γνώσεων, εκτίμησης και καινοτομίας

Στο πλαίσιο της διαχείρισης των καλλιεργειών, ο Kunisch κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα μεγάλα δεδομένα εφαρμόζονται μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις στη γεωργία, ανάλογα με κάθε εκμετάλλευση και το επίπεδο υιοθέτησης της τεχνολογίας. Ωστόσο, η έκθεση Proagrica επιβεβαίωσε ότι τα μεγάλα δεδομένα εφαρμόζονται όλο και περισσότερο στον γεωργικό τομέα (Saiz-Rubio and Rovira-Más , 2020).

Οι Kamilaris et al. ανέφερε 34 έργα όπου χρησιμοποιήθηκαν μεγάλα δεδομένα σε γεωργικές εφαρμογές, και οι Wolfert et al. δημοσίευσαν μια κριτική για εφαρμογές μεγάλων δεδομένων στη γεωργία ακριβείας. Σύμφωνα με αυτήν την τάση, η Κοινοπραξία Διεθνών Κέντρων Γεωργικής Έρευνας (CGIAR, Montpellier, Γαλλία) δημιούργησε μια Πλατφόρμα για Μεγάλα Δεδομένα στη Γεωργία με σκοπό τη χρήση προσεγγίσεων μεγάλων δεδομένων για την επίλυση προβλημάτων αγροτικής ανάπτυξης γρηγορότερα, καλύτερα και σε μεγαλύτερη κλίμακα από πριν (Kamilaris and Kartakoullis, 2017).

3.6 Γεωργία 5.0: Ρομποτική και Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)

Οι μεγάλες τεχνικές προκλήσεις συνήθως τροφοδοτούν μεγάλες λύσεις μέσω τεχνολογιών, και η Γεωργία 5.0 είναι πιθανώς αυτή για το πρώτο μισό του 21ου αιώνα. Η έννοια Agriculture 5.0 υπονοεί ότι οι εκμεταλλεύσεις ακολουθούν τις αρχές της Precision Agriculture και χρησιμοποιούν εξοπλισμό που περιλαμβάνει μη επανδρωμένες λειτουργίες και η αυτόνομη απόφαση υποστηρίζει τα συστήματα.. Κατά συνέπεια το Agriculture 5.0 κάνει χρήση ρομπότ και ορισμένες μορφές AI (Zambon, et al., 2019). Κατά παράδοση, τα αγροκτήματα χρειάζονταν πολλούς εργαζόμενους, κυρίως εποχιακούς, για τη συγκομιδή και τη διατήρηση παραγωγικών εκμεταλλεύσεων. Ωστόσο, η κοινωνία έχει απομακρυνθεί από την αγροτική ζωή με αποτέλεσμα, οι εκμεταλλεύσεις να αντιμετωπίζουν την πρόκληση της έλλειψης εργατικού δυναμικού. Μία λύση για την αντιμετώπιση αυτής της έλλειψης εργαζομένων είναι τα γεωργικά ρομπότ που ενσωματώνουν χαρακτηριστικά AI. Σύμφωνα με μια μελέτη του Forbes τα ρομπότ αγροκτημάτων αυξάνουν το ανθρώπινο εργατικό δυναμικό και μπορούν να συγκομίσουν καλλιέργειες με μεγαλύτερο όγκο και γρηγορότερο ρυθμό από τον άνθρωπο - εργάτη. Παρόλο που εξακολουθούν να υπάρχουν πολλές περιπτώσεις στις οποίες τα ρομπότ δεν είναι τόσο γρήγορα όσο οι άνθρωποι, η γεωργία αναπτύσσει επί του παρόντος το σύστημα ρομποτικής ροής του συστήματος βοηθάει τους παραγωγούς με κουραστικές εργασίες, ωθώντας τα γεωργικά συστήματα στη νέα ιδέα του Agriculture 5.0 (Shamshiri, et al., 2018).

Σύμφωνα με τους Reddy et al., η εμφάνιση ρομπότ στη γεωργία αύξησε δραστικά την παραγωγικότητα σε πολλές χώρες και μείωσε το λειτουργικό κόστος της εκμετάλλευσης με αποτέλεσμα οι ρομποτικές εφαρμογές για τη γεωργία να αναπτύσσονται εκθετικά. Ωστόσο, όπως και οι περισσότερες καινοτομίες, υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί που πρέπει να αντιμετωπιστούν στα τρέχοντα πρώτα στάδια. Αυτές οι τεχνολογίες εξακολουθούν να είναι υπερβολικά ακριβές για τους περισσότερους αγρότες, ειδικά για εκείνους με μικρές εκμεταλλεύσεις, επειδή τα οικονομικά κλίμακας καθιστούν τις μικρές μεμονωμένες εκμεταλλεύσεις λιγότερο προσιτές (Sonka, 2014). Παρ'όλα αυτά, το κόστος τεχνολογία μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, και η αγροτική τάση της χρήσης ρομπότ θα εφαρμοστεί σίγουρα στο μέλλον ως εναλλακτική λύση για την επίτευξη υψηλότερης παραγωγής. Η παγκόσμια γεωργική παραγωγή και η απόδοση των καλλιεργειών επιβραδύνθηκαν το 2015. Η έννοια της γεωργικής ρομποτικής εισήχθη για να ξεπεράσει αυτά τα

προβλήματα και να ικανοποιήσει την αυξανόμενη ζήτηση για υψηλές αποδόσεις. Οι ρομποτικές καινοτομίες δίνουν ώθηση στην παγκόσμια αγορά γεωργίας και παραγωγής καλλιεργειών, καθώς σύμφωνα με την έκθεση της Verified Market Intelligence, τα γεωργικά ρομπότ θα είναι σε θέση να ολοκληρώσουν τα πεδία με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα σε σύγκριση με τους αγρότες (Verified Market Intelligence. Global Agriculture Robots, 2018).

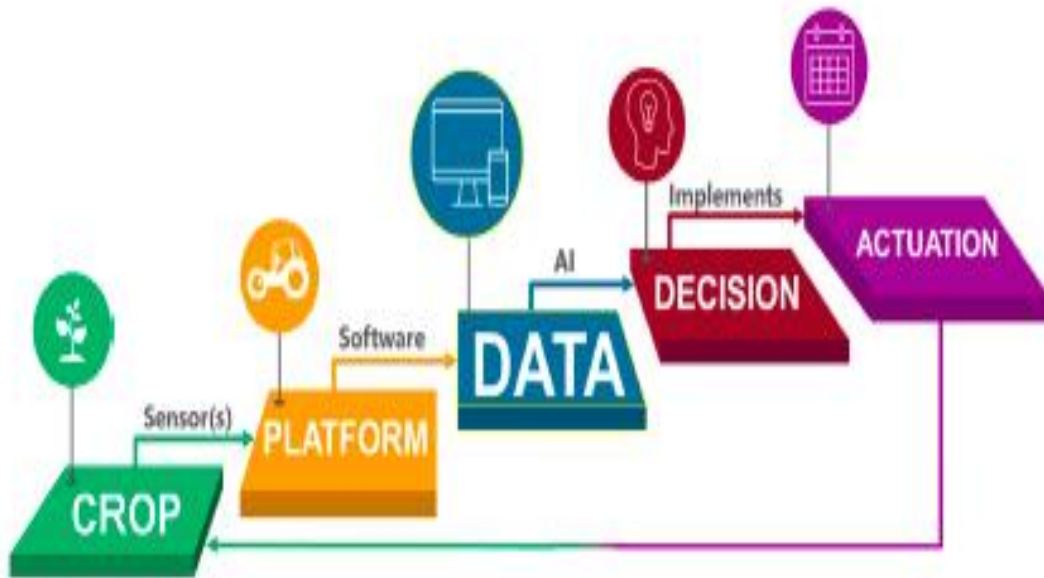
Οι νεοσύστατες εταιρείες γεωργικής τεχνολογίας έχουν συγκεντρώσει πάνω από 800 εκατομμύρια δολάρια τα τελευταία πέντε χρόνια. Οι νεοσύστατες εταιρείες που χρησιμοποιούν ρομποτική και μηχανική μάθηση για την επίλυση προβλημάτων στη γεωργία άρχισαν να κερδίζουν το 2014, σύμφωνα με το αυξανόμενο ενδιαφέρον για AI . Όντως, αυξήθηκε κατά 450% τα τελευταία 5 χρόνια. Οι προηγμένες τεχνολογίες ανίχνευσης στη γεωργία μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση της πρόκλησης της επάρκειας τροφίμων. Παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με το έδαφος, την κατάσταση της καλλιέργειας και τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επιτρέπουν ακριβείς εφαρμογές φυτοϋγειονομικών προϊόντων, με αποτέλεσμα τη μείωση των χρησιμοποιούμενων φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, τη βελτίωση της χρήσης υδάτων και την αύξηση της ποιότητας της προστασίας και της ποιότητας (Murugesan et al., 2019).

3.7 Διαχείριση βάσει δεδομένων για προηγμένη καλλιέργεια: Κύρια στάδια

Οι πρώτες μετρήσεις βασικών παραμέτρων από καλλιέργειες πρέπει να υποβάλλονται σε αποτελεσματική επεξεργασία έτσι ώστε οι αριθμοί ή οι εικόνες να μετατρέπονται σαφώς σε πολύτιμες πληροφορίες. Η διαχείριση των καλλιεργειών βάσει δεδομένων πεδίου έχει ήδη εξελιχθεί όταν η γεωργία ακριβείας εμφανίστηκε πριν από τριάντα χρόνια, αλλά σίγουρα έχει επηρεαστεί από την παρούσα εποχή της ψηφιακής πληροφορίας. Παραδοσιακά, και σε εκείνα τα μέρη όπου η τεχνολογία δεν έχει φτάσει ακόμη, η διαχείριση του τομέα περιλαμβάνει την οπτική επιθεώρηση της ανάπτυξης των καλλιεργειών για να καταλήξει σε μια διάγνωση με την οποία οι αγρότες λαμβάνουν αποφάσεις και ενεργοποιούν δίνοντας διαφορετικές θεραπείες στις καλλιέργειες τους. Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στην εμπειρία του πεδίου και στις πληροφορίες που γίνονται αντιληπτές από τα μάτια των αγροτών. Επιπλέον, οι

συνδεδεμένοι καλλιεργητές μπορούν να ακολουθήσουν τις συστάσεις συνεργατικών τεχνικών ή μηχανικών. Σε εκμεταλλεύσεις όπου έχει εφαρμοστεί προηγμένη τεχνολογία, η διαχείριση του πεδίου ποικίλλει ανάλογα με τον κύκλο λειτουργίας όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1

Αυτό το σύστημα διαχείρισης βασισμένο σε αντικειμενικά δεδομένα πεδίου και η έξυπνη λήψη αποφάσεων ξεκινά με την πραγματική διαχείριση, εκμεταλλευόμενη την εσωτερική της μεταβλητότητα, τόσο χωρική όσο και χρονική. Η πλατφόρμα αναθεωρητικών φυσικών μέσων με την οποία ζητήθηκε η πληροφορία, είναι αισθητή με τα χαρακτηριστικά μέσω των οποίων λαμβάνονται αντικειμενικά δεδομένα. Τα δεδομένα περιλαμβάνουν τις πληροφορίες που ανακτώνται απευθείας από τις παραμέτρους που μετρήθηκαν από το έδαφος ή το περιβάλλον. Η ανάκτηση δεδομένων από τον αισθητήρα σάρωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολλούς τρόπους, δηλαδή από την εισαγωγή μιας μονάδας σε μια θύρα USB για τη λήψη των αρχείων έως την ανάκτηση δεδομένων από εφαρμογές λογισμικού συγχρονισμένες στο Διαδίκτυο. Η σχέση μεταξύ των δεδομένων και του σταδίου απόφασης περιλαμβάνει μια διενέργεια ρουτίνων και αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης για τη λήψη μόνο των σωστών δεδομένων και με τη βοήθεια του παραγωγού να λαμβάνει σωστές αποφάσεις. Τέλος, η ενεργοποίηση αναφέρεται στη φυσική εκτέλεση μιας ενέργειας που καθορίζεται από το σύστημα αποφάσεων και συνήθως πραγματοποιείται από προηγμένο εξοπλισμό που μπορεί να λάβει παραγγελίες από μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Καθώς κάθε ενέργεια πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της περικοπής, ο κύκλος ξεκινά και κλείνει στο επίπεδο καλλιέργειας; Στη συνέχεια, η απόκριση της καλλιέργειας καταγράφεται από εξειδικευμένους αισθητήρες και ο βρόχος συνεχίζεται συστηματικά μέχρι τον χρόνο συγκομιδής, ο οποίος σηματοδοτεί το τέλος του κύκλου ζωής της καλλιέργειας (Rovira-Más,2020).



Εικόνα 3.1. Κύκλος διαχείρισης βάσει πληροφοριών για προηγμένη γεωργία.

3.8 Δεδομένα και προγράμματα

Μία από τις θεμελιώδεις διαφορές μεταξύ της παραδοσιακής και της σύγχρονης γεωργίας είναι, εκτός από το επίπεδο μηχανοποίησης, τα δεδομένα που συλλέγονται απευθείας από τις καλλιέργειες. Σε παραδοσιακές εκμεταλλεύσεις όπου οι καλλιεργητές κρίνουν με οπτική αξιολόγηση, οι αποφάσεις είναι σχετικές και υποκειμενικές. Οι αισθητήρες επιτρέπουν την απόκτηση δεδομένων στον τομέα, αλλά η ειδική περίπτωση των μη επεμβατικών τεχνολογιών σε συνδυασμό με την ανίχνευση εν κινήσει από πλατφόρμες άνοιξε το παράθυρο μαζικής συλλογής δεδομένων, δεδομένων στη γεωργία. Ωστόσο, η υπέρβαση δεδομένων είναι επίσης μια σοβαρή πρόκληση για να αντιμετωπιστεί, καθώς ζωτικές πληροφορίες μπορεί να προκύψουν (Saiz-Rubio and Rovira-Más, 2020).

3.9 Λογισμικό διαχείρισης δεδομένων

Ένας δημοφιλής τρόπος για τη διαχείριση των πεδίων που εμφανίζονται στους χάρτες και καταλήγουν σε μια πρακτική λύση είναι μέσω της χρήσης Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Αυτό το σύνολο εργαλείων που βασίζονται σε

υπολογιστή ή σε πλατφόρμες δεδομένων επιτρέπει την αποθήκευση, ανάλυση, χειρισμό και χαρτογράφηση οποιουδήποτε τύπου πληροφοριών γεω-αναφοράς. Ένα ειδικό σύστημα GIS που ονομάζεται Field-level Geographic Information System (FIS) αναπτύχθηκε για εφαρμογές γεωργίας ακριβείας, αλλά είχε οριστεί για παλιά λειτουργικά συστήματα υπολογιστών όπως τα Windows 3.1 ×, 95, 98 ή NT (Zhang, N. and Taylor, 2001). Η ενημερωμένη έκδοση του FIS είναι το σύστημα πληροφοριών διαχείρισης εκμεταλλεύσεων (FMIS), το οποίο σύμφωνα με το Burlacu et al. είναι ένα σύστημα διαχείρισης που έχει σχεδιαστεί για να βοηθά τους αγρότες με διάφορα καθήκοντα, που κυμαίνονται από τον επιχειρησιακό σχεδιασμό, την εφαρμογή και την τεκμηρίωση μέχρι την αξιολόγηση του βελτιωμένου έργου και τα έξοδα παραγωγής. Σκοπός είναι η με τα γεωργικά πρότυπα και η διατήρηση υψηλής ποιότητας και ασφάλειας προϊόντος, καθοδηγώντας τους καλλιεργητές να λαμβάνουν τις καλύτερες δυνατές αποφάσεις (Fountas et al., 2015).

Οι λύσεις που παρέχει το λογισμικό διαχείρισης αγροκτημάτων υποστηρίζει την αυτοματοποίηση της απόκτησης και της επεξεργασίας δεδομένων, της παρακολούθησης, του σχεδιασμού, της λήψης αποφάσεων, της τεκμηρίωσης και της διαχείρισης των εκμεταλλεύσεων και περιλαμβάνουν βασικές λειτουργίες για την τήρηση αρχείων, όπως τα ποσοστά παραγωγής καλλιεργειών, τα προϊόντα και οι απώλειες, ο προγραμματισμός των εργασιών της εκμετάλλευσης, η πρόβλεψη του καιρού, η παρακολούθηση των θρεπτικών ουσιών εδάφους και η χαρτογράφηση πεδίων, έως και πιο πολύπλοκες λειτουργίες για την αυτοματοποίηση της λογιστικής διαχείρισης πεδίων για αγροκτήματα και αγροτικές επιχειρήσεις, δηλαδή λογιστική, διαχείριση αποθεμάτων ή συμβάσεις εργασίας (Köksal, 2019).

Σε πολλές περιπτώσεις, οι καλλιεργητές δεν χρειάζονται τεχνολογία, καθώς η διαχείριση δεδομένων ή δημιουργία χαρτών ή τα μοντέλα λήψης αποφάσεων με βασικές πληροφορίες εισάγονται από τους καλλιεργητές. Επιπλέον, ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό αυτών των εφαρμογών είναι ότι βοηθούν ακόμη και στην έγκαιρη προειδοποίηση για κινδύνους που σχετίζονται με τον καιρό που επιτρέπει στους αγρότες, τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους οργανισμούς βοήθειας να μετριάσουν την έκθεσή τους σε κίνδυνο (Asfaw et al., 2018).

Ωστόσο, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η αποτελεσματικότητα για έναν συγκεκριμένο παράγοντα θα εξαρτηθεί από τους συντελεστές που περιλαμβάνονται στους

αλγόριθμους του λογισμικού. Υπό αυτήν την έννοια, ένα DSSAT (Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων για Μεταφορά Αγροτεχνολογίας) παρέχει αποτελέσματα με πειραματικά δεδομένα για την αξιολόγηση των μοντέλων καλλιέργειας, επιτρέποντας στους χρήστες να συγκρίνουν τα αποτελέσματα προσομοίωσης με τα αποτελέσματα που παρακολουθούνται, τα οποία είναι κρίσιμα σε πραγματικές καταστάσεις και βασίζονται σε μοντέλα αποτελεσμάτων. Παρακάτω θα παρουσιαστούν ένα αντιπροσωπευτικό σύνολο εμπορικά διαθέσιμων προγραμμάτων. Περιλαμβάνει το όνομα κάθε προγράμματος εφαρμογής, την εταιρεία που την εμπορευματοποιεί με την έδρα της και τα κύρια χαρακτηριστικά του προγράμματος (Hoogenboom, et al., 2019).

Παρατηρείται ότι σε ορισμένες εφαρμογές smartphone και tablet περιλαμβάνουν ήδη πολύπλοκες λειτουργίες, έτσι ώστε οι καλλιεργητές να μπορούν να εισάγουν δεδομένα απευθείας στον τομέα. Άλλες εταιρείες, αντίθετα, προτιμούν να έχουν μια βασική εφαρμογή για κινητές συσκευές για να αυξάνουν την πολυπλοκότητα στην έκδοση για υπολογιστές που βασίζονται σε σύννεφο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει ασύρματη σύνδεση ενώ ο καλλιεργητής εισάγει δεδομένα στον τομέα, επειδή μόλις η κινητή συσκευή εντοπίσει μια ασύρματη σύνδεση στο Διαδίκτυο, συγχρονίζει τα δεδομένα που είχαν εισαχθεί προηγουμένως από τον καλλιεργητή στη κινητή συσκευή με τα δεδομένα που αποθηκεύονται με ασφάλεια στο cloud.

