



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Θέμα: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (PATs)**



*Χαραλαμποπούλου Μαρία Α.Μ. 12424*

*Ιωαννίδου Γαβριέλα Α.Μ. 12176*

*Επιβλέπων Καθηγητής: Καυγά Αγγελική*

Αμαλιάδα 2021

### **Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης**

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας και δηλώνω ότι αυτή προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά και αποκλειστικά και αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής άλλης πνευματικής ιδιοκτησίας.

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ - ΙΩΑΝΝΙΔΟΥ ΓΑΒΡΙΕΛΑ

## Περιεχόμενα

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>3</b>
<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>	<b>5</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>7</b>
ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	9
ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΕΣ	10
<i>Παγκόσμια Συστήματα Καθορισμού/Εντοπισμού Θέσης (GPS)</i>	11
<i>Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS)</i>	12
<i>Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT)</i>	12
<i>Συστήματα παρακολούθησης αποδόσεων (YieldMonitoringSystem)</i>	13
<i>Τηλεπισκόπηση</i>	14
<i>Αισθητήρες καλλιέργειών και εδάφους</i>	14
<i>Αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης</i>	15
<i>Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)</i>	15
<b>ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΕΩΣ (GPS/GNSS)</b>	<b>18</b>
<b>ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ GIS (GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM)</b>	<b>19</b>
ΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ GIS:	20
Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ GIS ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	20
<b>ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ</b>	<b>21</b>
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	22
<b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ (VRA Η VRT)</b>	<b>28</b>
<b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ (YIELDMONITORINGSYSTEM)</b>	<b>30</b>
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	30
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΠΟΡΟΥ	31
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	31
ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΣΗΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΘΕΡΙΣΜΟΥ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ	31
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΜΕ ΘΘΟΝΗ	31
ΔΕΚΤΗ GPS	31
ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ	32
ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	32
<b>ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ</b>	<b>32</b>
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ	33
<i>Παθητικοί αισθητήρες</i>	33

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

<i>Ενεργοί αισθητήρες</i>	34
ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ	35
<b>ΜΗ ΕΠΙΧΑΡΩΜΕΝΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ (DRONES)</b>	<b>36</b>
ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ DRONE	37
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ DRONES ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	38
<i>Ανάλυση Εδάφους</i>	38
<i>Φύτευση</i>	38
<i>Ψεκασμοί</i>	38
<i>Παρακολούθηση καλλιεργειών</i>	39
<i>Άρδευση</i>	39
<b>ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ</b>	<b>40</b>
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΣΠΟΡΑΣ	40
ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΤΗΣ ΣΠΟΡΑΣ	41
ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΤΗΣ ΣΠΟΡΑΣ	42
ΑΥΤΟΝΟΜΟΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ ΗΑΚΟ	42
<b>ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΕΛΑΦΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ</b>	<b>42</b>
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	43
<b>ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</b>	<b>47</b>
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “HYDROSENSE”	47
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ECO-PEST	47
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “FUTUREFARM”	47
<b>ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ</b>	<b>48</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>51</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>53</b>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το επάγγελμα του αγρότη κατέχει ηγετική θέση στην Ελλάδα από τα αρχαία ακόμη χρόνια. Η Ελλάδα είναι μια χώρα με έντονο γεωγραφικό πλούτο άρα και με έντονο πλούτο παραγωγής προϊόντων. Το βασικότερο και σπουδαιότερο αγαθό που παράγει και εξάγει είναι το ελαιόλαδο, στη συνέχεια ακολουθούν λαχανικά και φρούτα.

Ο γεωργός έχει υποχρέωση να φροντίζει τον αγρό του με τη χρήση νερού, σπόρων, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, με αυτόν τον τρόπο θα επιτύχει το καλύτερο αποτέλεσμα και την καλύτερη ποιότητα των προϊόντων που παράγει. Το πρόβλημα αρχίζει όταν τα έξοδα είναι πιο πολλά από τα έσοδα, όταν η μόλυνση του περιβάλλοντος αυξάνεται, όταν η παραγωγή μειώνεται ή όταν γίνεται άσκοπη σπατάλη των προαναφερθέντων.

Αυτό το ζήτημα προσπαθεί να αντιμετωπίσει η μέθοδος της Γεωργίας Ακριβείας. Με τη μέθοδο αυτή ο σύγχρονος γεωργός μπορεί να χειρίζεται από απόσταση τους αγρούς του, να ελέγχει ανά πάσα στιγμή την παραγωγή του, μπορεί να περιορίσει τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα, τα οποία θα δίνονται μόνο στα φυτά που το έχουν ανάγκη. Κάτι αντίστοιχο γίνεται και με το νερό και τους σπόρους. Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στην διερεύνηση όλων των σημείων του αγρού με σκοπό να καλύπτει τις ανάγκες που υπάρχουν τη δεδομένη χρονική στιγμή, στο συγκεκριμένο χώρο και στο συγκεκριμένο φυτό.

Είναι μια σχετικά νέα μέθοδος για την Ελλάδα, είναι όμως ήδη αρκετά διαδεδομένη σε πολλές άλλες χώρες αφού καλύπτει αποκλειστικά τις ανάγκες του κάθε φυτού στον αγρό, με αποφυγή της άσκοπης σπατάλης εισροών και ανάκτηση της καλύτερης παραγωγής στον αγρό.

#### **Λέξεις-κλειδιά:**

Γεωργία ακριβείας, GPS, GIS, παραγωγή , VRA , VRT, Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, τηλεπισκόπηση, Drone, UAV, μη επανδρωμένα αεροσκάφη,

### ABSTRACT

The profession of farmer is highly esteemed in Greece since ancient years. Greece is a country with a variety of geographic features and therefore a wealth of agricultural products. The most important good that produces and exports is olive oil, followed by vegetables and fruits.

A farmer has to take care of his field by using water, seeds, fertilizers and pesticides, thereby achieving the best result and the better quality of the products he produces. The problem begins when costs are more than revenue, when environmental pollution is increased, when production is reduced or unnecessary waste of the aforementioned occurs.

Here the precision Farming method is most relevant. With this method, a modern farmer can manipulate his fields from a distance, control his production at any time, and reduce fertilizer and pesticides quantities, which will be only given to plants that actually need them. Something

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

similar will be done with water and seeds. This method aims to investigate all qualities of the field in order to cover the existing needs in time and space for each particular plant.

It is a relatively new method for Greece but it is already quite widespread in many other countries because it exclusively covers the needs of each plant in the field, avoiding unnecessary waste of inputs and getting the best possible production in the field.

### **Keywords:**

Precision Agriculture, GPS, GIS, yield, VRA, VRT, Wireless Sensor Networks, Remote Sensing, Drone, UAV,

### ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η γεωργία έχει χρονολογηθεί πίσω όσον αφορά την νεολιθική εποχή. Από την εποχή του χαλκού, οι Σουμέριοι είχαν εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό από το 5000-4000 π.χ., και σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από την άρδευση σε καλλιέργειες. Στηρίχθηκε σε τρεις-πρόσωπο ομάδες κατά τη συγκομιδή την άνοιξη. Στην Αρχαία Αίγυπτος, οι αγρότες εκτροφής στηρίχθηκαν και σε αρδευόμενες τους νερό από το Νείλο. Στο πλαίσιο των αναπτυσσόμενων εθνών ή άλλων προβιομηχανικών πολιτισμών, οι περισσότεροι αγρότες ασκούν μια πενιχρή γεωργία επιβίωσης - ένα απλό σύστημα βιολογικής καλλιέργειας που χρησιμοποιεί την αμειψισπορά, την εξοικονόμηση σπόρων, την κοπή και την καύση σπόρων ή άλλες τεχνικές για τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας ικανοποιώντας τις ανάγκες του νοικοκυριού.

Ιστορικά, ο όρος αυτός μπορεί να είναι γνωστός και ως *χωρικός*. Στις ανεπτυγμένες χώρες, ωστόσο, ένα άτομο που χρησιμοποιεί αυτές τις τεχνικές για μικρές εκτάσεις γης θα μπορούσε να ονομαστεί κηπουρός και να θεωρείται ερασιτέχνης. Εναλλακτικά, μπορεί κανείς να οδηγηθεί σε τέτοιου είδους πρακτικές από τη φτώχεια ή, ειρωνικά στο πλαίσιο της μεγάλης κλίμακας γεωργικών επιχειρήσεων μπορεί να γίνει ένας οργανικός αγρότης ο οποίος μεγαλώνει για απαιτητικούς καταναλωτές, το τοπικό φαγητό της αγοράς. (βικιπαίδεια)

Αγρότης, είναι ένα πρόσωπο που ασχολείται με τη γεωργία, την αύξηση ζωντανών οργανισμών που προορίζονται για τρόφιμα ή πρώτες ύλες. Ο όρος συνήθως αφορά άτομα που κάνουν κάποιο συνδυασμό αύξησης βιοτικών οργανισμών σε πεδία όπως οι καλλιέργειες, οι οπωρώνες, οι αμπελώνες, τα πουλερικά ή άλλα ζώα. Ένας αγρότης μπορεί να είναι κάτοχος μιας φάρμας που φιλοξενεί καλλιέργεια φυτών ή εκτροφή ζώων ή μπορεί να εργάζεται σε γη που ανήκει σε τρίτους. Αυτό συμβαίνει στις προηγμένες οικονομίες, ωστόσο, συναντάται και ο αγρότης που είναι ο ίδιος κάτοχος της γης και ταυτόχρονα εργάτης σε αυτήν. (βικιπαίδεια)

