

Εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στην σπορά και στην ανάπτυξη των φυτών



Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας

Άρτεμις Γαλάνη

Αμαλιάδα 2021

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Α. Λιόπα-Τσακαλίδη

Αντί προλόγου

Η παρούσα πτυχιακή εκπονήθηκε στο εργαστήριο Βοτανικής και Ζιζανιολογίας του Τμήματος Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστήμιου Πατρών.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα της πτυχιακής μου εργασίας και Πρόεδρο του Τμήματος Δρ. Α. Λιόπα –Τσακαλίδη για την αδιάκοπη επιστημονική καθοδήγηση, την πολύπλευρη βοήθεια, τις πολύτιμες συμβουλές, και το ειλικρινές ενδιαφέρον της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Δητώ Ροδίτη.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις βαθύτατες ευχαριστίες στην οικογένεια μου για τη στήριξη και τη δύναμη που μου πρόσφεραν ώστε να εκπληρώσω τους στόχους μου.

Περιεχόμενα

Αντί προλόγου	2
Περίληψη	5
Σκοπός της εργασίας.....	6
Εισαγωγή	7
Κεφάλαιο 1	9
1 Ευφυής Γεωργία.....	9
1.1 Ορισμός.....	9
1.2 Γεωργία Ακρίβειας.....	11
1.3 Ιστορική αναδρομή νέων τεχνολογιών	13
Κεφάλαιο 2	15
2 Νέες τεχνολογίες Ευφυούς Γεωργίας στη σπορά και στην ανάπτυξη των φυτών.	15
2.1 Τεχνολογίες Γεωργίας Ακρίβειας	15
2.1.1 Αισθητήρες.....	18
2.1.2 Συστήματα GPS / GIS	19
2.1.3 Αυτοματισμός / Ρομπότ.....	20
2.1.4 Τεχνολογία των Drones	21
2.1.5 Τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού (Variable Rate Technology (VRT))	23
2.2 Παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (Global Positioning System-GPS).	24
2.3 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geography Information System-GIS).	25
2.4 Τηλεπισκόπηση	27
2.5 Τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης (Variable Rate Application, VRA).	29
2.6 Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support Systems, DSS) ...	31
Κεφάλαιο 3	32
3 Μικροελεγκτές Ευφυούς Γεωργίας.....	32
3.2 Αισθητήρες θερμοκρασίας	33
3.3 Αισθητήρες υγρασίας.....	34
3.4 Αισθητήρες ένταση φωτός.....	35
3.5 Αισθητήρες pH.....	36
3.6 Αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα.....	37
3.7 Αισθητήρες φλόγας.....	38
Κεφάλαιο 4	40

4	Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things, IoT στην Ευφυή Γεωργία.	40
4.1	Πλεονεκτήματα χρήσης τεχνολογιών IoT	41
4.2	Χαρακτηριστικά του Διαδικτύου των Πραγμάτων.....	42
	Κεφάλαιο 5	44
5	Εφαρμογές νέων τεχνολογιών στην σπορά σε Ευρωπαϊκές χώρες.....	44
5.1	Ελλάδα	44
5.2	Γερμανία	47
5.3	Δανία	47
5.4	Ιταλία.....	50
	Συμπεράσματα	54
	Βιβλιογραφία	55

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την εισαγωγή στους τομείς της Ευφυούς Γεωργίας και της Γεωργίας Ακριβείας, αλλά και την ιστορική αναδρομή των τεχνολογιών που προσφέρουν. Το δεύτερο κεφάλαιο αναλύει τις νέες τεχνολογίες και τα συστήματα που χρησιμοποιεί η Ευφυής Γεωργία και η Γεωργία Ακριβείας, από το στάδιο της σποράς μέχρι και την συγκομιδή. Το τρίτο κεφάλαιο στηρίζεται στους μικροελεγκτές που φέρουν ευθύνη για την λειτουργικότητα των συσκευών που τοποθετούνται και σε συγκεκριμένους αισθητήρες που χρησιμοποιεί η Ευφυή Γεωργία. Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, όπου βοηθά στην πραγματοποίηση των εφαρμογών όλων των νέων τεχνολογιών με την ένταξη του φυσικού κόσμου, σε ηλεκτρονικά συστήματα. Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται μελέτες που σχετίζονται με τις εφαρμογές των νέων τεχνολογιών στο στάδιο της σποράς σε συγκεκριμένες Ευρωπαϊκές Χώρες.

Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθεί η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στην σπορά και στην ανάπτυξη των φυτών. Καταρχήν έγινε διαχωρισμός των ορισμών της Ευφυής Γεωργίας και Γεωργία Ακριβείας, και έπειτα αναλύονται οι νέες τεχνολογίες που συμπεριλαμβάνονται σε αυτούς τους τομείς. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ο εκσυγχρονισμός και η επανάσταση που δόθηκε από την Ευφυή Γεωργία στον γεωργικό τομέα. Στο τέλος, αναφέρονται μελέτες σχετικά με την εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στο στάδιο της σποράς.

Εισαγωγή

Για πολλούς ιστορικούς, επιστήμονες και ειδικούς στη γεωργία, ο όρος «Πράσινη Επανάσταση» αναφέρεται στην αμφιλεγόμενη σειρά προγραμμάτων και πολιτικών που εισήγαγαν σπόρους υψηλής απόδοσης, τεχνικές εντατικής άρδευσης, ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα, μηχανοποίηση και πετροχημικά λιπάσματα σε μέρη του αναπτυσσόμενο κόσμο κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960 και του 1970. Η ευρωπαϊκή γεωργία το 1870 χαρακτηρίστηκε από μεγάλες διαφορές στην παραγωγή ανά εκτάριο και ανά κεφαλή του αγροτικού πληθυσμού. Αυτές οι διαφορές προκύπτουν από διαφορετικούς παράγοντες και από διαφορετικά επίπεδα της γεωργικής παραγωγικότητας, τα οποία σχετίζονται με το επίπεδο ανάπτυξης ολόκληρης της οικονομίας. Ο όρος «Πράσινη Επανάσταση» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1968 από τον τότε διευθυντή USAID William Gaud. Η Πράσινη Επανάσταση αντιπροσώπευε ένα κρίσιμο βήμα προς τη σύγχρονη γεωργία και την ανάπτυξη ποικιλιών σιτηρών υψηλής απόδοσης. Η Πράσινη Επανάσταση ήταν μια διαδικασία συνεχούς επιτάχυνσης της τεχνολογικής εξέλιξης πάνω στην καλλιέργεια των δημητριακών, ξεκινώντας από την Ιαπωνία στα τέλη του 19ου αιώνα. Η πράσινη επανάσταση πρωτοεμφανίστηκε το 1960, ως αποτέλεσμα γενετικών υλικών και ερευνών, με στόχο την αξιοποίηση νέων μεθόδων και πρακτικών και τη δημιουργία διαφόρων ποικιλιών φυτικών ειδών, τα οποία θα παρουσιάζουν μεγάλη απόδοση ανά στρέμμα. Η *Πρώτη Πράσινη Επανάσταση* (αύξηση της παραγωγικότητας ανά μονάδα γης) ήρθε μέσω μιας σειράς παραγόντων: ποικιλίες υψηλής απόδοσης, ποικιλίες ταχείας ανάπτυξης, άρδευση, συμπληρωματική άρδευση, εντατικοποίηση καλλιεργειών και διαχείριση αγροκτημάτων (π.χ. εφαρμογή θρεπτικών ουσιών, ζιζανιοκτόνων, φυτοφαρμάκων και αποστράγγιση). Η *Δεύτερη Πράσινη Επανάσταση* είναι μια αλλαγή στη γεωργική παραγωγή που θεωρείται ευρέως απαραίτητη για τη διατροφή και τη διατήρηση του αυξανόμενου πληθυσμού στη Γη. Η Δεύτερη Πράσινη Επανάσταση του 1967 αφορούσε την ανάπτυξη ποικιλιών που θα έδιναν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόδοση ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Στη δεύτερη πράσινη επανάσταση δημιουργηθήκαν νέες ποικιλίες, οι οποίες διακρίνονταν για τον μεγάλο βαθμό προσαρμοστικότητας και τη δυνατότητα ανάπτυξης σε διαφορετικά κλίματα. Η Δεύτερη Πράσινη Επανάσταση είναι η Βιώσιμη κερδοφορία του αγροκτήματος αγκαλιάζοντας ολόκληρη την αγροοικονομία από τον αγρότη έως τον καταναλωτή. Η *Τρίτη Πράσινη Επανάσταση* επικεντρώνεται στις σύγχρονες Τεχνολογίες Πληροφορίας και

Επικοινωνιών(ICT) στην γεωργία μετά την αναπαραγωγή των φυτών και τη γενετική επανάσταση.

Η Ευφυής Γεωργία (Smart Farming) είναι η τρίτη πράσινη επανάσταση είναι η έννοια της συμμετοχής των σύγχρονων τεχνολογιών, συστημάτων και συσκευών στη γεωργία. Είναι η συνεργασία πολλών ορολογιών όπως το Διαδίκτυο πραγμάτων, κάμερες, αισθητήρες, μεγάλα δεδομένα, GPS, μη επανδρωμένες συσκευές οχημάτων όπως drone κ.λπ. για τη βελτίωση της ποιότητας και της παραγωγικότητας της καλλιέργειας. Οι έξυπνες συσκευές όπως οι κάμερες και οι αισθητήρες τοποθετούνται στα πεδία για τη συλλογή των πληροφοριών. Αυτές οι πληροφορίες μεταδίδονται στο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων με τη βοήθεια του Διαδικτύου. Αυτές οι συγκεντρωμένες πληροφορίες στη συνέχεια αναλύονται για τη λήψη της απόφασης στη διαχείριση και τις λειτουργίες για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της ποιότητας της καλλιέργειας. Ευφυής Γεωργία (Smart Farming) περιλαμβάνει κυρίως εξοπλισμό ακριβείας, ενεργοποιητές IoT, GPS, Big Data, Artificial Intelligence, Machine Learning, Unmanned Aerial Vehicles (Drones), Robotics κ.λπ. βέλτιστες αποφάσεις. Τα συστήματα γεωργικής διαχείρισης μπορούν να χειρίζονται τα δεδομένα της εκμετάλλευσης με τέτοιο τρόπο ώστε το αποτέλεσμα να μπορεί να είναι διαφορετικό για κάθε εκμετάλλευση.

Ο τομέας της αγροτικής παραγωγής, με την συνεχή αυξανόμενη ζήτηση τροφίμων, την μαζική αστικοποίηση και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, χρειάζεται τα κατάλληλα τεχνολογικά μέσα, ώστε να μπορέσει να ανταπεξέλθει απέναντι στις απροσδόκητες απαιτήσεις των γεωργικών επιχειρήσεων. Συγκεκριμένα, είναι μεγάλη η ανάγκη στην μεγιστοποίηση της απόδοσης, αλλά και στην διασφάλιση καλύτερης ποιότητας των προϊόντων. Η λύση για την ανάγκη εκσυγχρονισμού στην αγροτική παραγωγή δόθηκε με την *Τρίτη Πράσινη Επανάσταση*. Η επαναστατική κίνηση πραγματοποιήθηκε, με την ενσωμάτωση συστημάτων στην γεωργία, που αξιοποιούν τις νέες Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), με σκοπό την λήψη αποφάσεων διαχείρισης των καλλιεργειών. Η Ευφυής Γεωργία, σε συνδυασμό με την Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture, PA), αντιπροσωπεύουν τους κλάδους που παρέδωσαν στους αγρότες τα εργαλεία για την αποτελεσματικότερη διαχείριση όλων των τομέων που απαρτίζουν μια παραγωγή.

Η Ευφυής Γεωργία και τεχνολογικά συστήματα της Γεωργίας Ακριβείας, δίνει την δυνατότητα της συνεχούς παρακολούθησης των καλλιεργειών, από το στάδιο της σποράς μέχρι την συγκομιδή.

Κεφάλαιο 1

1 Ευφυής Γεωργία

1.1 Ορισμός

Η Ευφυής Γεωργία εκπροσωπεί την εφαρμογή των νέων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στην γεωργία, δεδομένο που χαρακτηρίζεται ως την τρίτη Πράσινη Επανάσταση (SmartAKIS, 2019). Οι προηγούμενες επιτυχημένες επαναστατικές κινήσεις είναι η διαδικασία αναπαραγωγής των φυτών και της γενετικής. Η Τρίτη Πράσινη Επανάσταση ξεκινά με την ενσωμάτωση στον αγροτικό τομέα, την συνδυασμένη εφαρμογή των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), όπως ο τεχνολογικός εξοπλισμός της γεωργίας ακριβείας, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT), τα Μεγάλα Δεδομένα (Big Data), τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη, τη ρομποτική, οι αισθητήρες και ενεργοποιητές και τα συστήματα γεω-εντοπισμού.



Ευφυής Γεωργία

Γεωργία Ακριβείας: Ορίζει τον χειρισμό της χωρικής και χρονικής μεταβολής για τη ανάπτυξη της οικονομικής απόδοσης σε συνδυασμό με τη ελάττωση των εισροών και των επιβαρύνσεων προς το περιβάλλον. Αποτελείται από Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems – DSS) με στόχο την αύξηση των τιμών αποδόσεων με ταυτόχρονη εξασφάλιση των υπάρχοντων πόρων. Τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων διακρίνονται από την γενική χρήση των συστημάτων γεω-εντοπισμού (GPS, GNSS) και αεροφωτογραφιών από drones που προσφέρουν τους χάρτες χωρικής παραλλακτικότητας ποικίλων μεταβλητών που μπορούν να υπολογιστούν, όπως για παράδειγμα η καλλιεργητική απόδοση, τα εδαφικά

χαρακτηριστικά, η περιεκτικότητα οργανικής ύλης, τα επίπεδα υγρασίας και τα επίπεδα αζώτου.

- Πληροφοριακά συστήματα ελέγχου : Τα συστήματα προγραμματισμού για την αυτοματοποιημένη συλλογή, επεξεργασία, αποθήκευση και διαβίβαση των ληφθέντων δεδομένων σε μηχανισμούς αυτοματισμών με σκοπό την πραγματοποίηση των εργασιών.
- Γεωργικοί αυτοματισμοί και ρομποτική: Η πρακτική μέθοδος της ρομποτικής, του αυτόματου ελέγχου και των τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης σε όλα τα τμήματα του γεωργικού τομέα συμπεριλαμβανομένων των farmbot και farmdrone.

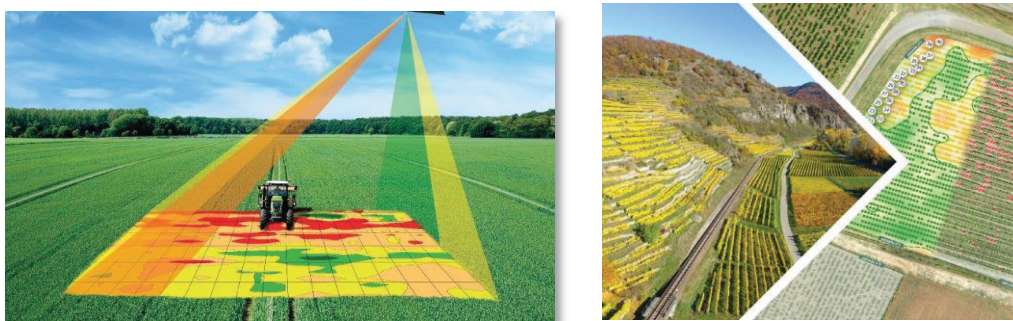
Ο Aubert et al, 2012 στο άρθρο του *IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. Decision support systems*, ανέφερε πως η ευφυής γεωργία χρησιμοποιεί τις τεχνολογίες της γεωργίας ακριβείας, προσφέροντας στους αγρότες την δυνατότητα αντίληψης των χωρικών και χρονικών διακυμάνσεων στους παραγωγικούς πόρους που υπάρχει ενδιαφέρον, και με αυτό τον τρόπο, να αφομοιώσουν τις κατάλληλες πρακτικές με τη μέγιστη ακρίβεια. Ειδικότερα, η συγκεκριμένη τεχνολογία αποτελεί ένα σύγχρονο πρότυπο στις γεωργικές εφαρμογές, διότι επιτρέπει την εμφάνιση του αγρού ως μιας ξεχωριστή και ταυτόχρονα σφαιρική οντότητα, προσφέροντας τη ικανότητα προσαρμογής των αντίστοιχων καλλιεργητικών διεργασιών. Με δεδομένο αυτό, μεγιστοποιείτε η αποδοτικότητα και παραγωγικότητα, ενισχύοντας ταυτόχρονα στη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος. Επίσης, ο Wolfert et al, 2017 στο άρθρο του *Big data in smart farming—a review. Agricultural systems* ανέφερε ότι μπορεί να αποδειχθεί, πως η τεχνολογία της Ευφυούς γεωργίας είναι περαιτέρω διευρυμένη, διότι περιέχει το σύνολο των διαθέσιμων ΤΠΕ και στοχεύει στην παρακολούθηση των διακυμάνσεων σε μια καλλιέργεια αλλά και στη ολοκληρωμένη διαχείρισή της.

Οι πρακτικές της Ευφυούς Γεωργίας, εκτός από το να στοχεύουν σε μεγάλες εκτάσεις, μπορούν να βοηθήσουν στην ενίσχυση των μικρότερων σε μέγεθος εκτάσεων και επιχειρηματικών μονάδων, όπως η οικογενειακή χρήση της γεωργίας (μικρότερες εκμεταλλεύσεις του αγρού ή μικρότερα κτηνοτροφικά συγκροτήματα) και η βιολογική χρήση της. Επιπλέον, η συσχέτιση με την ωφελιμότητα της προς το περιβάλλον, ως παράδειγμα την ορθότερη χρήση του αρδευτικού νερού ή της βελτιστοποίησης των γεωργικών εφαρμογών. Συμπερασματικά, στηρίζεται ο αγροτικός τομέας, διότι προσφέρει στον καταναλωτή και στο εμπόριο, περίσσεια ποιοτικής αξίας προϊόντα, με

φιλικές τιμές εμπορίου, τα οποία έχουν προέλθει από καλλιέργειες με σεβασμό προς το περιβάλλον.