Πολλά από τα προγράμματα που αναφέρονται παρακάτω προσφέρουν την επιλογή αναβάθμισης του λογισμικού ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες του παραγωγού, αυξάνοντας ανάλογα την τιμή. Τα πιο προηγμένα εργαλεία περιλαμβάνουν δυνατότητες για τη διαχείριση χρηματοοικονομικών και μηχανημάτων, τη βοήθεια στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, την κυκλοφορία προειδοποιήσεων ή ακόμη και την πρόταση συμβουλών διαχείρισης. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτά τα λογισμικά εφδεν εφαρμόζονται μόνο από τον παραγωγό, αλλά και από τους άλλους ενδιαφερόμενους σε γεωργικές εκμεταλλεύσεις, όπως οι προμηθευτές, οι διανομείς τροφίμων, κ.λ.π., που επηρεάζουν την έξυπνη γεωργία. Όσον αφορά τα δικαιώματα εκμετάλλευσης, διάφορα συστήματα διαχείρισης της γεωργίας έχουν κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, όπως το λογισμικό της The Climate Corp. για τη δημιουργία γεωργικών συνταγών, οι οποίες άρχισαν να συνεργάζονται με την AGCO Corporation το 2017. Η Decisive Farming Corp., η AgVerdict Inc. ή η Trimble κατοχύρωσαν

επίσης τις εμπορικές τους λύσεις λογισμικού διαχείρισης δεδομένων και τα κύρια χαρακτηριστικά τους (ASABE AE50 Awards, 2019; PAT RESEARCH, 2019; Capterra Inc., 2019; Ruland, 2019).

ADAPT

Το λογισμικό ανήκει στην εταιρεία AgGatekeeper της Washington DC, ΗΠΑ . Είναι ένας μεταφραστής εισόδου / εξόδου για τη διαχείριση δεδομένων μεταξύ ελεγκτών, εξοπλισμού πεδίου και συστήματος πληροφοριών διαχείρισης αγροκτήματος (FMIS) σε κατάλληλη μορφή. Το σύστημα είναι ελεύθερης πρόσβασης και επιτρέπει χωρίς κόστος για τους προγραμματιστές να υιοθετήσουν στα ιδιόκτητα συστήματά τους.

AGERmetrix

Είναι της AGERpoint στη Florida, ΗΠΑ. Τα δεδομένων των καλλιεργειών και των αναλυτικών στοιχείων χρησιμοποιούνται για χαρτογράφηση. Δυνατότητα σάρωσης και συλλογής δεδομένων, περικοπής υψηλής ανάλυσης μέσω LiDAR και άλλων συνεργατικών τεχνικών. Επιτρέπει τη λήψη δεδομένων σε κινητές συσκευές.

AgHub

Ανήκει στην εταιρεία GiSC στο Texas, ΗΠΑ. Πραγματοποιεί τη συλλογή και την αποθήκευση των δεδομένων με ασφάλεια. Τα δεδομένα μπορούν να κοινοποιηθούν σε αξιόπιστους συμβούλους. Ενσωμάτωση των καιρικών λειτουργιών της IBM, της Main Data Validator και του Market Vision

Agrivi

Ανήκει στην Agrivi στο Ηνωμένο Βασίλειο. Εμπεριέχει τον καιρό, τη χαρτογράφηση πεδίου, την απογραφή σχεδίου, τη διαχείριση καλλιεργειών, μηχανημάτων και προσωπικού. βασίζεται στον Ιστό και σε κινητές συσκευές. Παρουσιάζει αναβαθμίσεις και άλλα πρόσθετα.

Agroptima

Είναι της εταιρείας Agroptima από την Ισπανία. Είναι μια εφαρμογή κινητού και λειτουργεί ως ένα ηλεκτρονικό σημειωματάριο για την καταγραφή δραστηριοτήτων, εφαρμοσμένων προϊόντων, , χρόνου εργασίας ή χρήσης μηχανημάτων. Μπορούν τα δεδομένα να επεξεργαστούν στο Excel και να αποθηκευτούν με ασφάλεια στο cloud.

AgroSense

Είναι από μια Ολλανδική- Ισπανική εταιρεία Corizon. Είναι μια ανοιχτή πηγή. Οι εργασίες που έχουν γίνει, τα δεδομένα πεδίων και τα χρονοδιαγράμματα μπορούν να κοινοποιούνται σε εργολάβους ή υπαλλήλους. Αυτοματοποιείται η εισαγωγή και η ερμηνεία των εκτελούμενων εργασιών μέσω ISOBUS. Εξάγονται σε διάφορες μορφές.

AgVerdict

Της AgVerdict (Wilbur-Ellis) από την Καλιφόρνια των ΗΠΑ. Εγκαθίσταται σε επιφάνεια εργασίας και σε εφαρμογή για κινητά. Επιτρέπει την παράδοση δεδομένων σε ρυθμιστικούς οργανισμούς ή συσκευαστές, αποστολές και επεξεργαστές. Υπάρχει ασφάλεια στα δεδομένα, λήψη αποφάσεων, δυνατότητα VRA 1, ανάλυση εδάφους και συστάσεις όσον αφορά την καλλιέργεια.

Akkerweb

Προέρχεται από τις Κάτω Χώρες. Είναι μια ανεξάρτητη πλατφόρμα συμβουλών για την οργάνωση του πεδίου και της καλλιέργειας. Οι πληροφορίες παρέχονται σε μια κεντρική γεω-πλατφόρμα σε διάφορες εφαρμογές.

APEX TM JD Link

Της John Deere από το Illinois των ΗΠΑ. Είναι διαδικτυακά εργαλεία που επιτρέπουν την πρόσβαση σε αγροκτήματα, μηχανήματα και αγρονομικά δεδομένα. Επιτρέπει συλλογικές αποφάσεις από το ίδιο σύνολο πληροφοριών για τη βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής, των σχεδίων και της άμεσης εργασίας του πεδίου.

Λογισμικό CASE IH AFS

Είναι της CASE IH από το Wisconsin, των ΗΠΑ. Χαρακτηρίζεται ως ένα ενιαίο, ολοκληρωμένο πακέτο λογισμικού. Προβάλλει, επεξεργάζεται, διαχειρίζεται, αναλύει και χρησιμοποιεί δεδομένα της καλλιέργειας για να δημιουργήσει χάρτες συνταγών απόδοσης ή VR 1. Οι χάρτες και οι αναφορές μπορούν να κοινοποιηθούν σε διαφορετικές μορφές.

Connected Farm

Της Trimble Agriculture από την Καλιφόρνια, ΗΠΑ.. Παρέχει εισαγωγή, πρόσβαση, κοινή χρήση εγγραφών, όπως εικόνες, αναφορές σε πραγματικό χρόνο. Ενσωματώνει ολόκληρο το σύστημα: εντοπισμός καλλιεργειών, δειγματοληψία πλέγματος, διαχείριση φαγητού, συμβάσεις. Το Farm Core συνδέει όλες τις πτυχές της λειτουργίας της εκμετάλλευσης.

Cropio

Από τη New Science Technologies της Νέα Υόρκη, ΗΠΑ. Θεωρείται ένα σύστημα διαχείρισης παραγωγικότητας. Παρέχει απομακρυσμένη παρακολούθηση της γης και ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο για τις τρέχουσες περιοχές και τις συνθήκες καθώς και για τη πρόβλεψη συγκομιδής. Η υπηρεσία πραγματοποιείται μέσω διαδικτύου και εφαρμόζεται για κινητά. Παρέχεται εκπαίδευση.

Cropwin Vintel

Της itk από τη Γαλλία. Προσαρμόσιμο εργαλείο για ολοκληρωμένη διαχείριση καλλιεργειών. Παρέχει παρατήρηση, ανάλυση και βελτιστοποίηση. Το Vintel είναι

ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων για αμπελώνες. Παρακολουθεί την κατάσταση του νερού, καλύπτει τη διαχείριση των καλλιεργειών και των θρεπτικών συστατικών.

Η πλατφόρμα Phyttech

Της Ισραηλινής PHYTECH . Είναι μια εφαρμογή για άρδευση. Παρακολουθεί και παρέχει δεδομένα για την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Όλα τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των συνολικών αναγκών σε νερό.

ESE™ Agri solution

Της Source Trace από τη Massachusetts των USA. Σκέφτηκε να διαχειριστεί ομάδα αγροκτημάτων και αγροτών. Είναι μια ενοποιημένη και ενημερωμένη βάση δεδομένων αγροτών. Καταγράφει τις επισκέψεις με φωτογραφίες, σημειώσεις, δραστηριότητες, τοποθεσία.

Farmbrite

Της Farmbrite από το Κολοράντο, των ΗΠΑ. Χαρακτηρίζεται ως ένα πρόγραμμα αγροκτήματος με μια ματιά ή λεπτομερώς. Το πρόγραμμα μπορεί να κοινοποιηθεί για ρύθμιση καθημερινών ή επαναλαμβανόμενων εργασιών. Διατίθεται πρόγνωση καιρού. Εμπεριέχει λίστα υποχρεώσεων, υπενθυμίσεις, εκδηλώσεις και ραντεβού.

FarmCommand

Της FarmersEdge από τη Manitoba, του Καναδά. Χαρακτηρίζεται ως πλατφόρμα διαχείρισης αγροκτημάτων. Παρέχει τόσο υλικό όσο και λογισμικό για υποστήριξη αποφάσεων από τον κόσμο. Διατίθεται ως εργαλείο βάσει ιστού και εφαρμογή για κινητά.

Farmleap

Της Γαλλικής Farmleap. Παρέχει σύγκριση της απόδοσης του πεδίου σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Αναφέρει το χρόνο που δαπανάται ανά τύπο λειτουργίας, αναλύει την απόδοση, το κόστος παραγωγής, παρακολουθεί την άρδευση, δίνει λεπτομέρειες για τον καιρό, κοινή χρήση δεδομένων και διαχείριση υπαλλήλων.

FarmLogic / FarmPAD

Της TapLogic από το Κεντάκι των ΗΠΑ. Παρέχει τη διατήρηση αρχείων με βάση τον Ιστό. Παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) για τη σχεδίαση ορίων, σημείων σήμανσης, μετρήσεων κ.λπ. εξατομικευμένες αναφορές για διανομή, βάση δεδομένων φυτοφαρμάκων, αρχεία συντήρησης και δημιουργία εντολών εργασίας.

Farm Management Pro

Της Ιρλανδικής Smart farm software. Θεωρείται μια εφαρμογή για κινητά για αρχεία γεωργικών εκμεταλλεύσεων, λογιστικά έξοδα και δαπάνες, διαχείριση τρακτέρ, διαχείριση καλλιεργειών, συμμόρφωση με λιπάσματα και ψεκασμούς, φύλλα χρόνου, διαχείριση εγγράφων. Δεν υπάρχει διαθέσιμη έκδοση για επιτραπέζιους υπολογιστές.

Farmplan (Gatekeeper)

Της Proagrica από το Ηνωμένο Βασίλειο. Για καλλιέργειες, ζώα και επιχειρήσεις. Παρέχει την ανταλλαγή δεδομένων, ρύθμιση προγραμμάτων, δεδομένα καιρού, αποθήκευση δεδομένων, στιγμιαίες αναφορές, πληροφορίες φυτοφαρμάκων. Περιέχει αρκετές αναβαθμίσεις. Παρουσιάζει συμβατότητα και με άλλες μάρκες.

FieldView™

Της Climate Corporation από την Καλιφόρνια των ΗΠΑ. Παρέχει συνδεσιμότητα και οπτικοποίηση δεδομένων, ανάλυση απόδοσης καλλιεργειών, υγείας και διαχείριση γονιμότητας με βάση μοντέλα.

Granular

Από την DowDuPont της Καλιφόρνια, των ΗΠΑ. Είναι ένα διαφορετικό λογισμικό ανάλογα με τις ανάγκες. Συνδυάζεται από διάφορες πηγές για τη δημιουργία μοντέλων λήψης αποφάσεων. Υπηρεσίες παροχής συμβουλών και κατάρτισης. Υποστήριξη για περισσότερα από 230 υποείδη καλλιέργειας. Βασισμένο σε σύννεφο.

KSAS

Από την Kubota της Ιαπωνία. Είναι μια υπηρεσία υποστήριξης γεωργικής διαχείρισης βασισμένη σε σύννεφο που ενσωματώνεται από τα μηχανήματα Kubota. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από smartphone και υπολογιστή. Παρέχει διαχείριση αγροκτημάτων συλλέγοντας και χρησιμοποιώντας δεδομένα από υποστηριζόμενα μηχανήματα.

Mapgrower

Της Agropreciso από τη Χιλή. Είναι μια εταιρική πλατφόρμα που επιτρέπει τον αυτοματοποιημένο σχεδιασμό, τη διαχείριση εργασιών, την ιχνηλασιμότητα, τα διαδικτυακά στατιστικά στοιχεία, τη διαχείριση λογαριασμών ή οπτικοποίηση σε χάρτες. Διαθέσιμο για smartphone.

Myeasyfarm

Της MyEasyFarm από τη Γαλλία. Επιτρέπει τον προσδιορισμό και τη λειτουργία τους, τον προγραμματισμό της εργασίας και την κοινή χρήση με μια ομάδα, την πρόοδο σε πραγματικό χρόνο και την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

My Farm Manager

Της Decisive Farming από την Alberta, του Καναδά. Χρησιμοποιείται για κινητές συσκευές. Παρέχει πακέτα διαθέσιμα για VRA 1, αγρονομία και δοκιμές εδάφους. Συμβουλές από ειδικούς. Σχέδια μάρκετινγκ. Επιπλέον, απογράφει και προγραμματίζει εργασία μέσω της εφαρμογής Croptivity.

Phoenix Agdata

Της Queensland από την Αυστραλία. Είναι αρθρωτό, ώστε οι αγρότες να μπορούν να δημιουργήσουν τη λύση τους. Διατίθεται σε cloud ή στην επιφάνεια εργασίας. Παρέχεται εκπαίδευση. Οι αγρότες μπορούν να δημιουργήσουν να προσθέσουν δεδομένα και να τους ενημερώνουν.

PLM Connect

Από τη New Holland στην Ιταλία. Επιτρέπει τη σύνδεση με τα μηχανήματα πεδίου. Παρέχει χάρτη και ανάλυση δεδομένων καλλιέργειας / εδάφους, απόδοσης, απογραφή και λογιστικά αρχεία για προμήθειες, σπόρους, χημικά και λιπάσματα.

Λογισμικό SST

Της Proagricapo το Ηνωμένο Βασίλειο. Πραγματοποιεί συλλογή και διαχείριση δεδομένων στον τομέα. Κάνει αναφορές στατιστικής ανάλυσης και εμπεριέχει εργαλεία λήψης αποφάσεων. PaaS 2 (πλατφόρμα agX®) για τη βιομηχανία γεωργικών προϊόντων που παρέχει γεωχωρική υποδομή.

SMS

Της AgLeader από τη Iowa, των ΗΠΑ. Παρέχει τη δειγματοληψία εδάφους, πλέγματα και περιοχές. Δύναται να επιλεγεί σπόρος βάσει ιστορικής απόδοσης με υψηλότερο δυναμικό απόδοσης, αναφορές, εγγραφές λειτουργιών, χάρτες VRA 1. Διατίθεται ως εφαρμογή για κινητά.

SpiderWeb GIS

Της Agrisat Iberia από την Ισπανία. Επιτρέπει διαβούλευση, διαχείριση και ανάλυση, δορυφορικές εικόνες και άλλα χωρικά επίπεδα αναφοράς. Τα δεδομένα που αντιστοιχούν σε κάθε pixel μπορούν να ληφθούν με τη μορφή προσωρινών πινάκων και γραφημάτων.

Τηλεματική

Της Claas από την Γερμανία. Συλλέγει σημαντικά επιχειρησιακά δεδομένα για μια αυτοκινούμενη θεριστική μηχανή και τα μεταφέρει σε μια διαδικτυακή πλατφόρμα. Απεριόριστη πρόσβαση με σύνδεση στο Διαδίκτυο.

TAP TM

Της Topcon από την Ιαπωνία. Ο εξοπλισμός Topcon είναι συμβατός με άλλες εταιρείες. Παρέχει ιχνηλασιμότητα και συνδεσιμότητα, διαχείριση δεδομένων για αγρότες, ανάλυση δεδομένων για γεωπόνους, διαχείριση δεδομένων πολλαπλών χρηστών, διαχείριση δεδομένων βάσει cloud.

Visual Green

Της Visual NaCert από την Ισπανία. Είναι μια πλατφόρμα ιστού για την αποθήκευση δεδομένων αγροτών. Συμβατότητα με GreenStar και MyJohnDeere. Παρέχει έλεγχο κόστους, δεδομένα αγροκλίματος, επίσημος φορητός και εγκεκριμένα προϊόντα.

Λογισμικό WinGIS

Από την ProGIS της Αυστρίας. Παρέχει GIS: raster / διανυσματικοί χάρτες, krigging, εισαγωγή / εξαγωγή σε DXF ή shp, γρήγορες εικόνες Sentinel. Με το δικό του περιβάλλον ανάπτυξης (SDK) επιτρέπει στους προγραμματιστές να συνδέουν τις εφαρμογές βάσης δεδομένων τους με χάρτες.

Η χρήση εμπορικών συστημάτων διαχείρισης δεδομένων, όπως αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω υποδηλώνει ότι οι παραγωγοί πρέπει να μοιράζονται τα δεδομένα συγκομιδής τους με μια πλατφόρμα λογισμικού που ανήκει και διαχειρίζονται ιδιωτικές εταιρείες. Αυτό το γεγονός δημιουργεί κάποια διαμάχη σχετικά με την ιδιοκτησία των δεδομένων. Στο Συμφωνητικό Υπηρεσιών Λογισμικού (SSA), αναφέρεται ότι το πρόσωπο ή η οντότητα που παρέχει τα δεδομένα στην

εταιρεία λογισμικού διαχείρισης εκμεταλλεύσεων πρέπει να κατέχει και να διατηρεί όλα τα δικαιώματα, τον τίτλο και τα συμφέροντα και στα δεδομένα τους, έτσι ώστε τα δεδομένα να ανήκουν στον πάροχο (Wilbur, M et al., 2017.).

Ωστόσο, όταν τα δεδομένα συγκεντρώνονται με δεδομένα άλλων καλλιεργητών, τα συνδυασμένα δεδομένα συνήθως ανήκουν στην εταιρεία λογισμικού. Από τα παραπάνω προκύπτει, ότι υπάρχει παγκόσμιο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη λογισμικού για τη διαχείριση δεδομένων αγροκτημάτων, και τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά που ζητούνται από τους τελικούς χρήστες είναι παρόμοια παντού.. Ωστόσο, πολλές εφαρμογές χρησιμοποιούν τις δικές τους ιδιόκτητες μορφές, γεγονός που περιπλέκει το μερίδιο των δεδομένων μεταξύ των συστημάτων απόκτησης και επεξεργασίας δεδομένων. Απαιτείται ένα πρότυπο τυποποίησης μεταξύ προγραμματιστών και παρόχων λογισμικού. Η εργαλειοθήκη ADAPT είναι ένα παράδειγμα του τρόπου αντιμετώπισης αυτής της πρόκλησης, καθώς παρέχει μια εφαρμογή ανοιχτού κώδικα που εξαλείφει ένα εμπόδιο στην ευρεία χρήση δεδομένων της γεωργίας ακριβείας επιτρέποντας τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών υλικού και λογισμικού (Ruland, 2019).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΜΗΔΙΚΗΣ

4.1 Ταξινόμηση

Η μηδική ανήκει στην Τάξη Fabales, Οικογένεια Fabaceae, Γένος *Medicago* L. – alfalfa, Είδος *Medicago sativa* L. – alfalfa . Στην Ελλάδα θεωρείται κτηνοτροφικό και καλλιεργείται για τροφή ζώων. Περιέχει οξέα , όπως για παράδειγμα το λαυρικό οξύ, το μαλεϊκό οξύ, μαλικό οξύ, μαλονικό οξύ, μυριστικό οξύ κ.λ.π., αλκαλοειδή τύπου πυρρολιδίνης π.χ. σταχυδρίνη, αμινοξέα π.χ. αργινίνη, ασπαραγίνη, κυστίνη, ιστιδίνη, λευκίνη, λυσίνη, φαινυλαλανίνη, θρεονίνη, τρυπτοφάνη και βαλίνη. Το μη-πρωτεϊνικό τοξικό αμινοξύ καναβανίνη βρίσκεται στα φύλλα, στους και στα σπέρματα. Επιπλέον περιέχει κουμαρίνες, ισοφλαβονοειδή, σαπωνίνες και στεροειδή (Ηλιάδης, 2006) .