Το περιβάλλον λειτουργίας του γεωργικού εξοπλισμού χαρακτηρίζεται από ακραίες θερμοκρασίες, από κραδασμούς, σκόνη, λάδια και πετρέλαιο δηλαδή ένα περιβάλλον όπου πριν λίγα χρόνια τα ηλεκτρονικά δεν μπορούσαν να λειτουργήσουν. Με τη βελτίωση των χαρακτηριστικών των εξαρτημάτων ώστε να μπορούν να λειτουργούν στο γεωργικό περιβάλλον χωρίς προβλήματα αρχίζει και για την γεωργία η περίοδος της εισαγωγής των νέων τεχνολογιών που τα τελευταία τριάντα χρόνια έχει δημιουργήσει σημαντικές νέες τεχνολογικές εφαρμογές. Ένα σημαντικό μέρος αυτών αναπτύσσεται κάτω από το όνομα της γεωργίας ακριβείας (Φουντάς & Γέμτος 2015)

Πριν από την εκμηχάνιση της γεωργίας και την αύξηση του μεγέθους των αγροκτημάτων, ο γεωργός γνώριζε το χωράφι του, καθώς το περπατούσε διαρκώς στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου εκτελώντας τις καλλιεργητικές εργασίες και είχε τη δυνατότητα να διαχειρίζεται τα διάφορα μέρη του σύμφωνα με τις ανάγκες που θεωρούσε ότι είχαν. Για παράδειγμα, έριχνε περισσότερο σπόρο σε σημεία του χωραφιού που δεν φύτρωναν, έριχνε περισσότερο λίπασμα όπου τα φυτά φαινόταν αδύναμα και κατάστρεφε τα ζιζάνια όπου τα έβρισκε. (Φουντάς & Γέμτος 2015)

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Με την εκμηχάνιση της γεωργίας και τη μεγέθυνση των αγροκτημάτων ο γεωργός χάνει αυτή την άμεση αίσθηση του χωραφιού του. Μέχρι σήμερα η διαχείριση των αγροκτημάτων γίνεται με βάση τους μέσους όρους της παραγωγής, των ιδιοτήτων του εδάφους και των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας. Η βασική υπόθεση είναι ότι οι αγροί είναι ομοιόμορφοι. Παρόλο που οι αγρότες γνώριζαν ότι υπήρχε ανομοιομορφία των αγρών τους, δεν είχαν αρκετές δυνατότητες να διαφοροποιήσουν τις καλλιεργητικές φροντίδες σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας σε κάθε σημείο του αγρού. Η τυπική διαχείριση στηρίζεται στη δειγματοληψία του εδάφους σε τυχαία σημεία του αγρού και καθορισμό της ποσότητας του λιπάσματος με βάση τον μέσο όρο των εδαφικών ιδιοτήτων. Έτσι, το λίπασμα διανέμεται ομοιόμορφα σε όλο τον αγρό, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η χωρική παραλλακτικότητα του εδάφους και της παραγωγής. Με τον τρόπο αυτό, σε μερικά σημεία του αγρού εφαρμόζεται μεγαλύτερη ποσότητα λιπάσματος από την απαιτούμενη με αποτέλεσμα την σπατάλη του λιπάσματος και μείωση της ποιότητας του παραγομένου προϊόντος και σε άλλες περιοχές μικρότερη ποσότητα από την απαιτούμενη, με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής. Το ίδιο συνέβαινε και με τις υπόλοιπες εισροές, όπως τα φυτοφάρμακα και το νερό άρδευσης, τα οποία εφαρμόζονταν ομοιόμορφα στον αγρό. (Φουντάς & Γέμτος 2015)

Η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στη γεωργία επέτρεψε τη μέτρηση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας των παραμέτρων της παραγωγής και του εδάφους και έδωσε τη δυνατότητα ανάπτυξης συστημάτων Γεωργίας 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 (Gemtosetal., 2002). Ο όρος καλύτερη διαχείριση μπορεί να σημαίνει βελτίωση της οικονομικής απόδοσης του αγροκτήματος, είτε με αύξηση της παραγωγής, είτε με μείωση των εισροών, είτε με συνδυασμό και των δύο. Επιπλέον, μπορεί να επιτευχθεί βελτίωση των τυχόν αρνητικών επιπτώσεων της γεωργίας στο περιβάλλον, εφόσον εφαρμόζεται η αναγκαία ποσότητα εισροών σε κάθε σημείο του αγρού. Το χαρακτηριστικό είναι ότι, αντί να γίνονται οι καλλιεργητικές φροντίδες με βάση τις μέσες τιμές παραγωγής και γονιμότητας του εδάφους, είναι δυνατή η εφαρμογή διαφορετικών δόσεων εισροών και άλλων καλλιεργητικών φροντίδων για κάθε τμήμα του αγρού ανάλογα με τις πραγματικές του ανάγκες (Φουντάς & Γέμτος 2015)

Η γεωργία ακριβείας ξεκίνησε ουσιαστικά στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Οι ιδέες της ανάπτυξης συστημάτων που θα μπορούσαν να εφαρμόσουν τις εισροές και τις καλλιεργητικές φροντίδες σύμφωνα με τις ανάγκες των φυτών στα διάφορα σημεία του χωραφιού προϋπήρχε. Ήταν όμως αδύνατη η εφαρμογή τους χωρίς τις νέες τεχνολογίες. Οι συνθήκες για την ανάπτυξη της εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1990 κυρίως με την ελεύθερη χρήση των συστημάτων προσδιορισμού της θέσης πάνω στη γη το γνωστό GPS. (Farmablog 2016)



### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture) είναι μια νέα μέθοδος διαχείρισης των αγρών, σύμφωνα με την οποία οι εισροές (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, σπόρος, νερό άρδευσης) και οι καλλιεργητικές πρακτικές εφαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών, καθώς αυτές διαφοροποιούνται στον χώρο και στον χρόνο (Ehsani et al, 2010).

Πιο αναλυτικά, η γεωργία ακριβείας αποτελεί μια νέα μέθοδο ολοκληρωμένης και ορθολογικής διαχείρισης της αγροτικής παραγωγής που βασίζεται στην προγραμματισμένη χρήση εισροών (π.χ. φυτοφάρμακα, λιπάσματα, νερό άρδευσης) και την προσαρμοσμένη αξιοποίηση καλλιεργητικών πρακτικών βάσει των επιμέρους αναγκών που εμφανίζει η εκάστοτε παραγωγική μονάδα (Whelan and McBratney, 2000). Οι κύριες επιδιώξεις υιοθέτησης τεχνικών γεωργίας ακριβείας περιλαμβάνουν τη βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών μέσω καλύτερης πληροφόρησης και στοχευμένων παρεμβάσεων, βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων μέσω της ορθολογικής χρήσης εισροών, εξοικονόμηση πόρων και συντελεστών (π.χ. ενέργεια, άρδευση) καθώς και προστασία περιβάλλοντος (π.χ. έδαφος, υδατικοί πόροι).

Σύμφωνα με τις συμβατικές μεθόδους καλλιέργειας, οι εισροές τροφοδοτούν την αγροτική παραγωγή χωρίς διαφοροποιήσεις στην κατανομή τους. Η διαφορά της γεωργίας ακριβείας από τις καθιερωμένες μορφές παραγωγής είναι ότι συμπεριλαμβάνει τις διαφοροποιημένες εδαφολογικές ιδιότητες και τη γονιμότητα του εδάφους, την εδαφική υγρασία, τις ασθένειες καθώς και τα χαρακτηριστικά των φυτών, ενώ διαχειρίζεται τον αγρό σε μικρότερες περιοχές (διαχειριστικές ζώνες) που εμφανίζουν μια σχετική ομοιομορφία (Φουντάς & Γέμτος, 2015). Η γεωργία ακριβείας βασίζεται στην ανάλυση δεδομένων πραγματικού χρόνου για παράγοντες όπως κλιματολογικές συνθήκες, νερό, ποιότητα αέρα και ασθένειες (συχνά σε επίπεδο τετραγωνικής ίντσας). Για τον σκοπό αυτό, αξιοποιούνται αισθητήρες σε όλη την κλίμακα παραγωγής που τροφοδοτούν με δεδομένα το υπολογιστικό νέφος και συνδυάζονται με δεδομένα από συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών και δεδομένα κλιματολογικών συνθηκών. Βάσει αυτής της πληροφορίας, στοχευμένοι αλγόριθμοι δημιουργούν ακριβείς δέσμες οδηγιών σχετικά με τις απαιτούμενες ενέργειες. Στο πλαίσιο αυτό, φαίνεται ότι η γεωργία ακριβείας οδηγεί την αγροτική παραγωγή από τη βιομηχανική εποχή στη «ψηφιακή εποχή».

Οι γεωργικές τεχνολογίες ακριβείας αποτελούν ένα σύνολο τεχνολογικών συντελεστών και εφαρμογών που συντήκονται σε επίπεδο διαχείρισης της χωρικής και χρονικής διαφοροποίησης, με απώτερο στόχο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και της ποιότητας, τη μείωση των εισροών και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ως εκ τούτου, η γεωργία ακριβείας αφορά στην στοχευμένη παρακολούθηση των παραγωγικών διεργασιών και παραμέτρων που συγκροτούν μια καλλιέργεια και την, κατά το δυνατόν, ταχύτερη και στοχευμένη εκτέλεση επιδιορθωτικών ενεργειών αποσκοπώντας στην αντιμετώπιση της εγγενούς αστάθειας των διαδικασιών παραγωγής αγροτικών προϊόντων. Σε επίπεδο εργασιών, αυτές περιλαμβάνουν τη

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

συνεχή συλλογή δεδομένων που οδηγούν σε παρατηρήσεις, αναλύσεις εδάφους και παραγωγής καθώς έπειτα και την επεξεργασία δεδομένων για την αναγνώριση πορισμάτων και κυρίως μοτίβων συμπεριφοράς των καλλιεργειών, ακόμη και σε επίπεδο μεμονωμένων φυτών ή συγκεκριμένων περιοχών καλλιέργειας. Για τον σκοπό αυτό, απαιτείται αξιοποίηση ειδικών εργαλείων και συστημάτων και σχεδιασμός μεθόδων μεταβλητών δόσεων ανάλογα με τις εξειδικευμένες ανάγκες που θα προκύπτουν από τα παρατηρούμενα αποτελέσματα (π.χ. μέτρηση εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, δεδομένα από αισθητήρες υγρασίας, ανάλυση δορυφορικών εικόνων) (Φουντάς & Γέμος, 2015). Συνεπώς, για τη διαμόρφωση ενός συστήματος βασισμένου στις αρχές της γεωργίας ακριβείας, απαιτείται μια σειρά τεχνολογικών εφαρμογών και λύσεων που περιλαμβάνουν τόσο διαστάσεις υλικού εξοπλισμού όσο και λογισμικού.