1.2 Γεωργία Ακριβείας

Με τον όρο Γεωργία Ακριβείας ορίζουμε τη διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας των αγρών, προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των αγροκτημάτων και/ή να επιτευχθεί μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την μη ορθολογική χρήση των εισροών. Η Γεωργία Ακριβείας είναι ένα σύστημα διαχείρισης αγροκτημάτων το οποίο χρησιμοποιώντας την πληροφορική και τα ηλεκτρονικά εφαρμοσμένα στη γεωργία, βοηθά τον γεωργό στη λήψη αποφάσεων για την καλύτερη διαχείριση του αγροκτήματος. Η Γεωργία Ακριβείας είναι ένα ολοκληρωμένο, γεωργικό σύστημα πληροφοριών και παραγωγής, που έχει σχεδιαστεί για να αυξάνεται μακροπρόθεσμα, η ακρίβεια στην τοποθεσία και της συνολικής αποδοτικότητας παραγωγής του αγροκτήματος, της παραγωγικότητας και της κερδοφορίας, αποφεύγοντας παράλληλα ανεπιθύμητες ενέργειες της υπερβολικής χημικής φόρτισης στο περιβάλλον ή απώλεια παραγωγικότητας λόγω ανεπαρκούς εφαρμογή εισαγωγής. Συμπερασματικά, η Auernhammer, 2001 στο άρθρο της *Precision farming—the environmental challenge. Computers and electronics in agriculture* επισήμανε ότι, η ορθότερη απόφαση θα παρέχει ένα ευρύ φάσμα οφελών στις οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές πτυχές που μπορούν ή μπορεί να μην είναι γνωστό ή μετρήσιμο επί του παρόντος. Ο Schellberg et al., 2008 στο άρθρο του *Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives, and constraints*. ανέφερε ότι έχουν αυξηθεί παγκοσμίως, οι επενδύσεις σε έρευνες και στην τεχνολογική ανάπτυξη της Γεωργία Ακριβείας κατά την τελευταία δεκαετία.



Γεωργία Ακριβείας

Η σημασία της Γεωργία Ακριβείας έχει αναγνωριστεί ευρέως ως βασικός παράγοντας στην τεχνολογία της φυτικής παραγωγής σε όλο τον κόσμο, αλλά μέχρι στιγμής, αυτή η

τεχνολογία έχει καταστεί εφαρμόσιμη μόνο σε μεγάλες εκμεταλλεύσεις. Η Γεωργία Ακριβείας βασίζεται σε καινοτόμα συστήματα στα οποία η προσέγγιση τους εξαρτάται από τον συνδυασμό θεμελιωδών τεχνολογιών, όπως το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), Παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS), μοντελοποίηση υπολογιστών (computer modeling), επίγεια βασισμένη/αερομεταφερόμενη/δορυφορική μακρινή ανίχνευση, τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού και προχωρημένη επεξεργασία πληροφοριών για έγκαιρη περίοδο και σεζόν μεταξύ διαχείρισης καλλιεργειών.

Ο Venkataratnam, 2001 στο άρθρο του *Remote sensing and GIS in agricultural resources management. In Proceedings of the First National Conference on Agri-Informatics (NCAI)* αναφέρθηκε στην βάση δεδομένων της Γεωργίας ακριβείας που περιλαμβάνει γενικά:

- Πληροφορίες για τις καλλιέργειες, όπως στάδιο ανάπτυξης, υγεία, απαίτηση θρεπτικών ουσιών.
 - Φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, βάθος, υφή, θρεπτική κατάσταση, αλατότητα και τοξικότητα, εδαφική θερμοκρασία, δυναμικό παραγωγικότητας.
 - Μικροκλιματικά δεδομένα (εποχιακά και καθημερινά), όπως θερμοκρασία θόλου, κατεύθυνση και ταχύτητα ανέμου και υγρασία.
 - Συνθήκες αποστράγγισης επιφάνειας και υποπεριοχής.
 - Αρδευτικές εγκαταστάσεις, διαθεσιμότητα νερού και σχεδιασμός άλλων εισροών.
- Εκτός από την αυξημένη κερδοφορία, ως αποτέλεσμα καλύτερων πρακτικών διαχείρισης και ανάπτυξη συστημάτων πληροφοριών για τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις, η Γεωργία Ακριβείας μπορεί να φέρει πρόσθετα οφέλη όπως:

- Αυξημένη ποιότητα καλλιεργειών
- βελτίωση της βιωσιμότητας
- Χαμηλότερος κίνδυνος διαχείρισης (Lowenberg-Deboer και Aghib, 2001).
- Ασφάλεια των τροφίμων που σχετίζεται με την ιχνηλασιμότητα του προϊόντος
- Προστασία του περιβάλλοντος
- Αγροτική ανάπτυξη μέσω νέων μεταβιβάσιμων δεξιοτήτων σε άλλες δραστηριότητες.

Ο Blackmore et al., 1994 στο άρθρο του *Precision farming: an introduction. Outlook on agriculture* τόνισε, πως εάν δοθεί έμφαση στην τεχνολογία ή την πτυχή της τεχνολογίας των πληροφοριών της Γεωργίας Ακριβείας πρέπει να σημειωθεί ότι η βασική έννοια της, μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικά επίπεδα τεχνολογίας. Η χωρική μεταβλητότητα,

φυσική ή ανθρωπογενή, υπάρχει στα περισσότερα πεδία, ανεξάρτητα από το μέγεθος, και η φυτική παραγωγή μπορεί να επωφεληθεί από τη βελτίωση των βασικών πληροφοριών και του SSM (Ειδική Διαχείριση Ιστότοπου).

1.3 Ιστορική αναδρομή νέων τεχνολογιών

Η πρωταρχική εμφάνιση της Ευφυούς Γεωργίας στον γεωργικό τομέα, έχει χρονολογηθεί από το 1929, από τους Linsley & Bauer, με την κατασκευή του αρχικού χάρτη για την παρατήρηση της μεταβολικής δραστηριότητας του εδαφικού pH. Με δεδομένο ότι οι ερευνητικές δράσεις πραγματοποιήθηκαν για πρώτη φορά το 1980, με την κατασκευή του πρώτου μετρητή απόδοσης καλλιέργειας σε θεριζοαλωνιστική μηχανή, την εμφάνιση αισθητήρων εδάφους, την κατασκευή συστημάτων εντοπισμού θέσης Global Positioning System (GPS) (1984) και των τεχνολογιών του συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών (GIS), αλλά κυρίως εδραιώθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1990, με χαρτογράφηση της παραγωγής των σιτηρών. Στην διαδικασία των εφαρμογών, στο στάδιο της συγκομιδής, μετρούνται η ροή και η υγρασία στα φυτά και συνταιριάζονται με την καταμέτρηση της ταχύτητας εργασίας και τη γεωγραφική τοποθεσία της μηχανής, σε αντίθεση με τον υπολογισμό του πλάτους εργασίας που καθορίζεται από τον ίδιο τον χειριστή ή από άτομο που ήταν πάνω στη γεωργική μηχανή. Τα συγκεκριμένα δεδομένα προσφέρουν τη βάση για την παραγωγή χαρτών, για την παρακολούθηση της χωρικής κατανομής της παραγωγής, με χρήση λογισμικού γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (GIS).



Το 1990 μέχρι και σήμερα εξακολουθείτε να βρίσκεται σε έρευνα η παραγωγή αισθητήρων μέτρησης διαφόρων καλλιεργειών. Το αρχικό ξεκίνημα των εφαρμογών δόθηκε από τις ΗΠΑ και τη Βρετανία, ενώ έπειτα έγιναν βήματα από άλλες χώρες, όπως

τη Βόρεια και Νότια Αμερική, την Ευρώπη και την Αυστραλία. Ειδικότερα, είχαν χρησιμοποιηθεί στα μέσα του 1990 τα συστήματα ανίχνευσης του εδάφους τα οποία στόχευαν στη μέτρηση περιεκτικότητας χλωροφύλλης. Επιπλέον, ως το 2002 είχαν πραγματοποιηθεί υπολογισμοί της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, λήψεις δορυφορικών φωτογραφιών, ενώ επιτεύχθηκε και η πρώτη δυνατότητα ανίχνευσης ζιζανίων σε καλλιέργειες. Τα πρώτα ευρωπαϊκά και ασιατικά συνέδρια με θέμα την ευφυή γεωργία, διοργανώθηκαν το 1997 και το 2005, όπου θεωρούνται από τα πιο σημαντικά παγκοσμίως. Τέλος, το 2015 εισάχθηκαν τα πρώτα ρομποτικά συστήματα για τις καλλιέργειες που χαρακτηρίζονται υψηλής κηπουρικής αξίας.

Κεφάλαιο 2

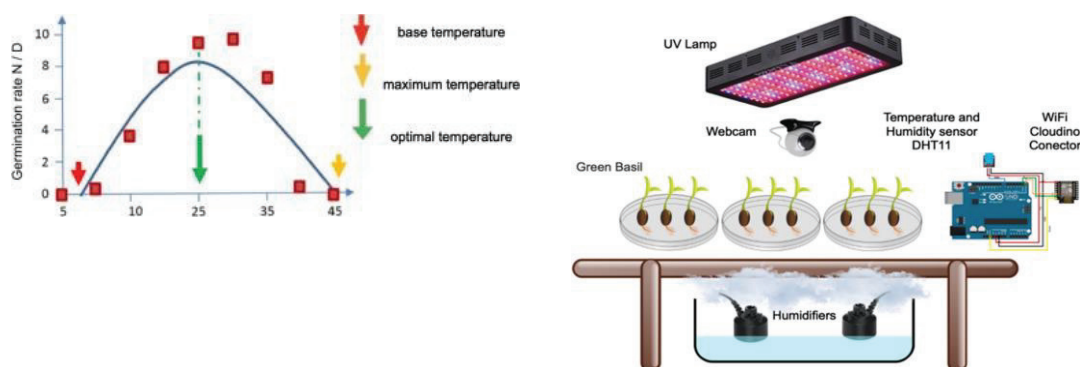
2 Νέες τεχνολογίες Ευφυούς Γεωργίας στη σπορά και στην ανάπτυξη των φυτών.

2.1 Τεχνολογίες Γεωργίας Ακρίβειας

Η γεωργία ακριβείας αξιοποιεί την τεχνολογία πληροφοριών και ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών όπως καθοδήγηση GPS, συστήματα ελέγχου, αισθητήρες, ρομποτική, drones, αυτόνομα οχήματα, τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού, δειγματοληψία εδάφους με βάση το GPS, αυτοματοποιημένο υλικό, δορυφόρους και αναγνώριση εικόνας.

Οι J. Diego Franco et al. (2020) στο άρθρο τους *Παρακολούθηση της ανάπτυξης σπόρων Βασιλικού (Ocimum basilicum)* αναλύουν ένα σύστημα παρακολούθησης σπόρων σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας την επεξεργασία εικόνων σε συνδυασμό με εξειδικευμένες τεχνικές. Ο κύριος στόχος της χρήσης Τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) είναι να βελτιωθεί η παραγωγικότητα, η ποιότητα σπόρων και να ελαττωθεί η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

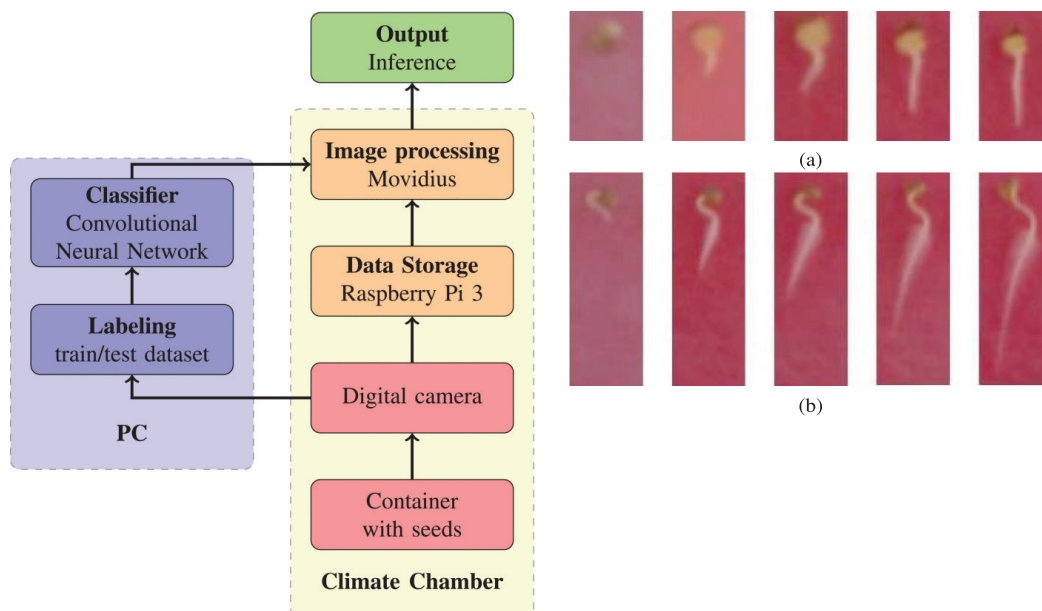
Στο πείραμα τους οι J. Diego Franco et al, μέσα σε θάλαμο τοποθέτησαν αισθητήρες και ενεργοποιητές που επιτρέπουν την συνεχή παρακολούθηση της βλάστησης. Η παρακολούθηση των σπόρων στοχεύει στην παρατήρηση των παραμέτρων της θερμοκρασίας και της υγρασίας που απαιτούνται για την βέλτιστη ανάπτυξη των σπόρων, όπως για παράδειγμα την αύξηση ποσοστού βλάστησης. Έγινε χρήση ηλεκτρονικών συσκευών για την εφαρμογή ελέγχου και παρακολούθησης των κλιματικών μεταβλητών εντός του θαλάμου βλάστησης.



Περιγραφή των συστατικών που ενσωματώνονται στη διαδικασία πειραματισμού του θαλάμου βλάστησης των σπόρων.

Συγκεκριμένα, εγκατέστησαν λάμπα UV για την μίμηση των ακτινών του ήλιου και οι εικόνες αποκτήθηκαν χάρη σε μια σταθερή κάμερα με ανάλυση 1920×1080 . Τέλος, οι πλατφόρμες IoT που χρησιμοποιήσαν ονομάζονται Cloudino και Arduino και λειτουργούν ως ένα άλλο εργαλείο για την παρακολούθηση των μεταβλητών τιμών και της αποστολής των συγκεντρωμένων πληροφοριών/δεδομένων στο νέφος (cloud) της πλατφόρμας FIWARE.

Οι Shadrin, D. et al. (2019) στο άρθρο τους *Σχεδιασμός μελλοντικής γεωργίας ακριβείας: Ανίχνευση βλάστησης σπόρων με χρήση τεχνητής νοημοσύνης σε ενσωματωμένο σύστημα χαμηλής ισχύος*, προτείνουν ένα σύστημα ανίχνευσης, χαμηλής ισχύος, με ενσωματωμένη τεχνητή νοημοσύνη, δίνοντας έμφαση στην εφαρμογή σε γεωργικές καλλιέργειες. Με οδηγό την εξέλιξη της γεωργίας σχεδίασαν ένα Περίπλοκο Νευρωνικό Δίκτυο (Convolutional Neural Network, CNN) το οποίο επιτυγχάνει το 83% της μέσης βαθμολογίας, (Intersection over Union, IoU) στο σύνολο δεδομένων δοκιμής και το 97% της ακρίβειας αναγνώρισης σπόρων στο σύνολο δεδομένων επικύρωσης. Η προτεινόμενη εφαρμογή αναγνωρίζει τους σπόρους και ανιχνεύει τη βλάστηση μέσω της επεξεργασίας εικόνων.

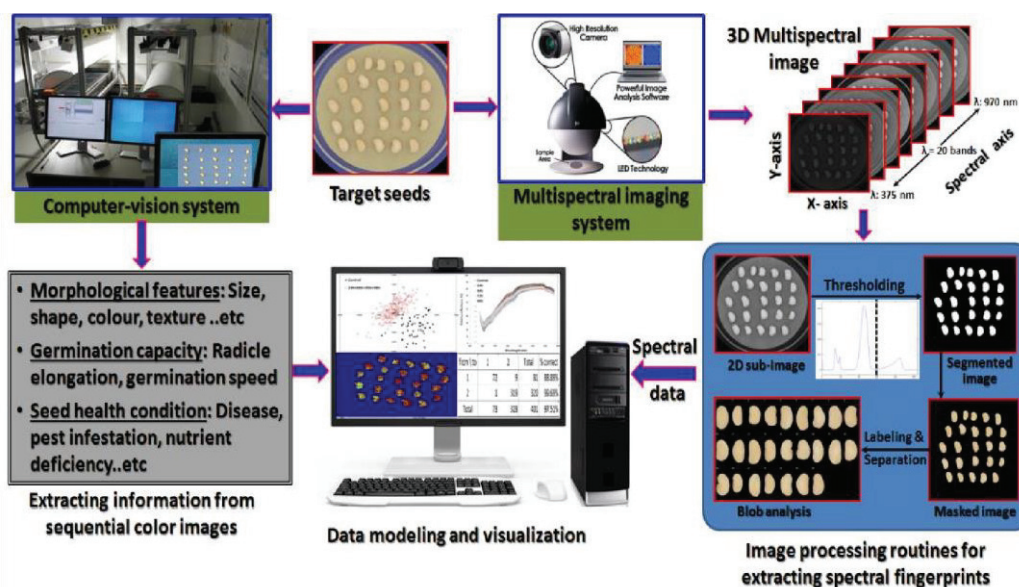


Σπόροι που φύτρωσαν σε διαφορετικές συνθήκες: (α) 21°C. β) 24°C

Σκοπός των Shadrin, D. et al. είναι να βρεθεί μια λύση όσον αφορά την αύξηση της παραγωγής τροφής εξαιτίας της αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού. Στόχος τους είναι να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα σχετικά με τον έλεγχο της βλάστησης των σπόρων με τη χρήση τεχνολογιών μηχανικής μάθησης και υπολογιστικής όρασης.

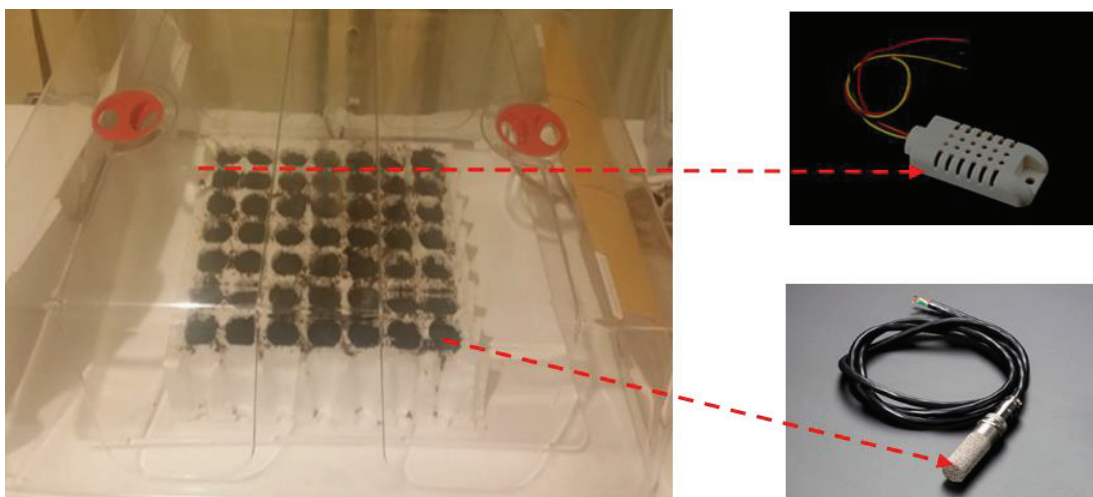
Για τους παραπάνω λόγους οι Shadrin, D. et al. (2019) ερεύνησαν σχετικά με βλάστηση των σπόρων ραπανιών υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Οι φωτογραφίες σπόρων λήφθηκαν κατά τη διάρκεια του συνεχούς πειράματος. Οι σπόροι αρχικά παραγγέλθηκαν και τοποθετήθηκαν στα απομονωμένα πλαστικά δοχεία μεγέθους 18x14x1cm (LxWxH). Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 18 δοχεία το καθένα με 16 σπόρους. Το τελικό αποτέλεσμα του πειράματος λήφθηκε από το σύνολο δεδομένων το οποίο περιέχει τη χρονική σειρά των επισημασμένων εικόνων υψηλής ανάλυσης που δείχνουν τη διαδικασία βλάστησης των σπόρων. Συμπερασματικά, αποδείχθηκε ότι η διαδικασία βλάστησης 24°C στον θάλαμο κλίματος είναι ταχύτερη από την 21°C.