Εικόνα 4.1. Το φυτό της μηδικής

4.2 Μορφολογία – Φυσιολογία

Ο βλαστός είναι μονοετής ή πολυετής πόα , ο οποίος έρπεται ή αναρριχάται σε ύψος που φτάνει το 1 μέτρο.

Όσον αφορά τα φύλλα τα δύο πρώτα πραγματικά φύλλα είναι απλά, εκφύονται αντίθετα στον πρώτο κόμβο του βλαστού, ενώ τα υπόλοιπα φύλλα είναι σύνθετα κατ' εναλλαγή. Τα φύλλα αποτελούνται από τρία φυλλάρια, το μέγεθος των οποίων εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία. Κάποιες ποικιλίες έχουν το ακραίο φυλλάριο ή το ζεύγος των φυλλαρίων να αντικαθίσταται από απλή ή διακλαδιζόμενη έλικα. Στη βάση του σύνθετου φύλλου διακρίνεται ένα ζευγάρι μικρότερων φυλλαρίων που ονομάζονται παράφυλλα τα οποία ποικίλουν σε σχήμα και μέγεθος.

Τα άνθη έχουν ένα κοντό ανθήρα και ύπερο απλό, κοντό στήμονα και μετά την επικονίαση παράγουν καρπούς σε σχήμα λοβού. Τα άνθη βρίσκονται στην κορυφή του βλαστού και των κλάδων του σε ταξιανθίες . Κάθε λουλούδι αποτελείται από 5 σέπαλα τον κάλυκα και 5 πέταλα στη στεφάνη .. Οι στήμονες είναι 10, με τους 9 να δημιουργούν έναν σωλήνα, ενώ ο ένας είναι ελεύθερος . Ο ύπερος είναι επιφυής, και αποτελείται ένα καρπόφυλλο, το οποίο σχηματίζει ένα στύλο που καταλήγει σε ένα μόνο στίγμα. Το καρπόφυλλο αποτελείται από την ωθήκη που περικλείει είτε μία είτε περισσότερες σπερματικές βλάστες.



Εικόνα 4.2. Τα άνθη της Μηδικής

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο καρπός είναι λοβός με δύο τοιχώματα, τα οποία συνδέονται με δύο ραφές. Η μηδική είναι το κυριότερο κτηνοτροφικό φυτό της χώρας. Καλλιεργείται για την παραγωγή σανού, χλωρού χόρτου και βοσκής σε ποτιστικά ή ξηρικά χωράφια σε όλες τις περιοχές της χώρας (Ηλιάδης, 2006).

4.3 Η καλλιέργεια

Το τριφύλλι είναι ένα από τα σπουδαιότερα κτηνοτροφικά φυτά και κατέχει πολύ σημαντική θέση ανάμεσα στα χορτοδοτικά. Στην Ελλάδα διαδόθηκε από τη νοτιοδυτική Ασία, ενώ στην υπόλοιπη Ευρώπη μεταφέρθηκε από τους Άραβες. Όπως αναφέρθηκε ανήκει στην οικογένεια Fabaceae και στο γένος *Trifolium*.



Εικόνα 4.3. Η καλλιέργεια της μηδικής

Ευδοκίμει σε ποικιλία κλιμάτων και παρουσιάζει αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες. Μπορεί να καλλιεργηθεί χωρίς προβλήματα στα μέσης σύστασης εδάφη, ενώ δύσκολα στα αμμώδη ή στα βαριά. Το pH του εδάφους θα πρέπει να είναι ουδέτερο έως μετρίως αλκαλικό, ενώ εμφανίζει μεγάλη ανεκτικότητα στα άλατα του εδάφους. Έχει μικρές απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία, ενώ έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό.

Χαρακτηρίζεται ως φυτό πολυετές, πολλαπλών κοπών, με δυνατότητα αναβλάστησης μετά από κάθε κοπή, ενώ μια ποτιστική καλλιέργεια αποδίδει ικανοποιητικά και είναι οικονομικά συμφέρουσα μέχρι και το 4ο-5ο έτος από την εγκατάσταση της (Ηλιάδης, 2006).

4.4 Καλλιεργητικές απαιτήσεις

Η μηδική χαρακτηρίζεται από ευρεία προσαρμοστικότητα και μπορεί να καλλιεργηθεί σε περιοχές με ποικίλες κλιματικές συνθήκες . Όμως προσαρμόζεται καλύτερα σε περιοχές με ήπιο χειμώνα και ζεστό καλοκαίρι. Απαιτεί σημαντικές ποσότητες νερού για την ανάπτυξή της και θεωρείται απαραίτητη η άρδευσή όταν καλλιεργείται σε ξηρές περιοχές. Παρόλα αυτά, το μεγάλο βάθος ανάπτυξης του ριζικού της συστήματος, της δίνει την ικανότητα να προσλαμβάνει νερό από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους μέχρι 7-9 μέτρα βάθους, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή και η ξηρική καλλιέργειά της μηδικής με μειωμένες όμως αποδόσεις

Επίσης μπορεί να καλλιεργηθεί και σε ορεινές περιοχές επειδή αντέχει αρκετά στο κρύο. Όσον αφορά τις εδαφικές της απαιτήσεις, η μηδική παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα. Ιδανικότερα θεωρούνται τα βαθιά και μέσης μηχανικής σύστασης, διαπερατά και γόνιμα εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο. Ως ψυχανθές φυτό, η μηδική έχει την ικανότητα να δεσμεύει άζωτο και επομένως η καλλιέργειά της δεν είναι απαιτητική σε αζωτούχο λίπανση. Επιπλέον, λόγω της αζωτοδεσμευτικής ικανότητάς της καθώς και του εκτεταμένου ριζικού της συστήματος, βοηθά στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους με τη βελτίωση της δομής του εδάφους και στον εμπλουτισμό με θρεπτικά στοιχεία αντίστοιχα.

Η μηδική μπορεί εύκολα να καλλιεργηθεί βιολογικά, αφού οι καλλιεργητικές τεχνικές της βιολογικής καλλιέργειας δεν διαφοροποιούνται ιδιαίτερα από τις αντίστοιχες της συμβατικής. Οι ελάχιστες απαιτήσεις του φυτού σε αζωτούχο λίπανση και η επάρκεια των ελληνικών εδαφών σε φώσφορο και κάλιο ευνοούν την εξάπλωση του βιολογικού τρόπου καλλιέργειας της μηδικής. Οι υψηλές απαιτήσεις σε φώσφορο επιβάλλουν όμως την προσθήκη του στοιχείου αυτού στο έδαφος σε ετήσια βάση, ενώ η περιεκτικότητα του εδάφους σε ασβέστιο επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη μακροβιότητα και την παραγωγική ικανότητα της μηδικής, γι' αυτό και συνίσταται η προσθήκη ασβεστίου στο έδαφος ένα μήνα περίπου πριν από τη σπορά (Ηλιάδης, 2006).

4.5 Ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία

Η ετήσια λίπανση θα πρέπει να αντικαθιστά τουλάχιστον την ποσότητα που απομακρύνεται από τη συγκομιδή της καλλιέργειας.

Άζωτο: Κατά τη σπορά χορηγείται μια μικρή ποσότητα των 3 μονάδων/στρέμμα αζώτου (N) και αυτό εφαρμόζεται σε περιοχές με φτωχά εδάφη.

Φώσφορος: Οι απαιτήσεις είναι μεγαλύτερες συγκριτικά με το άζωτο και το κάλιο και κυμαίνονται 9 - 12 μονάδες/στρέμμα. Η εφαρμογή πραγματοποιείται μια φορά με την κοπή της μηδικής. Από το 2ο έτος και μετά: Τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, χορηγείται Φώσφορος

Η ποσότητα του φωσφόρου ρίχνεται κατά τη σπορά του πρώτου χρόνου.

Κάλιο: Δεν απαιτείται

Ασβέστιο: Προστίθεται σε όξινα ή φτωχά εδάφη με ενσωμάτωση πριν τη σπορά, και η ποσότητα είναι 500 κιλά/στρέμμα για όλη τη διάρκεια της ζωής της Μηδικής.

Η συγκαλλιέργεια της μηδικής με ετήσιο αγροστόδες εφαρμόζεται στη φθινοπωρινή σπορά και κύριο σκοπό έχει να προστατεύσει τα ευαίσθητα νεαρά φυτά της μηδικής από τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα και την πλούσια παραγωγή χόρτου πολύ νωρίς την άνοιξη.

Με πολυετές αγροστόδες εφαρμόζεται για παραγωγή χόρτου καλύτερης ποιότητας, όπου η βόσκηση πραγματοποιείται επιτόπου βόσκηση ή για ενσίρωση και μειώνονται οι πιθανότητες να προκληθεί τυμπανισμός στα ζώα κατά τη βόσκηση. Τα κατάλληλα πολυετή αγροστόδη που χρησιμοποιούνται είναι η Δακτυλίδα και η Φεστούκα.

Ευνοϊκοί παράγοντες για την εκμετάλλευση όλων των παραγωγικών δυνατοτήτων της μηδικής είναι: ψηλές θερμοκρασίες, αρκετό νερό, πλούσιο και βαθύ έδαφος.

Το ψύχος, η περίσσεια υγρασίας στο έδαφος και το χαμηλό pH είναι περιοριστικοί παράγοντες. Μεσοπρώιμες ποικιλίες μηδικής μπορούν να καλλιεργηθούν με επιτυχία σε οποιαδήποτε περιοχή της Ελλάδας. Τα πολύ όξινα εδάφη με $pH < 5,5$, αυτά που κατακλύζονται από νερά και αυτά που έχουν αδιαπέραστο στρώμα σε μικρό βάθος ύψους 30-40 εκατ. πρέπει να θεωρούνται ακατάλληλα για την καλλιέργεια της μηδικής. Τα όξινα, τα πολύ αλκαλικά, τα πολύ συνεκτικά, τα πολύ αμμώδη, τα φτωχά σε ασβέστιο και αυτά που δεν στραγγίζουν θα πρέπει να αποφεύγονται, ενώ

προτιμούνται τα βαθιά, μέσης σύστασης γόνιμα εδάφη, που στραγγίζουν καλά και περιέχουν αρκετό ασβέστιο.

Το βαθύ καλοκαιρινό όργωμα είναι απαραίτητο και αν ο πληθυσμός των πολυετών ζιζανίων είναι μεγάλος τότε ένα ακόμη καλοκαιρινό όργωμα, στο συνηθισμένο βάθος, συντελεί στην καλύτερη καταπολέμηση τους. Το χειμώνα γίνεται ένα κοινό όργωμα για την καταστροφή των ζιζανίων. Την άνοιξη οι επεμβάσεις που γίνονται είναι πάντοτε ελαφρές και αποσκοπούν στην καταστροφή των ζιζανίων και στην καλή προετοιμασία της σποροκλίνης. Η φρέζα αποκλείεται για την κατεργασία του εδάφους (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

4.6 Σπορά

Το έδαφος κατά τη σπορά θα πρέπει να είναι ψιλοχωματισμένο, χαλαρό, πλούσιο σε οργανική ουσία και απαλλαγμένο από ζιζάνια. Η εποχή σποράς είναι νωρίς την άνοιξη, όμως σε ορισμένες περιπτώσεις η σπορά μπορεί να γίνεται και το φθινόπωρο, πριν από τις παγωνιές του χειμώνα. Κατά τη σπορά, χρησιμοποιούνται συνήθως 1-2,5 κιλά σπόρου κατά στρέμμα. Μετά τη σπορά, συνήθως ακολουθεί ένα ελαφρό κυλίνδρισμα, για ομοιόμορφο φύτρωμα και είναι ευάλωτη στον ανταγωνισμό των ζιζανίων.

Η σπορά γίνεται ή με το χέρι στα πεταχτά ή με σπαρτική μηχανή σε γραμμές Η απόσταση μεταξύ των γραμμών είναι τα 20 εκατ. για τις σανοδοτικές και τα 40 εκατ. για τις ποτιστικές σποροπαραγωγικές καλλιέργειες. Η σπορά γίνεται σε μικρό βάθος 1-2 εκατ. και ο σπόρος σκεπάζεται καλά. Αν οι εδαφικές συνθήκες το επιτρέπουν, καλό είναι, να γίνει ελαφρό κυλίνδρισμα για να έλθει σε επαφή ο σπόρος με το χώμα και να συγκρατηθεί η υγρασία στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους. Αν επικρατεί ξηρασία και χαθεί η επιφανειακή υγρασία είναι απαραίτητο να γίνει ένα ελαφρό ποτίσματα με τη μέθοδο της τεχνίτης βροχής.

Όταν η σπορά γίνεται με το χέρι ή με σπαρτικές μηχανές σίτου, οι ποσότητες σπόρου που συνιστώνται είναι 2 έως 2,5 κιλά ανά στρέμμα, για τις σανοδοτικές και 1 έως 1,5 κιλά ανά στρέμμα, για τις σποροπαραγωγικές καλλιέργειες (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

4.7 Ζιζάνια –Καταπολέμηση Εχθρών

Στις πρώιμες φθινοπωρινές σπορές μηδικής μερικά αυτοφυή, όπως η καψέλα, η στελλάρια και διάφορα είδη αγριοβρώμης, θεωρούνται επικίνδυνα ζιζάνια, και αρχίζουν να φυτρώνουν νωρίς το φθινόπωρο, ενώ αναπτύσσονται το χειμώνα.

Το ζιζάνιο καψέλα, *Capsella bursa pastoris*, είναι επικίνδυνο ανταγωνιστικό φυτό της μηδικής, διότι αναπτύσσεται γρήγορα και παράγει χιλιάδες σπόρους. Για την αντιμετώπισή του είναι εγκεκριμένο το σκεύασμα Pulsar 4 SL. Αυτό είναι διαλυτοποιήσιμο υγρό με δραστική ουσία imazamox ως άλας αμμωνίου 4% βάρος ανά όγκο, της BASF Hellas ABEE (Παπακώστα –Τασοπούλου, 2005).

4.8 Εφαρμογές

Το σκεύασμα Pulsar 4 SL εφαρμόζεται μεταφυτρωτικά σε νεαρές φυτείες μηδικής μετά το φύτευμα, όταν η καλλιέργεια έχει 2 με 5 φύλλα. Εναλλακτικά μπορεί να γίνει ψεκασμός όταν η μηδική βρίσκεται σε λήθαργο το χειμώνα . Εκτός από την καψέλα, το Pulsar 4 SL καταπολεμεί και άλλα ζιζάνια, όπως αγριοπαμπακιά, αγριοντοματιά, βλήτα, λουβουδιά, τάτουλα.

4.8.1 Κουσκούτα

Το παρασιτικό ζιζάνιο της κουσκούτας δημιουργεί προβλήματα τόσο στη νεαρή, όσο και στην αναπτυγμένη φυτεία της μηδικής. Η κουσκούτα περιελίσσεται γύρω από τα φυτά της μηδικής και δημιουργεί μυζητήρες, που διεισδύουν στους ιστούς της απορροφώντας θρεπτικά στοιχεία. Η κουσκούτα παράγει μεγάλες ποσότητες σπόρων, που βλαστάνουν σταδιακά για πολλά χρόνια. Η εγκατάσταση της μηδικής πρέπει να γίνεται με πιστοποιημένο σπόρο, απαλλαγμένο σπόρων κουσκούτας και σε χωράφι, που δεν είχε προηγούμενες φυτείες με προσβολές κουσκούτας.

Regalat 20 SL

Για τη χημική αντιμετώπιση της κουσκούτας χρησιμοποιείται το σκεύασμα Regalat 20 SL, διαλυτοποιήσιμο υγρό με δραστική ουσία diquat 20% βάρος ανά όγκο, της

Γεωφάρμ ABEE. Το Regalat 20 SL εφαρμόζεται μετά από κοπή με κατευθυνόμενο ψεκασμό στις κηλίδες προσβολής.

4.9 Συγκομιδή, Αποθήκευση

Στης ανοιξιάτικης σποράς σανοδοτικές καλλιέργειες ο πρώτος θερισμός γίνεται στην έναρξη προς γενίκευση της άνθησης σε ποσοστό 40-45%. Στο ίδιο στάδιο γίνονται και οι άλλοι θερισμοί του πρώτου έτους εκτός από τον τελευταίο που γίνεται αρκετά πριν από την συνηθισμένη ημερομηνία εμφάνισης των παγετών και εφόσον η βλάστηση έχει ύψος >30 εκ. Από το δεύτερο έτος και μετά ο πρώτος θερισμός γίνεται όταν ωριμάσει η βλάστηση. Οι άλλοι θερισμοί γίνονται όπως τον πρώτο χρόνο.

Η μηδική καλλιεργείται αποκλειστικά για το χόρτο, το οποίο χρησιμοποιείται στη διατροφή των ζώων με τη μορφή σανού ύστερα από φυσική αποξήρανση, χλωρό, ενσιρωμένο, για βόσκηση σε μείγματα με άλλα φυτά, ή ακόμα και με τη μορφή pellets μετά από βιομηχανική επεξεργασία. Γενικά είναι καλλιέργεια που έχει λίγα εργατικά και με την κατάλληλη επιμέλεια στην συγκομιδή και αποθήκευση δίνει σανό άριστης ποιότητας.

Η συγκομιδή πραγματοποιείται με τα κοινά χορτοκοπτικά μηχανήματα, γιατί είναι φυτό που δεν πλαγιάζει. Το καταλληλότερο στάδιο θερισμού διαφέρει σε κάθε κοπή και εξαρτάται και από το αν η καλλιέργεια είναι ξηρική ή ποτιστική. Συνήθως γίνονται 3 έως 5 κοπές το χρόνο με τη μέση ετήσια στρεμματική απόδοση να κυμαίνεται 780-1180 κιλά. Μετά τον θερισμό το χόρτο παραμένει στον αγρό για αποξήρανση και αποθηκεύεται όταν το ποσοστό της υγρασίας είναι στο 15%. Όταν το χόρτο προορίζεται για ενσίρωση, τότε η περιεκτικότητα του σε υγρασία πρέπει να είναι υψηλότερη και κυμαίνεται στο 40-60%. Μετά την καλή αποξήρανση του χόρτου ακολουθεί η δεματοποίηση του σε μπάλες, ενώ στη συνέχεια γίνεται αποθήκευση των δεμάτων .

Στις καλλιέργειες αυτές αφήνεται για παραγωγή σπόρου η πρώτη βλάστηση χωρίς να γίνει θερισμός για σανό. Από το δεύτερο έτος και μετά στις σποροπαραγωγικές καλλιέργειες γίνεται πρώτα ένας θερισμός για σανό και αφήνεται η δεύτερη βλάστηση για παραγωγή σπόρου. Ο χρόνος του πρώτου θερισμού ρυθμίζεται έτσι

ώστε η άνθηση της δεύτερης αναβλάστησης να συμπέσει με ευνοϊκές συνθήκες για τη γονιμοποίηση - καρπόδεση και τη θρέψη του σπόρου. Το πρώτο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου συγκεντρώνει, στις περισσότερες περιοχές της χώρας μας, τις μεγαλύτερες προϋποθέσεις για το σκοπό αυτό.

Η συγκομιδή του σπόρου γίνεται όταν το 75-80% των καρπών (λουβιών) πάρει κιτρινωπό προς καστανό χρώμα. Τα διάφορα αποφυλλωτικά επιταχύνουν την ξήρανση φύλλων και βλαστών και διευκολύνουν τον θεριζοαλωνισμό. Η μηδική πρέπει να κόβεται σε ύψος 5 εκ. περίπου πάνω από το έδαφος για καλύτερα αποτελέσματα. Κοπή σε μεγαλύτερο ύψος σημαίνει απώλεια παραγωγής, κοπή σε μικρότερο ύψος μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές μέχρι και καταστροφή των "κεφαλών" της μηδικής. Τα περιστρεφόμενα χορτοκοπτικά αν δεν ρυθμιστούν καλά θερίζουν πολύ χαμηλά και προκαλούν πολύ σοβαρές ζημιές στη μηδική.