Οι κύριοι στόχοι της Γεωργίας Ακριβείας είναι:

- η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών,
- η βελτίωση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων,
- η πιο αποδοτική χρήση των αγροχημικών,
- η εξοικονόμηση της ενέργειας,
- η προστασία του εδάφους και των νερών από την ρύπανση. (Φουντάς & Γέμος 2015)



Η προϋπόθεση για την εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας είναι η γνώση της χωρικής παραλλακτικότητας. Παραλλακτικότητα υπάρχει σε όλους τους αγρούς και μπορεί να είναι είτε χωρική είτε χρονική. Η πρώτη αφορά μετρούμενα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και του εδάφους στο χώρο, ενώ η δεύτερη μπορεί να αφορά για παράδειγμα την υγρασία του εδάφους η οποία μεταβάλλεται με το χρόνο ή ακόμη και την κατάσταση της καλλιέργειας η οποία αλλάζει ακόμα και μέσα σε λίγες ώρες. Με την έξυπνη γεωργία υπάρχει η δυνατότητα για μεγαλύτερες αποδόσεις με τις ίδιες εισροές αλλά ανακαταναμημένες ή μειωμένες και για ίδιες αποδόσεις με μειωμένες εισροές, αυτό θα καθοριστεί από τον παραγωγό, ο οποίος επιλέγει με βάση την καλύτερη ποιότητα των προϊόντων που θέλει να πετύχει. Με τον όρο εισροές αυτή τη στιγμή αναφερόμαστε σε λιπάσματα, φυτοφάρμακα, νερό άρδευσης και σπόρο. (Χλωρός, 2010)

Η οικονομικότητα είναι ένας από τους πιο σπουδαίους λόγους που εξετάζονται για την μετάβαση από τον παραδοσιακό τρόπο διαχείρισης στη Γεωργία Ακριβείας. Με την Γεωργία Ακριβείας μπορεί να επηρεαστεί το κόστος παραγωγής και η πρόσδοδος από την καλλιέργεια. Έτσι, υπάρχει δυνατότητα για μεγαλύτερες αποδόσεις χρησιμοποιώντας τις ίδιες εισροές αλλά ανακαταναμημένες, για ίδιες αποδόσεις με μειωμένες εισροές ή για μεγαλύτερες αποδόσεις με

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

μειωμένες εισροές. Ο παραγωγός πρέπει να αποφασίσει για την καταλληλότερη μέθοδο διαχείρισης. Εκτός από την απόδοση, πρέπει να επιδιώξει καλύτερη ποιότητα προϊόντων χρησιμοποιώντας τις εισροές ανάλογα με τις ανάγκες των καλλιεργειών. Είναι γνωστό ότι η έλλειψη θρεπτικών στοιχείων μπορεί να μειώσει την ανάπτυξη των φυτών και να χειροτερεύσει την ποιότητα των προϊόντων. Αλλά και η περίσσεια θρεπτικών στοιχείων μπορεί να οδηγήσει σε κακή ποιότητα καρπών αλλά και προβλήματα στη φυτεία (πλάγιασμα σιτηρών, ευαισθησία σε εχθρούς). (Φουντάς & Γέμτος 2015)

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

## ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το θέμα της γεωργικής ακριβείας έχει πάρει τεράστιες διαστάσεις παγκοσμίως. Συγκεκριμένα, μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ το 2018, εκτιμά πως η παγκόσμια αγορά της γεωργίας ακριβείας αναμένεται να φτάσει στα 10 δις δολάρια μέχρι το 2024. Ωστόσο, αν και δημοφιλής στον ελλαδικό χώρο, δεν συγκρίνεται με τη δράση της σε χώρες όπως η Γαλλία, η Ισπανία, η Γερμανία, η Αίγυπτος και άλλες.

Η καθυστέρηση αυτή αποδόθηκε στις επικρατούσες συνθήκες στην Ελλάδα, αλλά και γενικότερα στον Ευρωπαϊκό Νότο που χαρακτηρίζονται:

- Από μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις.
- Από γεωργούς με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο.
- Από γεωργούς προσκολλημένους σε παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής.
- Από γεωργούς προσκολλημένους σε επιδοτήσεις των προϊόντων.
- Για τις καλλιέργειες του Ευρωπαϊκού Νότου, κυρίως για τα φρούτα και λαχανικά δεν υπάρχει αναπτυγμένη τεχνολογία εφαρμογής των μεθόδων γεωργίας ακριβείας. (Χλωρός 2010)

Μια βασική προϋπόθεση, για την επιτυχή εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας είναι η ύπαρξη της παραλλακτικότητας, στα αγροτεμάχια. Πιο συγκεκριμένα, η ύπαρξη χωρικής διαφοροποίησης

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

των χαρακτηριστικών και παραμέτρων της καλλιέργειας μέσα στο ίδιο το χωράφι , κάτι που συμβαίνει συνήθως στην Ελλάδα, ωστόσο είναι γνωστό, ότι η έκταση των αγροτεμαχίων και γενικά της αγροτικής γης, δεν είναι σχετικά μεγάλη. (agronews, 2018)

Στην Ελλάδα, υλοποιούνται εφαρμογές γεωργίας ακριβείας τα τελευταία 15 χρόνια, κυρίως από τα Πανεπιστημιακά Ιδρύματα. Τα αποτελέσματα δείχνουν μείωση της κατανάλωσης αρδευτικού νερού 30-50% κατά μέσον όρο σε βαμβάκι, καλαμπόκι, σιτηρά, ελιές, και άλλες καλλιέργειες που θεωρείται διεθνώς ότι μπορεί να εφαρμοστεί πλέον σε επιχειρησιακή βάση. Επίσης έχει επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης λιπασμάτων με χρήση συστήματος μεταβλητής λίπανσης κατά 30 – 40% σε βαμβάκι, καλαμπόκι και ταυτόχρονη η αύξηση παραγωγής κατά μέσο όρο 10%, που βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο διεθνώς. (agronews 2018)

Ωστόσο λόγω της εξάρσης του θέματος, τελευταία έχουν εμφανιστεί στην Ελλάδα ιδιωτικές κυρίως εταιρείες, που επικαλούνται εξειδίκευση σε θέματα γεωργίας ακριβείας χωρίς την απαραίτητη τεκμηρίωση. Πρόκειται κυρίως για εταιρείες πληροφορικής, που δεν γνωρίζουν τα θέματα της γεωργίας και συνήθως δεν κρίνουν σκόπιμο να συνεργαστούν με ειδικούς στο χώρο της γεωργίας, Καλό είναι λοιπόν, οι αγρότες να ζητούν τεκμηρίωση της επικαλούμενης γνώσης και των αποτελεσμάτων, γιατί υπάρχει ο κίνδυνος αντί η γεωργία ακριβείας συμβάλλει στη μείωση του κόστους παραγωγής, να οδηγήσει σε γεωργία ακριβείας για τους αγρότες! (agronews 2018)

## ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΕΣ

Σήμερα η τεχνολογία και η γεωργία έχουν ενώσει τις δυνάμεις τους για να δώσουν ένα νέο καινοτόμο τρόπο καλλιέργειας ο οποίος προσφέρει τη δυνατότητα στους παραγωγούς να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη τους. Η Γεωργία Ακριβείας επιτρέπει το σύγχρονο καλλιεργητή να διαχειρίζεται το χωράφι του σε σημεία μικρότερης κλίμακας από αυτή του αγροτεμαχίου. Βασίζεται σε τεχνολογίες και μέσα που αρχικά καταγράφουν με ακρίβεια την υπάρχουσα κατάσταση του αγροτεμαχίου, στη συνέχεια διαχειρίζονται τα δεδομένα και τελικά εφαρμόζουν τις εισροές καλύπτοντας χωρικά και χρονικά τις ανάγκες κάθε σημείου του αγροτεμαχίου ανάλογα με την παραλλακτικότητά του.