Οι ElMasry et al. (2019) στο άρθρο τους *Πρόσφατες Εφαρμογές Πολυφασματικής Απεικόνισης σε φαινοτυπία σπόρων και παρακολούθηση ποιότητας*, παραθέτουν ολοκληρωμένες εφαρμογές των τεχνολογιών φασματοσκοπίας και απεικόνισης, με στόχο την αντιμετώπιση διλημάτων αξιολόγησης της ποιότητας σπόρων προτείνοντας διαφορετικά σχέδια με αποτελεσματικότητα και πρακτικές εφαρμογές στα τρόφιμα και τη γεωργία. Συγκεκριμένα, επιτεύχθηκε μια προσπάθεια ενημέρωσης όλων των δημοσιευμένων εργασιών σε εφαρμογές πολυφασματικής απεικόνισης στη φαινοτυπική σπόρων και την παρακολούθηση της ποιότητας προσφέροντας κάποια παραδείγματα και ερευνητικά αποτελέσματα στο χαρακτηρισμό φυσικοχημικών χαρακτηριστικών ποιότητας, την πρόβλεψη φυσιολογικών παραμέτρων, την ανίχνευση ελαττωμάτων, την προβολή από παράσιτα και την υγεία των σπόρων.



Σχηματική αναπαράσταση ενός συστήματος ανάλυσης εικόνων με τη βοήθεια υπολογιστή για αξιολόγηση ποιότητας σπόρων με βάση τεχνικές οπτικής απεικόνισης και πολυφασματικής απεικόνισης.

Οι Kalathas, J. et al. (2016) στο άρθρο τους για το Σπορείο με βάση το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), παρουσιάζουν το IoT ως τον καλύτερο τρόπο επίλυσης των γεωργικών προβλημάτων, που σχετίζονται με τη βελτιστοποίηση των πόρων, την υποστήριξη λήψης αποφάσεων και την παρακολούθηση της αναπαραγωγής σπόρων. Η μελέτη αυτή επικεντρώθηκε στη μετατροπή του παραδοσιακού σπορείου σε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα παρακολούθησης της αναπαραγωγής σπόρων προς σπορά που συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη και βιωσιμότητα της εθνικής γεωργίας. Στην έρευνα συγκεντρώθηκαν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με το σπορείο ώστε να ληφθούν ορθές αποφάσεις, κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής σπόρων. Ειδικότερα, σε αυτό το έγγραφο, έχει σχεδιαστεί, ένα πρακτικό, χαμηλού κόστους και φιλικό προς το περιβάλλον ελεγχόμενο σπορείο τομάτας, με βάση την τεχνολογία WSN και IoT. Η εφαρμογή του WSN στην παρακολούθηση διαρροών (SM) βοηθά στην βελτιστοποίηση του ελέγχου των περιβαλλοντικών παραμέτρων της θερμοκρασίας και της υγρασίας και επίσης μεγιστοποιεί τον αριθμό των σπόρων που είναι έτοιμοι για μεταμόσχευση. Η παρακολούθηση στοχεύει σε βασικούς περιβαλλοντικούς παραμέτρους, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία του αέρα, η υγρασία του εδάφους και η φωτεινότητα. Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες επαφής και ο μικροελεγκτής Arduino Uno για τον έλεγχο των μετρήσεων.



Θέσεις αισθητήρα ατμοσφαιρικής υγρασίας-θερμοκρασίας (DHT 22) & του αισθητήρα θερμοκρασίας / υγρασίας SHT10 (χώρα) μέσα στο σπορείο.

Το τελικό συμπέρασμα που δόθηκε αποδεικνύει, πώς η υγρασία και η θερμοκρασία σε ένα περιβάλλον υπό παρακολούθηση επηρεάζουν την αναπαραγωγή των σπόρων ταχύτερα από τους σπόρους που έχουν παραμείνει σε περιβάλλον εσωτερικών συνθηκών.

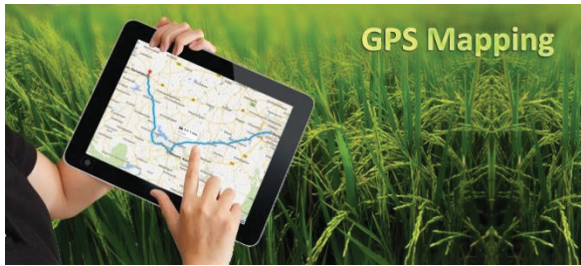
2.1.1 Αισθητήρες

Αισθητήρας (sensor) είναι μία διάταξη που χρησιμοποιείται για την μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους. Μετατρέπει το φυσικό μέγεθος που μετριέται (μετρούμενο μέγεθος) σε ηλεκτρικό σήμα. Μερικά παραδείγματα φυσικών μεγεθών που μετρώνται με αισθητήρες είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ακτινοβολία και άλλα. Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τη συλλογή πληροφοριών (δεδομένων) από ένα σύστημα, καθώς και για τον έλεγχο των συστημάτων. Η τεχνολογία ανίχνευσης, χρησιμοποιεί αισθητήρες για την απόκτηση πληροφοριών ανιχνεύοντας τις φυσικές, χημικές ή βιολογικές ιδιότητες και τις μετατρέπει σε αναγνώσιμο σήμα. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία αισθητήρων για σχεδόν οποιαδήποτε βιομηχανική ανάγκη. Για απαιτητικές, σημαντικές βιομηχανικές εφαρμογές, οι αισθητήρες μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση των διαδικασιών και να προσφέρουν παράλληλη προστασία περιουσιακών στοιχείων. Οι αισθητήρες προσφέρουν παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, συμπεριλαμβανομένης της ανίχνευσης και της αναφοράς, όπως απαιτείται από μια διαδικασία. Τα δεδομένα που παρακολουθούνται και συλλέγονται από αισθητήρες αποστέλλονται για έλεγχο και ανάλυση και οποιαδήποτε ανωμαλία σε μια συγκεκριμένη ιδιότητα αναφέρεται με εκπομπή ηλεκτρικού σήματος από αυτόν τον αισθητήρα. Με αυτόν τον τρόπο, οι αισθητήρες βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας και την ποιότητα του προϊόντος, διασφαλίζοντας παράλληλα ότι οι διαδικασίες συμμορφώνονται με τις βέλτιστες πρακτικές.

2.1.2 Συστήματα GPS / GIS

Το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (Global Positioning System) (GPS) και το Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα (Global Information System) (GIS) έχουν εξελιχθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια. Αυτές οι τεχνολογίες συνδυάζουν τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο με ακριβείς πληροφορίες θέσης, επιτρέποντας τον αποτελεσματικό χειρισμό και ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων γεωχωρικών δεδομένων. Το πιο σημαντικό, η τεχνολογία είναι τώρα διαθέσιμη για χρήση από οποιονδήποτε χρήστη κινητού τηλεφώνου με τσιπ Παγκόσμιου Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης (GPS).

Το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (Global Positioning System) (GPS) χρησιμοποιείται για την επίτευξη ακριβείας εκτροφής και επιτρέπει τον προγραμματισμό της εκμετάλλευσης, τη χαρτογράφηση πεδίων, τη δειγματοληψία εδάφους, τον εντοπισμό καλλιεργειών και τη χαρτογράφηση απόδοσης.



Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GPS)



Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα (GIS)

Το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GPS) χρησιμοποιείται για να συσχετίσει τις τεχνικές παραγωγής και τις αποδόσεις των καλλιεργειών με τη μεταβλητότητα της γης. Η συσχέτιση επιτρέπει στους αγρότες να αναπτύξουν τις πιο αποτελεσματικές στρατηγικές επεξεργασίας εδάφους / φυτού, επιτρέποντας έτσι υψηλότερη παραγωγή. Οι αγρότες στις ανεπτυγμένες χώρες χρησιμοποιούν χαρτογράφηση το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GPS) για ακριβέστερη εφαρμογή φυτοφαρμάκων, ζιζανιοκτόνων και λιπασμάτων. Ο καλύτερος έλεγχος και διασπορά αυτών των χημικών είναι δυνατή μέσω της γεωργίας ακριβείας, μειώνοντας έτσι τις δαπάνες, παράγοντας υψηλότερη απόδοση και προστατεύοντας το περιβάλλον.

2.1.3 Αυτοματισμός / Ρομπότ

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι μια επιστήμη νέας τεχνολογίας, η οποία περιλαμβάνει την έρευνα και την εφαρμογή ρομπότ, την αναγνώριση εικόνας, την αναγνώριση γλωσσών, το σύστημα εμπειρογνομώνων, την επεξεργασία φυσικής γλώσσας κ.λπ. Αν και η τεχνητή νοημοσύνη δεν είναι ανθρώπινη νοημοσύνη, μπορεί να πραγματοποιήσει τη νοημοσύνη που σκέφτεται όπως τα ανθρώπινα όντα και μπορεί να υπερβεί τα ανθρώπινα όντα.



Ρομπότ ζιζανιοκτονίας



Με την ανάπτυξη διαφόρων τεχνολογιών στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης, ο συνδυασμός της τεχνητής νοημοσύνης και της γεωργίας έχει αρχίσει να σβήνει τους

σπινθήρες και έχει ευρείες προοπτικές. Ο άνθρωπος μπορεί να χρησιμοποιήσει τεχνητή νοημοσύνη για να πραγματοποιήσει Ευφυής επιλογή. Μέσω της εξεύρεσης των καλύτερων συνθηκών για τη βλάστηση των σπόρων, μπορεί να πραγματοποιηθεί η φύτευση καλλιεργειών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η μηχανική όραση προσδιορίζει εάν οι καλλιέργειες έχουν ανάπτυξη ζιζανίων ή διάβρωση παρασίτων και να προβλέπει το χρόνο συγκομιδής. Η θεραπεία των ασθενειών και των παρασίτων σύμφωνα με τη διαφοροποίηση του συνδρόμου, με τη βοήθεια του συστήματος τεχνητής νοημοσύνης, ακόμη και οι άπειροι αγρότες μπορούν να αντιμετωπίσουν διάφορες ασθένειες και παράσιτα και να τα αποτρέψουν και να τα θεραπεύσουν εγκαίρως

2.1.4 Τεχνολογία των Drones

Τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) επίσης γνωστά ως drones θεωρούνται ως συστήματα αεροσκαφών χωρίς πιλότο που χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές. Τα drones που λειτουργούν από πιλότο μίας μόνο λειτουργίας, θεωρούνται ιπτάμενα αντικείμενα μικρής απόστασης και, από την άλλη πλευρά, υπάρχουν ιπτάμενα αεροσκάφη μεγάλων αποστάσεων που είναι γνωστά για τις πτήσεις σε μεγάλο υψόμετρο.



Γεωργικό drone

Τα drones παρέχουν εξελιγμένα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με οτιδήποτε άλλο, όπως η ευκολία χρήσης, η ακριβής παρακολούθηση των περιοχών που είναι δύσκολο να επιτευχθούν από τον άνθρωπο, ο εντοπισμός παράνομων δραστηριοτήτων, οι παρατηρήσεις δασικών πυρκαγιών και η επιτήρηση των αποδόσεων των καλλιεργειών των μεγάλων γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Τα σύγχρονα drones είναι εξοπλισμένα με GPS και κάμερα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον πιλότο για την παρακολούθηση και την πτήση των drones σε μεγαλύτερες αποστάσεις μέσω της χρήσης smartphone με δυνατότητα Παγκόσμιου Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης (GPS) και ακόμη και φορητών τηλεχειριστηρίων με δυνατότητα οθόνης υγρών κρυστάλλων (LCD)

liquid-crystal display (LCD). Με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας Wi-Fi σε drones με τη μορφή προβολής πρώτου προσώπου (First Person View FPV), τα drones μπορούν να ενσωματωθούν με κάμερες HD όπως, GoPro, DJI, Parrot και πολλά άλλα για ροή βίντεο πτήσης σε πραγματικό χρόνο μέσω smartphone ή tablet. Η Ένωση Μη Επανδρωμένων Εναέριων Συστημάτων International ανέφερε ετήσια αύξηση 85-92% κάθε χρόνο, ειδικά στην επερχόμενη αγορά της Γεωργίας. Πολλοί ερευνητές και εταιρείες κατασκευής drones είτε έρχονται είτε βρίσκονται σε διαδικασία απελευθέρωσης ποικίλων μοντέλων drones ειδικά κατασκευασμένα για τη γεωργία. Τα drones μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο κατηγορίες: Αεροπλάνα σταθερών πτερύγων και περιστροφικά μηχανοκίνητα ελικόπτερα. Κάθε ένα από αυτά τα drones έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και περιορισμούς.

Η γεωργία θεωρείται ως ένας από τους σημαντικότερους τομείς όπου απαιτούνται διαφορετικές ποικιλίες με συσκευασμένες εγκαταστάσεις χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, ξεπερνώντας διάφορες προκλήσεις των γεωργών για καλύτερη απόδοση των καλλιεργειών.

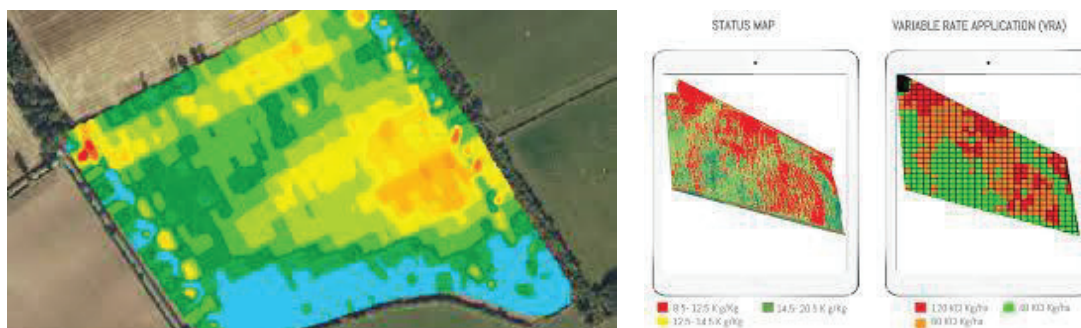
Τα ακόλουθα είναι διάφορες εφαρμογές και πλεονεκτήματα της χρήσης drones στη γεωργία που αναπτύσσονται για γεωργικές εργασίες:

- **Ανάλυση γεωργικών εκμεταλλεύσεων:** Τα drones είναι αξιόπιστα όργανα υψηλής ποιότητας που πετούν στον ουρανό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους αγρότες για να επιθεωρήσουν την κατάσταση της εκμετάλλευσης στην αρχή οποιουδήποτε καλλιεργητικού έτους. Τα drones παράγουν τρισδιάστατους χάρτες για την ανάλυση του εδάφους, οι οποίοι είναι χρήσιμοι για τους αγρότες για την φροντίδα κατά την αρχή κάθε καλλιεργητικής περιόδου. Η ανάλυση εδάφους και αγρού μέσω drones παρέχει επίσης δεδομένα χρήσιμα για την άρδευση και τη διαχείριση του επιπέδου αζώτου των αγρών για καλύτερη ανάπτυξη των καλλιεργειών.
- **Εξοικονόμηση χρόνου:** Οι αγρότες με τόνους εκταρίων γης δυσκολεύονται να φτάσουν σε κάθε γωνιά και γωνία του αγρού για επιθεώρηση από καιρό σε καιρό. Τα drones κάνουν αυτό το έργο με ευκολία, καθώς οι αγρότες μπορούν να κάνουν τακτική παρακολούθηση του αέρα του αγρού για να γνωρίζουν την κατάσταση των καλλιεργειών τους σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- **Υψηλότερη παραγωγή:** Η ακριβής εφαρμογή των φυτοφαρμάκων, του νερού και της χρήσης των λιπασμάτων που παρακολουθούνται από το drone θα αυξήσει την απόδοση και να φροντίσει για τη γενική ποιότητα παραγωγής.

- Ολοκλήρωση χαρτογράφησης Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος (Global Information System) (GIS): Η χαρτογράφηση του Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος έχει ήδη αποδείξει την αξία της σε όλη τη γεωργική βιομηχανία. Με τη χαρτογράφηση του Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος ενσωματωμένη με drones, οι αγρότες μπορούν να σχεδιάσουν σύνορα πεδίου για ακριβές μοτίβο πτήσης.
- Απεικόνιση της κατάστασης υγείας συγκομιδών: Με τα drones, η απεικόνιση υγείας των συγκομιδών μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας υπέρυθρους, NVDI και πολυφασματικούς αισθητήρες που κάνουν τους αγρότες να παρακολουθούν καλύτερα την υγεία της καλλιέργειας, τα ποσοστά διαπνοής και τα ποσοστά απορρόφησης του ηλιακού φωτός κλπ.

2.1.5 Τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού (Variable Rate Technology (VRT))

Η τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού (Variable Rate Technology (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.



Τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού (VRT)

Οι Zhang και Kovacs 2012, στο άρθρο τους *the application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review* ανέφεραν ότι από τη δεκαετία του 1990, η τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού (VRT), η οποία περιγράφει την τεχνολογία που επιτρέπει τη μεταβλητή εφαρμογή εισροών, είναι μια από τις πιο δημοφιλείς τεχνικές της Γεωργίας Ακριβείας. Μερικές από τις πιο κοινές εισροές είναι λιπάσματα, φυτοφάρμακα (ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα), κοπριά, σπορά, άροση και άρδευση. Με τη βελτιστοποίηση της χρήσης τους, οι διαχειριστές των εκμεταλλεύσεων μπορούν να αυξήσουν την παραγωγικότητα ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τους περιβαλλοντικούς και την υγεία κινδύνους των χημικών εισροών.