Το θεριζόμενο χόρτο πρέπει να απομακρυνθεί το δυνατό συντομότερα από την επιφάνεια του της καλλιέργειας για να διευκολυνθεί το ξεκίνημα της νέας αναβλάστησης. Τα φύλλα περιέχουν τα περισσότερα θρεπτικά στοιχεία και φροντίδα μας πρέπει να είναι οι όσο γίνεται μικρότερες απώλειες. Χόρτο με 15% περίπου υγρασία είναι κατάλληλο για δεματοποίηση.

Ανάλογα με την περιοχή στις σανοδοτικές καλλιέργειες γίνονται 5-6 κοπές το χρόνο και στις σποροπαραγωγικές 1 για σπόρο και 2-3 για σανό. Στην ξηρική καλλιέργεια ο καλύτερος τρόπος αξιοποίησής της αραιάς και χαμηλής καλοκαιρινής αναβλάστησης είναι η βόσκηση. Η φθινοπωρινή αναβλάστηση της ποτιστικής και ξηρικής μηδικής προσφέρεται επίσης για βόσκηση, αρκεί να απομακρύνονται έγκαιρα τα ζώα πολύ πριν από τη συνηθισμένη ημερομηνία εμφάνισης των παγετών. Η υπερβόσκηση μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στις κεφαλές της μηδικής και αραιώμα. Η υπερβόσκηση είναι μια από τις κυριότερες αιτίες πρόωρου αραιώματος της μηδικής. Τις μεγαλύτερες αποδόσεις σε σανό παίρνουμε το δεύτερο ή τρίτο χρόνο, αλλά και οι αποδόσεις του τέταρτου, πέμπτου έτους είναι ικανοποιητικές. Οι πρώιμες ποικιλίες αραιώνουν γρηγορότερα ακόμα και όταν εφαρμόζεται η σωστή διαχείριση. Οι μεσοπρώιμες ελληνικές ποικιλίες «ΥΠΑΤΗ» και «ΥΛΙΚΗ» είναι από τις πιο μακρόβιες. Οι ξηρικοί μηδικεώνες αντίθετα από ότι πιστεύαμε παλαιότερα διατηρούνται περισσότερο από τους ποτιστικούς.

Μετά το κόψιμο του χόρτου που προορίζεται για σανό είτε μένει στο έδαφος για ν' αποξηραθεί είτε τοποθετείται σε ειδικά σύρματα σε ορισμένο ύψος από το έδαφος ή ειδικές ξύλινες κατασκευές (τρίποδα), ώστε να αερίζεται για να μην πιάσει μούχλα και να αποξηραθεί με την έκθεσή του στον ήλιο.

Σε μεγάλες εκμεταλλεύσεις η κοπή γίνεται με τρακτέρ που έχει χαρτοκοπτικό. Οι μακρόστενοι σωροί του χόρτου που έχει κοπεί, αναστρέφονται αργότερα με ειδικό εξοπλισμό για να αεριστεί και να αποξηραθεί ομοιόμορφα.

Προσοχή χρειάζεται ο σανός να μην έχει μούχλα πριν δεματοποιηθεί και μεταφερθεί στην αποθήκη. Σε πιο συστηματικές εκμεταλλεύσεις η ξήρανση γίνεται υπό σκιά οπότε διατηρείται περισσότερο πράσινο το χρώμα του και κ τά συνέπεια και οι βιταμίνες τους. Άλλος τρόπος είναι η αποθήκευση του χλωρού χόρτου κατά στρώματα σε ειδικούς κλειστούς χώρους και αφαίρεση του αέρα που βρίσκεται εντός της μάζας του χόρτου που έχει μεγάλο ποσοστό σχετικής υγρασίας.

Με τον τρόπο αυτό το χόρτο διατηρείται καταπράσινο και συγκρατεί και όλες τις βιταμίνες του. Άλλη μέθοδος τεχνητής αποξήρανσης συνδυάζει και τη μετατροπή του σανού σε πέλετς διαφόρων διαστάσεων ανάλογα με το είδος του ζώου που προορίζεται (Παπακώστα-Τσοπούλου, 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

5.1 Γενικά

Η γεωργία ακριβείας προσπαθεί να φέρει σε πέρας με επιτυχία τη σωστή διαχείριση πρακτικών στη σωστή τοποθεσία, στο σωστό ρυθμό και την κατάλληλη στιγμή. Πρακτικές διαχείρισης που χρησιμοποιούνται συνήθως περιλαμβάνουν λιπάσματα μεταβλητού ρυθμού ή εφαρμογή φυτοφαρμάκων, σπορά μεταβλητού ρυθμού ή άροση και μεταβλητού ρυθμού άρδευση. Η γεωργία ακριβείας προσφέρει πολλά οφέλη, όπως βελτιωμένη αποτελεσματικότητα των εισροών διαχείρισης της εκμετάλλευσης, παραγωγικότητα ή ποιότητα των καλλιεργειών και μειωμένη μεταφορά λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Για την ανάπτυξη της γεωργίας ακριβείας σε μια καλλιέργεια ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα(Diacono et al., 2013):

5.2 Ζώνες διαχείρισης

Η συμβατική γεωργία συνεπάγεται με ομοιόμορφη διαχείριση του αγροκτήματος σε αντίθεση με τη γεωργία ακριβείας, η οποία περιλαμβάνει προσαρμοσμένη διαχείριση σε περιοχές που είναι πολύ μικρότερες από το αγρόκτημα, όπως για παράδειγμα ένα αγρόκτημα 1 εκταρίου μπορεί να χωριστεί σε 10.000 εικονοστοιχεία του 1 m² και μπορεί να παρακολουθεί καθένα από αυτά τα 10.000 pixel ή οποιονδήποτε συνδυασμό ως μοναδικές MZ (Management Zones). Οι MZ χρησιμοποιούνται για να χωρίσουν το χωράφι σε περιοχές, όπου διαφέρουν στις απαιτήσεις τους για λιπάσματα, φυτοφάρμακα, άρδευση, σπορά ή άροση. Οι MZ είναι σχετικά ομοιογενείς μονάδες εντός του πεδίου που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την απαίτηση τους σε λιπάσματα, άρδευση ή φυτοφάρμακα. Μπορούν να οριοθετηθούν με βάση σχετικά με τις διαφορές στην απόδοση της καλλιέργειας, τον τύπο του εδάφους, την τοπογραφία ή τις ιδιότητες του εδάφους π.χ. γονιμότητα, περιεκτικότητα σε υγρασία, pH, οργανική ύλη κ.λπ.). Η τηλεπισκόπηση έχει χρησιμοποιηθεί για να οριοθετήσει τις MZ με βάση τις διαφοροποιήσεις στο περιεχόμενο οργανικής ύλης εδάφους (Christy, 2008). Για παράδειγμα οι Boydell και McBratney (2002) χρησιμοποίησαν 11 χρόνια Landsat TM εικόνες για ένα βαμβάκι για την αναγνώριση των MZ με βάση τη σταθερότητα της απόδοσης.

5.3 Διαχείριση άρδευσης

Η επάρκεια του νερού είναι μια από τις κύριες αιτίες για την απώλεια της παραγωγικότητας των καλλιεργειών (Moran et al., 2004). Η άρδευση χρησιμοποιείται ευρέως για να ξεπεραστεί η στρεσογόνος κατάσταση των καλλιεργειών αλλά, όταν εφαρμόζεται ομοιόμορφα, μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της παροχής νερού και περιβαλλοντικής της ρύπανσης. Η άρδευση με ακρίβεια, είναι επίσης γνωστή ως άρδευση μεταβλητού ρυθμού, όπου οι κεφαλές των ψεκαστήρων παρέχουν νερό με ρυθμούς που ποικίλλουν χρησιμοποιώντας είτε μικροεπεξεργαστές είτε συνδεδεμένα σε πολλαπλά σωληνοειδή . Οι ρυθμοί ψεκασμού των ακροφυσίων ποικίλλουν ανάλογα με τα χωρικά πρότυπα την υγρασία του εδάφους, το σημείο μάρανσης των καλλιεργειών, τη μηχανική σύσταση του εδάφους κ.λ.π. (Hedley και Yule, 2009) .

Η άρδευση με μεταβλητό ρυθμό χρησιμοποιεί το νερό πιο αποτελεσματικά από την ομοιόμορφη άρδευση, που οδηγεί σε καλύτερη εξοικονόμηση νερού και βελτιωμένη περιβαλλοντική ποιότητα, χωρίς να επηρεάζεται η απόδοση των καλλιεργειών. Η τηλεπισκόπηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές άρδευσης μεταβλητού ρυθμού για την ανίχνευση της στρεσογόνου κατάστασης της καλλιέργειας για νερό μέσω θερμικών υπερύθρων ή μικροκυμάτων(Rud et al., 2014) .

Η ανίχνευση TIR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της θερμοκρασίας υπο σκιά και την ανάγκη της καλλιέργειας για νερό. Αυτή η μέτρηση σε συνδυασμό με μετρήσεις ανάκλασης στο κόκκινο και κοντά στις υπέρυθρες (NIR) περιοχές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ανακλαστικότητας, για τα διαγράμματα θερμοκρασίας που οδηγούν στην αναγνώριση πεδίου όπου εμφανίζεται θρεπτική ή / και απαίτηση σε νερό (Iamp et al., 2014). Η ανίχνευση TIR μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να συναχθεί η τάση του νερού της σοδειάς με μέτρηση του δείκτη τάσης νερού της καλλιέργειας (CWSI) που είναι ανάλογος στη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας και του αέρα, αλλά επίσης εξαρτάται από το έλλειμμα της ατμοσφαιρικής πίεσης. Οι τιμές CWSI υπολογίζονται σε σχέση με τις θερμοκρασίες υπο σκιά και αέρα για καλά ποτισμένη καλλιέργεια(Moran et al., 2004).

Αυτή η μέθοδος λειτουργεί για καλλιέργειας σε κοντινή απόσταση σε ένα καλά ποτισμένο τμήμα της καλλιέργειας. Οι Meron et al. (2010) ανέπτυξαν

μια απλοποιημένη προσέγγιση για την εκτίμηση του CWSI που περιλαμβάνει TIR μετρήσεις θερμοκρασίας υπο σκιά σε σχέση με τη θερμοκρασία μιας γειτονικής τεχνητής επιφάνειας αναφοράς που αποτελείται από υγρό, λευκό ύφασμα από πολυστερόλιο που επιπλέει σε δοχείο με νερό. Πρέπει να δοθεί προσοχή στην τμηματοποίηση θερμικών εικόνων σε πεδία με μερικό κάλυμμα για να εξαλειφθούν τα λάθη που οφείλονται στις υψηλές θερμοκρασίες εδάφους. Οι Meron et al. (2010) και Rud et al. (2014) έδειξε ότι οι μετρήσεις TIR του CWSI βασίζονται στη τεχνητή προσέγγιση της επιφάνειας αναφοράς που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη χαρτών που δείχνουν χωρικά σχήματα στην πίεση του νερού των καλλιεργειών με ακρίβεια 82% σε σχέση με τις πιθανές μετρήσεις του νερού των φύλλων. Αυτοί οι χάρτες ήταν χρήσιμοι για την καθοδήγηση της εφαρμογής μεταβλητών ποσοστών άρδευσης.

5.4 Ανίχνευτής καλλιέργειας

Η ανίχνευση χρησιμοποιείται για την έγκαιρη ανίχνευση των στρεσογόνων συνθηκών που ενέχουν οικονομικό κίνδυνο για την παραγωγή. Εάν εντοπιστεί σε πρώιμο στάδιο, μπορούν να ληφθούν μέτρα διαχείρισης για τον έλεγχο της στρεσογόνου κατάστασης στην καλλιέργεια, όπως η έλλειψη θρεπτικών συστατικών, τα ζιζάνια ή έντομα ή εξάλειψη των ασθενειών μιας καλλιέργειας. Η ανίχνευση περιλαμβάνει παραδοσιακά έναν εκπαιδευμένο επαγγελματικό περίπατο με προκαθορισμένο μοτίβο ενός αγροτικού χωραφιού για τη διεξαγωγή περιορισμένης και κάπως τυχαίας δειγματοληψίας με στόχο την ανίχνευση και τον εντοπισμό του στρεσογόνου παράγοντα της καλλιέργειας. Η προσέγγιση είναι χρονοβόρα και η απαιτούμενη εργασία δεν εγγυάται ότι η στρατηγική δειγματοληψίας κάλυψε τη σωστή χωρική τοποθεσία ή συνέβη τη σωστή στιγμή. Η τηλεπισκόπηση προσφέρει ένα δυναμικό για βελτιωμένο εντοπισμό με καλύτερη χωρική και χρονική κάλυψη από ό, τι θα ήταν δυνατό με έναν εκπαιδευμένο επαγγελματία περπατώντας στα χωράφια. Η τηλεπισκόπηση μπορεί με ακρίβεια να εντοπίσει τοποθεσίες όπου παρατηρείται πρόβλημα στις καλλιέργειες η ανίχνευση από μόνη της συχνά δεν μπορεί να διακρίνει την πηγή του προβλήματος της καλλιέργειας αν προκαλείται από ανεπάρκεια

θρεπτικών ουσιών, ζιζάνια ή παρουσία εντόμων ή ασθενειών (Mueller and Pope, 2009).

5.5 Μήκος κύματος και αναλογίες ζώνης ενδιαφέροντος για τη γεωργία ακριβείας

Η τηλεπισκόπηση στη γεωργία ακριβείας επικεντρώθηκε στην ανάκλαση στις ορατές (VIS) και NIR, εκπομπές ακτινοβολίας στο TIR, και φθορισμού στο φάσμα VIS. Η τηλεπισκόπηση εδάφους ανταποκρίνεται στα χωρικά πρότυπα της υγρασίας του εδάφους και την περιεκτικότητα σε οργανική ύλη, καθώς και περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο και οξείδιο του σιδήρου. Η τηλεπισκόπηση καλλιέργειας στο φάσμα VIS αποκρίνεται στις φυτικές χρωστικές ουσίες όπως χλωροφύλλη α και β, ανθοκυανίνες, και καροτενοειδή. Οι φυτικές χρωστικές απορροφούν ακτινοβολία σε ζώνες μήκους κύματος με κέντρο περίπου 430 nm (μπλε ή B) και 650 nm (κόκκινο ή R) για χλωροφύλλη α και 450 nm (B) και 650 nm (R) για χλωροφύλλη β. Μήκος κύματος με χαρακτηριστικά χαμηλής απορρόφησης αντιστρόφως έχουν υψηλή ανακλαστικότητα, ιδιαίτερα στο πράσινο (550 nm) μήκος κύματος (Hatfield et al., 2008).

Τηλεπισκόπηση των καλλιεργειών στο φάσμα NIR (ιδιαίτερα στα 780, 800 και 880 nm) ανταποκρίνεται στον δείκτη βιομάζας και δείκτη περιοχής φύλλων (LAI), προσανατολισμός φύλλων, μέγεθος φύλλων και γεωμετρία. Οι Φυτικές χρωστικές και η αρχιτεκτονική του δείκτης καλλιέργειας ανταποκρίνονται σε πολλές πιέσεις μιας καλλιέργειας, όπως η ανάγκη νερού, οι ελλείψεις θρεπτικών ουσιών ασθένειες καλλιεργειών και προσβολές εντόμων ή ζιζανίων. Ως αποτέλεσμα, τηλεπισκόπηση έχει αποδειχθεί χρήσιμη για τον έμμεσο εντοπισμό των πιέσεων των καλλιεργειών για εφαρμογές με ακρίβεια. (Samborski et al., 2009),

Σε αντίθεση με τις ευρυζωνικές πολυφασματικές ανακλαστικές εικόνες που συλλέγονται με παλαιότερες δορυφορικές πλατφόρμες όπως το Landsat, το QuickBird και το IKONOS, η τηλεπισκόπηση στράφηκε σε ανάλυση στενών ζωνών (πλάτους 10 nm) που συλλέχθηκαν χρησιμοποιώντας υπερφασματικές εικόνες.

Ο κύβος υπερφασματικών δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί να αντιπροσωπεύει την ανακλαστικότητα των καλλιεργειών σε μεγάλες εκτάσεις σε καθεμία από αυτές στενές ζώνες (Nigon et al., 2014), που απεικονίζουν τη μεγάλη ποσότητα χωρικών και φασματικών πληροφοριών και την υπερφασματική απεικόνιση. Θεωρητικά, οι υπερφασματικές απεικονίσεις προσφέρουν την ικανότητα ανίχνευσης μιας μεγάλης ποικιλίας χαρακτηριστικών του εδάφους και της καλλιέργειας ταυτόχρονα, συμπεριλαμβανομένης της κατάστασης της υγρασίας, της οργανικής ύλης, των θρεπτικών συστατικών, της χλωροφύλλης, τα καροτενοειδή, την κυτταρίνη, LAI και τη βιομάζα καλλιέργειας. Οι Kabail et al. το 2000 έδειξαν ότι τα υπερφασματικά δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τριών γενικών κατηγοριών προγνωστικών δεικτών φασμάτων:

- Ο δείκτης βέλτιστης ανακλαστικότητας πολλαπλών στενών ζωνών (OMNBR),
- Ο φυτικός δείκτης ομαλοποιημένης διαφοράς στενής ζώνης (NDVI) και
- Ο δείκτης βλάστησης προσαρμοσμένος στο έδαφος (SAVI).

Οι κυριότερες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των φυτών στο OMNBR περιλαμβάνει τα μεγαλύτερα κόκκινα μήκη κύματος (650-700 nm), τα μικρότερα πράσινα μήκη κύματος (500-550 nm), το κόκκινο άκρο (720 nm) και δύο NIR (900-940 και 982 nm) φασματικές ζώνες. Οι πληροφορίες αυτές διατίθεται μόνο σε στενές ζώνες των 10-20 nm και εύκολα επισκιάζονται σε ευρείες πολυφασματικές ζώνες που είναι διαθέσιμες με παλαιότερα συστήματα δορυφορικής απεικόνισης. Ο καλύτερος συνδυασμός των δύο στενές ζώνες σε δείκτες τύπου NDVI ήταν κεντραρισμένες στο κόκκινο (682 nm) και NIR (920 nm) μήκη κύματος, αλλά ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο καλλιέργειας π.χ. καλαμπόκι, σόγια, βαμβάκι ή πατάτα καθώς και το χαρακτηριστικό ενδιαφέροντος του φυτού. Η Ανάλυση υπερφασματικών εικόνων μπορεί ενδεχομένως να περιλαμβάνει προηγμένες χημειομετρικές μεθόδους που δεν είναι δυνατές με την ευρυζωνικές πολυφασματικές εικόνες, συμπεριλαμβανομένων (1) των γραφισμάτων $\lambda - \lambda$, (2) φασματικών παραγώγων, (3) διακριτική ανάλυση και (4) μερική ανάλυση τετραγώνων (Yuan et al., 2014).