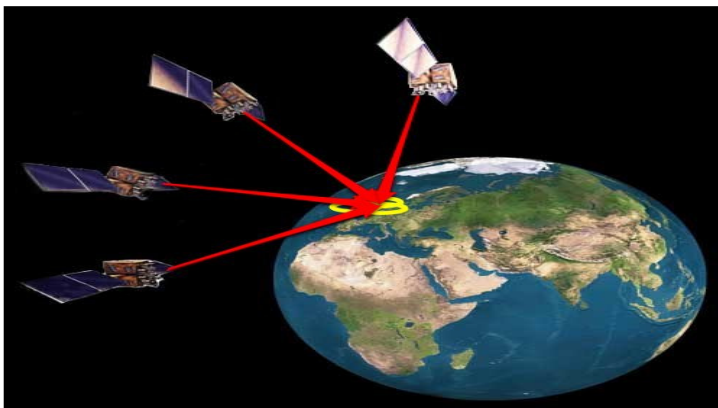
## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ



Η τεχνολογία και τα μέσα που χρησιμοποιεί η Γεωργία Ακρίβειας είναι:

### Παγκόσμια Συστήματα Καθορισμού/Εντοπισμού Θέσης (GPS)

Τα συστήματα αυτά αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για στρατιωτικούς σκοπούς αργότερα όμως επεκτάθηκαν και σε άλλους τομείς. Παρέχουν 24ωρη κάλυψη και εντοπισμό θέσης με υψηλή ακρίβεια στον τρισδιάστατο χώρο και στη μετατόπιση του χρόνου. 24 δορυφόροι κινούνται γύρω από γη και στέλνουν διαρκώς ραδιοσήματα στην επιφάνειά της τα οποία λαμβάνονται από ειδικά όργανα (ραδιολήπτες ή πομποδέκτες). Οι ραδιολήπτες επεξεργάζονται τα στοιχεία και παρέχουν πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρό του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Τα συγκεκριμένα αυτά συστήματα καταγράφουν το χωράφι χρησιμοποιώντας γεωγραφικές συντεταγμένες (γεωγραφικό πλάτος και μήκος) και εντοπίζουν και πλοηγούν γεωργικά οχήματα μέσα σε ένα χωράφι με ακρίβεια 2 εκατοστών (Αμπατζίδα 2010).



### Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS)

Τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών είναι συστήματα διαχείρισης χωρικών δεδομένων και συσχετιζόμενων ιδιοτήτων. Συλλέγουν, διαχειρίζονται και αναλύουν δεδομένα για συγκεκριμένες γεωγραφικές θέσεις με τη βοήθεια λογισμικού. Παρέχουν ένα διαδραστικό



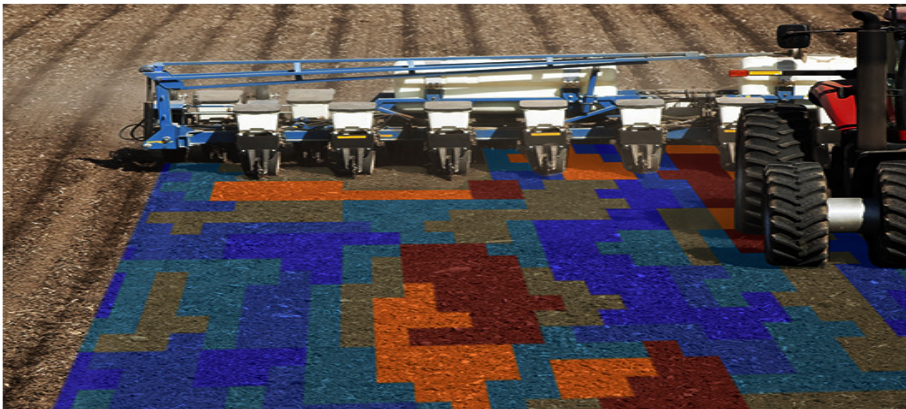
## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

χάρτη-πίνακα δεδομένων για μια γεωγραφική θέση (θεματικός χάρτης) που μπορεί να αφορά το υψόμετρο, την κλίση, την ετήσια ποσότητα βροχόπτωσης, τη μέση θερμοκρασία και υγρασία, τις αγροτικές καλλιέργειες, τα θρεπτικά στοιχεία, την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους κ.ά. Με τη βοήθεια των συστημάτων αυτών ο παραγωγός μπορεί να παρακολουθεί την παραγωγή και να τηρεί αρχείο των εισροών και των αποτελεσμάτων τους σε μια χωρική σειρά.



### Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT)

Τα συστήματα μεταβλητών εφαρμογών είναι συστήματα γεωργικής μηχανικής που τοποθετούνται στα αγροτικά μηχανήματα και μεταβάλουν την ποσότητα εφαρμογής των εισροών (νερό, σπόρο, λιπάσματα, φυτοφάρμακα κ.ά.) ή/και αλλάζουν το είδος των εισροών (ποικιλία σπόρου, είδος λιπάσματος) την ίδια στιγμή που εφαρμόζουν τις εισροές, σύμφωνα με τις ανάγκες του κάθε σημείου του χωραφιού στο οποίο βρίσκονται. Η μεταβολή της εφαρμογής των εισροών βασίζεται σε τεχνικές χαρτογράφησης ή σε αισθητήρες. (Φουντάς & Γέμος 2015)

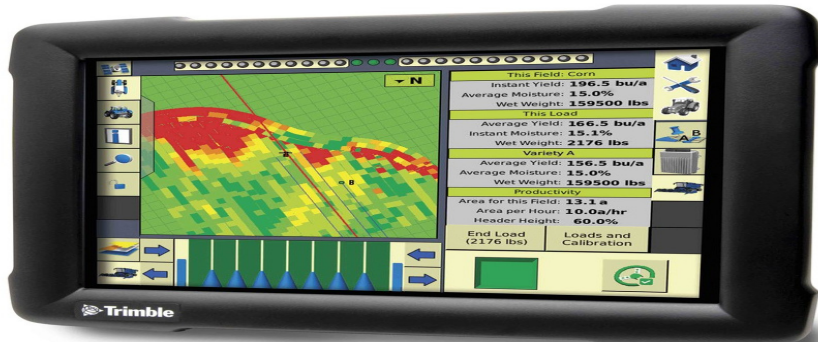


### Συστήματα παρακολούθησης αποδόσεων (YieldMonitoringSystem)

Τα συστήματα παρακολούθησης των αποδόσεων είναι συστήματα για τη μέτρηση και καταγραφή της απόδοσης μιας καλλιέργειας κατά τη συγκομιδή. Τα στοιχεία που λαμβάνονται, σε συνδυασμό με τα συστήματα καταγραφής της ακριβούς θέσης (GPS) και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS), μπορούν να χαρτογραφηθούν δίνοντας σημαντικές πληροφορίες για την απόδοση των τμημάτων του χωραφιού

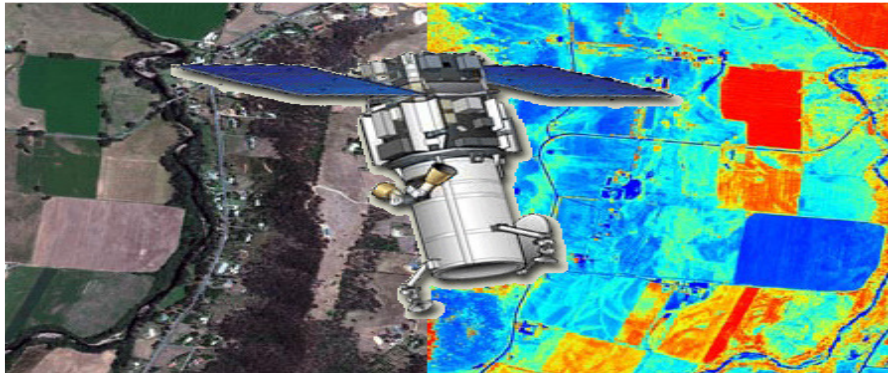
## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

ανάλογα με τη θέση (χάρτης παραγωγής). Τα συστήματα παρακολούθησης των αποδόσεων αποτελούνται από αισθητήρες, ένα δέκτη GPS και μια κονσόλα διαχείρισης/υπολογιστή.



## Τηλεπισκόπηση

Είναι η επιστήμη που παρατηρεί και μελετά τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης από απόσταση με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Για παράδειγμα μπορεί να καταγράψει, με εναέρια ή και δορυφορικά μέσα, το πώς η βλάστηση αντανακλά τα διάφορα μήκη κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο κάθε αγρότης μπορεί να λάβει χρήσιμες πληροφορίες από ψηφιακές εικόνες που έχουν ληφθεί με την χρήση τηλεπισκόπησης, για τις καλλιέργειές του, την κατάσταση της υγείας των φυτών και τον τρόπο που θα αντιμετωπίσει τυχόν προβλήματα. Στόχος είναι να αποτυπωθεί με τον τρόπο αυτό η χωρική παραλλακτικότητα του αγρού, έτσι ώστε οι καλλιεργητικές πρακτικές και εισροές (λίπανση, φυτοπροστασία, άρδευση, συγκομιδή) να γίνονται εντοπισμένα. Όταν τα δεδομένα αυτά οργανωθούν σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) μαζί με άλλους τύπους δεδομένων, έχουμε ένα σημαντικό εργαλείο που βοηθά στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις καλλιέργειες και τις γεωργικές στρατηγικές. (Φουντάς & Γέμτος 2015)



### Αισθητήρες καλλιεργειών και εδάφους

Οι αισθητήρες είναι μηχανισμοί αυτόματης δειγματοληψίας και ταχείας μέτρησης. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες αισθητήρων όπως σοδειάς, αγρού, εδάφους, φυτών, ζιζανίων ή προσβολών. Οι ειδικοί αισθητήρες τοποθετούνται στα χωράφια και συλλέγουν πληροφορίες για θερμοκρασία, υγρασία, καιρικές συνθήκες, ασθένειες κ.ά. Με τη χρήση τέτοιων αισθητήρων κάθε παραγωγός μπορεί να έχει άμεση πρόσβαση σε μια σειρά κρίσιμων για τον αγρό πληροφοριών που σχετίζονται με την φυσιολογική ανάπτυξη και τις ανάγκες της καλλιέργειάς του. (blog.farmacon.gr)



### Αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης

Ικανότητα ανάληψης ειδικών οδηγικών καθηκόντων όπως αυτόματη πλοήγηση, αυτόματη στροφή του τρακτέρ στο τέλος του χωραφιού, αυτόματη πορεία στα όρια του χωραφιού κ.α. Αυτές οι τεχνολογίες ελαχιστοποιούν την πιθανότητα του ανθρώπινου λάθους και αποτελούν το κλειδί για την αποτελεσματική διαχείριση των χωραφιών. Τα υποβοηθούμενα συστήματα πλοήγησης δείχνουν στους οδηγούς την πορεία τους μέσα στο χωράφι με τη βοήθεια των συστημάτων δορυφορικής πλοήγησης, όπως τα GPS. Αυτό δίνει τη δυνατότητα οδήγησης με μεγαλύτερη ακρίβεια. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης αναλαμβάνουν τον πλήρη έλεγχο του τιμονιού που επιτρέπει στον οδηγό να πάρει τα χέρια από το τιμόνι ώστε να μπορεί



## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

με μεγαλύτερη ευκολία να ελέγχει τον υπόλοιπο εξοπλισμό. Έξυπνα συστήματα καθοδήγησης παρέχουν διαφορετικά πρότυπα πλοήγησης εξαρτώμενα από το σχήμα του χωραφιού τα οποία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τα προαναφερθέντα συστήματα. (blog.farmacon.gr)

### Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)

Μια από τις πιο πρόσφατες τεχνολογίες είναι το "Internet of Things" (IoT). Ο πιο απλός ορισμός είναι η σύνδεση οποιασδήποτε συσκευής με διακόπτη ενεργοποίησης/απενεργοποίησης στο Διαδίκτυο (ή/και μεταξύ τους). Αυτό το δίκτυο συνδεδεμένων πραγμάτων θα μπορούσε επίσης να περιλαμβάνει άτομα με φορητές συσκευές.

Η ιδέα έχει καταδειχθεί στην καταναλωτική αγορά στο «συνδεδεμένο σπίτι», για παράδειγμα, όπου οι συσκευές, τα συστήματα ασφαλείας και τα παρόμοια επικοινωνούν μεταξύ τους και με τον ιδιοκτήτη του σπιτιού. Ο Craig Houin, επικεφαλής διαχείρισης δεδομένων στο Sunrise Cooperative, λέει ότι τα συνδεδεμένα στοιχεία στη γεωργία θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν αισθητήρες πεδίου (για καταγραφή καιρού σε πραγματικό χρόνο, δεδομένα υγρασίας εδάφους και θερμοκρασίας) και αεροφωτογραφικές/δορυφορικές εικόνες για παρακολούθηση πεδίου. Τέτοιες επικοινωνίες συσκευών θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε προγράμματα αποστολής, εργαλεία αλληλεπίδρασης πωλήσεων και άλλες εφαρμογές διαχείρισης επιχειρήσεων.

Πιο πρόσφατα, ένας αριθμός νεοσύστατων επιχειρήσεων και προμηθευτών εξαρτημάτων (υλικό, λογισμικό κ.λπ.) χρησιμοποιούν LPWAN (Low Power Wide Area Network) στη θέση ή για την αύξηση των κυψελοειδών δικτύων στην ασύρματη μετάδοση δεδομένων. "Αυτά τα δίκτυα έχουν σχεδιαστεί για να μεταφέρουν μικρές ποσότητες δεδομένων που διαβιβάζονται περιοδικά σε μεγάλες αποστάσεις", λέει ο Paul Welbig, Διευθυντής Επιχειρηματικής Ανάπτυξης στη Senet Inc. Επειδή οι συσκευές που επικοινωνούν με τα δίκτυα LPWA το κάνουν με πολύ χαμηλή ισχύ, η διάρκεια ζωής της μπαταρίας τους είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τις τρέχουσες κυψελοειδείς προσφορές. Αυτό σε συνδυασμό με τη χρήση δικτύου χαμηλού κόστους παρέχει ένα πολύ συναρπαστικό συνολικό πλεονέκτημα ιδιοκτησίας έναντι άλλων επιλογών. (*Sfiligoj and Heacox, 2016*).

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ



Η υιοθέτηση των παραπάνω νέων τεχνολογιών ανοίγει νέους δρόμους στη γεωργία. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας η ψηφιακή απεικόνιση ενός χάρτη αναφοράς μετατρέπεται σε ένα χρήσιμο εργαλείο παροχής πληροφοριών για τη βέλτιστη διαχείριση της γεωργικής εκμετάλλευσης και τον ακριβή προσδιορισμό των άριστων οικονομικά επιπέδων της παραγωγής.



Ένας αναδυόμενος τομέας της επιστήμης υποσχόμενος νέες καινοτομίες και αειφορικά συστήματα στη διαχείριση του αγρού. Η «έξυπνη γεωργία» σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους αγροτικής παραγωγής, δίνει την δυνατότητα για μια πιο παραγωγική και βιώσιμη γεωργική παραγωγή. Σήμερα, η εντατικοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών ωθεί το νέο αγροτεχνολογικό κύμα της «έξυπνης γεωργίας», το οποίο ουσιαστικά εφαρμόζει νέες τεχνολογίες στην αγροτική παραγωγή και αγροδιατροφική αλυσίδα (π.χ. αποθήκευση, συντήρηση, μεταποίηση, μεταφορά, διάθεση προϊόντων).

Στην συνέχεια της εργασίας θα παρουσιάσουμε αναλυτικότερα τις βασικές τεχνολογίες που απαρτίζουν το πλέγμα μεθόδων που ονομάζουμε γεωργία ακριβείας.

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

## Παγκόσμιο Σύστημα προσδιορισμού θέσεως (GPS/GNSS)

Η λειτουργία του GPS εξαρτάται από είκοσι τέσσερις δορυφόρους οι οποίοι κινούνται γύρω από τη γη και στέλνουν διαρκώς ραδιοσήματα στην επιφάνεια της τα οποία λαμβάνονται από ραδιολήπτες ή πομποδέκτες. Αυτοί με τη σειρά τους επεξεργάζονται τα στοιχεία που έλαβαν και παρέχουν πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρο του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Ειδικότερα, τα συστήματα αυτά καταγράφουν το χωράφι χρησιμοποιώντας γεωγραφικές συντεταγμένες και εντοπίζουν και καθοδηγούν γεωργικά οχήματα μέσα σε ένα χωράφι με ακρίβεια δύο εκατοστών.

Είναι δύσκολο να πούμε πού θα ήταν η κατάσταση της γεωργίας ακριβείας σήμερα χωρίς το GPS. Από τη στιγμή σχεδόν που η γεωργία απέκτησε πρόσβαση σε δορυφόρους εντοπισμού θέσης στη δεκαετία του 1990, οι χειριστές και οι κατασκευαστές βρήκαν διάφορους τρόπους να εκμεταλλευτούν αυτά τα εργαλεία για να κάνουν τη διαχείριση της εργασίας στον αγρό πολύ πιο εύκολη και ακριβή. «Στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη, οι καλλιεργητές μπορούν να ενεργοποιήσουν το τρακτέρ και να εργαστούν σχεδόν αμέσως», λέει ο T.J. Schulte, διευθυντής μάρκετινγκ στο τμήμα γεωργίας της Trimble. Πέραν αυτών των δυνατοτήτων, οι ειδικοί λένε ότι η δορυφορική τεχνολογία αξίζει πραγματικά τον όρο «παγκόσμιο». «Δεν μπορούμε πλέον να αναφέρουμε όλα αυτά τα συστήματα ως GPS - αυτό δεν είναι ακριβής περιγραφή όταν αναφέρεται στον δέκτη νέας τεχνολογίας του παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος πλοήγησης (GNSS)», λέει ο Greg Guyette, πρόεδρος της Inseco. Το GNSS καλύπτει τους δορυφορικούς «αστερισμούς» όλων των χωρών, συμπεριλαμβανομένων των GPS, GLONASS και Galileo.

Ένας δέκτης GPS μπορεί να συγκριθεί με ένα απλό ραδιόφωνο AM ή FM. Ένας δέκτης GPS «ακούει» τα σήματα που εκπέμπονται από τους 24 δορυφόρους GPS που λειτουργούν από το Υπουργείο Άμυνας. Σε τροχιά γύρω από τη Γη σε υψόμετρο 12.550 μιλίων, αυτοί οι δορυφόροι βρίσκονται σε προβλέψιμες τοποθεσίες. Ως εκ τούτου, αναφερόμαστε στο σύστημα των δορυφόρων ως αστερισμός GPS. Κάθε δορυφόρος μεταδίδει αστρονομικά δεδομένα (almanac) που περιέχουν πληροφορίες σχετικά με την πραγματική θέση των δορυφόρων στον αστερισμό. Μικρές διακυμάνσεις στις τροχιές τους εμφανίζονται λόγω βαρυτικών δυνάμεων από τον ήλιο και το φεγγάρι. Το υπουργείο άμυνας παρακολουθεί συνεχώς τους δορυφόρους και προσαρμόζει τα δεδομένα αλμανάκ ώστε να αντιπροσωπεύει τις πραγματικές τροχιές των δορυφόρων. Τα σήματα εκπομπής περιέχουν επίσης έναν ακριβώς χρονομετρημένο, προβλέψιμο κώδικα. Υπάρχει μια πολύ μικρή καθυστέρηση μεταξύ του χρόνου που τα σήματα φεύγουν από τους δορυφόρους και του χρόνου που φτάνουν σε έναν δέκτη GPS. Ωστόσο, καθώς ένας δέκτης GPS κινείται μακρύτερα από έναν δορυφόρο, αυτή η μικρή καθυστέρηση γίνεται λίγο μεγαλύτερη. Ένας δέκτης GPS χρησιμοποιεί αυτές τις καθυστερήσεις για να προσδιορίσει την απόστασή του