2.2 Παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (Global Positioning System- GPS).

Η συγκεκριμένη τεχνολογία προέρχεται και χρησιμοποιείται από το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) και δεν έχει μόνο την ευκολία και την ευελιξία της απόκτησης χωρικών δεδομένων με ακρίβεια ανάμεσα 100-0,01 m, αλλά έχει επίσης διαφοροποιήσει προσεγγίσεις με τις οποίες ενσωματώνεται με συστήματα τηλεπισκόπησης και γεωγραφικών πληροφοριών (remote sensing and geographic information systems, GIS). Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 μια νέα τεχνολογία, το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) έγινε πολύτιμο εργαλείο στην απόκτηση χωρικών δεδομένων.



Παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης

Οι συσκευές GPS έχουν βελτιωθεί από τις παραδοσιακές συσκευές με ακρίβεια σχεδόν 10 m στο έδαφος, ενώ σήμερα κατέχουν διαφορικό GPS (DGPS) με ακρίβεια σε cms. Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) καθιστά δυνατή την καταγραφή της μεταβλητότητας εντός πεδίου ως γεωγραφικά κωδικοποιημένων δεδομένων. Είναι δυνατόν να προσδιορίζουν και να καταγράφουν συνεχώς τη σωστή θέση. Αυτή η τεχνολογία θεωρεί ότι η γεωργικές εκτάσεις, τομείς πιο λεπτομερείς από ό,τι στο παρελθόν. Επομένως, μια μεγαλύτερη βάση δεδομένων είναι διαθέσιμη για το χρήστη. Τα ακριβή δεδομένα απόδοσης μπορούν να παρατηρηθούν μόνο στα σημεία όπου κατέγραψε η θέση GPS. Οι δέκτες GPS σε συνδυασμό με οθόνες απόδοσης παρέχουν χωρικές συντεταγμένες για τα δεδομένα παρακολούθησης απόδοσης. Αυτό μπορεί να γίνει σε χάρτες απόδοσης κάθε πεδίου. Οι Liaghat and Balasundram 2010 στο άρθρο τους *A review: The role of remote sensing in precision agriculture*, επισήμαναν ότι, οι πληροφορίες που συλλέγονται από διαφορετικά δορυφορικά δεδομένα αναφέρονται με τη βοήθεια GPS μπορούν να ενσωματωθούν για τη δημιουργία στρατηγικής διαχείρισης του πεδίου για χημική εφαρμογή, καλλιέργειας και συγκομιδής. Η ανάπτυξη και η

εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας ή της ειδικής γεωργίας περιοχών κατέστη δυνατή συνδυάζοντας το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) και συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS). Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν τη σύζευξη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο συλλογής με ακριβείς πληροφορίες θέσης, οδηγώντας στην αποτελεσματική χειραγώγηση και ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων γεωχωρικών δεδομένων. Χρησιμοποιούνται εφαρμογές βασισμένες σε GPS στη γεωργία ακριβείας για τον προγραμματισμό των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, τη χαρτογράφηση αγρού, τη δειγματοληψία εδάφους, την καθοδήγηση των ελκυστήρων, την ανίχνευση καλλιεργειών, τον μεταβλητό ρυθμό εφαρμογές και χαρτογράφηση απόδοσης.

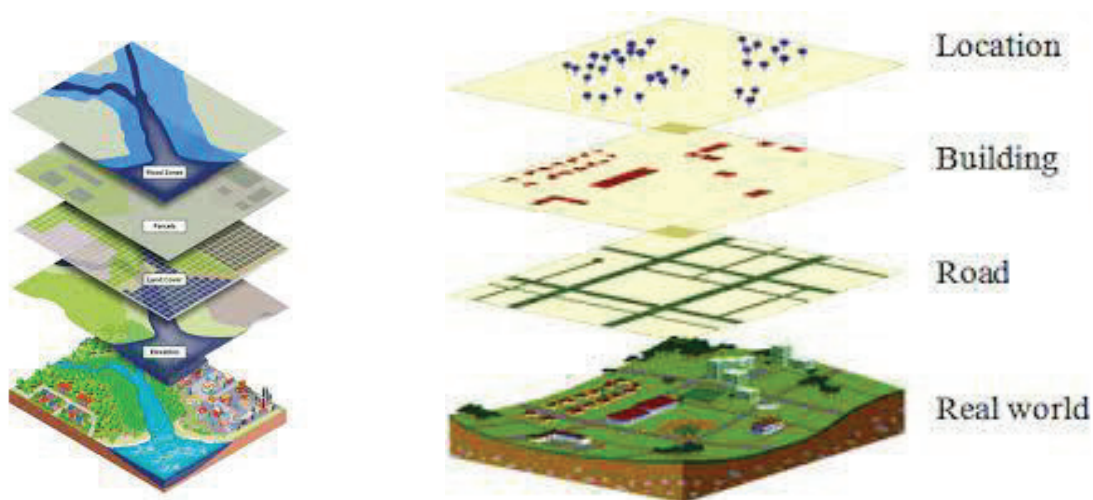
Μερικά από τα οφέλη της χρήσης συσκευών GPS είναι τα εξής:

- Η δειγματοληψία εδάφους ακριβείας, η συλλογή δεδομένων και η ανάλυση δεδομένων, επιτρέπουν την τοπική παραλλαγή χημικών εφαρμογών και πυκνότητα φύτευσης που ταιριάζουν σε συγκεκριμένες περιοχές του χωραφιού.
- Η ακριβής πλοήγηση πεδίου ελαχιστοποιεί τις περιττές εφαρμογές και τις περιοχές που παραλείπονται, και επιτρέπει τη μέγιστη κάλυψη εδάφους στο συντομότερο δυνατό χρόνο.
- Ικανότητα εργασίας σε συνθήκες πεδίου χαμηλής ορατότητας όπως βροχή, σκόνη, ομίχλη και σκοτάδι αυξάνει την παραγωγικότητα.
- Τα δεδομένα απόδοσης που παρακολουθούνται με ακρίβεια επιτρέπουν τη μελλοντική προετοιμασία πεδίου για συγκεκριμένη τοποθεσία.
- Η εξάλειψη της ανάγκης για ανθρώπινα "flaggers" αυξάνει την αποτελεσματικότητα του ψεκασμού και ελαχιστοποιεί τον υπερψεκασμό.

2.3 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geography Information System- GIS).

Οι Burrough et McDonnell, (1998)στο άρθρο τους *Spatial information systems and geostatistics* ανέφεραν ότι, το GIS είναι ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, αποθήκευση και ανάκτηση των δεδομένων κατά βούληση, και την εμφάνιση των χωρικών δεδομένων για συγκεκριμένο σκοπό. Η ικανότητα του συστήματος για την ανάλυση και απεικόνιση γεωργικών περιβαλλόντων και ροών εργασίας, έχει αποδειχθεί ότι είναι πολύ επωφελής για όσους ασχολούνται με τον γεωργικό κλάδο. Εξισορρόπηση των εισροών

και των εκροών σε μια εκμετάλλευση είναι θεμελιώδης για την επιτυχία και την κερδοφορία της.



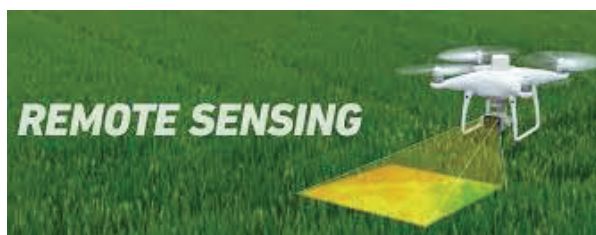
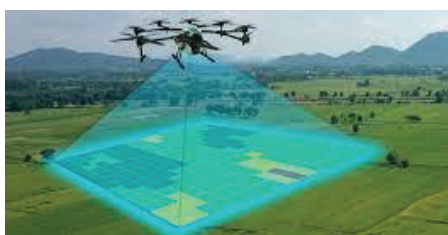
Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα χωρικά δεδομένα έχουν συνήθως τη μορφή στρώσεων που μπορεί να απεικονίζουν τοπογραφία ή περιβαλλοντικά στοιχεία. Σήμερα, η τεχνολογία GIS γίνεται ένα βασικό εργαλείο για το συνδυασμό διαφόρων πηγών χαρτών και δορυφορικών πληροφοριών σε μοντέλα που προσομοιώνουν τις αλληλεπιδράσεις σύνθετων φυσικών συστημάτων. Το GIS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή εικόνων, όχι μόνο χάρτες, αλλά σχέδια, κινούμενα σχέδια και άλλα χαρτογραφικά προϊόντα. Ειδικά, οι ψηφιακές εικόνες αναλύονται για να δημιουργήσουν έναν ψηφιακό χάρτη πληροφοριών, για τη χρήση κομματιού γης και την κάλυψη της βλάστησης. Επιπλέον, οι ηλεκτρονικοί χάρτες GIS ξεχωρίζουν από τους συμβατικούς και φέρουν διάφορα επίπεδα πληροφοριών, όπως οι χάρτες έρευνας εδάφους, οι καλλιέργειες, η απόδοση, τα παράσιτα, οι βροχοπτώσεις και τα εδαφικά επίπεδα θρεπτικών συστατικών.

Από τη χρήση κινητού GIS στον αγρό, καταλήγει στην επιστημονική ανάλυση των δεδομένων παραγωγής στο γραφείο του διευθυντή εκμετάλλευσης, προσφέροντας ρόλο ανάπτυξης στη γεωργική παγκόσμια, βοηθώντας τους αγρότες να αυξήσουν την παραγωγή, να μειώσουν το κόστος και να διαχειριστούν τη γη τους πιο αποτελεσματικά. Επίσης, παρέχει τρόπους επικάλυψης διαφορετικών «στρώσεων» δεδομένων: οι οικολογικές συνθήκες, η πραγματική φυσιολογία και οι δείκτες ανθρώπινης πίεσης. Το GIS είναι επίπεδο και θεματικό σύστημα που παρέχει την ευελιξία επικάλυψης και αναθεώρησης των δεικτών για διάφορες αλλαγές στην τοποθεσία. Η τεχνολογία χρησιμοποιείται στο έπακρο στο σχεδιασμό και τη διαχείριση.

2.4 Τηλεπισκόπηση

Ο τομέας της τηλεπισκόπησης αναλύει και επεξεργάζεται δορυφορικά και επίγεια χωρικά δεδομένα με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και ειδικών λογισμικών. Ο πιο δημοφιλής ορισμός που ισχύει μέχρι σήμερα χαρακτηρίζει την τηλεπισκόπηση ως τη μέθοδο καταγραφής της ανακλώμενης ή εκπεμπόμενης ενέργειας από ένα αντικείμενο, καθώς και τη συλλογή και καταγραφή δεδομένων για αντικείμενα με τα οποία δεν υφίσταται φυσική επαφή μεταξύ των συστημάτων καταγραφής. Συμπληρωματικά, ως παράδειγμα η τηλεπισκόπηση μπορεί να εφαρμοστεί κατά τη διάρκεια μιας ακτινογραφίας ή κατά τη μελέτη των φυτών με ποικίλους αισθητήρες.



Τηλεπισκόπηση

Ένα σύστημα της Γεωργίας Ακριβείας που αξιοποιεί τις πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις των αισθητήρων μπορεί να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο σε ένα ευφυές σύστημα φυτικής παραγωγής. Συγκεκριμένα, η απομακρυσμένη τεχνολογία ανίχνευσης που επιτρέπει την ορθή απόκτηση πληροφοριών σχετικά με την επιφάνεια της Γης, μπορεί να διευκολύνει την εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας. Για παράδειγμα, τρέχουσα κατάσταση καλλιέργειας (συμπεριλαμβανομένης της περιόδου ωριμότητας) και πιέσεις όπως θρεπτικά συστατικά και στρες νερού, ασθένειες, και οι προσβολές από ζιζάνια μπορούν να παρατηρηθούν από τα όργανα τηλεπισκόπησης, όπως κάμερες, λέιζερ σαρωτές, γραμμικούς πίνακες και συστοιχίες περιοχής, χωρίς να υφίσταται επαφή μαζί τους. Οι πληροφορίες που συλλέγονται μέσω διαφόρων αισθητήρων, αναφέρονται με τη χρήση GPS, ώστε να δημιουργηθούν στρατηγικές διαχείρισης πεδίου, για χημική εφαρμογή, καλλιέργεια και συγκομιδή. Αυτή είναι η ανασκόπηση των κυριότερων σημείων της τεχνολογίας τηλεπισκόπησης και περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποτελεσματικό εργαλείο της Γεωργία ακριβείας.

Κάποια χαρακτηριστικά που μπορούν να μελετηθούν με την τηλεπισκόπηση είναι τα εξής:

- Η χωρική τοποθεσία ενός επιθυμητού αντικειμένου.

- Το υψόμετρο.
- Ο όγκος και το σχήμα διαφόρων στοιχείων.
- Το χρώμα.
- Η βιομάζα.
- Η φασματική συμπεριφορά της χλωροφύλλης.
- Το ποσοστό υγρασίας του εδάφους και της βλάστησης.
- Η θερμοκρασία.

Ενεργοί αισθητήρες:

1. Radar (Radio Detection and Ranging): Αποτελείται από ένα πομπό ή με ραδιοσυχνότητες, ή συχνότητες μικροκυμάτων, ώστε να μεταδώσουν παλμούς ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολία. Επίσης, διαθέτει έναν δέκτη για τον υπολογισμό της χρονικής στιγμής που έρχεται η ανακλώμενη ή διασκορπισμένη ακτινοβολία, από απομακρυσμένα αντικείμενα. Το μήκος από το αντικείμενο, είναι δυνατό να προσδιοριστεί, καθώς η ηλεκτρονική ακτινοβολία διαδίδεται με ταχύτητα φωτός.

2. Scatterometer: Είναι υψηλής συχνότητας ραντάρ εξειδικευμένο για τον υπολογισμό της οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις της αναδιαχεόμενης ακτινοβολίας μικροκυμάτων στη φασματική έκταση πάνω από τις επιφάνειες των ωκεανών, βοηθούν στην κατασκευή χαρτών ταχύτητας του ανέμου επιφάνειας και της κατεύθυνσης.

3. Lidar (Light Detection and Ranging): Διαθέτει ένα λέιζερ για να διαδώσει έναν παλμό φωτός και ένα δέκτη με ανεπτυγμένους ανιχνευτές για τη εκτίμηση της οπισθοσκεδαζόμενης ή ανακλώμενης ακτινοβολίας του φωτός. Τα Lidars είναι ικανά να διακρίνουν το ατμοσφαιρικό προφίλ των αερολυμάτων, τα σύννεφα και επιπλέον ατμοσφαιρικά στοιχεία.

4. Laser υψομέτρου: Μεταχειρίζεται ένα Lidar ώστε να υπολογίσει το ύψος του αντικειμένου από την επιφάνεια. Με δεδομένο ότι είναι γνωστό το ύψος του μέσου σχετικά με τη μέση επιφάνεια της γης, μπορεί να καθοριστεί η τοπογραφία της από κάτω επιφάνειας.

Παθητικοί αισθητήρες:

1. Το ραδιόμετρο είναι όργανο που μετρά την πυκνότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε συγκεκριμένη ζώνη μηκών κύματος στο φάσμα.

2. Οι φασματικές κάμερες προσφέρουν την ικανότητα λήψης εικόνων σε διαφορετικά μήκη κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Κατηγοριοποιούνται σε

πολυφασματικές ή υπερφασματικές ή ultra φασματικές σχετικά με την προσεκτική δυνατότητα των μηκών κύματος που διαθέτουν.

3. Το φωτογραφικό ραδιόμετρο.

4. Φασματόμετρο: Είναι ένα όργανο που ανιχνεύει, υπολογίζει και εξετάζει σε φασματικό περιεχόμενο την προσπίπτουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

5. Φασματοραδιόμετρο: Είναι ένα ραδιόμετρο που μπορεί να μετρήσει την ένταση της ακτινοβολίας σε πολλαπλές ζώνες μήκους κύματος. Ο αισθητήρας είναι σχεδιασμένος για την τηλεανίχνευση ορισμένων παραμέτρων, όπως, τα χαρακτηριστικά των σύννεφων, το χρώμα των ωκεανών ή της βλάστησης, η θερμοκρασία επιφάνειας της θάλασσας, το ίχνος χημικών στην ατμόσφαιρα κ.α.

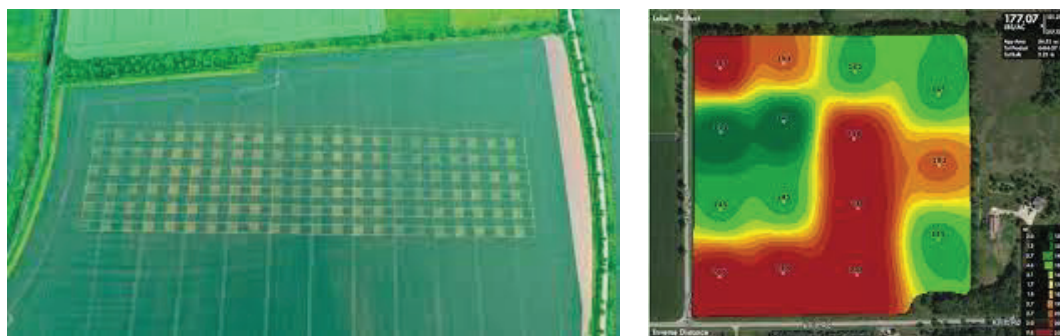
Ο Jensen, 1996 στο βιβλίο του *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective* ανέφερε τα μοναδικά πλεονεκτήματα της τηλεπισκόπησης, τα οποία είναι τα εξής:

- Είναι γνωστή ως ακριβής μέθοδος συλλογής πληροφοριών σχετικά με τα εδαφικά χαρακτηριστικά.
- Τα δεδομένα μπορούν να ληφθούν συστηματικά σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές και όχι μόνο μια παρατήρηση ενός σημείου.
- Τα δεδομένα μπορούν να αποκαλύψουν πληροφορίες σχετικά με μέρη που είναι απρόσιτα για ανθρώπινη εξερεύνηση.
- Η συστηματική συλλογή δεδομένων (ράστερ) στην τηλεπισκόπηση μπορεί να καταργήσει την μεροληψία δειγματοληψίας.
- Η τηλεπισκόπηση μπορεί να παρέχει θεμελιώδεις βιοφυσικές πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες επιστήμες.
- Είναι ανεξάρτητη από τα δεδομένα που παράγονται αλλού, σε σύγκριση με την άλλη χαρτογραφική επιστήμη όπως η χαρτογραφία ή το GIS.

2.5 Τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης (Variable Rate Application, VRA).