Η έντονη αντίθεση στη συμπεριφορά ανάκλασης μεταξύ του κόκκινου και NIR τμημάτων του φάσματος είναι το κίνητρο για ανάπτυξη φασματικών δεικτών που βασίζονται σε αναλογίες ανάκλασης με τιμές στις περιοχές VIS και NIR (Sripada et

al., 2008). Οι δείκτες φασματικής ανάκλασης που χρησιμοποιούνται συνήθως και περιλαμβάνουν: NDVI ($NDVI = (NIR - \text{κόκκινο}) / (NIR + \text{κόκκινο})$), πράσινο NDVI και δείκτης βλάστησης αναλογίας ($RVI = NIR / R$). Αυτοί οι δείκτες, μαζί με δείκτες που βασίζονται στην ανάκλαση στο κόκκινο φάσμα στην περιοχή (700-740 nm), έχει βρεθεί ότι είναι πολύ ευαίσθητη στο δείκτη βλάστησης χλωροφύλλης και αζώτου, λόγω της ταχείας αλλαγής στην ανάκλαση των φύλλων που προκαλείται από την ισχυρή απορρόφηση από χρωστικές ουσίες στο κόκκινο φάσμα και στο NIR φάσμα (Nguay-Robertson et al., 2012). Ο δείκτης ανάκλασης απορρόφησης χλωροφύλλης (TCARI) έχει ταυτοποιηθεί από υπερφασματικές εικόνες για την εκτίμηση της κατάστασης του αζώτου των O δείκτης χλωροφύλλης (CCCI) είναι ένας ολοκληρωμένος δείκτης που βασίζεται στη θεωρία του 2D επίπεδου που απεικονίζεται από τους Clarke et al. (2001) χρησιμοποιώντας τρεις μπάντες (κόκκινο, κόκκινο-άκρο και NIR). Χρησιμοποιεί το NDVI ως υποκατάστατο για την κάλυψη του εδάφους για να διαχωρίσει το σήμα του εδάφους από το σήμα του φυτού και τον κανονικοποιημένο δείκτη διαφοράς red-edge (NDRE) ως μέτρο της κατάστασης του αζώτου. Άλλοι δείκτες κόκκινου άκρου περιλαμβάνουν δείκτης χλωροφύλλης ερυθρού άκρου (CIred edge), δείκτης red-edge ratio, δείκτης DATI, επίγεια φασματόμετρο απεικόνισης μέσης ανάλυσης δείκτης χλωροφύλλης (MTCI), red-edge δείκτης βλάστησης προσαρμοσμένης στο έδαφος (RESAVI), τροποποιημένος RESAVI (MRESAVI), δείκτης βλάστησης διαφοράς κόκκινων άκρων (REDVI) και δείκτης βλάστησης με διαφοροποιημένη διαφορά κόκκινης ακμής (RERDVI). Οι περιοχές υπεριώδους (UV), βιολετί και μπλε φάσματος έχουν επίσης βρεθεί ότι είναι σημαντικές για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του αζώτου των φυτών (Cao et al., 2013).

Ο φθορισμός της χλωροφύλλης των φύλλων είναι μια αναδυόμενη ερευνητική περιοχή

στη γεωργία ακριβείας (Tremblay et al., 2012). Όταν τα φύλλα είναι στο σκοτάδι εκτίθενται σε υπεριώδες ή μπλε φως, η χλωροφύλλη a στο φωτοσύστημα II (PSII) ερεθίζονται με την κατάσταση της πρώτης ζώνης και κατά την αποσύνθεση στην κατάσταση της ενέργειας του εδάφους, Αυτά τα μόρια είναι ικανά για φθορισμό. Ο φθορισμός των φύλλων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως το μήκος κύματος και η ένταση του προσπίπτοντος φωτός, την θερμοκρασία, την δομή του φύλλου και την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, η οποία μπορεί να επηρεάζεται από

τις καταπονήσεις των καλλιεργειών από νερό, άζωτο και αλατότητα (Tremblay et al., 2012).

5.6 Ανίχνευση θρεπτικών στοιχείων

Οι ανεπάρκειες των θρεπτικών συστατικών των καλλιεργειών είναι η κύρια αιτία του στρες των καλλιεργειών με αποτέλεσμα τη μείωση στην απόδοση ή την ποιότητα της καλλιέργειας. Οι ελλείψεις θρεπτικών ουσιών προκαλούν συχνά αλλαγές στις συγκεντρώσεις των χρωστικών των φύλλων, ιδιαίτερα όσον αφορά τη χλωροφύλλη α και β. Μπορούν να εντοπιστούν αλλαγές στο περιεχόμενο χλωροφύλλης α ή β χρησιμοποιώντας τηλεπισκόπηση στο πράσινο (550 nm) και στο κόκκινο άκρο (710 nm) του μήκος κύματος. Ανεπάρκειες σε θρεπτικά συστατικά και από τις δύο μακροεντολές τα μικροθρεπτικά συστατικά προκαλούν φασματική ανάκλαση των φύλλων καλλιέργειας με αποτέλεσμα να αυξηθεί στο πράσινο τμήμα του φάσματος. Τα φάσματα ανάκλασης από μόνα τους δεν επαρκούν σε πολλές περιπτώσεις για να προσδιοριστεί ποια θρεπτική ουσία είναι υπεύθυνη για την ανεπάρκεια και ποιος ρυθμός ή σύνθεση του λιπάσματος απαιτείται για τη διόρθωση. Οι ανεπάρκειες των καλλιεργειών προκαλούν επίσης αλλαγές στη βιομάζα των καλλιεργειών που μπορούν να ανιχνευθούν χρησιμοποιώντας την ανάκλαση NIR.

Η Τηλεπισκόπηση προσφέρει τη δυνατότητα αναγνώρισης χαρακτηριστικών χρωμάτων, σχεδίων, και τοποθεσίες σε ένα φυτό που επηρεάζεται από ανεπάρκεια θρεπτικών ουσιών εάν η χωρική ανάλυση των εικόνων είναι της τάξης μερικών εκατοστών. Διατροφικές ανεπάρκειες που εντοπίζονται και διαγιγνώσκονται έγκαιρη μόδα μπορούν να διορθωθούν χρησιμοποιώντας τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού (VRT). Το VRT περιλαμβάνει την εφαρμογή του σωστού ποσοστού λιπάσματος, στο σωστό μείγμα, στη σωστή τοποθεσία και την κατάλληλη στιγμή. Η εγγύς ανίχνευση των καλλιεργειών είναι σήμερα το κύριο εργαλείο που χρησιμοποιείται για ανίχνευση των ελλείψεων των θρεπτικών ουσιών για εφαρμογή λιπασμάτων με μεταβλητό ρυθμό. Αυτό βασίζεται σε έρευνα που έδειξε ότι η ελλείψη αζώτου θα μπορούσε να ανιχνευθεί χρησιμοποιώντας φασματική ανάκλαση στο πράσινο, κόκκινο, κόκκινο ακμή και τμήματα NIR του φάσματος. Εμπορικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια ακριβείας για τον εντοπισμό ελλείψεων αζώτου καλλιέργειας είναι κυρίως ενεργοί αισθητήρες καλλιέργειας με

τις δικές τους πηγές φωτός για να αποφύγουν την επίδραση διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθήκες φωτός, συμπεριλαμβανομένου του Green Seeker, Crop Circle, CropSpec και Yara N-sensor (Shaver et al., 2011). Το GreenSeeker λειτουργεί στο κόκκινο (650 nm) και NIR (770 nm). Ο Crop Circle ACS 210 λειτουργεί στο πράσινο (590 nm) και NIR (880 nm), ενώ το Crop Circle ACS 430 έχει κόκκινο (670 nm), κόκκινο άκρο (730 nm) και NIR (780 nm) ζώνες. Ο αισθητήρας Crop Circle ACS 470 έχει επίσης τρεις ζώνες αλλά είναι διαμορφώσιμες από τον χρήστη με επιλογή έξι φασματικών ζωνών και καλύπτει μπλε (450 nm), πράσινο (550 nm), κόκκινο (650, 670 nm), κόκκινο άκρες (730 nm) και περιοχές NIR (> 760 nm) (Cao et al., 2013). Το CropSpec λειτουργεί στο κόκκινο άκρο (730 nm) και στο NIR (805 nm). Ο παραδοσιακός αισθητήρας N της Yara λειτουργεί στα 730 (κόκκινο) και 760 (NIR) nm. Μια νεότερη έκδοση του αισθητήρα Yara N επιτρέπει στον χειριστή να το κάνει επιλέξτε τέσσερις ζώνες ανάκλασης μεταξύ 730 και 970 nm. N (Samborski et al., 2009). Οι NDVI τιμές συχνά δεν είναι σε θέση να διακρίνουν μεταξύ ελλείψεων N και P. Για τη διάκριση του αζώτου, του φωσφόρου, και ελλείψεις καλίου οι Pimstein et al. (2011) πρότειναν νέους φασματικούς δείκτες που απαιτούν συλλογική ανακλαστικότητα στα δεδομένα στην περιοχή SWIR (1450, 1645 και 1715 nm). Αυτοί οι νέοι δείκτες είναι σε θέση να προβλέψουν ανεπάρκεια P ή K με ακρίβεια κυμαίνεται από 78% έως 80%, αλλά τα επίπεδα ακρίβειας μειώθηκαν ως μεταβλητότητα στην καλλιέργεια βιομάζα αυξήθηκε.

5.7 Ανίχνευση εντοπισμού

Τα έντομα προκαλούν βλάβη στην καλλιέργεια με αποτέλεσμα τη μειωμένη βιομάζα και παραμορφωμένα ή απογυμνωμένα φύλλα. Επειδή η μειωμένη βιομάζα εμφανίζεται επίσης σε απόκριση και σε άλλους στρεσογόνους παράγοντες, εντοπίζοντας βλάβες εντόμων μέσω τηλεπισκόπησης ήταν μια πρόκληση. Η ανάπτυξη εντόμων συνδέεται στενότερα με αύξηση της θερμοκρασίας. Τα έντομα μπορούν πρώτα να εμφανίζονται σε διάφορες τοποθεσίες, συμπεριλαμβανομένων των άκρων των πεδίων, στις κάτω πλευρές των φύλλων ή στο έδαφος. Είναι δύσκολο να εντοπιστεί έντομο στο έδαφος ή στην κάτω πλευρά των φύλλων με

τηλεπισκόπηση. Η τηλεπισκόπηση ανιχνεύει συχνά ζημιές στις καλλιέργειες που προκαλούνται από έντομα, παρά τα ίδια τα έντομα. Πρέπει να είναι επιβλαβή έντομα και να εντοπιστούν πριν να προκαλέσουν σημαντική ζημιά στις καλλιέργειες. Η σωστή αναγνώριση είναι σημαντική επειδή ο έλεγχος και οι μέθοδοι αντιμετώπισης ποικίλλουν ανάλογα με τα είδη των εντόμων. Χρησιμοποιήθηκαν οι Franke και Menz (2007) υπερφασματική απεικόνιση από αεροπλάνο σε κτήμα καλαμποκιού της Αϊόβα, όπου είχε προστεθεί πληθυσμός εντόμων. Οι φασματικοί δείκτες ήταν σε μεγάλο βαθμό αναποτελεσματικοί στη διαφοροποίηση κατά τον έλεγχο στα πεδία από την πρώτη γενιά ανάπτυξης εντόμων. Το NDVI ήταν κατάφερε να εντοπίσει τα εμβολιασμένα πεδία κατά τη διάρκεια της δεύτερης γενιάς ανάπτυξης των εντόμων καλαμποκιού. Από τα αποτελέσματα παρατηρείται ότι είναι δύσκολη η χρήση της τηλεπισκόπησης.

Οι Mirik et al. (2007) χρησιμοποίησαν ένα φορητό υπερφασματικό ραδιόμετρο για τη μέτρηση της ανάκλασης στα μήκη κύματος VIS και NIR για χειμερινές καλλιέργειες σίτου στο Τέξας, Κολοράντο και Οκλαχόμα με και χωρίς σημαντικές προσβολές αφίδας σίτου. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν η ζημιά από την αφίδα είχε ως αποτέλεσμα αλλαγές στη βιομάζα όπου μείωσε την ανακλαστικότητα NIR σε μολυσμένα φυτά σε σχέση με μη κατεστραμμένα φυτά. Έδειξαν επίσης αυξημένη ανάκλαση στο το πράσινο τμήμα του φάσματος λόγω αλλαγών στη χλωροφύλλη σε φύλλα για μολυσμένα φυτά σε σχέση με τα υγιή φυτά.

Οι Prabhakar et al. (2011) χρησιμοποίησαν υπερφασματική απεικόνιση για ανίχνευση ζημιά στο φύλλο βαμβακιού. Διαπίστωσαν ότι η ζημιά των φύλλων συσχετίστηκε με μειώσεις της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη α και β στα φύλλα. Οι καλύτεροι φασματικοί δείκτες για την αναγνώριση της βλάβης των φύλλων βασίστηκε σε αλλαγές στην ανάκλαση των φύλλων στο VIS (376, 496 και 691 nm) και NIR (761, 1124 και 1457 nm) τμήμα του φάσματος.

5.8 Ανίχνευση ασθενειών

Οι ασθένειες προκαλούνται από προσβολές ιών, μυκήτων ή βακτηρίων. Μπορούν να επηρεάσουν οποιοδήποτε μέρος του φυτού, συμπεριλαμβανομένων των

φύλλων, των μίσχων, ρίζες κ.α. Η βλάβη στα φύλλα συμβαίνει συχνά ως βλάβες ή φλύκταινες που μπορεί να οδηγήσει σε χρώματα λευκού, μαύρου, καφέ ή πορτοκαλιού φύλλου. Οι βλάβες μπορούν να εμφανιστούν σε σχήματα τόσο διαφορετικά όσο κηλίδες, ορθογώνια ή λωρίδες που ποικίλλουν σε μέγεθος και περιοχή. Κάθε ασθένεια έχει μια συγκεκριμένη τοποθεσία όπου η μόλυνση τείνει να συμβαίνει και κάθε μία συνδέεται με διαφορετικά σχήματα και χρώματα μολυσμένων περιοχών.

Τα μολυσμένα φυτά μπορεί να έχουν χλωρωτικά ή νεκρωτικά φύλλα (Mirik et al., 2011). Η εγκαίρη ανίχνευση ασθένειας είναι απαραίτητο για τον περιορισμό της οικονομικής ζημίας. Τα φασματικά χαρακτηριστικά των καλλιεργειών συχνά επηρεάζονται από ασθένειες, όπως περιγράφεται από τους West et al. (2003). Η ασθένεια πολλαπλασιάζεται συχνά επηρεάζοντας την ανακλαστικότητα στο φάσμα VIS. Νεκρωτική ή χλωρωτική βλάβη επηρεάζει την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη και την ανάκλαση στις πράσινες και στις ερυθρές περιοχές. Η γήρανση επηρεάζει την ανάκλαση στο κόκκινο στην περιοχή NIR. Η καταστολή και η μειωμένη περιοχή των φύλλων επηρεάζουν την ανακλαστικότητα στο NIR. Οι επιπτώσεις της νόσου στη φωτοσύνθεση επηρεάζουν τον φθορισμό στη φασματική περιοχή μεταξύ 450–550 και 690–740 nm (West et al., 2003). Η ασθένεια των καλλιεργειών επηρεάζει επίσης τα ποσοστά διαπνοής και νερού με αυτά τα αποτελέσματα να μπορούν να εντοπιστούν σε περιοχές TIR.

Η τηλεπισκόπηση δεν χρησιμοποιείται ευρέως για την ανίχνευση της ασθένειας των καλλιεργειών. Η ανίχνευση έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί για τέτοιους σκοπούς. Η τηλεπισκόπηση έχει χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση μυκητιακών και ιογενών λοιμώξεων στη σόγια (Das et al., 2013) και το σιτάρι (Mirik et al., 2011). Οι μολύνσεις σιταριού στην Κίνα ανιχνεύθηκαν με ακρίβεια 91% –97% σε διάστημα 2 ετών, χρησιμοποιώντας εναέρια υπερφασματική τηλεπισκόπηση μέσου του δείκτη της φωτοχημικής ανάκλασης (PRI) (Huang et al., 2007). Οι τιμές PRI εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας ανακλαστικότητα στις τιμές στα 531 και 570 nm. Ο φθορισμός στα 550 και 690 nm ήταν επίσης χρήσιμο για τη διάκριση των φύλλων σίτου που έχουν μολυνθεί με από μη μολυσμένα φύλλα. Προσβολές από το οίδιο και την σκουριά από φύλλα σε σιτάρι στη Γερμανία ήταν δύσκολα για την ανίχνευση σε πρώιμα στάδια μόλυνσης με το QuickBird με την τιμή NDVI (Franke and Menz, 2007), ακρίβειας μόνο το 57%. Αυτό συμβαίνει επειδή στα αρχικά στάδια της λοίμωξης, η

ανακλαστικότητα στο κόκκινο τμήμα του φάσματος επηρεάζεται, αλλά η ανακλαστικότητα NIR . Σε πιο προχωρημένα στάδια της λοίμωξης, η δομή των φυτών και η βιομάζα επηρεάζονται, προκαλώντας αλλαγές στην ανακλαστικότητα NIR που έχουν ως αποτέλεσμα μεγάλες μειώσεις στις τιμές NDVI και υψηλότερη ακρίβεια 89% στην ανίχνευση της μόλυνσης.

5.9 Ανίχνευση ζιζανίων

Τα ζιζάνια όπως είναι γνωστό ανταγωνίζονται τις καλλιέργειες για το φως, το νερό και τα θρεπτικά συστατικά. Πάνω από κρίσιμα όρια πυκνότητας ζιζανίων, οι αποδόσεις της καλλιέργειας μειώνεται σημαντικά.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή ζιζανιοκτόνου μεταβλητού ρυθμού στην Ευρώπη. Τα ζιζάνια μπορούν να αναγνωριστούν χρησιμοποιώντας την τηλεπισκόπηση βάσει των δικών τους φασμάτων μέσω του σχήματος του φύλλου και την οργάνωση του ζιζανίου φυτού. Ανίχνευση και αναγνώριση ζιζανίων σε γυμνό έδαφος που δεν έχει καλλιέργεια είναι ευκολότερη από την ανίχνευση και τον εντοπισμό ζιζανίων μέσα σε καλλιέργεια (López-Granados, 2011). Η ανίχνευση ζιζανίων που εμφανίζεται σε μεγάλες, πυκνές συστάδες είναι ευκολότερη με την εναέρια τηλεπισκόπηση από την αναγνώριση μικρών, απομονωμένων ζιζανίων. Η τηλεπισκόπηση με δορυφόρους ή αεροπλάνα είναι κατάλληλη για ανίχνευση ζιζανίων που εμφανίζονται σε μεγάλες, πυκνές συστάδες μέσα σε μια καλλιέργεια ή σε γυμνό έδαφος χωρίς καλλιέργειες . Με βάση το έδαφος η εγγύτητα είναι περισσότερο κατάλληλη από την τηλεανίχνευση εντοπισμού και την ταυτοποίηση μικρών, απομονωμένων ζιζανίων σε μια καλλιεργούμενη καλλιέργεια. Το Proximal sensing έχει χρησιμοποιηθεί για παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο (López-Granados, 2011). Η τηλεπισκόπηση είναι χρήσιμη εάν τα ζιζάνια έχουν φασματική αναγνώριση που είναι μοναδικά διαφορετική από τα γύρω γυμνά εδάφη ή καλλιέργειες και εάν η χωρική ανάλυση των εικόνων είναι αρκετά καλή για να ανιχνεύσει μεμονωμένα ζιζάνια ή μπαλώματα των ζιζανίων (Lamb and Brown, 2001). Η διάκριση ζιζανίων από το έδαφος βασίζεται συχνά σε γραφική ανάκλαση στο κόκκινο τμήμα του το φάσμα έναντι της ανακλαστικότητας στο τμήμα NIR του φάσματος. Ένα γράφημα αυτών των δύο ζωνών ανάκλασης για γυμνό έδαφος δίνει τη

γραμμή του εδάφους . Ανίχνευση ζιζανίων σε πρώιμα στάδια ανάπτυξης είναι πολύ δύσκολη (López- Granados, 2011), ειδικά εάν εμφανίζονται σε καλλιέργειες με παρόμοια φυσιολογία. Η ανίχνευση είναι ευκολότερη σε μεταγενέστερα στάδια ανάπτυξης, όταν οι φασματικές διαφορές μεταξύ των ζιζανίων και των καλλιεργειών είναι καλύτερες (López-Granados, 2011). Η ακρίβεια διάκρισης των ζιζανίων από γυμνό έδαφος κυμαίνεται από 75% έως 92%, ενώ η ακρίβεια στη διάκριση ενός είδους ζιζανίων από ένα άλλο συχνά κυμαίνεται μεταξύ 61% και 88% (López-Granados, 2011).