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

από τους δορυφόρους. Ο δέκτης στη συνέχεια χρησιμοποιεί τριγωνισμό για να προσδιορίσει τη θέση του στη γη. Ο τριγωνισμός είναι μια μαθηματική μέθοδος εντοπισμού σημείων σε τρισδιάστατο χώρο. Εάν είναι γνωστές οι αποστάσεις σε καθέναν από τους τρεις δορυφόρους και η κατά προσέγγιση θέση του δέκτη, ο δέκτης GPS μπορεί να υπολογίσει τη θέση του στη γη. Εάν είναι διαθέσιμες πληροφορίες από τέσσερις δορυφόρους, μπορεί επίσης να προσδιοριστεί το υψόμετρο. Η συνολική ακρίβεια ενός δέκτη GPS ανά πάσα στιγμή εξαρτάται από πέντε παράγοντες:

- 1) σωστή εγκατάσταση,
- 2) την τεχνολογία που χρησιμοποιείται στον δέκτη,
- 3) τον αριθμό και τη θέση των δορυφόρων,
- 4) σφάλματα που εισήχθησαν από την επιλεκτική διαθεσιμότητα, ατμοσφαιρικές συνθήκες, τροπόσφαιρα, ιονόσφαιρα και σήματα πολλαπλών διαδρομών που αναπηδούν από αντικείμενα στην περιοχή και
- 5) διαφορικές διορθώσεις (*Pfost et al., 2003*).

Η πολυανάκλαση (multipath) είναι η αλλοίωση ενός άμεσου σήματος GPS από ένα ή περισσότερα σήματα που αντανακλώνται από επιφάνειες κοντά στο δέκτη. Τα πολυανακλαστικά σήματα μπορούν είτε να παρεμβληθούν είτε να εκληφθούν ως το άμεσο σήμα. Οι ανακλάσεις πολλαπλών διαδρομών επηρεάζουν τις μετρήσεις τόσο του κώδικα όσο και του φορέα σε ένα δέκτη GPS. Η πολυανάκλαση στον κώδικα οδηγεί στην παραμόρφωση της κορυφής συσχέτισης του σήματος με την παρουσία του ανακλώμενου σήματος. Ο συνδυασμός του άμεσου σήματος και του καθυστερημένου σήματος, οδηγεί σε μια ασύμμετρη συνάρτηση συσχέτισης, με αποτέλεσμα ένα σφάλμα στην υπολογισμένη ψευδο-εμβέλεια από αυτόν τον δορυφόρο. (*Pfost et al., 2003*).

## Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών GIS (Geographic Information System)

Τα συστήματα αυτά διαχειρίζονται χωρικά δεδομένα και συσχετίζουν τις ιδιότητες τους. Πιο συγκεκριμένα, συλλέγουν δεδομένα για συγκεκριμένες γεωγραφικές θέσεις τα οποία αναλύουν με τη βοήθεια λογισμικού και παρέχουν έναν διαδραστικό χάρτη δεδομένων για τις θέσεις αυτές. Με τη βοήθεια του συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών ο γεωργός μπορεί να ελέγχει το επίπεδα 20 εισροών κρατώντας έναν πίνακα καταγραφής των αποτελεσμάτων αυτών σε μια χωρική σειρά. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να είναι το περίγραμμα του αγρού, ο χάρτης εδαφικών τύπων, τα σημεία δειγματοληψίας, ο πληθυσμός των ζιζανίων, ο χάρτης στράγγισης, ο χάρτης παραγωγής. Για τη δημιουργία θεματικών χαρτών χρησιμοποιούνται λογισμικά γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων (GIS). Το πιο διαδεδομένο λογισμικό είναι το ArcGIS (ESRI, California, USA).



## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Στην Γεωργία Ακριβείας, το GIS αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο κυρίως για την χαρτογράφηση αλλά και για τις βάσεις δεδομένων, οι οποίες συνδέονται με το GIS και τα εργαλεία του για το χειρισμό τους. Σε αυτά τα συστήματα έχουμε την δυνατότητα να εισάγουμε πληροφορίες όπως ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, παραγωγή και η περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά συστατικά. Επίσης μπορούμε να δημιουργήσουμε χάρτες οι οποίοι απεικονίζουν την χωρική και χρονική παραλλακτικότητα των διαφόρων παραμέτρων και πώς αυτή κατανέμεται κατά μήκος του αγρού. Για τη χρονική παραλλακτικότητα απαιτούνται μετρήσεις δύο ή περισσότερων ετών. (Morgan & Ess, 1997)

### Τα τμήματα του GIS:

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών διακρίνονται στα εξής τμήματα:

- 1) Το σύστημα εισαγωγής χωρικών δεδομένων (data input), στο οποίο εισάγονται και καταχωρούνται πληροφορίες οι οποίες προέρχονται από χάρτες, πολυφασματικές φωτογραφίες, δορυφορικές μετρήσεις παραγωγής, εδάφους κ.ά.
- 2) Το σύστημα αποθήκευσης (data storage) και οργάνωσης βάσης δεδομένων, όπου αποθηκεύονται και ταξινομούνται τα δεδομένα για επεξεργασία.
- 3) Το σύστημα ανάλυσης των δεδομένων, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την απομάκρυνση των λαθών από τα δεδομένα, τον υπολογισμό των επιφανειών, των περιμέτρων, την αλλαγή κλίμακας χαρτών και τη γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων.
- 4) Το σύστημα εξόδου και παρουσίασης των δεδομένων (data output), το οποίο περιλαμβάνει αποτελέσματα ανάλυσης που εμφανίζονται καταχωρούνται π.χ. χάρτες, πίνακες, σχήματα τα οποία εμφανίζονται στην οθόνη καταχωρούνται στην μνήμη του ηλεκτρονικού υπολογιστή.
- 5) Το σύστημα αλληλεπίδρασης με το χρήστη (user interface), που περιλαμβάνει μενού και εντολές που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία του χρήστη με το πρόγραμμα.

Σε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών, μπορούμε να δούμε δύο μορφές απεικόνισης και αποθήκευσης των δεδομένων πρώτη είναι διανυσματική μορφή (vector) και δεύτερη με μορφή κυψελίδων (raster). Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται τα σημεία, τα πολύγωνα και οι γραμμές. Στη δεύτερη κατηγορία κατατάσσονται τα συνεχή δεδομένα αλλά σε κυψελώδη μορφή (Grid). Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται με τη μέθοδο της δειγματοληψίας είναι διανυσματικά, ενώ όσα συλλέγονται με αισθητήρες (όπως για παράδειγμα παραγωγής) είναι δεδομένα κυψελίδων (Morgan & Ess, 1997).

### Η χρήση του GIS στην Γεωργία Ακριβείας

Με τους χάρτες είναι εφικτή παρατήρηση της παραλλακτικότητας ενός μετρούμενου μεγέθους στον αγρό. Για να δημιουργηθεί ένας χάρτης θα πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής βήματα:

- 1) Εισαγωγή του περιγράμματος του αγρού (field boundary)

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

- 2) Εισαγωγή των δεδομένων, που είναι μια ιδιότητα συνδεδεμένη με συντεταγμένες (ιδιότητα στο χώρο)
- 3) Δημιουργία μιας συνεχούς επιφάνειας με τη διαδικασία της παρεμβολής (interpolation)
- 4) Επιλογή χρωμάτων και λεζάντας για το χάρτη
- 5) Εκτύπωση του χάρτη

Η ορθή διαχείριση ενός αγρού, μπορεί να γίνει με το εξής: ο ερευνητής να προσθέσει διάφορες πληροφορίες στα λεγόμενα επίπεδα data layers και έπειτα από τις πληροφορίες που δέχεται, εξάγει τα καλύτερα αποτελέσματα. Οι πληροφορίες που προσθέτει είναι οι ακόλουθες (Πληροφορίες σε επίπεδα (data layers) για ένα αγρό (Morgan & Ess, 1997):

- 1) Το περίγραμμα του αγροκτήματος
- 2) Ένας χάρτης εδαφικών τύπων (υφής)
- 3) Τα σημεία της δειγματοληψίας
- 4) Τους χάρτες των θρεπτικών στοιχείων
- 5) Τον πληθυσμό των ζιζανίων
- 6) Τον χάρτη στράγγισης
- 7) Τον χάρτη παραγωγής

### Αισθητήρες

Είναι μικρού μεγέθους και ενεργειακά αυτόνομοι, αποτελούμενοι από επιμέρους τμήματα αίσθησης, επεξεργασίας δεδομένων και επικοινωνίας. Επικοινωνούν σχετικά σε μικρές αποστάσεις μεταξύ τους και έχουν τη δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας. Εκτός από τη μειωμένη ενέργεια, τη μνήμη, το εύρος ζώνης επικοινωνίας και την υπολογιστική τους ικανότητα, μπορούν επίσης να αντιδρούν σε μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών.

## Κατηγορίες των αισθητήρων και εφαρμογή τους στην Γεωργία Ακριβείας



Στις μέρες μας, η εξέλιξη την τεχνολογίας και η εφαρμογή των αισθητήρων στην γεωργία, δίνει την ευκαιρία στους αγρότες παραγωγούς τη συνεχή παρακολούθηση των αναγκών και των ενδεχόμενων προβλημάτων στις καλλιέργειές τους, με σκοπό την άμεση επίλυση και την κάλυψη των απαιτήσεών τους.