Οι τεχνολογίες μεταβλητών δόσεων (VRA) στοχεύουν στην μεγιστοποίηση των εισροών. Ειδικότερα, μια εξειδικευμένη (site-specific) εφαρμογή των εισροών στο χωράφι επιτρέπει στον αγρότη να χρησιμοποιήσει συγκεκριμένο όγκο εισροών σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του αγροκτήματος. Η πλειοψηφία των συστημάτων VRA στηρίζονται στη χαρτογράφηση της απόδοσης του αγρού, και συχνά σε εδαφικά

συστήματα χαρτογράφησης, ενώ οι VRA που στηρίζονται σε αισθητήρες, μπορούν να κατανοήσουν σε ουσιαστικό χρόνο, τις απαιτήσεις φυτών και εδάφους (αισθητήρες εδαφικής υγρασίας, φασματικοί αισθητήρες εδάφους).



Τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης

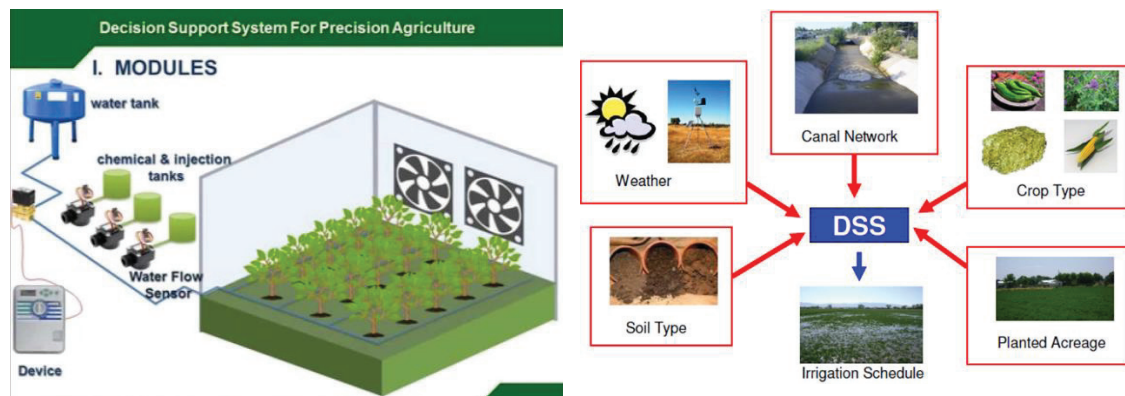
Τα συστήματα VRA μπορούν να χαρακτηριστούν ως το κυριότερο πλεονέκτημα της Γεωργίας Ακριβείας και επίσης κατέχουν γενικότερα την αποδοχή από τους αγρότες, εξαιτίας της ευχρηστίας τους. Η ορθή τοποθέτηση εισροών φέρει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση στον χρόνο, κόστος και καύσιμα, καθώς και για τη λογική χρήση των εισροών για πιο παραγωγική γεωργία. Στον τομέα της σποράς η τεχνολογία VR (σποράς) ξεκίνησε πρόσφατα να χρησιμοποιείται, λόγω πολλών επενδύσεων από εταιρείες σπόρων. Αντίθετα, η VR της λίπανσης χημικών στοιχείων και ασβέστη (lime) είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες εφαρμογές είτε στηριζόμενες σε εδαφικές αναλύσεις δείγματος είτε με ανιχνευτές (εν κινήσει) μέσω φασματοσκοπίας εδάφους (μόλις άρχισε να εφαρμόζεται) είτε σε πραγματικό χρόνο με βάση αισθητήρων ανίχνευσης της φυτοκόμης (canopy sensors). Η VRA του αζώτου είναι η πιο διαδεδομένη, καθώς το άζωτο είναι το κυριότερο θρεπτικό συστατικό για τις καλλιέργειες. Ο Yara N-Sensor, , ο SoilDoctor, το Cropmeter, το MiniVeg N-Laser και το Greenseeker system, είναι μερικά από τα διαθέσιμα στην αγορά και ευρέως διανεμημένα on-line συστήματα για την VRA του αζώτου. Η VRA της άρδευσης και της άροσης κατέχει πρωταρχικό στάδιο στις περισσότερες περιοχές της ΕΕ, αλλά η VRA άρδευσης ξεκινά να αποκτά μεγάλη βαρύτητα στη περιοχή της Μεσογείου, εξαιτίας της έλλειψης νερού και των τελευταίων έργων του FP7 σε αυτόν τον τομέα.

Συμπληρωματικά, είναι σημαντικό να αναφερθούν οι τεχνολογίες μεταβλητού ρυθμού (VRT) που είναι αυτόματα συστήματα με την δυνατότητα εφαρμογής, σε πολλές γεωργικές διεργασίες. Τα συστήματα αυτά ορίζουν το ρυθμό παράδοσης των εισροών της εκμετάλλευσης, σχετικά με τον τύπο του εδάφους που καταγράφεται πάνω σε χάρτη. Οι πληροφορίες που δίνονται από το GIS μπορούν να αξιολογούν διαδικασίες, όπως η

λίπανση, η σπορά, η χορήγηση φυτοφαρμάκων, η επιλογή και εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, για τον καταλληλότερο ρυθμό στο σωστό μέρος, τη σωστή στιγμή (Miao et al., 2005).

2.6 Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support Systems, DSS)

Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων έχουν βοηθητικό ρόλο για τη ορθή λήψη αποφάσεων. Τα συγκεκριμένα συστήματα για να χαρακτηριστούν λειτουργικά, είναι απαραίτητο να συγκεντρώνουν και να παρακολουθούν τις συνολικές διεργασίες κάποιας αγροεκμετάλλευσης/επιχείρησης. Επιπλέον, χρειάζεται να συνδέονται άμεσα με τα υπάρχον πληροφοριακά συστήματα στην επιχείρηση, ώστε να εξασφαλιστεί η εύκολη και συνεχή ροή νέων δεδομένων.



Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων

Επίσης, ένα επιτυχημένο σύστημα λήψης αποφάσεων προϋποθέτει ευκολία στην επέκταση και στην προσαρμογή σε τυχόν εσωτερικές ή εξωτερικές αλλαγές στο εργασιακό περιβάλλον. Εφόσον όλες οι παραπάνω λειτουργικές απαιτήσεις επιτευχθούν με επιτυχία, το σύστημα μπορεί χαρακτηριστεί ως ένα εύχρηστο εργαλείο για τον διαχειριστή. Συγκεκριμένα, οι Kalentzi et al, 2002 στο άρθρο τους *Scenario Based Decision Making in the Broiler Industry Using the BRODESSYS Decision Support System*, αναφέρονται στα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων έχουν εφαρμοστεί στην Ελλάδα για ορνιθοτροφικές μονάδες, ενώ έχουν επεκταθεί και ποικίλα συστήματα λήψης αποφάσεων αναφορικά με τη διαχείριση των υδάτων (Ntalagiorgos & Sideridis, 2004) ή για τη αντιμετώπιση περιβαλλοντολογικών προβλημάτων (π.χ. Tzionas et al , 2004).

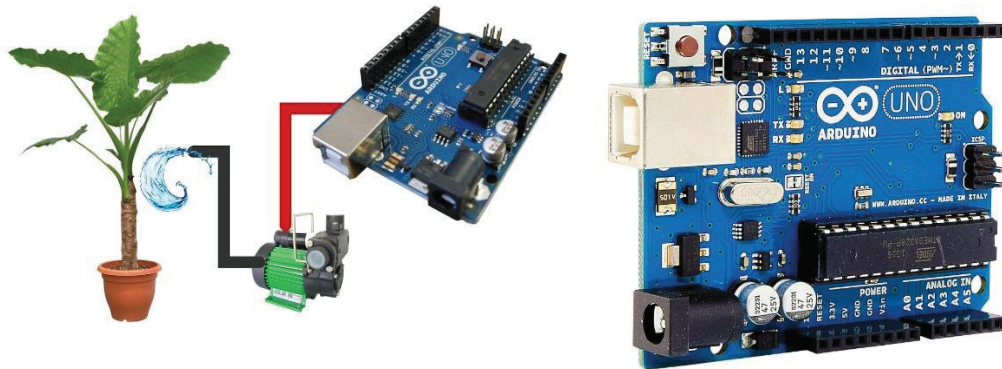
Κεφάλαιο 3

3 Μικροελεγκτές Ευφυούς Γεωργίας

Οι μικροελεγκτές είναι κύριο στοιχείο στο IoT. Στην πράξη, συγκροτείται από ένα μικροεπεξεργαστή, όμως και από διαφορετικά συνδεδεμένα υποσυστήματα που διαμορφώνουν τις μνήμες του (RAM,ROM), τις δυνατότητες εισόδου, εξόδου (I/O, Ports) και διάφορα ολοκληρωμένα κυκλώματα, που αποτελούν τις ικανότητες υποστήριξης ποικίλων πρωτοκόλλων. Ο μικροελεγκτής έχει την ευθύνη για την λειτουργικότητα της συσκευής όπου βρίσκεται, και είναι το στοιχείο όπου συλλέγει, ταξινομεί και κατεργάζεται τις πληροφορίες που δέχεται, από τους αισθητήρες και τα υπόλοιπα γειτονικά συστήματα. Επιλέον, η επικοινωνία και η διασύνδεση της κάθε IoT συσκευής, με διαφορετικές συσκευές ή με το διαδίκτυο, πραγματοποιείται από τον μικροελεγκτή και συνδυαστικά, με τις συσκευές δικτύων(modem, router) και τους servers. Είναι γεγονός, ότι υπάρχει αφθονία μικροελεγκτών, στους οποίους υφίσταται πρόσβαση παντού στον σύγχρονο κόσμο. Συμπερασματικά, για κάθε ικανή εφαρμογή υπάρχει ανταγωνισμός ανάμεσα στους μικροελεγκτές, με τα αντίστοιχα τους πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά.

3.1 Μικροελεγκτής Arduino

Ο Arduino είναι ένας μικροελεγκτής ανοιχτού κώδικα που μπορεί εύκολα να προγραμματιστεί, να σβηστεί και να επαναπρογραμματιστεί ανά πάσα στιγμή. Η πλατφόρμα Arduino, που παρουσιάστηκε το 2005, σχεδιάστηκε για να παρέχει έναν φθινό και εύκολο τρόπο για τους χομπίστες, τους φοιτητές και τους επαγγελματίες να δημιουργούν συσκευές που αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον τους, χρησιμοποιώντας αισθητήρες και ενεργοποιητές. Με βάση απλούς πίνακες μικροελεγκτών, είναι μια πλατφόρμα υπολογιστών ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή και τον προγραμματισμό ηλεκτρονικών συσκευών. Είναι επίσης σε θέση να ενεργεί ως μικρός υπολογιστής όπως και άλλοι μικροελεγκτές λαμβάνοντας εισόδους και ελέγχοντας της εξόδους για μια ποικιλία ηλεκτρονικών συσκευών.

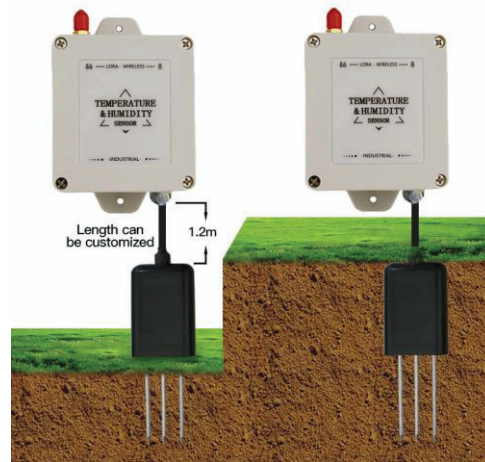
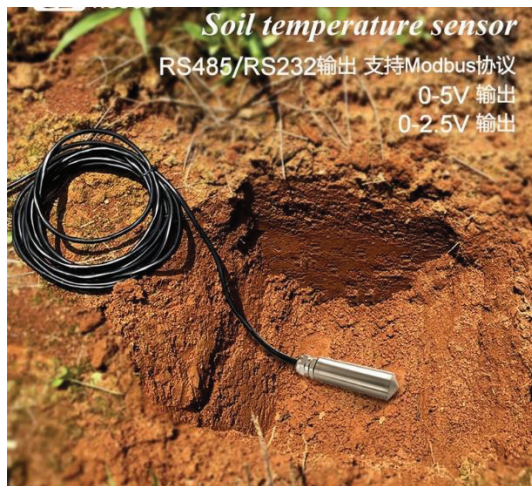


Arduino Uno

Είναι επίσης σε θέση να λαμβάνει και να στέλνει πληροφορίες μέσω του διαδικτύου με τη βοήθεια διαφόρων ασπίδων Arduino. Το Arduino χρησιμοποιεί ένα υλικό γνωστό ως πίνακας ανάπτυξης Arduino και λογισμικό για την ανάπτυξη του κώδικα που είναι γνωστός ως Arduino IDE Ολοκληρωμένο Περιβάλλον Ανάπτυξης (Integrated Development Environment). Σχεδιασμένοι με μικροελεγκτές Atmel AVR 8 bit που κατασκευάζονται από την Atmel ή έναν Atmel 32 bit, αυτοί οι μικροελεγκτές μπορούν να προγραμματιστούν εύκολα χρησιμοποιώντας τη γλώσσα C ή C++ στο Arduino IDE.

3.2 Αισθητήρες θερμοκρασίας

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας βρίσκονται στον ίδιο αισθητήρα, καθώς οι λειτουργίες τους συνδυάζονται. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας υπολογίζει την θερμική ενέργεια που μεταδίδει κάποιο μέσο και χρησιμοποιείται για εκτίμηση μεταβολών της θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα, ο αισθητήρας θερμοκρασίας αποτελείται κυρίως από θερμοστοιχείο ή ανιχνευτή θερμοκρασίας αντίστασης. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας μετρά την ανάγνωση θερμοκρασίας σε πραγματικό χρόνο μέσω ενός ηλεκτρικού σήματος. Έπειτα, οι αισθητήρες συλλέγουν τα δεδομένα σχετικά με τη θερμοκρασία από μια συγκεκριμένη πηγή και μετατρέπουν τα δεδομένα σε κατανοητή μορφή για μια συσκευή ή έναν παρατηρητή.



Αισθητήρας Θερμοκρασίας

Σε αντίθεση, ο αισθητήρας υγρασίας υπολογίζει την παρουσία νερού (υδρατμών) στον ατμοσφαιρικό αέρα, με κατάλληλα επίπεδα υγρασίας για τον άνθρωπο περίπου 50%. Σε περίπτωση που ο αισθητήρας εντοπίσει υπερθέρμανση σταματά την μηχανή και ειδοποιεί τον χειριστή του μηχανήματος ή την εταιρία που έχει αναλάβει το service για να επιλύσει την βλάβη, αποφεύγοντας περαιτέρω ζημιές ή και κάποιο ατύχημα ή πυρκαγιά που θα μπορούσε να έχει προκληθεί. Ακόμα μπορούν να προφυλάξουν μια σοδειά από τον καύσωνα καθώς όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει κάποιο επίπεδο παρατεταμένα, οι αισθητήρες δίνουν εντολή στο ποτιστικό drone να ψεκάσει τα φύλλα με νερό. Επιπροσθέτως, με χρήση αισθητήρων θερμοκρασίας σε ένα θερμοκήπιο, ο αγρότης γνωρίζει συνεχώς ότι οι θερμοκρασίες που επικρατούν στον χώρο είναι οι κατάλληλες και σε περίπτωση που κάτι προκαλέσει μεταβολή θερμοκρασίας θα λάβει άμεσα ειδοποίηση.

3.3 Αισθητήρες υγρασίας

Ο αισθητήρας υγρασίας εδάφους αποτελείται από δύο ανιχνευτές που βοηθούν στην μέτρηση της ογκομετρικής περιεκτικότητας του νερού. Οι δύο ανιχνευτές επιτρέπουν στο ρεύμα να διέρχεται από το έδαφος και στη συνέχεια να λάβει την τιμή αντίστασης, ώστε να υπολογίσει την τιμή υγρασίας. Στην περίπτωση που υπάρχει περίσσεια νερού, το έδαφος θα παράγει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια, κατά συνέπεια θα υπάρχει λιγότερη αντίσταση. Συνεπώς, το επίπεδο υγρασίας θα είναι υψηλότερο. Το ξηρό έδαφος δεν άγει εύκολα το ηλεκτρικό ρεύμα, άρα όταν θα υπάρχει λιγότερο νερό, το έδαφος θα παράγει λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια, γι' αυτό το λόγο θα υπάρχει περισσότερη αντίσταση. Συνεπώς, το επίπεδο υγρασίας θα είναι χαμηλότερο.



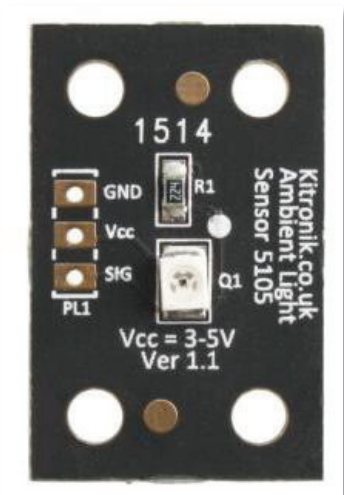
αισθητήρας υγρασίας εδάφους

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας, μπορεί να συνδεθεί με δύο τρόπους. Αναλογική και ψηφιακή λειτουργία. Αρχικά, θα συνδεθεί σε αναλογική λειτουργία και έπειτα θα χρησιμοποιηθεί σε ψηφιακή λειτουργία.

Τάση εισόδου	3.3 - 5V
Τάση εξόδου	0- 4.2V
Τρέχον εισόδου	35μΑ
Σήμα εξόδου	Αναλογικά και ψηφιακά

3.4 Αισθητήρες ένταση φωτός

Ο αισθητήρας φωτός έχει χαμηλή τιμή και ο μηχανισμός του μετατρέπει τα φωτόνια σε ηλεκτρικό σήμα. Στον τομέα της γεωργίας έχει πολλές χρήσιμες δυνατότητες. Όπως γνωρίζουμε, όλα τα φυτά και τα άνθη απαιτούν μεγάλες ποσότητες ηλιακού φωτός και κάθε ομάδα φυτών αντιδρά διαφορετικά και έχει τη διαφορετική φυσιολογία για να αντιμετωπίσει την ένταση του φωτός. Μερικά φυτά αποδίδουν καλά σε χαμηλή ένταση φωτός και μερικά σε υψηλή ένταση φωτός. Ειδικά, το αεροπονικό σύστημα εφαρμόζεται σε εσωτερικούς χώρους, οπότε είναι απαραίτητο για τον αγρότη να παρέχει επαρκή ποσότητα τουλάχιστον 8 έως 10 ωρών για μια ημέρα για την ανάπτυξη του υγιούς φυτού. Οι έξυπνες τεχνικές γεωργίας σημαίνουν τη χρήση του συστήματος αισθητήρων για τον έλεγχο της έντασης του φωτός. Ο αισθητήρας φωτός είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της παρουσίας ή της μη παρουσίας φωτός και σκοταδιού. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων φωτός, οι οποίοι είναι οι φωτοαντιστάτες, οι φωτοδίοδοι και οι φωτοτρανζίστορ. Αυτοί οι αισθητήρες φωτός διακρίνουν την ουσία του φωτός σε έναν θάλαμο ανάπτυξης και αυξάνουν ή μειώνουν τη φωτεινότητα του φωτός σε ένα επιθυμητό επίπεδο.