5.10 Η καλλιέργεια της μηδικής

Οι γεωχωρικές τεχνολογίες παρέχουν στους αγρότες εργαλεία για να τους βοηθήσουν να αποφασίσουν ποιες καλλιέργειες θα φυτέψουν και πώς να αξιοποιήσουν στο έπακρο από κάθε στρέμμα. Τα γεωργικά δεδομένα που λαμβάνονται σε συγκεκριμένα σημεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κατανοήσουν πώς αλλάζουν διαφορετικές ποσότητες σε ένα πεδίο. Η γεωργία ακριβείας καλείται μερικές φορές σε «συγκεκριμένη περιοχή». Ένας αγρότης που χρησιμοποιεί γεωργία ακριβείας θα εντοπίσει τη μεταβλητότητα διαφορετικών ποσοτήτων σε ένα μόνο χωράφι. Αυτό επιτρέπει στο αγρόκτημα να έχει τα καλύτερα αποτελέσματα. Τα δείγματα εδάφους χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των ποσοστών λιπασμάτων και των αποδόσεων παραγωγής. Οι απαιτήσεις της μηδικής είναι pH 7-8, P 26% και K 2.5-4.5%

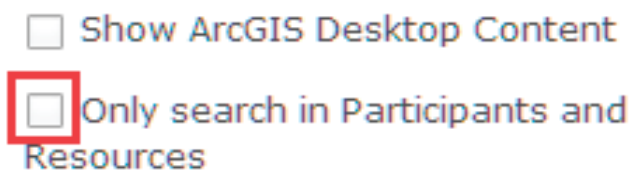
Τα βήματα που ακολουθούνται είναι :

- Άνοιγμα υπάρχοντος διαδικτυακού χάρτη
- Συμβολισμός επιπέδων
- Εκτέλεση πολλαπλών μεταβλητών φίλτρων
- Προσθήκη πεδίου σε έναν πίνακα χαρακτηριστικών
- Αλλαγή τετραγωνικών μέτρων σε στρέμματα
- Κατανόηση συνεχών επιφανειακών χαρτών από σημειακά δεδομένα

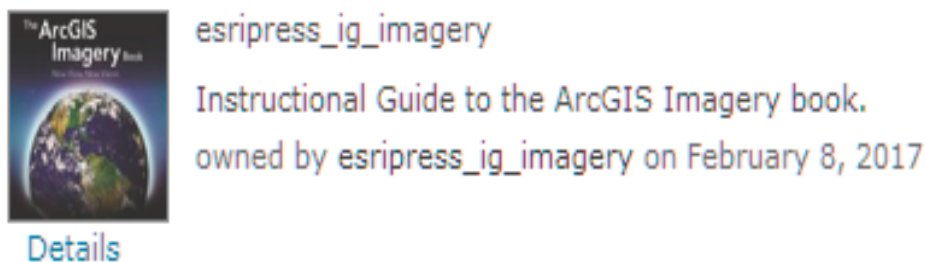
- Δεδομένα σημείων παρεμβολής
- Χρήση συνεχών επιφανειακών χαρτών για την απάντηση ερωτήσεων
- Αποθήκευση και τεκμηρίωση ενός διαδικτυακού χάρτη

1. Βρείτε, ανοίξτε και αποθηκεύστε τον χάρτη

1. Συνδεθείτε στον online οργανωτικό λογαριασμό σας ArcGIS.
2. Στο πλαίσιο αναζήτησης, πληκτρολογήστε `esripress_ig_imagery` και Αναζήτηση ομάδων.
3. Καταργήστε την επιλογή του πλαισίου που λέει ότι κάνετε αναζήτηση μόνο στον οργανισμό σας.



4. Κάντε κλικ στο `esripress_ig_imagery` για να δείτε το περιεχόμενο της ομάδας.



5. Κάντε κλικ στη μικρογραφία για το Precision Agriculture στον χάρτη.



Precision Agriculture

Precision agriculture analysis.

Web Map by Kathryn_Keranen_LearnArcGIS

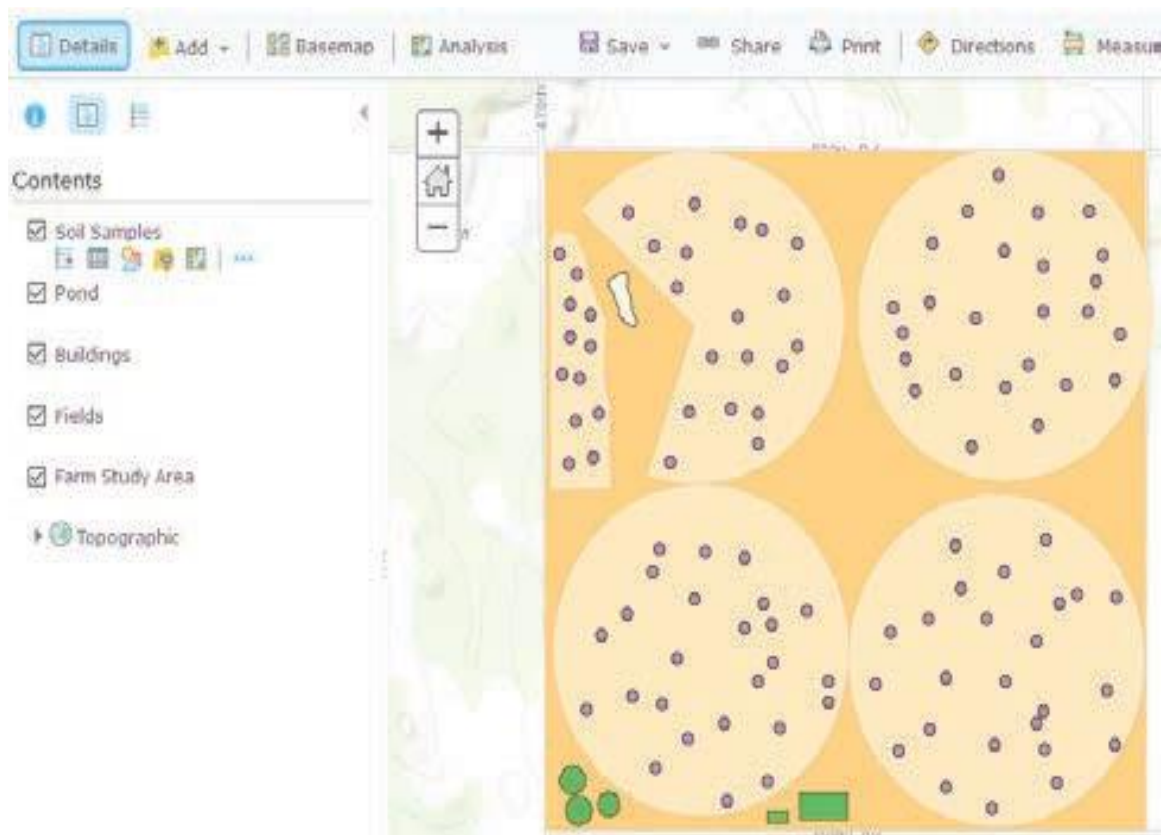
Last Modified: September 22, 2016

☆☆☆☆☆ (0 ratings, 0 comments, 17 views)

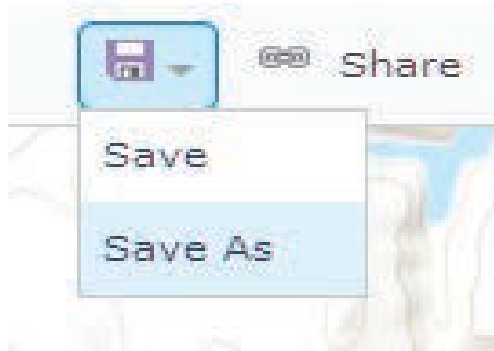
[Open](#) ▾ [Details](#)

Εναέριες εικόνες υψηλής ανάλυσης έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή πολυγώνων πεδίου. Τα πολύγωνα πεδίου παρέχουν τις βασικές πληροφορίες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της άσκησης καλλιέργειας ακριβείας.

6. Ανοίγει ο χάρτης που δείχνει τον τοπογραφικό βασικό χάρτη, την περιοχή μελέτης αγροκτημάτων, τα χωράφια, τα δείγματα εδάφους και τα κτίρια.



7. Για να αποθηκεύσετε τον χάρτη στην επάνω κορδέλα κάντε κλικ στο Αποθήκευση και επιλέξτε Αποθήκευση ως.



8. Στο ίδιο παράθυρο χάρτη, πληκτρολογήστε Answers: Precision Agriculture

9. Πληκτρολογήστε εξατομικευμένες ετικέτες και μια σύντομη περιγραφή του περιεχομένου του χάρτη.

Save Map

Title:

Tags:
Add tag(s)

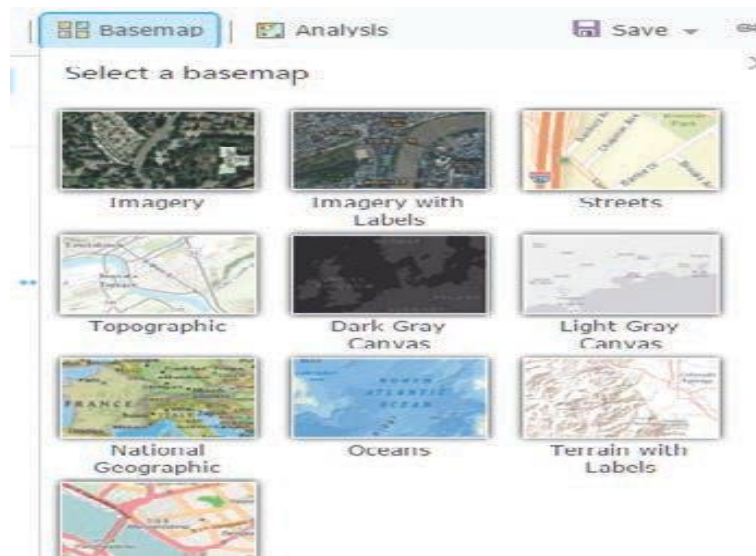
Summary:

Save in folder:

10. Κάντε κλικ στο SAVE MAP.

2. Αλλαγή βασικού χάρτη, συμβολισμός και επισήμανση

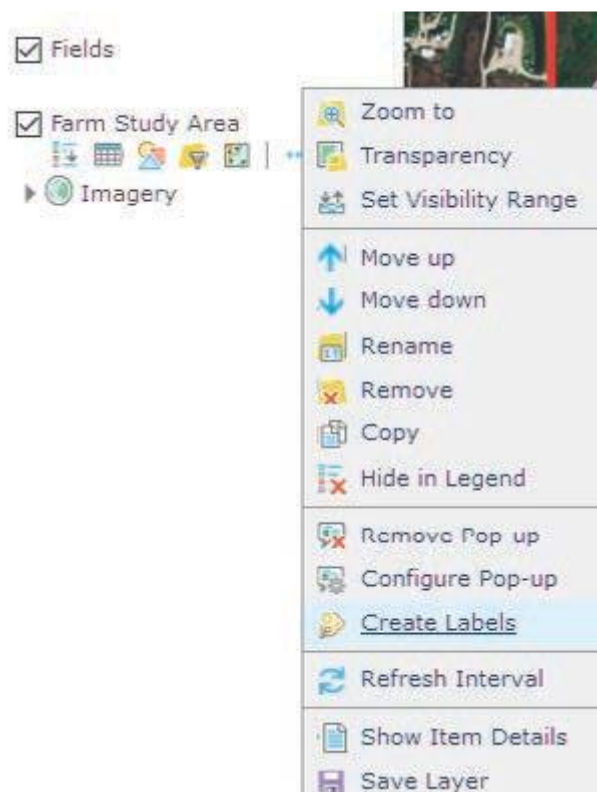
1. Στην επάνω γραμμή αλλάζτε το Χάρτη βάσης σε εικόνες εάν έχει οριστεί σε Τοπογραφικό.



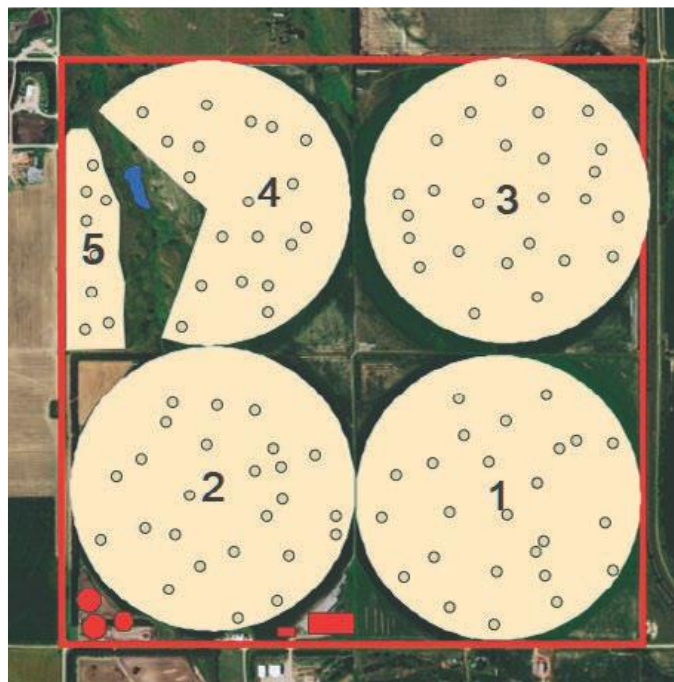
2. Στην ενότητα Λεπτομέρειες, κάντε κλικ στην επιλογή Εμφάνιση περιεχομένων χάρτη και, στη συνέχεια, κάντε κλικ στην επιλογή Περιοχή μελέτης αγροκτημάτων και επιλέξτε Αλλαγή στυλ



3. Κάντε κλικ στο OPTIONS.
4. Κάντε κλικ στο Σύμβολα.
5. Κάντε κλικ στο FILL και επιλογή No Color.
6. Κάντε κλικ στο OUTLINE και επιλέξτε Κόκκινο με πλάτος γραμμής 5px.
7. Κάντε κλικ στο OK και στο OK.
8. Κάντε κλικ στο Τέλος.
9. Κάντε κλικ στα πεδία >> Αλλαγή στυλ >> ΕΠΙΛΟΓΕΣ >> Σύμβολα.
10. Αλλάξτε το χρώμα σε ανοιχτόχρωμο μαύρισμα.
11. Κάντε κλικ στο OK και στο OK.
12. Κάντε κλικ στο ΤΕΛΟΣ.
13. Κάντε κλικ στα πεδία >> Περισσότερες επιλογές >> Δημιουργία ετικετών.



14. Βεβαιωθείτε ότι το μέγεθος είναι 32.
15. Κάντε κλικ στο ΟΚ.
16. Κάντε κλικ στην επιλογή Κτίρια >> Αλλαγή στυλ >> ΕΠΙΛΟΓΕΣ >> Σύμβολα.
17. Επιλέξτε Κόκκινο.
18. Κάντε κλικ στο ΟΚ και στο ΟΚ.
19. Κάντε κλικ στο Τέλος.
20. Κάντε κλικ στη Λίμνη >> Αλλαγή στυλ >> ΕΠΙΛΟΓΕΣ >> Σύμβολα.
21. Επιλέξτε Μπλε.
22. Κάντε κλικ στο ΟΚ και στο ΟΚ.
23. Κάντε κλικ στο Τέλος.
24. Στην επάνω κορδέλα κάντε κλικ στο Αποθήκευση.



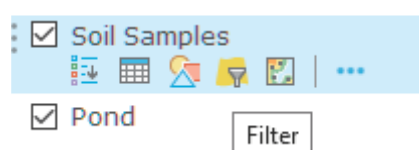
3. Φιλτράρισμα διπλών μεταβλητών για την ανάπτυξη της καλλιέργειας

Το ArcGIS Online επιτρέπει στους χρήστες να κάνουν ερωτήσεις δεδομένων χρησιμοποιώντας φίλτρα.

Μπορεί να δημιουργηθούν φίλτρα χρησιμοποιώντας εκφράσεις ορισμού. Οι εκφράσεις ορισμού χρησιμοποιούν τρία πράγματα:

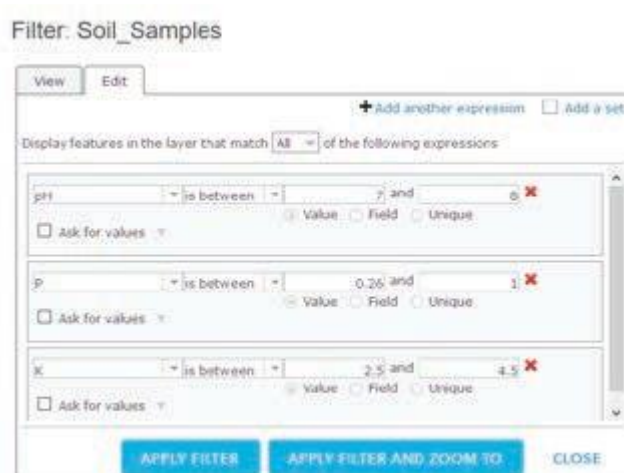
- Όνομα πεδίου
- Τελεστής
- Τιμή

1. Κάντε κλικ στα δείγματα εδάφους >> Φίλτρο. Το μενού φίλτρου ανοίγει έτοιμο να δημιουργήσει την πρώτη έκφραση.



2. Κάντε κλικ στο + και Προσθήκη άλλης έκφρασης.

3. Κάντε κλικ στο ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΟΥ



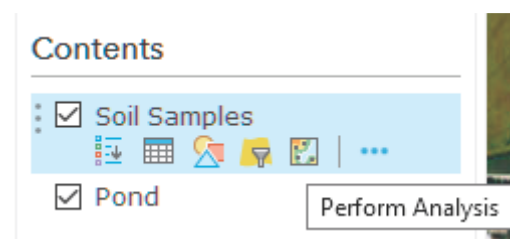
4. Δημιουργία ενός συνεχούς χάρτη επιφάνειας με παρεμβολή από σημειακά δεδομένα

Χρησιμοποιώντας γεωργία ακριβείας, οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιούν τακτικές δοκιμές εδάφους για να κατανοήσουν πού πρέπει να εφαρμοστεί το λίπασμα. Σε αυτήν την επόμενη ενότητα, θα καθορίσετε έναν δείκτη εδάφους βασικής γραμμής για pH, φωσφόρο και κάλιο. Θα χρησιμοποιήσετε την παρεμβολή για να δημιουργήσετε έναν συνεχή χάρτη επιφάνειας από σημειακά δεδομένα. Θα

χρησιμοποιηθεί το εργαλείο Interpolate Points για να προβλέψει τιμές σε νέες τοποθεσίες με βάση κατά τη μέτρηση από τα δείγματα εδάφους. Το εργαλείο λαμβάνει σημειακά δεδομένα με τιμές σε κάθε σημείο και επιστρέφει περιοχές που ταξινομούνται κατά τις προβλεπόμενες τιμές. Το εργαλείο χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Inverse Distance Weighted ή IDW. Θα δημιουργηθεί ένας συνεχής χάρτης επιφάνειας για pH, φωσφόρο και κάλιο.

1. Κάντε κλικ στα δείγματα εδάφους >> Φίλτρο >> ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΦΙΛΤΡΟΥ.

2. Κάντε κλικ στα δείγματα εδάφους >> Εκτελέστε ανάλυση.



3. Κάντε κλικ στα δείγματα εδάφους >> Εκτελέστε ανάλυση >> Αναλύστε μοτίβα >> Σημεία παρεμβολής.

4. Κάντε κλικ στα σημεία Interpolate, ανοίξτε τη διεπαφή Interpolate Points και χρησιμοποιήστε τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Επιλέξτε επίπεδο σημείου που περιέχει τοποθεσίες με γνωστές τιμές στο Soil_Samples.