### Κατηγορίες αισθητήρων:

- ✓ **Αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής για καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές.**
- Αισθητήρες στις θεριζοαλωνιστικές μηχανές (μέτρηση ροή του σπόρου και την υγρασία)
- Αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής σε βαμβακοσυλλεκτικές μηχανές (μέτρηση ροή του σπόρου)
- Αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής σε μηχανές συγκομιδής σταφυλιών
  - ✓ **Αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής σε σιλοκοπτικά**
  - ✓ **Αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής σε προϊόντα που δεν συγκομίζονται μηχανικά**
  - ✓ **Αισθητήρες ποιοτικών χαρακτηριστικών του σπόρου**
  - ✓ **Αισθητήρες περιβάλλοντος**
- Αισθητήρες μέτρησης υγρασίας περιβάλλοντος
- Αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας περιβάλλοντος





✓ **Αισθητήρες αγρού**

- Αισθητήρες υγρασίας και θερμοκρασίας εδάφους
- Αισθητήρες συστήματος διαχείρισης άρδευσης
- Αισθητήρες μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους
- Αισθητήρες μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας χωρίς επαφή
- Αισθητήρες λίπανσης μεταβλητής περιοχής δόσης N
- Αισθητήρες φυτών και ζιζανίων
- 

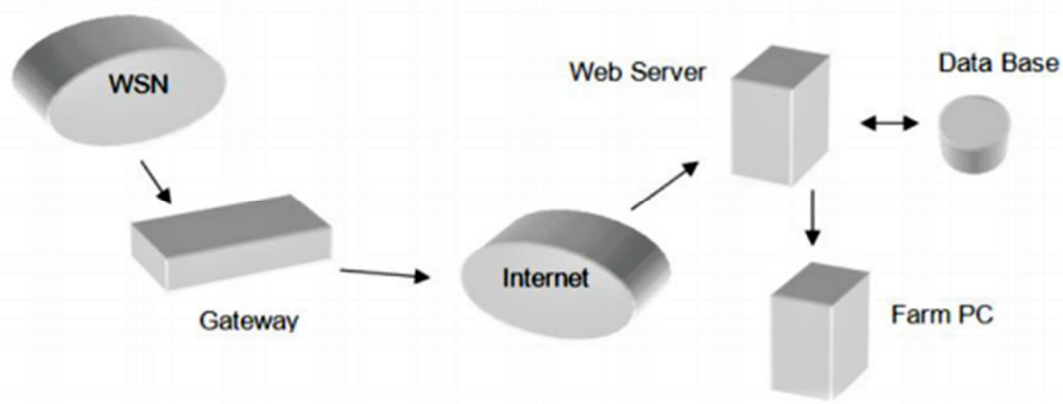
✓ **Αισθητήρες χαρτογράφησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας**

- Αισθητήρες ηλεκτρική αγωγιμότητας και δειγματοληψίας εδάφους
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα και υγρασία εδάφους
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα και αλατότητα
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα και νηματώδεις
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα και παραγωγή

✓ **Αισθητήρες Τηλεπισκόπησης**

- Ενεργοί αισθητήρες
- Παθητικοί αισθητήρες

✓ **Αισθητήρες WSN**



Τα συστήματα γεωργικής παραγωγής μέσω της χρήσης WSN παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο δημιουργώντας ένα μοντέλο λήψης αποφάσεων για τους αγρότες. Το μοντέλο δίνει την ευχέρεια στον χρήστη-γεωργό να προσαρμόσει την στρατηγική οποιαδήποτε στιγμή υπάρξει ανάγκη. Η πρόοδος στις ασύρματες επικοινωνίες έχει συντελέσει στην ανάπτυξη πολυλειτουργικών αισθητήρων χαμηλής ισχύος και κόστους. Είναι μικρού μεγέθους και ενεργειακά αυτόνομοι και αποτελούνται από επί μέρους τμήματα αίσθησης επεξεργασίας δεδομένων και επικοινωνίας και είναι σε θέση να αντιδρούν σε περιβαλλοντικές μεταβολές. Τα ασύρματα δίκτυα WSN χρησιμοποιούνται κυρίως για παρατηρήσεις και έλεγχο του φυσικού περιβάλλοντος σε περιπτώσεις που η τοποθεσία δεν είναι εύκολα προσβάσιμη. (Φουντάς & Γέμτος 2015)

**Αισθητήρες μέτρησης υγρασίας περιβάλλοντος**

Εφαρμόζονται στη Γεωργία Ακριβείας σε αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς και σε αγρο-μετεωρολογικούς σταθμούς.

✓ **Αισθητήρες διαχείρισης συστημάτων άρδευσης**

Το σύστημα αυτό συγκρίνει τα δεδομένα των εμπειρογνώμων με δεδομένα υγρασίας σε πραγματικό χρόνο για να προσδιορίσει αν οι καλλιέργειες πρέπει να αρδευτούν και να αποφασίσει την ποσότητα άρδευσης στην ανά μονάδα περιοχή. Οι οδηγίες άρδευσης στέλνονται στο σταθμό βάσης για να ορίσει τη θέση και το ποσό άρδευσης.



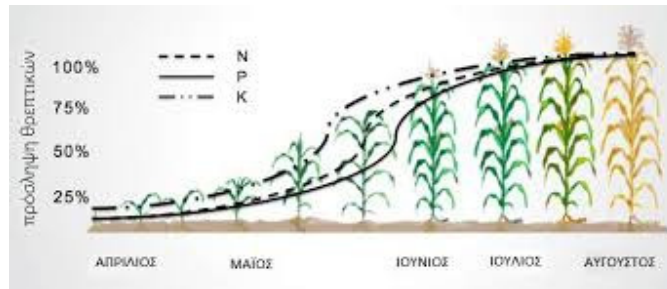
### ✓ Αισθητήρες φυτών και ζιζανίων

Με αισθητήρες και ενεργοποιητές που είτε συνδέονται με το τρακτέρ είτε είναι ανεξάρτητες αυτόνομες μηχανές γίνεται η ανίχνευση των ζιζανίων, των ασθενειών και των εντόμων. Το σύστημα Weedseeker ανιχνεύει τη διαφορά μεταξύ ζιζανίων και εδάφους ψεκάζοντας μόνο τα ζιζάνια καθώς προχωράει στον αγρό.



### ✓ Αισθητήρες λίπανσης μεταβλητής περιοχής δόσης αζώτου

Πρώτο και βασικό στάδιο στην εκτίμηση των απαιτήσεων της καλλιέργειας σε N είναι η παραγωγή ενός χάρτη του δείκτη χλωροφύλλης. Η πιο σύγχρονη μέθοδος χρήσης αισθητήρων φυλλώματος για την λίπανση είναι η χρήση τους σε συστήματα μεταβλητής παροχής του N για λίπανση σε πραγματικό χρόνο.

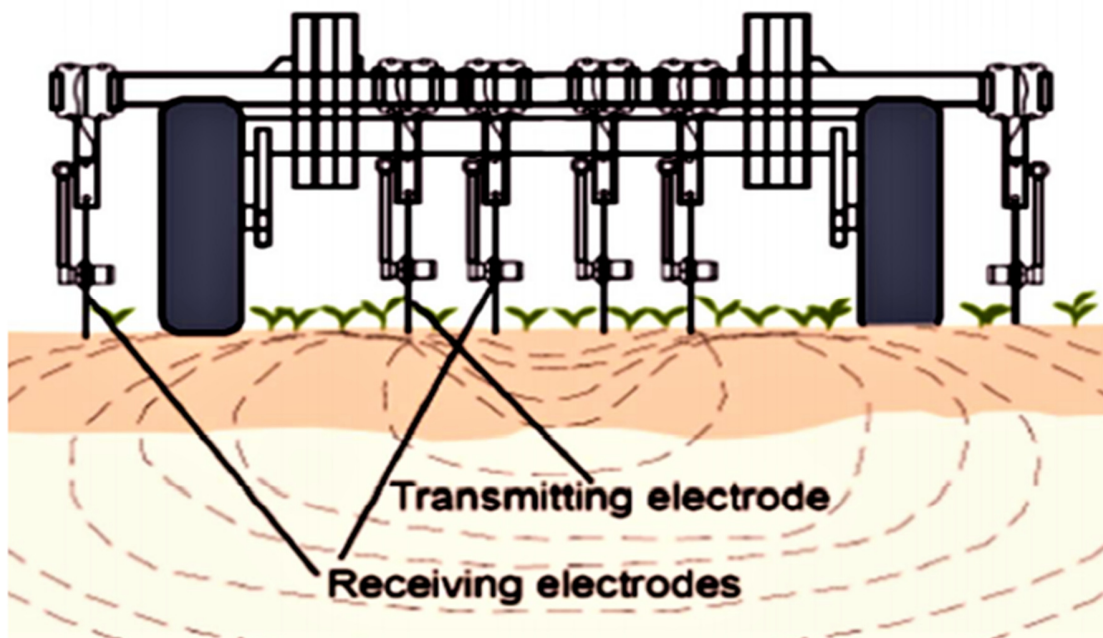


✓ **Αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας περιβάλλοντος**

Με την ανάπτυξη αισθητήρων μπορεί να προβλεφθεί η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και να αποφευχθούν ενδεχόμενες ζημιές στις καλλιέργειες.

✓ **Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας με αισθητήρες**

Τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί από την εταιρεία Veris για μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι το 3100, 3150, 2000XA, QuandEC1000 και Quand 2800. Ειδικά προσαρμοσμένο μηχάνημα για βαριά συνεκτικά εδάφη με πολύ ανθεκτική κατασκευή και πολύ καλή μετάδοση ηλεκτρικού πεδίου. Αρχή λειτουργίας στη μέση οι δύο αισθητήρες απορρόφησης του ηλεκτρικού πεδίου και στα άκρα και εσωτερικά οι πηγές ηλεκτρικού ρεύματος και τα αντίστοιχα ηλεκτρικά πεδία που δημιουργούνται σε βάθος.