Αισθητήρας φωτός

Οι αισθητήρες φωτός μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον αυτόματο έλεγχο των φώτων, όπως on / off. Με την υιοθέτηση του δικτύου αισθητήρων στην αεροπονική, ο αγρότης θα μπορούσε να παρακολουθεί την ένταση του φωτός χωρίς καμία ανθρώπινη παρέμβαση. Επειδή οι αισθητήρες θα εκτελέσουν όλες τις εργασίες, όπως εάν η ένταση του φωτός στον θάλαμο ανάπτυξης θα είναι μικρότερη από την απαιτούμενη ποσότητα φωτός για την ανάπτυξη του φυτού, ο αισθητήρας θα προωθήσει αυτόματα το σήμα στο φως LED για να ανάψει έως ότου η ποσότητα φωτός φτάσει στο επιθυμητό επίπεδο. Ο αγρότης θα μπορούσε να παρακολουθεί την ένταση του φωτός χωρίς καμία ανθρώπινη παρέμβαση.

3.5 Αισθητήρες pH

Αρχικά, υπάρχουν διάφορες μέθοδοι μέτρησης του εδαφικού pH. Η απλούστερη μέθοδος είναι η μέτρηση του pH του εδάφους, με τη χρήση μετρητή pH. Επειδή το έδαφος είναι ημιστερεό, οι καλύτεροι αισθητήρες pH για τη μέτρηση, έχουν γυάλινο υλικό με σχήμα δόρατος, το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να διαπεράσουν την επιφάνεια του εδάφους χωρίς να σπάσουν τον καθετήρα. Επίσης, ένας άλλος τρόπος μέτρησης του εδαφικού pH είναι η εξαγωγή χημείας του εδάφους σε διάλυμα νερού. Η απλούστερη μέθοδος είναι η ανάμειξη του εδάφους με το νερό σε αναλογία 1:1 ώστε να επιτρέπει τη μέτρηση υγρού δείγματος με τη χρήση τυπικού ηλεκτροδίου pH. Μερικές φορές, το έδαφος αναμειγνύεται με ένα διάλυμα ρυθμιστικού διαλύματος υψηλής ιοντικής αντοχής από χλωριούχο ασβέστιο, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η μεταβλητότητα της περιεκτικότητας σε αλάτι στο έδαφος. Μια άλλη κοινή μέθοδος αρδεύει κορεσμένο

έδαφος με απεσταγμένο νερό. Το απεσταγμένο νερό μεγιστοποιεί την έκπλυση χημικών συστατικών για να δώσει την καλύτερη εκτίμηση του pH του εδάφους. Μόλις συλλεχθεί αρκετό νερό από τη βάση, το pH μετράται χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρόδιο pH.



Αισθητήρας pH και οξειδοαναγωγής σε υδατικά διαλύματα.

Με δεδομένο ότι, το έδαφος είναι ένα ετερογενές στερεό μείγμα και μπορεί να διατηρήσει ιόντα και διαλυτή περιεκτικότητα με υψηλή χωρική διακύμανση, δεν υπάρχει απόλυτη τιμή pH εδάφους. Αντίθετα, η συνέπεια της μεθόδου είναι η πιο σημαντική. Οι μετρούμενες τιμές pH μπορεί να διαφέρουν μεταξύ των τεχνικών μέτρησης, αλλά η συνέπεια μέσα σε μια τεχνική θα αποκαλύψει μετατοπίσεις του pH προς την οξύτητα ή την αλκαλικότητα.

3.6 Αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα

Ένας αισθητήρας διοξειδίου του άνθρακα είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα. Ο Bihlmayr (2011) στο άρθρο του *Application Note 313. Subject to Modifications*, ανέφερε ότι οι αισθητήρες CO₂ χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα σε ένα κτίριο για την πραγματοποίηση αερισμού βάσει ζήτησης. Ωστόσο, το εύρος μέτρησης δεδομένων αισθητήρα κυμαίνεται μεταξύ 500 και 5000 μερών ανά εκατομμύριο. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι αισθητήρων CO₂, οι οποίοι περιλαμβάνουν αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα χωρίς διασπορά (NICDS) και αισθητήρες χημικού διοξειδίου του άνθρακα

(CCDS), ενώ το NICDS ανίχνευσε CO₂ σε αέριο περιβάλλον από τη χαρακτηριστική του απορρόφηση και αποτελείται από έναν ανιχνευτή υπέρυθρων, ένα φίλτρο παρεμβολών, ένα ελαφρύ σωλήνα και μια πηγή υπέρυθρων. Ωστόσο, τα CCDS ευαίσθητων στρωμάτων βασίζονται σε πολυμερές ή ετεροπολυσιλοξάνιο με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.



Αισθητήρας διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)

Για την χρήση σε γεωργικές εφαρμογές, μπορεί να εγκατασταθεί σε θερμοκήπια ή εργοστάσια εγκαταστάσεων, για να παρακολουθεί τη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα, ώστε να βοηθήσει στην αύξηση των αποδόσεων των φυτών παρέχοντας το διοξείδιο του άνθρακα (εφαρμογή CO₂) που απαιτείται για τη φωτοσύνθεση.

3.7 Αισθητήρες φλόγας

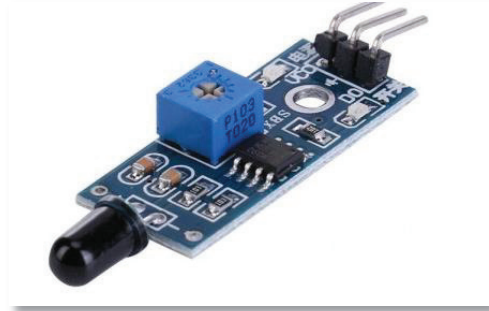
Οι μέθοδοι ανίχνευσης που χρησιμοποιούν οπτικούς αισθητήρες ή κάμερες RGB συνδυάζουν χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις φυσικές ιδιότητες της φλόγας και του καπνού, όπως χαρακτηριστικά χρώματος, κίνησης, φασματικής, χωρικής, χρονικής και υφής.

Συγκεκριμένα, οι φλόγες έχουν κοινά χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν:

- Παραγωγή θερμότητας
- Επέκταση αερίων
- Παραγωγή υποπροϊόν καύσης
- Εκπομπή φωτός (υπέρυθρη ή υπεριώδης)
- Ιονισμός της ατμόσφαιρας μέσα και γύρω από τη φλόγα

Οι οπτικοί αισθητήρες φλόγας χωρίζονται σε τρεις ομάδες ανάλογα με το εύρος της συνολικής ζώνης ακτινοβολίας που έχουν σχεδιαστεί για να ανιχνεύουν:

- Ορατοί αισθητήρες φωτός
- Υπέρυθροι αισθητήρες
- Αισθητήρες υπεριώδους



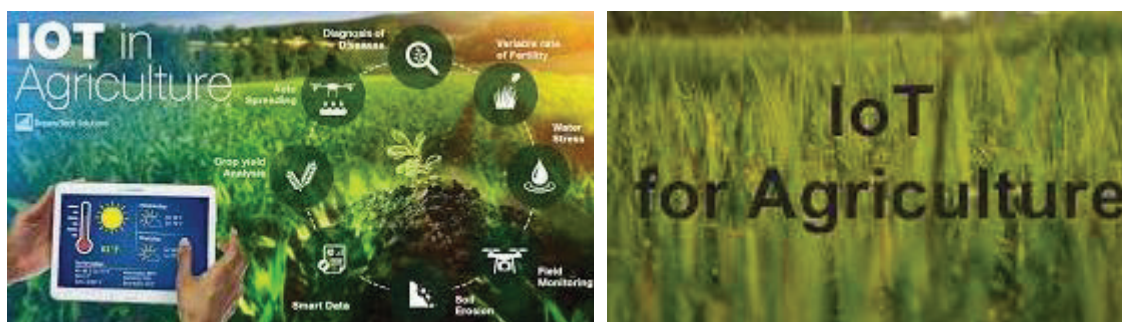
Αισθητήρας φλόγας TDL

Η συσκευή ανίχνευσης, σε συνδυασμό με έναν κατάλληλο μηχανισμό ελέγχου φλόγας παράγει ένα σήμα. Αυτό το σήμα εκδίδεται έπειτα σε μια φυσική ενέργεια, η οποία επιτρέπει στο σύστημα να συνεχίσει να λειτουργεί παρουσία μιας φλόγας, ή να κλείσει το σύστημα με ομαλό τρόπο σε περίπτωση απουσίας της φλόγας.

Κεφάλαιο 4

4 Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things, IoT στην Ευφυή Γεωργία.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) είναι το δίκτυο που επιτρέπει στα αντικείμενα, και γενικότερα στα ηλεκτρονικά καταναλωτικά αγαθά, να βρίσκονται σε σύνδεση (ενσύρματα ή ασύρματα) με το διαδίκτυο. Επίσης, επιτρέπει την εύρεση των αντικειμένων ή την παρακολούθησή τους από απόσταση, προσφέροντας την δυνατότητα για άμεση ένταξη του φυσικού κόσμου, σε ηλεκτρονικά συστήματα, δίνοντας το πλεονέκτημα για πιο βελτιωμένους, αποτελεσματικούς χειρισμούς, με ακρίβεια και οικονομικό κέρδος, και τέλος, την ελάττωση της ανθρώπινης μεσολάβησης στις διεργασίες.



Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)

Η βιομηχανία του Διαδικτύου των πραγμάτων βασίζεται στον τομέα της τεχνολογίας επικοινωνιών και συμμετέχει στην υιοθέτηση των αισθητήρων και άλλων προϊόντων στην διαδικασία ανίχνευσης και στη σύζευξη με τερματικά προϊόντα στο πρακτικό στάδιο. Μέχρι στιγμής, υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες επικοινωνίας που εντάσσονται στο Διαδίκτυο των πραγμάτων, όπως τα bluetooth, ZigBee, RFID, Wi Fi, NFC, Lora, NB-IoT και άλλες τεχνολογίες.

Η λειτουργικότητα των διαφορετικών τεχνολογιών επικοινωνίας έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στη χρήση τους. Συγκεκριμένα, η χρήση του Bluetooth επιτυγχάνεται ασύρματα, με μικρή εμβέλεια και η ενέργεια που χρειάζεται είναι συγκριτικά μεγαλύτερη με άλλα συστήματα επικοινωνίας και η χρήση ενοποίησης πεδίου δεν είναι μεγάλη. Η ασύρματη τεχνολογία ZigBee είναι μικρής εμβέλειας, με μικρό κόστος και δαπάνη ενέργειας ενώ η πολυπλοκότητα στην δικτύωση το καθιστά καταλληλότερο για την πιθανότητα απαίτησης μικρότερων ρυθμών στην μετάδοση δεδομένων. Επίσης, το RFID

χρησιμοποιείται ευρύτερα ως μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας που δεν είναι αναγκαίο να εφαρμόσει οπτική ή μηχανική επαφή μεταξύ του συστήματος αναγνώρισης και του καθορισμένου στόχου. Ορίζει τον στόχο μέσω του ασύρματου σήματος και ολοκληρώνει την κατανόηση και τη σύνταξη των σχετικών δεδομένων.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων τεχνολογία επικοινωνίας χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή και την κυκλοφορία των γεωργικών προϊόντων στην ευφυή γεωργία. Όλα τα είδη δεδομένων που λαμβάνονται από το δίκτυο αισθητήρων πρέπει να μεταδίδονται με διάφορες μεθόδους επικοινωνίας. Στη σύγχρονη βιομηχανία αναπαραγωγής, οι φορητές συσκευές που βασίζονται στην τεχνολογία Bluetooth χρησιμοποιούνται για τη συλλογή μεμονωμένων πληροφοριών όπως η ωορρηξία, η ασθένεια και η παραγωγή ζώων, έτσι ώστε οι κτηνοτρόφοι να μπορούν να τις αντιμετωπίσουν εγκαίρως. Η χρήση της τεχνολογίας RFID μπορεί να συλλέξει αυτόματα τις πληροφορίες αναπαραγωγής κάθε ζώου και να καθιερώσει το σύστημα αναγνώρισης των ζώων, το οποίο μπορεί να αφήσει πληροφορίες από την αναπαραγωγή στην επεξεργασία, να εξασφαλίσει την παραγωγή ασφάλειας τροφίμων και να υλοποιήσει την παρακολούθηση της ποιότητας και την ιχνηλασιμότητα των γεωργικών προϊόντων. Στη βιομηχανία φύτευσης, η τεχνολογία ZigBee χρησιμοποιείται για τη μετάδοση των πληροφοριών που συλλέγονται από κάθε κόμβο αισθητήρα, ο οποίος μπορεί να πραγματοποιήσει τις λειτουργίες της αυτόματης διαχείρισης των γεωργικών εκτάσεων, της ακριβούς μέτρησης και της ιχνηλασιμότητας των γεωργικών προϊόντων.

4.1 Πλεονεκτήματα χρήσης τεχνολογιών IoT

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του Διαδικτύου των πραγμάτων, εξετάζονται παρακάτω:

- Ενδυνάμωση της παραγωγής, διότι η άρδευση και οι ψεκασμοί πραγματοποιούνται όταν το συγκεκριμένο το φυτό έχει τις ανάγκες και όχι ημερολογιακά όταν πρέπει.
- Ενίσχυση της ποιότητας του προϊόντος, ειδικά σε καλλιέργειες που προϋποθέτουν μέγιστη ακρίβεια στην άρδευση κατά το τελικό στάδιο ωρίμανσης (πχ Αμπέλι).
- Η προστασία προς το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους, για παράδειγμα τους λιγότερους ψεκασμούς με φυτοφάρμακα και την ορθότερη χρήση του υδάτινου στοιχείου.
- Η εξοικονόμηση στον χρόνο που απαιτούν οι καλλιεργητικές διεργασίες διότι ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να γνωρίζει πότε είναι η ορθή στιγμή να ξεκινήσει το πότισμα ή η συγκομιδή.

- Ο καλλιεργητής έχει στην κατοχή του, μετρήσεις με ποικιλία υπολογισμένων μεγεθών, τη δυνατότητα επίβλεψης του μικροκλίματος σε ποικίλες θέσεις της καλλιέργειας και πρόσβαση σε ιστορικά στοιχεία.
- Τα δεδομένα των υπολογισμών είναι άμεσα προσιτά από κάθε γωνία του κόσμου, με την χρήση «έξυπνων» συσκευών (Εξυπνα κινητά τηλέφωνα, υπολογιστές, tablet).
- Η δυνατότητα να εξυπηρετήσουν στην παρατήρηση μεγάλων επιφανειών γης, διότι κάθε κόμβος καλύπτει απόσταση έως 2.5 χιλιομέτρων.
- Τα συστήματα τοποθετούνται χωρίς κόπο και με σχετικά ελάχιστο κόστος, ενώ αρκετά τροφοδοτούνται από μπαταρίες επαναφορτιζόμενες μέσω φωτοβολταϊκών πάνελ.

4.2 Χαρακτηριστικά του Διαδικτύου των Πραγμάτων.

Διασυνδεσιμότητα (Interconnectivity): Η κάθε συσκευή που συνδέεται στο δυαδίκτυο, μπορεί να έχει πρόσβαση σε ένα παγκόσμιο σύστημα πληροφορικής και επικοινωνιών.

Υπηρεσίες σχετιζόμενες με τα πράγματα (Things-related services): Το IoT έχει την ικανότητα να προσφέρει υπηρεσίες σχετικές με τα πράγματα μέσα στους περιορισμούς που μπορεί να ξεχωρίσουν τα πράγματα αυτά, όπως η ασφάλεια της ιδιωτικότητας και η σημασιολογική σύνδεση ανάμεσα των φυσικών και των σχετικών εικονικών πραγμάτων.

Ετερογένεια (Heterogeneity): Το IoT χαρακτηρίζεται από ετερογένεια, διότι οι συσκευές διακρίνονται από ποικιλία στο υλικό, την πλατφόρμα και το δίκτυο. Ωστόσο, από τη χρήση του IoT, όλες αυτές οι συσκευές έχουν την δυνατότητα να αλληλοεπιδρούν/επικοινωνούν και να χρησιμοποιούν υπηρεσίες μέσω διαφορετικών δικτύων.

Δυναμικές αλλαγές (dynamic changes): Η κατάσταση χρήσης των συσκευών έχει την ικανότητα να μετατραπεί δυναμικά, για παράδειγμα από «ενεργό» σε «απενεργοποιημένο» ή «αναμονή», από «συνδεδεμένο» σε «αποσυνδεδεμένο» κτλ. Επιπλέον, μπορεί να μετατραπεί με δυναμικό τρόπο και το νόμμο των διασυνδεδεμένων.

Τεράστια κλίμακα (enormous scale): Το συνολικό ποσό των συνδεδεμένων συσκευών, προβλέπεται να είναι αριθμητικά περισσότερο, από τον αριθμό των συσκευών που είναι σήμερα διασυνδεδεμένες στο διαδίκτυο. Οι επικοινωνίες που θα ενεργοποιούνται από πλευράς αντικειμένων, θα είναι βαρυσήμαντα περισσότερες, συγκριτικά με αυτές που θα ενεργοποιούνται από τους ανθρώπους.

Ασφάλεια (Safety): Ο Patel et al., 2016 στο άρθρο του *Building the web of knowledge with smart IOT applications* τονίζει πως η επωφελούμενη χρήση των ιδιοτήτων που προσφέρει το IoT, πρέπει να συνοδεύεται από ασφάλεια από τον χρήστη. Είναι σημαντικό να κατασκευαστεί το IoT με σχετικό τρόπο, ώστε να μην απειλείται η ασφάλεια προσωπικών δεδομένων, η αξιοπιστία των ανταλλασσόμενων δεδομένων και η ορθή λειτουργία των δικτύων.