- Επιλέξτε πεδίο για παρεμβολή είναι το pH.

- Κάντε κλικ στις Επιλογές

 - ο Έξοδος κλιπ σε Πεδία.

 - ο Ταξινόμηση κατά γεωμετρικά διαστήματα.

 - ο Ο αριθμός των τάξεων είναι 5.

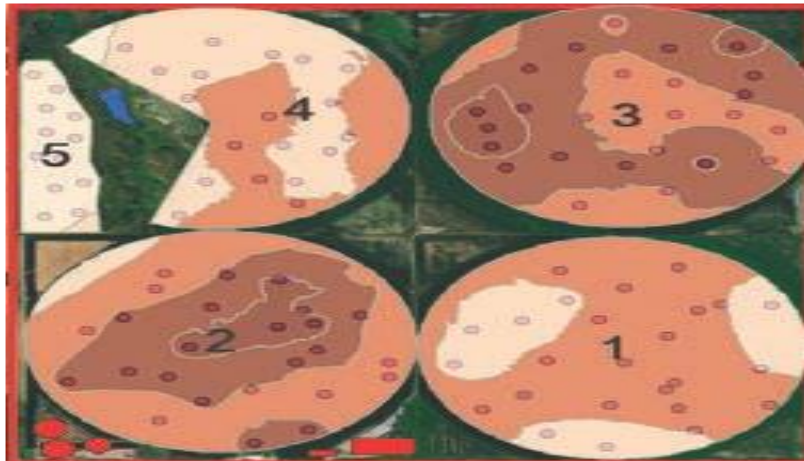
- Το όνομα επιπέδου αποτελέσματος είναι pH.

- Καταργήστε την επιλογή Χρήση τρέχουσας έκτασης χάρτη. 5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ.

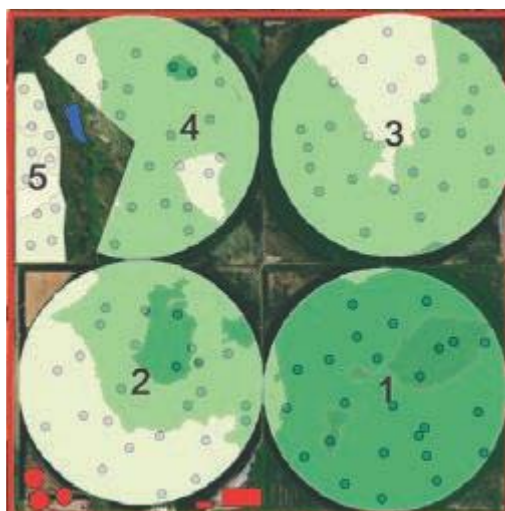
6. Κάντε κλικ στο pH >> Αλλαγή στυλ >> Μετρήσεις και ποσά (Χρώμα) >> ΕΠΙΛΟΓΗ >> ΕΠΙΛΟΓΕΣ >> Σύμβολα.

7. Εάν η επιλεγμένη ράμπα είναι σκούρο κόκκινο για υψηλό pH και ανοιχτό κόκκινο για χαμηλό pH, κάντε κλικ στο OK.

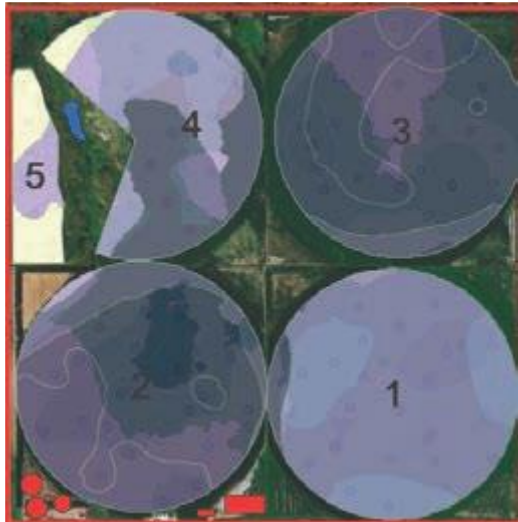
8. Κάντε κλικ στο Τέλος.



9. Επαναλαμβάνονται τα βήματα 3-8 χρησιμοποιώντας το P ως μεταβλητή και επιλέγοντας ένα πράσινο χρώμα. Ονομάστε το αρχείο Φωσφόρος.



10. Επαναλαμβάνονται τα βήματα 3-8 χρησιμοποιώντας το K ως μεταβλητή και επιλέγοντας ένα μοβ χρώμα. Ονομάστε το αρχείο Κάλιο.



Έχουν πλέον καθορίσει δεδομένα βάσης για το αγρόκτημα. Όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως, τα χωράφια 1-4 είναι κατάλληλα για τις καθορισμένες καλλιέργειες. Δείγματα εδάφους μπορούν να λαμβάνονται ετησίως για να προσδιοριστεί πού χρειάζεται λίπασμα.

5. Ανάλυση του πεδίου

1. Κάντε κλικ στα πεδία >> Φίλτρο.
2. Η έκφραση πρέπει να είναι: Το όνομα είναι 5.
3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΙΛΤΡΟΥ.
4. Κάντε κλικ στα δείγματα εδάφους >> Φίλτρο.
5. Η έκφραση πρέπει να είναι: Το όνομα είναι 5>.
6. Εφαρμόστε ΦΙΛΤΡΟ.
7. Επαναλάβετε τα βήματα 3-5 στην προηγούμενη ενότητα.

Ph_ πεδίο5



P_field5



Κ-πεδίο5



9. Κάντε κλικ στα πεδία >> Φίλτρο >> ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΦΙΛΤΡΟΥ.

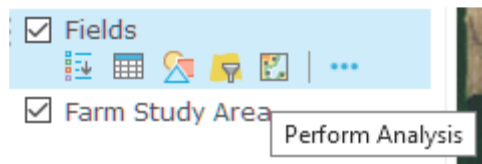
10. Κάντε κλικ στο δείγμα εδάφους >> Φίλτρο >> ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΦΙΛΤΡΟΥ.

Από την παραπάνω ανάλυση, ο αγρότης μπορεί να αποφασίσει πόσο λίπασμα θα χρειαζόταν για να καταστήσει το χωράφι παραγωγικό.

6. Εμπλουτισμός δεδομένων για πεδία

Ο εμπλουτισμός δεδομένων παράγει ένα επίπεδο που ανακτά πληροφορίες σχετικά με τα άτομα, τα μέρη και τις επιχειρήσεις σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Δημιουργεί επίσης ένα μοναδικό επίπεδο για κάθε χρήστη, τώρα θα εμπλουτίσετε τα πεδία ανά πληθυσμό. Αυτό θα δείξει τον πληθυσμό του αγροκτήματος και θα δημιουργήσει ένα επίπεδο που σας επιτρέπει να προσθέσετε πεδία.

1. Κάντε κλικ στα πεδία και εκτελέστε ανάλυση



2. Κάντε κλικ στην επιλογή Εμπλουτισμός δεδομένων και Εμπλουτισμός επιπέδου.

Perform Analysis

› Summarize Data

› Find Locations

▼ Data Enrichment



Enrich Layer

Enrich Layer

- Choose layer to enrich with new data**
Fields
- SELECT VARIABLES** 1 / Selected Variables
% Pasture/Hay/Cultivated Crops (NL) X
- Define areas to enrich**
Line distance
1 Minutes
 Return result as bounding areas
- Result layer name**
Enriched Fields
Save result in: 001G_Farm

Use current map extent [Show credits](#)

RUN ANALYSIS

3. Κάντε κλικ στο Enrich Layer για να ενεργοποιήσετε το παράθυρο Enrich Layer. Το πεδίο είναι το επιλεγμένο επίπεδο για εμπλουτισμό με νέα δεδομένα.

4. Κάντε κλικ στο SELECT VARIABLE για να ανοίξετε το πρόγραμμα περιήγησης δεδομένων και να αναζητήσετε μεταβλητές:

- Κάντε κλικ στο LAND COVER.
- Αποσυμπίεση μεταβλητών τοπίου αναλυτή.
- Ελέγξτε το ποσοστό βοσκοτόπων / σανού / καλλιεργούμενων καλλιεργειών (NLCD).

5. Κάντε κλικ στην ΕΦΑΡΜΟΓΗ.

6. Το όνομα του επιπέδου αποτελέσματος είναι Εμπλουτισμένο Πεδία_τα αρχικά.

7. Καταργήστε την επιλογή Χρησιμοποιήστε την τρέχουσα έκταση του χάρτη. 8. Κάντε κλικ στο RUN ANALYSIS.

7. Προσθέστε χωράφια και υπολογίστε στρέμματα και εκτάρια

Ανοίξτε τον πίνακα χαρακτηριστικών. Η έκταση είναι σε τετραγωνικά μέτρα. Τα τετραγωνικά μέτρα δεν είναι η μονάδα που χρησιμοποιείται για την περιγραφή αγροτεμαχίων. Τα χωράφια περιγράφονται σε στρέμματα ή εκτάρια.

1. Κάντε κλικ στα Εμπλουτισμένα πεδία και ανοίξτε τον πίνακα χαρακτηριστικών.
2. Κάντε κλικ στις Επιλογές πίνακα και Εμφάνιση / Απόκρυψη στηλών.
3. Καταργήστε την επιλογή όλων των πεδίων εκτός από Όνομα και Περιοχή.
4. Κάντε κλικ στο Επιλογές και επιλέξτε Προσθήκη πεδίου. Το όνομα είναι Acres. Ο τύπος είναι διπλός.
5. Κάντε κλικ στο ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΟΥ ΠΕΔΙΟΥ.
6. Κάντε δεξί κλικ στο γρανάζι στο νέο πεδίο Acres και επιλέξτε Υπολογισμός.
7. Εισαγάγετε τον ακόλουθο τύπο: Περιοχή / 4046.38. 8. Κάντε κλικ στο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ.

Το πεδίο Acres περιέχει τώρα έκταση.

9. Επαναλάβετε τα βήματα 3-8:

- Ονομάστε το πεδίο Εκτάρια.

- Ο τύπος είναι διπλός.
- Χρησιμοποιήστε τον τύπο: Acres / 2.5.

Τώρα έχετε παράσχει στον αγρότη ορισμένες βασικές πληροφορίες σχετικά με την υγεία των χωραφιών του και μπορεί να κάνει σχέδια για μελλοντικές εναλλαγές και εφαρμογές λιπασμάτων και να αποφασίσει για την αξία του πεδίου

Fields (5 features, 0 selected)		Table Options ▼
Area	Acres	Hectares
846,553	209.21	83.68
846,553	209.21	83.68
846,553	209.21	83.68
589,272	145.63	58.25
140,230	34.66	13.86

10. Κάντε κλικ στο Αποθήκευση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι σαφές ότι η γεωργία ακριβείας παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, αλλά μπορεί να κάνει τον σχεδιασμό και τη διαχείριση των εκμεταλλεύσεων τόσο ευκολότερη όσο και πιο περίπλοκη. Είναι ανέφικτο για έναν παραγωγό που θα αγοράσει μια μονάδα GPS ή μια οθόνη απόδοσης να μπορέσει να την εφαρμόσει με μεγάλη ευκολία. Με την πάροδο του χρόνου καθώς ο γεωργός αυξάνει το επίπεδο των γνώσεων του σχετικά με τις τεχνολογίες καλλιέργειας ακριβείας συνειδητοποιεί ότι η γεωργία ακριβείας είναι μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη διαχείριση ολόκληρης της εκμετάλλευσης και όχι μόνο για την αύξηση των αποδόσεων. Αυτό που είναι ίσως το πιο σημαντικό για την επιτυχία της καλλιέργειας ακριβείας, τουλάχιστον αρχικά, είναι η αυξημένη γνώση που χρειάζεται ένας αγρότης για τους φυσικούς του πόρους στον αγρό.

Αυτό περιλαμβάνει την καλύτερη κατανόηση των τύπων εδάφους, της υδρολογίας, του μικροκλίματος και των αεροφωτογραφιών. Ένας αγρότης πρέπει να εντοπίσει τη διακύμανση των παραγόντων εντός των χωραφιών που επηρεάζουν την απόδοση των καλλιεργειών πριν από την απόκτηση ενός χάρτη απόδοσης. Ένας χάρτης απόδοσης θα πρέπει να χρησιμεύει μόνο ως δεδομένα επαλήθευσης για τον ποσοτικό προσδιορισμό των συνεπειών της παραλλαγής που υπάρχει σε ένα πεδίο. Οι στρατηγικές διαχείρισης θα βασίζονται πιθανότατα σε άλλες πηγές εκτός από τους χάρτες απόδοσης. Στόχος είναι να μπορούν να διαχειριστούν έναν υψηλό βαθμό διακύμανσης σε μια χωρική δομή. Ένας υψηλός βαθμός διακύμανσης θα σημαίνει υψηλότερο VRA εισροών και, συνεπώς, μεγαλύτερο οικονομικό και περιβαλλοντικό όφελος σε σύγκριση με την ομοιόμορφη διαχείριση. Είναι επίσης επιθυμητή μια ισχυρή χωρική δομή, καθώς τα μηχανήματα μεταβλητού ρυθμού θα λειτουργούν πιο αποτελεσματικά όταν οι περιοχές για διαφορική επεξεργασία είναι μεγαλύτερες και ορίζονται με σαφήνεια και ανα τακτά χρονικά διαστήματα.

Ωστόσο, η λήψη αποφάσεων παραμένει ο ακρογωνιαίος λίθος. Οι παράμετροι και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη ζώνη, οι μεταβλητές που πρέπει να ληφθούν, οι ενέργειες που πρέπει να υιοθετηθούν σε κάθε ζώνη, είναι μερικά παραδείγματα των αποφάσεων που πρέπει να ληφθούν και για τις οποίες η επιτυχία ή η αποτυχία της προτεινόμενης συγκεκριμένης τοποθεσίας διαχείρισης θα εξαρτηθεί από τον όγκο των

δεδομένων που καταγράφονται από τους εγγύς και απομακρυσμένους αισθητήρες και δημιουργούνται ως αποτέλεσμα λειτουργιών που βασίζονται σε GIS.

Επομένως, απαιτείται περισσότερη δουλειά για την ανάλυση και την ερμηνεία των δεδομένων για να είναι σε θέση να παράγει χρήσιμες συστάσεις διαχείρισης σχετικά με τη χρήση λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων και φυτοφαρμάκων, κ.λ.π.. Το πιο σημαντικό, τα δεδομένα που έχουν δημιουργηθεί πρέπει να αποθηκεύονται με συστηματικό τρόπο για μελλοντική αναφορά. Αυτό είναι απαραίτητο, καθώς θα αυξήσει την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα των μελλοντικών ερευνών. Ως εκ τούτου, οι αγρότες που εφαρμόζουν γεωργία ακριβείας πιθανότατα θα συνεργαστούν με πολλούς επαγγελματίες στον τομέα τον γεωργικό, των GIS και των υπολογιστικών επιστημών. Ωστόσο, για να μπορέσουν να δημιουργηθούν χρήσιμες στρατηγικές διαχείρισης, απαιτούνται δοκιμές και πειράματα στην επιχείρηση για την κατανόηση των αιτίων της παραλλαγής, καθώς και βασική και εφαρμοσμένη έρευνα σε εργαλεία τηλεπισκόπησης, στατιστική ανάλυση και τεχνολογία VR.

Το ξεκίνημα συνήθως περιλαμβάνει στρατηγικές δοκιμές σε 2 ή 3 πεδία τον πρώτο χρόνο και στη συνέχεια βελτιώνονται τα πράγματα τις επόμενες εποχές. Μόλις καθοριστούν οι ζώνες διαχείρισης και υπάρχει γνώση του φορτίου των θρεπτικών συστατικών και η επίγνωση τυχόν άλλων περιοριστικών παραγόντων, μπορούν να δημιουργηθούν χάρτες συνταγών και να γίνουν συστάσεις διαχείρισης. Η υιοθέτηση της γεωργίας ακριβείας μπορεί να φαίνεται ακριβή και αργή στην αρχή, αλλά μόλις γίνει κατανοητή η λειτουργία ενός συγκεκριμένου αγροτεμαχίου ή πεδίου και οι αιτίες της μεταβλητότητας της παραγωγικότητάς της, τα οφέλη γίνονται εμφανή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

AGCO,2005.<http://www.fieldstar.com/agco/FieldStar/FieldStarUK/System/DataCollection.htm>.

Agre J. and Clare L., 2000. An integrated architecture for cooperative sensing networks, *IEEE Computer Magazine* (May 2000) 106–108.

Akyildiz I.F., Sankarasubramaniam W. Su, Y., Cayirci E., 2002 Broadband and Wireless Networking Laboratory, School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332, USA. *Computer Networks* 38 (2002) 393–422.

Andreo V., 2013. Remote Sensing and Geographic Information Systems in Precision Farming. Instituto de Altos Estudios Espaciales “Mario Gulich” - CONAE / UNC Facultad de Matematica, Astronomia y Física – UNC.

ASABE AE50 Awards. 2019, *Resour. Eng. Technol. Sustain. World* 19, 4–16.

Asfaw, D.; Black, E.; Brown, M.; Nicklin, K.J.; Otu-Larbi, F.; Pinnington, E.; Challinor, A.; Maidment, R.; Quaife, T. 2018. TAMSAT-ALERT v1: A new framework for agricultural decision support. *Geosci. Model Dev.* 2018, 11, 2353–2371

Bapat, V., Kale, P., Shinde, V., Deshpande, N., & Shaligram, A. 2017. WSN application for crop protection to divert animal intrusions in the agricultural land. *Computers and Electronics in Agriculture*, 133, 88–96

Ben-Dor, E. , 2010. Characterization of soil properties using reflectance spectroscopy. Ch. 22. In P. S. Thenkabail, J. G. Lyon, & A. Huete (Eds.), *Hyperspectral remote sensing of vegetation* (pp. 705). Boca Raton, FL: CRC Press.

Boydell, B. and A. McBratney. 2002. Identifying potential withinfield management zones from cotton-yield estimates. *Precis. Agric.* 3(1):9–23.

Bramley R.G.V., Lanyon D.M., Panten K., 2005. Whole-of-vineyard experimentation – An improved basis for knowledge generation and decision making. Proc VECPA-Eur Conf on Precision Agriculture. Uppsala, Sweden, June 8-11. pp. 883-890

Cao, Q., Y. Miao, H. Wang, S. Huang, S. Cheng, R. Khosla, and R. Jiang. 2013. Non-destructive estimation of rice plant nitrogen status with Crop Circle multispectral active canopy sensor. *Field Crops Res.* 154:133–144.

Capterra Inc. Capterra. Farm Management Software. Διαθέσιμο στις 06/07/2020 :www.capterra.com

CEMA. DigitalFarming: WhatDoesItReallyMean. Διαθέσιμο στις 15/04/2020. <http://www.cema-agri.org/publication/digital-farming-what-does-it-really-mean>.

Cho S. and Chandrakasan A., 2000. Energy-efficient protocols for low duty cycle wireless microsensor, Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, HI Vol. 2 (2000), p. 10

Chris Anderson, 2016. "Agricultural Drones Relatively cheap drones with advanced sensors and imaging capabilities are giving farmers new ways to increase yields and reduce crop damage.", MIT Technology Review, May/June, 2014. Retrieved December 21, 2016.

Christy, C. D. , 2008. Real-time measurement of soil attributes using on-the-go near infrared reflectance spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61, 10-19.

Christy, C. D. 2008. Real-time measurement of soil attributes using on-the-go near infrared reflectance spectroscopy. *Comp. Electron. Agric.* 61:10–19.

Clarke, T. R., M. S. Moran, E. M. Barnes, P. J. Pinter, and J. Qi. 2001. Planar domain indices: A method for measuring a quality of a single component in two-component pixels. In: *Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* [CD ROM], Sydney, New South Wales, Australia, July 9–13, 2001, pp. 1279–1281.