Κεφάλαιο 5

5 Εφαρμογές νέων τεχνολογιών στην σπορά σε Ευρωπαϊκές χώρες

5.1 Ελλάδα

Οι Kalathas, et al. (2016) στην έρευνα τους *Σπορόφυτο με βάση το IoT: Μια μελέτη περίπτωσης*, συγκεντρώνουν σε ειδική πλατφόρμα πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με το σπορείο με αποτέλεσμα τη βοήθεια σε γεωπόνους και καλλιεργητές ώστε να γίνεται λήψη σωστών αποφάσεων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αναπαραγωγής σπόρων. Χρησιμοποιώντας τις βασικές αρχές της τεχνολογίας του Διαδικτύου και του Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων WSN, αναλύουν λεπτομερώς τα συστήματα της γεωργίας ακριβείας που βασίζονται στην τεχνολογία Internet of Things (IoT), ειδικά στην αρχιτεκτονική δικτύου, την αρχιτεκτονική υλικού και τον έλεγχο της διαδικασίας λογισμικού του συστήματος παρακολούθησης σπόρων ακριβείας. Η εφαρμογή του WSN στην παρακολούθηση των σπόρων (SM) θα βελτιστοποιήσει τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα, της υγρασίας του εδάφους, της χωρητικότητας του αέρα, της φωτεινότητας, ενώ θα ελαχιστοποιήσει το χρόνο αναπαραγωγής σπόρων και θα μεγιστοποιήσει επίσης τον αριθμό των σπόρων που είναι έτοιμα για μεταμόσχευση. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες που βασίζονται σε επαφή και υπολογίζουν, τη θερμοκρασία-υγρασία του αέρα (DHT 22) και τη θερμοκρασία-υγρασία του εδάφους (SHT10). Όλα αυτά τα μέτρα συγκρίνονται με έναν επιπλέον αισθητήρα θερμοκρασίας χώρου (TMP 100) για να υπάρχει ακρίβεια στις μετρήσεις. Ο αυτοματισμός και οι μετρήσεις ελέγχονται από ένα Arduino UNO που ελέγχει τη θερμότητα από τις σφραγίδες θερμότητας.

Έγινε χρήση 49 σπόρων τομάτας μέσα στο ελεγχόμενο σπορείο και 49 σπόρων τομάτας σε εσωτερικούς χώρους για να συγκριθεί η διαδικασία αναπαραγωγής. Οι σπόροι ντομάτας απαιτούν ένα περιβάλλον με θερμοκρασία αέρα μεταξύ 24°C και 27°C και υγρασία αέρα μεταξύ 60% και 70%. Διαπιστώθηκε ότι η αναπαραγωγή των σπόρων ντομάτας που βρίσκονταν στο ελεγχόμενο σπορείο ήταν ταχύτερη κατά 7 ημέρες από τους σπόρους ντομάτας που βρίσκονταν στις εσωτερικές συνθήκες. Το πρόγραμμα εξετάζει τις αρχικές τιμές θερμοκρασίας και την υγρασίας και αν αυτές οι τιμές είναι επιθυμητές περιμένει μέχρι να υπάρξει αλλαγή. Σε περίπτωση που η θερμοκρασία είναι χαμηλή ενεργοποιεί τη σφραγίδα θερμότητας και αν η υγρασία είναι υψηλή ξεκινά το

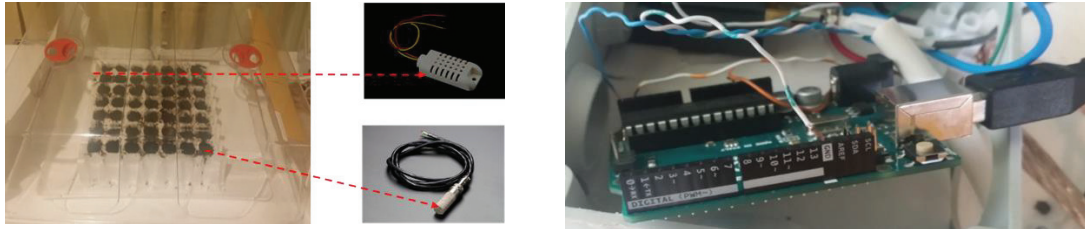
κύκλωμα του ανεμιστήρα. Η διαδικασία αναπαραγωγής των σπόρων τομάτας στο ελεγχόμενο σπορείο και εκείνων στις εσωτερικές συνθήκες που προβλεπόταν εμφανίζονται στις παρακάτω εικόνες.



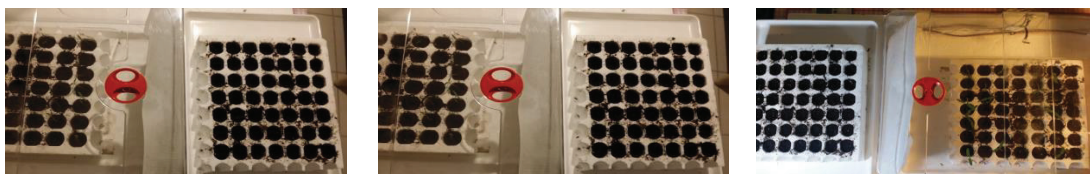
Κατασκευή με σφραγίδες θέρμανσης (12V- Αισθητήρας θερμοκρασίας (Tmp 100) 35 Watt).

Στην πρώτη εικόνα φαίνονται τα μέρη όπου είναι εγκατεστημένη η σφραγίδα θερμότητας μέσα στο ελεγχόμενο σπορείο. Έχουν εγκατασταθεί σε απόσταση 10 cm μακριά από τους σπόρους, προκειμένου να μην προκαλέσουν υπερθέρμανση και τελικά να σταματήσουν τη διαδικασία.

Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζονται η υγρασία, αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας εδάφους στο εσωτερικό του ελεγχόμενου σπορείου. Τα βέλη δείχνουν την ακριβή θέση όλων των αισθητήρων.



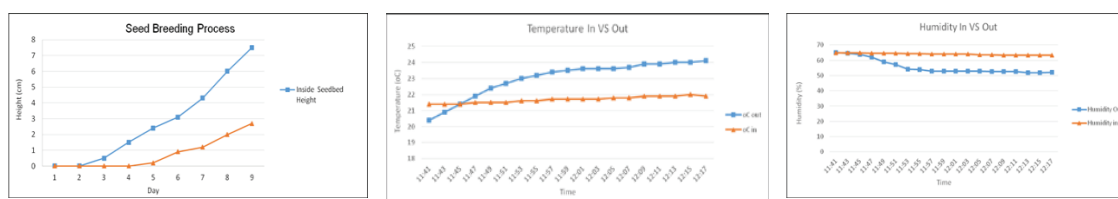
Θέσεις αισθητήρα αέρα υγρασίας- Σύστημα ελέγχου αυτοματισμού θερμοκρασίας DHT 22 & αισθητήρας (Arduino UNO) μαζί με τις συνδέσεις θερμοκρασίας/υγρασίας SHT10 καλωδίωσης.



Ημέρα 1: Σπόροι τομάτας Ημέρα 6: Σπόροι τομάτας Ημέρα 9: Σπόροι τομάτας
στο εσωτερικό του ελεγχόμενου στο εσωτερικό του ελεγχόμενου στο εσωτερικό του
ελεγχόμενου σπορείου ελεγχόμενου σπορείου ελεγχόμενου σπορείου
(αριστερή πλευρά) και (αριστερή πλευρά) και (δεξιά πλευρά) και σπόροι
σπόροι τομάτας σε σπόροι τομάτας σε ντομάτας σε εσωτερικούς
εσωτερικές κλιματικές εσωτερικές συνθήκες και χώρους με διάτρητο
συνθήκες (δεξιά πλευρά). διάτρητοι (δεξιά πλευρά). (αριστερή πλευρά).

Η έρευνα είχε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Το διάγραμμα Α δείχνει τους σπόρους ντομάτας που ανατρέφονται μέσα σε ένα ελεγχόμενο σπορείο σε αντίθεση με τους σπόρους ντομάτας που ανατρέφονται σε εσωτερικούς χώρους. Μετά την ένατη ημέρα τα φυτά είναι έτοιμα για μεταμόσχευση..



Διάγραμμα αναπαραγωγής σπόρων μέσα στο ελεγχόμενο σπορείο και σε εσωτερικές συνθήκες. Διάγραμμα απεικόνισης της σταθερότητας της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του ελεγχόμενου σπορείου και τη θερμοκρασία σε εσωτερικές συνθήκες. Διάγραμμα υγρασίας που διατηρείται στο εσωτερικό του ελεγχόμενου σπορείου και την υγρασία που υπάρχει σε εσωτερικές συνθήκες.

Από την άλλη, παρατηρήθηκε ότι η πλειοψηφία των σπόρων ντομάτας που έμειναν σε εσωτερικές συνθήκες (Εικόνα 7) δεν αυξήθηκαν καθόλου και οι υπόλοιποι ήταν 7 ημέρες πίσω σε ύψος, σε αντίθεση με εκείνους που αυξήθηκαν στο ελεγχόμενο σπορείο με ελεγχόμενη θερμοκρασία, υγρασία αέρα και εδάφους. Τα διαγράμματα Β και Γ δείχνουν ότι η σταθερότητα των συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας μαζί με την κατάλληλη υγρασία του εδάφους των ελεγχόμενων σπόρων ντομάτας, αποδείχθηκαν αποδοτικές για ταχύτερη αναπαραγωγή. Τα διαγράμματα Β και Γ δείχνουν επίσης ότι οι εσωτερικές κλιματικές συνθήκες ήταν λιγότερο κατάλληλες για την ανάπτυξη των σπόρων τομάτας σε σύγκριση με τις ελεγχόμενες συνθήκες σποράς

5.2 Γερμανία

Η Fendt έχει αναπτύξει ένα ρομποτικό MARS (Mobile Agricultural Robot Swarms), όπως παρατηρείται στην παραπάνω εικόνα, το οποίο υποβάλλεται σε δοκιμές πεδίου.

Ο στόχος του συστήματος MARS είναι ο ακριβής σχεδιασμός, έλεγχος και τεκμηρίωση της σποράς αραβοσίτου χρησιμοποιώντας ολοκληρωμένες ρομποτικές μονάδες που χρησιμοποιούν τεχνολογίες cloud.



Mobile Agricultural Robot Swarms

Ένα σημαντικό στοιχείο του έργου MARS είναι ένα σύστημα ελέγχου υψηλής τεχνολογίας για τη χρήση της ρομποτικής. Έτσι, το σύστημα περιλαμβάνει, για παράδειγμα, 6 έως 12 μονάδες και η παραγωγικότητα ανά μονάδα επιφάνειας φτάνει το 1 εκτάριο / ώρα. Κάθε ρομπότ συνδέεται συνεχώς με το κέντρο ελέγχου. Σε αυτήν την περίπτωση, η ανάμειξη ποικιλιών είναι δυνατή απευθείας στο χωράφι, καθώς κάθε ρομπότ μπορεί να γεμίσει με διαφορετικό τύπο υλικού σπόρου.

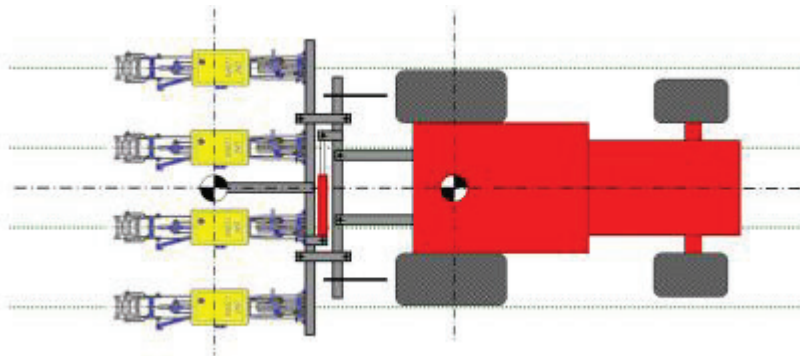
«Νομίζω ότι είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτό δεν είναι μόνο μια ρομποτική λύση, αλλά πλήρως ενσωματωμένη στη ροή εργασίας και τις ανάγκες της γεωργίας», καταλήγει ο καθηγητής Christian Schlegel από το Hochschule Ulm της Γερμανίας..

5.3 Δανία

Τα συμβατικά πρότυπα σποράς έχουν κάποια μειονεκτήματα για τα φυτά καλλιέργειας, κυρίως λόγω της ανομοιόμορφης χωρικής κατανομής χρησιμοποιούν μη βέλτιστο χώρο, θρεπτικά συστατικά και νερό, έχουν χαμηλή ικανότητα καταστολής των ζιζανίων και είναι γενικά δύσκολο να αντιμετωπιστούν μεμονωμένα. Οι ηλεκτρικοί stepper κινητήρες έχουν τοποθετηθεί εκ νέου σε μια σπαρτική μηχανή ακριβείας για τα ζαχαρότευτλα ώστε να επιτευχθεί ακριβής έλεγχος των μηχανισμών σποράς και, ως εκ τούτου, να είναι σε θέση να δημιουργηθεί ένα τακτικό σχέδιο σποράς. Έχουν διεξαχθεί εργαστηριακές

δοκιμές για τον έλεγχο της ακρίβειας των σπόρων προς σπορά καθώς και την ομοιογένεια γραμμών. Η καθορισμένη και απαιτούμενη ακρίβεια έχει επιτευχθεί για τη σπορά ζαχαρότευτλων.

Συμπληρωματικά, μια σπαρτική μηχανή ακριβείας για ζαχαρότευτλα με ηλεκτρική κίνηση έχει αναπτυχθεί από την ερευνητική ομάδα (Environment, Resources and Technology) στην KVL της Δανίας. Οι ηλεκτρικοί stepper κινητήρες οδηγούν και ελέγχουν τους δίσκους μέτρησης της μηχανής με υψηλή ακρίβεια. Λόγω του ηλεκτρονικού ελέγχου, η θέση των δίσκων είναι πάντα γνωστή και μπορεί επομένως να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των σημείων πτώσης των σπόρων και, ως εκ τούτου, της τοποθέτησης των σπόρων και του συγχρονισμού μεταξύ των γραμμών εντός του πλάτους εργασίας του μηχανήματος.



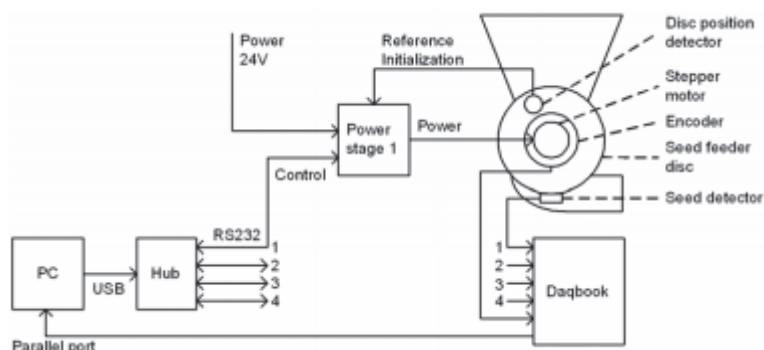
Αρχή συστήματος ενός σπαρτικού πλέγματος τοποθετημένο σε αυτόνομο ελκυστήρα.

Διαδικασία προετοιμασίας

Για να διασφαλιστεί ότι οι μονάδες ρίχνουν τους σπόρους ταυτόχρονα, οι ελεγκτές πρέπει να αναγνωρίζουν τη θέση κάθε δίσκου. Ένας οπτικός ανιχνευτής θέσης δίσκων χρησιμοποιήθηκε για να βρείτε ένα συνημμένο σημάδι μέσα σε κάθε δίσκο. Το σήμα τοποθετήθηκε προσεκτικά στο ίδιο θέση σε κάθε δίσκο. Οι αισθητήρες προετοιμασίας συνδέονται απευθείας με τα στάδια ισχύος. Το προκαθορισμένο λογισμικό του ελεγκτή χρησιμοποιήθηκε πριν από κάθε έναρξη δοκιμής για να τοποθετηθούν όλοι οι δίσκοι με τον ίδιο τρόπο. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται προετοιμασία ή αναφορά.

Στόχος του συστήματος μέτρησης ήταν η λήψη δεδομένων σχετικά με τους χρόνους ταχύτητα των δίσκων. Οι χρόνοι απόστασης σπόρων καταγράφηκαν από τους αισθητήρες ανίχνευσης σπόρων και η ταχύτητα του δίσκου μετρήθηκε χρησιμοποιώντας έναν επιπλέον κωδικοποιητή συνδεδεμένο σε έναν δίσκο. Για την καταγραφή δεδομένων, ένα σύστημα απόκτησης (DAQBOOK) συνδέθηκε με παράλληλη θύρα. Μια εφαρμογή υπολογιστή (DAISYLAB) χρησιμοποιήθηκε για τον προγραμματισμό της εγκατάστασης

καταγραφής. Ένα σχήμα του συστήματος εργαστηριακών δοκιμών παρουσιάζεται στην εικόνα2.



Συστήματος εργαστηριακών δοκιμών.

Σχέδιο αξιολόγησης για ομοιόμορφη απόσταση των σπόρων για εργαστηριακές δοκιμές ζαχαρότευτλων από σπαρτικές μηχανές ακριβείας (Anon., 1998).

Τυπικές αποκλίσεις απόστασης σποράς mm	Εκτίμηση
<5	Άριστο
<10	Καλό
<15	Αποδεκτό
<20	Επαρκής
>20	Μη επαρκή

Επιπλέον, θα χρησιμοποιηθεί χαρτογράφηση σπόρων προς σπορά προηγούμενου περάσματος ως αναφορά για τις τοποθετήσεις σπόρων της τρέχουσας λειτουργίας για τον συγχρονισμό μεταξύ τους. Η χαρτογράφηση σπόρων έχει διεξαχθεί με επιτυχία με τη χρήση υψηλής ακρίβειας RTK Συστήματα GPS (Griepentrog et al., 2005).

Ανάλυση απόστασης σπόρου για δύο ταχύτητες προς τα εμπρός και τέσσερις μονάδες σποράς.

Το πρώτο βήμα του σχεδιασμού μίας σπαρτικής μηχανής ακριβείας για ακριβή σπορά πλέγματος έχει πραγματοποιηθεί με την επίτευξη καλής έως άριστης ακρίβειας απόστασης σπόρων και ο επαρκής συγχρονισμός μεταξύ των τεσσάρων γραμμών σποράς. Το επόμενο βήμα θα είναι η δημιουργία ελεγκτή για τη διαχείριση της εγκάρσιας επικάλυψης (πλευρική μετατόπιση) και ο εγκάρσιος συγχρονισμός μεταξύ των περασμάτων λειτουργίας ενός πεδίου. Τα προγραμματισμένα πειράματα πεδίου θα δείχνουν την ακρίβεια των μοτίβων των φυτών καλλιέργειας που σπέρνονται από την σπαρτική μηχανή.

Μονάδες σποράς	Εμπρόσθια ταχύτητα m/s	Ταχύτητα κινητήρα Hz	n	Μέσος όρος mm	Τυπικές αποκλίσεις απόστασης σποράς mm	Συμπλήρωση κέλυφος %
1	0.597	6000	306	239.08	6.41	99.3
2	0.597	6000	292	238.89	4.07	94.2
3	0.597	6000	305	239.07	7.02	98.7
4	0.597	6000	270	238.90	5.30	87.4
1	0.398	4000	311	238.91	2.18	99.7
2	0.398	4000	285	238.89	2.12	92.3
3	0.398	4000	303	238.91	2.41	97.0
4	0.398	4000	276	238.12	2.71	87.3

5.4 Ιταλία

Η δοκιμή πραγματοποιήθηκε στο πειραματικό αγρόκτημα του CREA-IT, που βρίσκεται στο δήμο Monterotondo (Ρώμη). Το πειραματικό πεδίο ήταν μια επίπεδη ομοιογενής έκταση εδάφους 5 εκταρίων. Οι σπόροι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν *Triticum durum Desf.* ποικιλία Platone, ενώ το σύστημα σποράς έγινε από ένα τρακτέρ, το New Holland mod. T7.185 (Νέα Ολλανδία, ΡΑ, ΗΠΑ) τυποποιημένο μεταξόνιο, μετατόπιση 6728 cm³ και δύναμη 138 kW, και από μια μηχανή σποράς, Kneveland mod. DL, με πλάτος εργασίας 4 m και 32 λειτουργικές γραμμές σποράς.

Ο πειραματικός σχεδιασμός πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη σύγκριση δύο επεξεργασιών, δηλαδή ημιαυτόματης καθοδήγησης (SG) και χειροκίνητης καθοδήγησης (MG), που αναπαράγονται τρεις φορές, με ένα αντίγραφο να αντιπροσωπεύεται από 10 περάσματα του ελκυστήρα στο πεδίο (10 σειρές) που καλύπτουν επιφάνεια 0,8 εκταρίων. Η επιφάνεια αυτή ανά αντίγραφα αξιολογήθηκε μετρώντας το πλάτος εργασίας των μηχανών και το μήκος του πεδίου. Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν εξήντα περάσματα ελκυστήρα (60 σειρές), 30 σε SG (τρία αντίγραφα) και 30 σε MG (τρία αντίγραφα). Για πρακτικούς λόγους, λαμβάνεται υπόψη η ομοιογένεια του πεδίου, από τα αντίγραφα των SG και MG που εκτελέστηκαν διαδοχικά και όχι σε τυχαίοποιημένο σχήμα.



Ελκυστήρας με τεχνολογία IntelliSteer και Σταθμός βάσης RTK
εξοπλισμένο με μηχανή σποράς

Ρύθμιση μηχανής

Πριν από τη σπορά, έγιναν ρυθμίσεις μηχανής τόσο στον ελκυστήρα όσο και στην μηχανή σποράς, ώστε να ικανοποιούνται τα επιθυμητά αποτελέσματα όσον αφορά την ευθυγράμμιση του μηχανήματος (ελκυστήρας) και τη διανομή ποσότητας σπόρων (σπαρτική). Στα SG, και ιδιαίτερα στη σπορά, η ακριβής ρύθμιση ορισμένων παραμέτρων στον ελκυστήρα είναι πολύ σημαντική προκειμένου να αποφευχθούν ελαττώματα, όπως η επικάλυψη πεδίου παραγωγής ή οι κενές λωρίδες. Από την άποψη αυτή, το πλάτος εργασίας του μηχανήματος και η αποκέντρωση του μηχανήματος, όσον αφορά τον κεντρικό άξονα του ελκυστήρα, ήταν οι κύριες παράμετροι που εξετάστηκαν. Αυτά αξιολογήθηκαν μέσω μιας εικονικής σποράς, που πραγματοποιήθηκε την ημέρα πριν από τη δοκιμή σε άλλο τομέα. Κατά τη διάρκεια των επιτόπιων δοκιμών, κατά τη ρύθμιση του σταθμού βάσης RTK, ενεργοποιήθηκε ημιαυτόματη καθοδήγηση, καταγράφοντας μια γραμμική τροχιά στο πεδίο μέσω του εικονικού τερματικού IntelliView IV. Το λογισμικό στο εικονικό τερματικό προσαρμόσε αυτόματα την τροχιά, δημιουργώντας παράλληλες γραμμικές γραμμές, ακόμη και αν το πέρασμα A-B δεν ήταν ακριβώς γραμμικό. Οι γραμμές που δημιουργήθηκαν αντιπροσώπευαν τα περάσματα που ακολούθησε αυτόματα ο ελκυστήρας στα SG. Για τον κανονισμό σποράς, εφαρμόστηκαν μηχανικές προσαρμογές για να εξασφαλιστεί μια πτώση σπόρων που περιλαμβάνεται σε ένα εύρος μεταξύ 210 και 230 kg ha⁻¹.

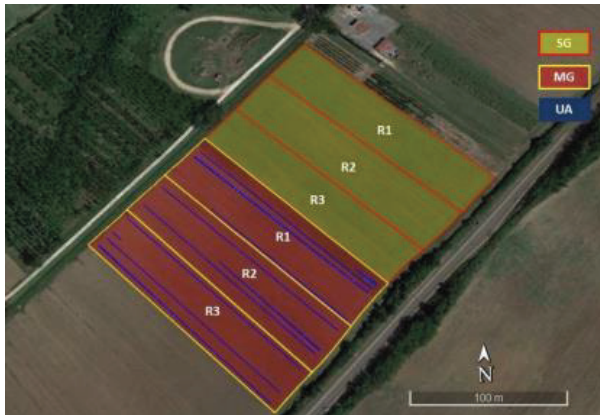


A) Ημι-αυτόνομη καθοδήγηση SG

B) Χειροκίνητη καθοδήγηση MG

Αξιολόγηση των σπόρων

Για τη σύγκριση της προσφοράς σπόρων που χρησιμοποιούνται σε SG και MG, η ακριβής ποσότητα σπόρων που διανεμήθηκε για κάθε ρεπλίκα ποσοτικοποιήθηκε. Πριν από την έναρξη κάθε αναπαραγωγής, ένα μετρημένο βάρος σπόρων (200 kg) φορτώθηκε στη δεξαμενή σπόρων και χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση της λειτουργίας.



Μη σπαρμένες περιοχές (UA) που προσδιορίζονται στην καθοδήγηση MG, ενώ δεν υπάρχουν στην καθοδήγηση SG.

Στο τέλος κάθε επανάληψης, οι υπολειμματικοί σπόροι στη δεξαμενή εκφορτώθηκαν σε ένα πλαστικό καλάθι και ζυγίστηκαν χρησιμοποιώντας ένα δυναμόμετρο Kern mod. CH 50K100 ($d = 0,1$). Συνεπώς, η ακριβής ποσότητα σπόρων προς σπορά για κάθε αντίγραφο καθορίστηκε από τη διαφορά. Η δεξαμενή σπόρων ήταν πάντα φορτωμένη με σπόρους 200 kg, προκειμένου να έχει αρκετή προσφορά σε κάθε περίπτωση, λαμβάνοντας υπόψη κάθε διάσταση αναπαραγωγής (0,8 εκτάρια) και τις ρυθμίσεις κατανομής του σπαρτικού ($210-230 \text{ kg ha}^{-1}$). Στο τέλος κάθε ρεπλίκας, τοποθετήθηκαν διαφορετικές πικετοφορίες κατά μήκος των ορίων για να σηματοδοτήσουν και να ποσοτικοποιήσουν διαδοχικά την ακριβή περιοχή που σπέρνεται. Τέλος, η ακριβής ποσότητα των σπόρων που

χρησιμοποιήθηκαν και η ακριβής έκταση που σπέρνεται εντοπίστηκαν για κάθε αντίγραφο.

Τα αποτελέσματα της SG, παρουσιάζουν ακρίβεια στην τοποθέτηση 1cm και οριζόντια ακρίβεια κοντά στο 95%. Η «ψεύτικη» σπορά, που πραγματοποιήθηκε κατά την ανάλυση πριν από τον έλεγχο, εμφάνισε την απουσία αποκέντρωσης του μηχανήματος σε σχέση με τον κεντρικό άξονα του ελκυστήρα, αλλά αποκάλυψε πραγματικό πλάτος εργασίας 3,95 m — περίπου 5 cm μικρότερο από το πλάτος εργασίας που δήλωσε ο παραγωγός. Οι περιοχές που δεν είχαν σπαρθεί ήταν συνολικά 0,029 εκτάρια, οι οποίες εντοπίστηκαν μόνο στα αντίγραφα της MG, όπως φαίνεται στην εικόνα.

Τόσο η ανάλυση βασικών συστατικών (PCA) όσο και η ανάλυση της διακύμανσης έδειξαν την παρουσία σημαντικών διαφορών μεταξύ των δύο συστημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τους σπόρους που χρησιμοποιούνται ανά μονάδα επιφάνειας, γεγονός που δείχνει ότι η SG επέτρεψε αποτελεσματικά τη μείωση της ποσότητας των σπόρων που χρησιμοποιήθηκαν σε 6,4 kg ha⁻¹ κατά μέσο. Ως εκ τούτου, η ποσότητα των σπόρων που χρησιμοποιούνται στα SG, ήταν κατά 2,73% χαμηλότερη από την MG, με αποτέλεσμα καθαρή εξοικονόμηση €3,71 ha⁻¹ (σύμφωνα με την τιμή αγοράς των σπόρων σίτου).

Συμπεράσματα

Η υιοθέτηση της Ευφυής Γεωργίας σε συνδυασμό με τον τεχνολογικό εξοπλισμό της Γεωργίας Ακριβείας και το Διαδίκτυο των πραγμάτων, ενισχύει τον γεωργικό τομέα καθώς έχει την δυνατότητα να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της αγοράς με αύξηση της απόδοσης αλλά και την βέλτιστη ποιότητα στα προϊόντα. Επιπλέον, με τα συστήματα αυτοματισμού, τα συστήματα ελέγχου και τον τεχνολογικό εξοπλισμό, επιτυγχάνεται ο ακριβής έλεγχος και η συνεχή παρακολούθηση της παραγωγής από το αρχικό στάδιο σποράς έως και την στιγμή της συγκομιδής με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με την μείωση των εισροών. Συμπερασματικά, η εξέλιξη της τεχνολογίας δεν επηρεάζει θετικά μόνο τον τομέα της γεωργίας και του περιβάλλοντος, αλλά και τον κοινωνικό, διότι η τεχνολογία βρίσκεται στην καθημερινότητα των ανθρώπων και την αναβαθμίζει προσφέροντας την τεχνογνωσία.

Βιβλιογραφία

- Anonymous, 1998. DLG-Prüfrahmen für Einzelkornsämaschinen. (DLG-Test rules and Arduino and Soil Moisture Sensor -Interfacing Tutorial – circuits today
- Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision support systems*, 54(1), 510-520.
- Auernhammer, H. (2001). Precision farming—the environmental challenge. *Computers and electronics in agriculture*, 30(1-3), 31-43.
- Barmpoutis, P., Papaioannou, P., Dimitropoulos, K., & Grammalidis, N. (2020). A Review on Early Forest Fire Detection Systems Using Optical Remote Sensing. *Sensors*, 20(22), 6442.
- Blackmore, S. (1994). Precision farming: an introduction. *Outlook on agriculture*, 23(4), 275-280.
- Brodth, S., Six, J., Feenstra, G., Ingels, C., & Campbell, D. (2011). Sustainable agriculture. *Nat. Educ. Knowl*, 3(1).
- Burrough, P., & McDonnell, R. (1998). Spatial information systems and geostatistics. P. Burrough, & R. McDonnell, *Principles of Geographical Information Systems*, 333.
- Chouhan, S. S., Singh, U. P., & Jain, S. (2020). Applications of computer vision in plant pathology: a survey. *Archives of computational methods in engineering*, 27(2), 611-632.
- Den Herder, G., Van Isterdael, G., Beeckman, T., & De Smet, I. (2010). The roots of a new green revolution. *Trends in plant science*, 15(11), 600-607.
- ElMasry, G., Mandour, N., Al-Rejaie, S., Belin, E., & Rousseau, D. (2019). Recent applications of multispectral imaging in seed phenotyping and quality monitoring—An overview. *Sensors*, 19(5), 1090.
- Franco, J. D., Ramirez-delReal, T. A., Villanueva, D., Gárate-García, A., & Armenta-Medina, D. (2020). Monitoring of *Ocimum basilicum* seeds growth with image processing and fuzzy logic techniques based on Cloudino-IoT and FIWARE platforms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 173, 105389.
- Gemtos, T.A., Fountas, S., Blackmore, S. and Greipentrog, H.W., 2002. Precision farming experience in Europe and the Greek potential. HAICTA Conference, Athens, June 2002

- Griepentrog, H. W., Nørremark, M., & Nielsen, J. (2006, September). Autonomous intra-row rotor weeding based on GPS. In Proceedings of the CIGR World Congress Agricultural Engineering for a Better World, Bonn, Germany (Vol. 37, p. 17).
- Griepentrog, H. W., Skou, P. T., Soriano, J. F., & Blackmore, B. S. (2005). Design of a seeder to achieve highly uniform sowing patterns. In Proc. 5th European conference on Precision Agriculture (pp. 675-682).
- Gyrard, A., Patel, P., Sheth, A. P., & Serrano, M. (2016). Building the web of knowledge with smart iot applications. *IEEE Intelligent Systems*, 31(5), 83..
- Jaisankar, S., Nalini, P., & Rubigha, K. K. (2020, October). A Study on IoT based Low-Cost Smart Kit for Coconut Farm Management. In *2020 Fourth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)(I-SMAC)* (pp. 161-165). IEEE.
- Jensen, J. R. (1996). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective* (No. Ed. 2). Prentice-Hall Inc..
- Kalathas, J., Bandekas, D. V., Kosmidis, A., & Kanakaris, V. (2016). Seedbed based on IoT: A Case Study. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 9(2).
- Kalentzi, E., Batzios, C., & Salampasis, M. (2002). Scenario Based Decision Making in the Broiler Industry Using the BRODESSYS Decision Support System. In 1st Conference of HAICTA, Athens.
- Lakhiar, I. A., Jianmin, G., Syed, T. N., Chandio, F. A., Buttar, N. A., & Qureshi, W. A. (2018). Monitoring and control systems in agriculture using intelligent sensor techniques: A review of the aeroponic system. *Journal of Sensors*, 2018.
- Liaghat, S., & Balasundram, S. K. (2010). A review: The role of remote sensing in precision agriculture. *American journal of agricultural and biological sciences*, 5(1), 50-55.
- Linsley, C. M., & Bauer, F. C. (1929). Test your soil for acidity. Circular, University of Illinois, Agricultural Experiment Station; no. 346.
- Liu, Q., Yan, Q., Tian, J., & Yuan, K. (2021). Key Technologies and Applications In Intelligent Agriculture. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1757, No. 1, p. 012059). IOP Publishing.
- Louis, L. (2016). working principle of Arduino and u sing it. *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems (IJCACS)*, 1(2), 21-29.

MARS: Robot system for planting and accurate documentation- Fendt

Melillo, E. D. (2012). The first green revolution: Debt peonage and the making of the nitrogen fertilizer trade, 1840–1930. *The American Historical Review*, 117(4), 1028-1060.

New Technologies in Precision Agriculture-Routledge

Robert, P. C. (2002). Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management. In *Progress in Plant Nutrition: Plenary Lectures of the XIV International Plant Nutrition Colloquium* (pp. 143-149). Springer, Dordrecht.

Scarfone, A., Picchio, R., del Giudice, A., Latterini, F., Mattei, P., Santangelo, E., & Assirelli, A. (2021). Semi-Automatic Guidance vs. Manual Guidance in Agriculture: A Comparison of Work Performance in Wheat Sowing. *Electronics*, 10(7), 825.

Schellberg, J., Hill, M. J., Gerhards, R., Rothmund, M., & Braun, M. (2008). Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives and constraints. *European Journal of Agronomy*, 29(2-3), 59-71.

Shadrin, D., Menshchikov, A., Ermilov, D., & Somov, A. (2019). Designing future precision agriculture: Detection of seeds germination using artificial intelligence on a low-power embedded system. *IEEE Sensors Journal*, 19(23), 11573-11582.

Sood, K., Singh, S., Rana, R. S., Rana, A., Kalia, V., & Kaushal, A. (2015, October). Application of GIS in precision agriculture. In Paper presented as lead lecture in national seminar on “Precision farming technologies for high Himalayas (pp. 04-05).

Tzionas, P., Ioannidou, I. A., & Paraskevopoulos, S. (2004). A hierarchical fuzzy decision support system for the environmental rehabilitation of Lake Koronia, Greece. *Environmental Management*, 34(2), 245-260.

Use of GPS Mapping in Precision Agriculture -Farmnxt

Van Zanden, J. L. (1991). The first green revolution: the growth of production and productivity in European agriculture, 1870-1914. *Economic History Review*, 215-239.

Venkataratnam, L. (2002). Remote sensing and GIS in agricultural resources management. In *Proceedings of the First National Conference on Agri-Informatics (NCAI)*, Dharwad, India, 3-4 June 2001 (pp. 20-29). Indian Society of Agricultural Information Technology (INSAIT).

- W. Bihlmayr, Application Note 313. Subject to Modifications, pp. 2–14, 2011
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—a review. *Agricultural systems*, 153, 69-80.
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision agriculture*, 13(6), 693-712.
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision agriculture*, 13(6), 693-712.
- Αμπατζίδης, Κ. (2019). Οι αντιλήψεις των Ελλήνων γεωργών για την Ευφυής γεωργία.
- Ευαγγέλου, Ε. Δ., & Τσαντήλας, Χ. Δ. (2011). Γεωργία ακριβείας: το μελλοντικό σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων, πρόγραμμα HYDROSENSE μία ερευνητική προσπάθεια στον ελληνικό χώρο.
- Θεοδορακόπουλος, Λ. Α., & Καγκάνης, Α. Α. (2016). Το διαδίκτυο των πραγμάτων (internet of things–IoT) και οι εφαρμογές του.
- Καραγιάννης, Κ., & Κοτσορώνης, Β. (2021). Εφαρμογές του Internet of Things στην «Ευφυής γεωργία».
- Καραγιάννης, Κ., & Κοτσορώνης, Β. (2021). Εφαρμογές του Internet of Things στην «έξυπνη γεωργία».
- Μπάτζιος, Χ., Σαμαθρακής, Β., & Σαλαμπάσης, Μ. (2006). Διεξόδυση των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών στην ελληνική γεωργία. *Καινοτόμες Εφαρμογές της Πληροφορικής στον Αγροτικό Τομέα και στο Περιβάλλον*, τ. 2.
- Σπανός, Σ. (2019). Κατασκευή συστήματος καλλιέργειας ακριβείας (Doctoral dissertation).
- Τράγος, Ν. (2020). Συστήματα διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) με έμφαση σε εφαρμογές έξυπνων σπιτιών και γεωργίας ακριβείας.
- Φουντάς, Σ., & Γέμτος, Θ. (2015). Γεωργία ακριβείας.
https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2671/1/02_chapter_1.pdf
<https://www.smart-akis.com/index.php/network/smart-akis/>