Cohen, Y., Alchanatis, V., Meron, M., Saranga, Y., Tsipris, J. , 2005. Estimation of leaf water potential by thermal imagery and spatial analysis. *Journal of Experimental Botany*, 56, 1843-1852.

Comput. Appl. 35 (5) (2012) 1508–1536.

Das, D. K., S. Pradhan, V. K. Sehgal, R. N. Sahoo, V. K. Gupta, and R. Singh. 2013. Spectral reflectance characteristics of healthy and yellow mosaic virus infected soybean (*Glycine max* L.) leaves in a semiarid environment. *J. Agrometeor.* 15:37–39.

Diacono, M., P. Rubino, and F. Montemurro. 2013. Precision nitrogen management of wheat: A review. *Agron. Sustain.Dev.* 33:219–241.

Díaz, S. E., Pérez, J. C., Mateos, A. C., Marinescu, M. C., & Guerra, B. B. 2011. A novel methodology for the monitoring of the agricultural production process based on wireless sensor networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76(2), 252–265.

Dwivedi A. , Robin Kumar R. K. , Singh Yadav R. and Kumar R ., 2017. PRECISION AGRICULTURE. Διαθέσιμο στις 07/04/2020 στην ιστοσελίδα : <https://www.researchgate.net/publication/322156374>

El-Kader, S. M. A., & El-Basioni, B. M. M. 2013. Precision farming solution in Egypt using the wireless sensor network technology. *Egyptian Informatics Journal*, 14(3), 221–233.

Elrahim A.G., Elsayed H. , Ramly S. El, Ibrahim M.M., 2010 An energy aware WSN geographic routing protocol, *Univers. J. Comput. Sci. Eng. Technol.* 1 (2) 105–111.

European Commission, 2012. Generational Renewal in EU Agriculture: Statistical Background; DG Agriculture & Rural Development: Economic analysis of EU agriculture unit: Brussels, Belgium, pp. 1–10.

Fountas, S.; Carli, G.; Sørensen, C.G.; Tsiropoulos, Z.; Cavalaris, C.; Vatsanidou, A.; Liakos, B.; Canavari, M.; Wiebensohn, J.; Tisserye, B. 2015. Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Comput. Electron. Agric.*, 115, 40–50.

Franke, J. and G. Menz. 2007. Multi-temporal wheat disease detection by multi-spectral remote sensing. *Precis. Agric.* 8:161–172.

Garcia-Sanchez, A. J., Garcia-Sanchez, F., & Garcia-Haro, J. (2011). Wireless sensor network deployment for integrating video-surveillance and data-monitoring in precision agriculture over distributed crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75(2), 288–303.

Georgieva, T., Paskova, N., Gaazi, B., Todorov, G., & Daskalov, P. 2016. Design of wireless sensor network for monitoring of soil quality parameters. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, 431–437.

Grand View Research, 2019. *Precision Farming Market Analysis. Estimates and Trend Analysis*; Grand View Research Inc.: San Francisco, CA, USA, 2019; pp. 1–59.

Gu, Q. H., Lu, C. W., Li, F. B., & Wan, C. Y. 2008. Monitoring dispatch information system of trucks and shovels in an open pit based on GIS/GPS/GPRS. *Journal of China University of Mining and Technology*, 18(2), 288–292.

Gungor, V. C., & Lambert, F. C. 2006. A survey on communication networks for electric system automation. *Computer Networks*, 50(7), 877–897.

Haboudane, D., Miller, J. R., Pattey, E., Zarco-Tejada, P. J., Strachan, I. B. ,2004. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: modeling and validation in the context of precision agriculture. *Remote Sensing of Environment*, 90, 337-352.

Hatfield, J. L., A. A. Gitelson, S. Schepers, and C. L. Walthall. 2008. Application of spectral remote sensing for agronomic decisions. *Agron. J.* 100:117–131.

Hedley, C. B. and I. J. Yule. 2009. Soil water status mapping and two variable-rate irrigation scenarios. *Precis. Agric.* 10:342–355

Heinzelman W.R., Chandrakasan A., Balakrishnan H., 2000. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks, in: Proc. 33rd Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci., vol. 1, no. c, 2000, p. 10.

Himesh, S., 2018. Digital revolution and Big Data: A new revolution in agriculture. *CAB Rev.* 2018, 13, 1–7.

Hoblos G., Staroswiecki M., Aitouche A., 2000. Optimal design of fault tolerant sensor networks, IEEE International Conference on Control Applications, Anchorage, AK, September 2000, pp. 467–472

Hoogenboom, G.; Porter, C.H.; Shelia, V.; Boote, K.J.; Singh, U.; White, J.W.; Hunt, L.A.; Ogoshi, R.; Lizaso, J.; Koo, J.; et al.2019. *Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7.5*; DSSAT Foundation: Gainesville, FL, USA.

Huang, W., D. W. Lamb, Z. Niu, L. Liu, and J. Wang. 2007. Identification of yellow rust in wheat by in situ and airborne spectrum data. *Precis. Agric.* 8(4–5):187–197.

Intanagonwiwat C., Govindan R., Estrin D., 2000. Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks, Proceedings of the ACM MobiCom'00, Boston, MA, 2000, pp. 56–67.

Kaiwartya, O., Abdullah, A. H., Cao, Y., Raw, R. S., Kumar, S., Lobiyal, D. K., et al. 2016. T-MQM: Testbed-based multi-metric quality measurement of sensor deployment for precision agriculture—A case study. *IEEE Sensors Journal*, 16(23), 8649–8664.

Kamilaris, A.; Kartakoullis, A.; Prenafeta-Boldú, F.X. A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Comput. Electron. Agric.* 2017, 143, 23–37

Kaspar, T.C, Colvin, T.S., Jaynes, B., Karlen, D.L., James, D.E, Meek, D.W., 2003. Relationship between six years of corn yields and terrain attributes. *Precision Agriculture*, 4, 87-101.

Ketshabetswe L. K., Zungeru A. M. , Mangwala M., Chuma J. M., Sigweni B. , 2019. Communication protocols for wireless sensor networks: A survey and comparison Department of Electrical, Computer and Telecommunication Engineering, Botswana International University of Science and Technology Heliyon 5 (2019) e01591.

Kim, Y. D., Yang, Y. M., Kang, W. S., & Kim, D. K. 2014. On the design of beacon based wireless sensor network for agricultural emergency monitoring systems. *Computer Standards & Interfaces*, 36(2), 288–299.

Kumar S.P., 2003. Sensor networks: evolution, opportunities, and challenges, *Proc. IEEE* 91 (8) (2003) 1247–1256.

Kunisch, M. Big Data in Agriculture—Perspectives for a Service Organization. *Landtechnik* 2016, 71, 1–3. [CrossRef]

Lamb, D. W., D. A. Schneider, and J. N. Stanley. 2014. Combination active optical and passive thermal infrared sensor for lowlevel airborne crop sensing. *Precis. Agric.* 15:523–531. doi: 10.1007/s11119-014-9350-0.

- Lee, W. S., & Ehsani, R. 2015. Sensing systems for precision agriculture in Florida. *Computers and Electronics in Agriculture*, 112, 2–9.
- Leroy, D., Detal, G., Cathalo, J., Manulis, M., Koeune, F., & Bonaventure, O. 2011. SWISH: Secure WiFi sharing. *Computer Networks*, 55(7), 1614–1630.
- Lopez-Granados, F. 2011. Weed detection for site-specific weed management: Mapping and real time approaches. *Weed Res.* 51:1–11.
- McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T., 2005. Future Directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, 6, 7-23.
- Meron, M., J. Tsipris, V. Orlov, V. Alchanatis, and Y. Cohen. 2010. Crop water stress mapping for site-specific irrigation by thermal imagery and artificial reference surfaces. *Precis. Agric.* 11:148–162.
- Mesas-Carrascosa, F. J., Santano, D. V., Meroño, J. E., de la Orden, M. S., & García-Ferrer, A. 2015. Open source hardware to monitor environmental parameters in precision agriculture. *Biosystems Engineering*, 137, 73–83. *networks. Journal of Cleaner Production*, 88, 297–307.
- Miao, Y., Mulla, D. J., Randall, G., Vetsch, J., Vintila, R., 2009. Combining chlorophyll meter readings and high spatial resolution remote sensing images for in-season site-specific nitrogen management of corn. *Precision Agriculture*, 10, 45-62
- Mirik, M., G. J. Michels, S. Kassymzhanova-Mirik, and N. C. Elliott. 2007. Reflectance characteristics of Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) stress and abundance in winter wheat. *Comp. Electron. Agric.* 57:123–134.
- Moran, M. S., C. D. Peters-Lidard, J. M. Watts, and S. McElroy. 2004. Estimating soil moisture at the watershed scale with satellite-based radar and land surface models. *Can. J. Remote Sens.* 30:805–826.
- Mueller, D. and R. Pope. 2009. *Corn Field Guide: A Reference for Identifying Diseases, Insect Pests and Disorders of Corn*. Iowa State University, University Extension, Ames, AI.
- Mulla, D.J., 2013. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, 114, 358-371..

Murugesan,R.;Sudarsanam,S.K.;Malathi,G.;Vijayakumar,V.;Neelananarayanan,V.;Venugopal,R.;Rekha,D.; Summit, S.; Rahul, B.; Atishi, M. 2019. Artificial Intelligence and Agriculture 5. 0. Int. J. Recent Technol. Eng. (IJRTE) , 8, 8.

Myklevy, M.; Doherty, P.; Makower, J., 2016. The New Grand Strategy; St. Martin's Press: New York, NY, USA, p. 271

Nath B. and Niculescu D., 2003 Routing on a curve, ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev. 33 (1) 155–160.

Nguy-Robertson, A., A. Gitelson, Y. Peng, A. Vina, T. Arkebauer, and D. Rundquist. 2012.Green leaf area index estimation in maize and soybean: Combining vegetation indices to achieve maximal sensitivity. *Agron. J.* 104:1336–1347.

Nierenberg, D. Agriculture Needs to Attract More Young People. Διαθέσιμο στις 7/05/2020: <http://www.gainhealth.org/knowledge-centre/worlds-farmers-age-new-blood-needed>

Nigon, T. J., D. J. Mulla, C. J. Rosen, Y. Cohen, V. Alchanatis, and R. Rud. 2014. Evaluation of the nitrogen sufficiency index for use with high resolution, broadband aerial imagery in a commercial potato field. *Precis. Agric.* 15:202–226.

PAT RESEARCH, 2019. Top 9 Farm Management Software—Compare Reviews, Features, Pricing in 2019. Διαθέσιμο::<https://www.predictiveanalyticstoday.com/top-farm-management-software/>

Pedersen, S.M.; Fountas, S.; Blackmore, B.S.; Gylling, M.; Pedersen, J.L., 2014 Adoption and perspectives of precision farming in Denmark. *Acta Agric. Scand. Sect. B* 54, 2 – 8

Perkins C., 2000. Ad Hoc Networks, Addison-Wesley, Reading, MA, 2000

Pimstein, A., A. Karnieli, S. K. Bansal, and D. J. Bonfil. 2011. Exploring remotely sensed technologies for monitoring wheat potassium and phosphorus using field spectroscopy.*Field Crops Res.* 121:125–135.

Pinter, P. J., Jr., Hatfield, J. L., Schepers, J. S., Barnes, E. M., Moran, M. S., Daughtry, C. S. T., 2003. Remote sensing for crop management. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69, 647-664.

Portz, G., Molin, J. P., & Jasper, J. (2012). Active crop sensor to detect variability of nitrogen supply and biomass on sugarcane fields. *Precision Agriculture*, 13(1), 33–44.

Prabhakar, M., Y. G. Prasad, M. Thirupathi, G. Sreedevi, B. Dharajothi, and B. Venkateswarlu. 2011. Use of ground based hyperspectral remote sensing for detection of stress in cotton caused by leafhopper (Hemipte

Rault T., Bouabdallah A., Challal Y., 2014. Energy efficiency in wireless sensor networks: a top-down survey, *Comput. Network*. 67 (2014) 104–122.

Reddy, N.; Reddy, A.; Kumar, J. 2016. A critical review on agricultural robots. *Int. J. Mech. Eng. Technol. (IJMET)*, 7, 6.

Reiser, D., Paraforos, D. S., Khan, M. T., Griepentrog, H. W., & Vázquez-Arellano, M. 2017. Autonomous field navigation, data acquisition and node location in wireless sensor networks. *Precision Agriculture*, 18(3), 279–292.

routing protocols for wireless sensor networks: a survey and comparison, *J. Netw.*

Rovira-Más, F. , 2020 VineScout European Project. Διαθέσιμο στις 12/06/2020 www.vinescout.eu

Rud, R., Y. Cohen, V. Alchanatis, A. Cohen, A. Levi, R. Brikman, C. Shenderey et al. 2014. Crop water stress index derived from multi-year ground and aerial thermal images as an indicator of potato water status. *Precis. Agric.* 15:273–289. doi: 10.1007/s11119-014-9351-z.

Rud, R., Y. Cohen, V. Alchanatis, A. Cohen, A. Levi, R. Brikman, C. Shenderey et al. 2014. Crop water stress index derived from multi-year ground and aerial thermal images as an indicator of potato water status. *Precis. Agric.* 15:273–289. doi: 10.1007/s11119-014-9351-z.

Ruland, S. 2019. AgGateway’s Agricultural Data Application Programming Toolkit (ADAPT). Resource,

Ruland, S., 2019. AgGateway’s Agricultural Data Application Programming Toolkit (ADAPT). Resource 2019, July/August 2019.

Sai, Z., Fan, Y., Yuliang, T., Lei, X., & Yifong, Z. (2016). Optimized algorithm of sensor node deployment for intelligent agricultural monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 76–86.

Saiz-Rubio V. and Rovira-Más F. , 2020. Review From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management. *Agronomy*, MDPI.

Samborski, S. M., N. Tremblay, and E. Fallon. 2009. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. *Agron. J.* 101:800–816.

Shamshiri, R.R.; Weltzien, C.; Hameed, I.A.; Yule, I.J.; Grift, T.E.; Balasundram, S.K.; Pitonakova, L.; Ahmad, D.; Chowdhary, G., 2018. Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming. *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, 11, 1–14

Shaver, T. M., R. Khosla, and D. G. Westfall. 2011. Evaluation of two crop canopy sensors for nitrogen variability determination in irrigated maize. *Precis. Agric.* 12:892–904.

Shen C., Srisathapornphat C., Jaikaeo C., 2001. Sensor information networking architecture and applications, *IEEE Personal Communications*, August 2001, pp. 52–59

Shih E., Cho S., Ickes N., Min R., Sinha A., Wang A., Chandrakasan A. , 2001. Physical layer driven protocol and algorithm design for energy-efficient wireless sensor networks, *Proceedings of ACM MobiCom'01*, Rome, Italy, July 2001, pp. 272–286.

Smiljkovikj, K., & Gavrilovska, L. 2014. SmartWine: Intelligent end-to-end cloud-based monitoring system. *Wireless Personal Communications*, 78(3), 1777–1788.

Sonka, S. 2014. Big Data and the Ag Sector: More than Lots of Numbers. *Int. Food Agribus. Manag. Rev.*, 17, 1–20.

Srbinovska, M., Gavrovski, C., Dimcev, V., Krkoleva, A., & Borozan, V. 2015. Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor

Sripada, R. P., J. P. Schmidt, A. E. Dellinger, and D. B. Beegle. 2008. Evaluating Multiple indices from a canopy reflectance sensor to estimate corn N requirements. *Agron. J.* 100:1553–1561.

Tan Lam, P., Le Quang, T., Le Nguyen, N., & Dat Nguyen, S. 2018. Wireless sensing modules for rural monitoring and precision agriculture applications. *Journal of Information and Telecommunication*, 2(1), 107–123.

Taylor J.A., Mcbratney A.B., Whelan B.M., 2007. Establishing management classes for broadacre agricultural production. *Agron J* 99(5), 1366-1376.

Thakur D. , Kumar Y., Kumar A., Kumar Singh P., 2019. Applicability of Wireless Sensor Networks in Precision Agriculture: A Review. Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2019. *Wireless Personal Communications* <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06285-2>

Thorp, K. R., Tian, L. F. , 2004. A review on remote sensing of weeds in agriculture. *Precision Agriculture*, 5, 477508.

Tilling, S. K., O’Leary, G. J., Ferwerda, J. G., Jones, S. D., Fitzgerald, G. J., Rodriguez, D., et al. , 2007. Remote sensing of nitrogen and water stress in wheat. *Field Crops Research*, 104, 77-85.

Tremblay, N., Z. Wang, and Z. G. Cerovic. 2012. Sensing crop nitrogen status with fluorescence indicators. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 32:451–464.

Tzounis, A.; Katsoulas, N.; Bartzanas, T.; Kittas, 2017. C. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosyst. Eng.* 2017, 164, 31–48

Verified Market Intelligence. *Global Agriculture Robots. Market Size, Status and Forecast to 2025*; Verified Market Intelligence Inc.: Boonton, NJ, USA, 2018; pp. 1–79

Versichele, M., Neutens, T., Delafontaine, M., & Van de Weghe, N. 2012. The use of Bluetooth for analysing spatiotemporal dynamics of human movement at mass events: A case study of the Ghent Festivities. *Applied Geography*, 32(2), 208–220.

West, J. S., C. Bravo, R. Oberti, D. Lemaire, D. Moshou, and H. A. McCartney. 2003. The potential of optical canopy measurementfor targeted control of field crop disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 41:593–614.

Whelan, B.M., McBratney, A.B., 2003. Definition and Interpretation of potential management zones in Australia, In: Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference, Geelong, Victoria, Feb. 2-6 2003.

Wilbur, M.; Ellsworth, J.; Oommen, T.; Mohapatra, A.; Thayer, D. 2017. Systems and Methods for Cloud-Based Agricultural Data Processing and Management. U.S. Patent US9667710B2, 30 May 2017.

Wireless sensor networks: a survey

Yick, J., Mukherjee, B., & Ghosal, D., 2008. Wireless sensor network survey. *Computer Networks*, 52(12), 2292–2330.

Yuan, L., Y. Huang, R. W. Loraamm, C. Nie, J. Wang, and J. Zhang. 2014. Spectral analysis of winter wheat leaves for detection and differentiation of diseases and insects. *Field Crops Res.* 156:199–207.

Zambon, I.; Cecchini, M.; Egidi, G.; Saporito, M.G.; Colantoni, A., 2019. Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. *Processes* 2019, 7, 36

Zarco-Tejada, P., Berjon, A., Lopez-Lozano, R., Miller, J., Martín, P., Cachorro, V., et al., 2005. Assessing vineyard condition with hyperspectral indices: leaf and canopy reflectance simulation in a row-structured discontinuous canopy. *Remote Sensing of Environment*, 99, 271-287

Zhang, J., Li, W., Han, N., & Kan, J. 2008. Forest fire detection system based on a ZigBee wireless sensor network. *Frontiers of Forestry in China*, 3(3), 369–374.

Zhang, N. and Taylor, R.K. 2001 Applications of a Field-Level Geographic Information System (FIS) in Precision Agriculture. *Appl. Eng. Agric.*, 17, 885–892.

Zhang, R., Ren, Z., Sun, J., Tang, W., Ning, D., & Qian, Y. 2017. Method for monitoring the cotton plant vigor based on the WSN technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 133, 68–79.

Zhang, Y., 2019. The Role of Precision Agriculture. *Resource* 2019, 19, 9.

Zhu, B., Han, W., Wang, Y., Wang, N., Chen, Y., & Guo, C. 2014. Development and evaluation of a wireless sensor network monitoring system in various agricultural

environments. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 48(3), 170–183.

Zungeru A.M., Ang L.-M., Seng K.P., 2013. Classical and swarm intelligence based

Ηλιάδης Κ. 2006. Η έρευνα στα κτηνοτροφικά φυτά & όσπρια στην Ελλάδα. ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών, Λάρισα.

Παπακώστα – Τασοπούλου Δ., 2005. Ψυχανθή (Καρποδοτικά–Χορτοδοτικά), Ειδική Γεωργία Ι, Τεύχος Β. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.