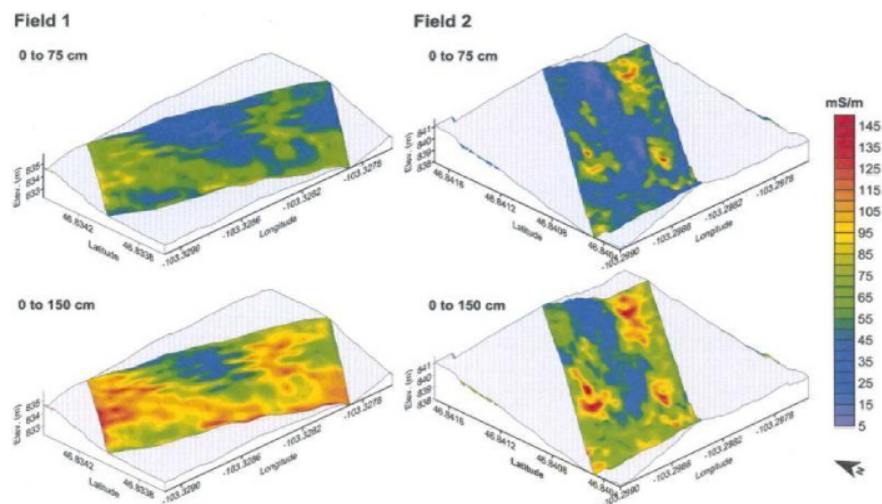


## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Το GPS είναι απαραίτητο για τον προσδιορισμό της θέσης κάθε στιγμή που αντιστοιχεί σε μια μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Καλό είναι να τοποθετείται στην κορυφή του γεωργικού ελκυστήρα, ενώ ένα RTKGPS είναι πάντα χρήσιμο για να έχουμε πιο ακριβείς μετρήσεις. Η μέτρηση της ταχύτητας μπορεί να γίνει είτε μέσω GPS είτε με ραντάρ. Το σύστημα επεξεργασίας και αποτύπωσης των δεδομένων είναι ουσιαστικά ένα λογισμικό και μια κονσόλα που μας επιτρέπει να επέμβουμε στα δεδομένα που προέκυψαν. Στα περισσότερα συστήματα μέτρησης αγωγιμότητας πλέον είναι προσαρμοσμένα συστήματα ταυτόχρονης αποθήκευσης, επεξεργασίας και αποτύπωσης των δεδομένων που προσαρμόζονται στην καμπίνα του γεωργικού ελκυστήρα.

Σύμφωνα με μελέτη, για τη δημιουργία χαρτών ηλεκτρικής αγωγιμότητας και τον υπολογισμό απορροής των αλάτων έγινε συσχέτιση της αγωγιμότητας με την έκπλυση των στοιχείων. Βρέθηκε έντονη συσχέτιση μεταξύ ηλεκτρικής αγωγιμότητας και απορροής αλάτων (στοιχείων). Έτσι, σύμφωνα με τα παραπάνω δημιουργήθηκε ένας χάρτης διπλής ανάγνωσης, δηλαδή ανάλογα με τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, να μεταφράζονται και απώλειες στοιχείων λόγω έκπλυσης. Πρακτικά, δημιουργήθηκαν ζώνες διαχείρισης και εφαρμογής μεταβλητών δόσεων λιπασμάτων χωρικά ανάλογα με τον χάρτη ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενός χωραφιού. Συγκεκριμένα, λιγότερη δόση χρειάζεται σε περιοχές υψηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας πάνω από  $>4$  ds/m (πιο ασφαλές πάνω από 8 ds/m), καθώς έχουμε λιγότερες απώλειες στοιχείων λόγω έκπλυσης.

Επιπλέον διεξήχθη μία άλλη μελέτη σχετικά με τη χωρική και χρονική παραλλακτικότητα στην οποία παρατηρήθηκε υψηλή συγκέντρωση αλατότητας σε έδαφος. Για το σκοπό αυτό, δημιουργήθηκαν χάρτες ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε διάφορα χρονικά διαστήματα και παρατηρήθηκε ότι οι συγκεντρώσεις σε αλάτι τόσο χωρικά όσο και χρονικά παραμένουν σταθερές. Ωστόσο, οι τιμές αυτές σε έναν αγρό ενδέχεται να μεταβληθούν σημαντικά ακόμα και σε έναν χρόνο. (Ehsani et al 2010)



### ✓ Αισθητήρες Τηλεπισκόπησης

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στην τηλεπισκόπηση θα παρουσιαστούν σε επόμενη ενότητα που αφορά στην τηλεπισκόπηση.



## Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT)

Οι τεχνολογίες μεταβλητών δόσεων (VRA) στοχεύουν να πετύχουν τη βέλτιστη των εισροών. Μια εξειδικευμένη (site-specific) εφαρμογή των εισροών στο χωράφι επιτρέπει στον αγρότη να «εφαρμόσει συγκεκριμένη ποσότητα εισροών σε έναν συγκεκριμένο τομέα του αγρού». Τα περισσότερα συστήματα VRA βασίζονται σήμερα στη χαρτογράφηση της απόδοσης του χωραφιού και μερικές φορές σε συστήματα χαρτογράφησης του εδάφους, ωστόσο οι VRA που βασίζονται σε αισθητήρες που αναγνωρίζουν σε πραγματικό χρόνο τις ανάγκες φυτών και εδάφους (YARA N, αισθητήρες της υγρασίας του εδάφους, αισθητήρες του φάσματος του εδάφους), κερδίζουν ευρέως την αποδοχή λόγω της ευκολίας της χρήσης τους από τους αγρότες. Τα συστήματα VRA είναι το πιο σημαντικό πλεονέκτημα από την εφαρμογή της ΓΑ. Η εξειδικευμένη εφαρμογή εισροών απαιτείται για την εξοικονόμηση χρόνου, κόστους και καυσίμων, καθώς και για τη με φειδώ χρήση των εισροών για μια αειφόρο γεωργία. Ανάμεσα στις τεχνολογίες VRA τεχνολογίες, η VR της σποράς πρόσφατα άρχισε να χρησιμοποιείται, λόγω των τεράστιων επενδύσεων που έγιναν από εταιρείες σπόρων. Η VR της λίπανσης χημικών στοιχείων και του ασβέστη (lime) είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες εφαρμογές είτε βασιζόμενες σε αναλύσεις από δείγματα του χώματος ή σε εν κινήσει ανίχνευση μέσω φασματοσκοπίας εδάφους (μόλις άρχισε να εφαρμόζεται) ή με σε πραγματικό χρόνο με βάση αισθητήρων ανίχνευσης της φυτοκόμης (canopy sensors). Η VRA του αζώτου είναι η πιο κοινή VRA, καθώς το άζωτο είναι το πιο σημαντικό θρεπτικό συστατικό για τις καλλιέργειες. Ο Yara N-Sensor, ο Greenseeker, ο MiniVeg N-Laser system, ο SoilDoctor και το Cropmeter είναι μερικά από τα διαθέσιμα στην αγορά και ευρέως διανεμημένα on-line συστήματα για την VRA του αζώτου. Η VRA της άρδευσης και της άρωσης είναι σε εμβρυακό στάδιο στην πλειοψηφία των περιφερειών της ΕΕ, όπου όμως η VRA άρδευσης αρχίζει να αποκτά μεγάλη σημασία στη λεκάνη της Μεσογείου λόγω της λειψυδρίας και των πρόσφατων έργων του FP7 σε αυτόν τον τομέα. (Sfiligoj και Heacox, 2016).

Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις νεότερες συναρπαστικές τεχνολογίες για τη γεωργία ακριβείας σε αυτήν τη λίστα, μπορεί να είναι έκπληξη να δούμε την εφαρμογή μεταβλητών δόσεων (variable rate application -VRA). Σύμφωνα με τον Sid Parks, διευθυντή Γεωργίας Ακριβείας στην GROWMARK, αυτό κατάφερε να διατηρήσει τη σημασία του εν μέρει λόγω της φύσης του. «Καλεί τη φυσική τάση των καλλιεργητών να προσπαθήσουν να μεγιστοποιήσουν ένα χωράφι για να επωφεληθούν από όλες τις δυνατότητες αύξησης των δυνατών αποδόσεων δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των σπόρων». Είναι λίγο διαφορετικό από τη λίπανση μεταβλητών δόσεων, επειδή η σπορά VRA βασίζεται στην ικανότητά μας να συλλέγουμε ακριβή δεδομένα για την έναρξη της γεωργικής διαδικασίας, τον ίδιο τον σπόρο ». Ένας άλλος παράγοντας που συντελεί στην αυξανόμενη σημασία της σποράς VRA για τη γεωργία γενικής ακριβείας είναι το γεγονός ότι ως κατηγορία έχει πολλά περιθώρια ανάπτυξης. «Παρόλο που οι λαοί χρησιμοποιούν πρακτικές σποράς VRA από τα μέσα της δεκαετίας του 1990, πιθανότατα εξακολουθεί να χρησιμοποιείται μόνο στο 5% έως 10% των φυτεμένων στρεμμάτων σήμερα», λέει ο Parks. «Όμως, η ικανότητα συγκέντρωσης καλών, χρήσιμων δεδομένων για τη σπορά VRA γίνεται πολύ καλύτερη, οπότε οι πιθανότητες

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

περισσότερων καλλιεργητών να χρησιμοποιούν αυτήν την πρακτική στις ετήσιες εργασίες τους θα συνεχίσουν να βελτιώνονται» (Sfiligoj και Heacox, 2016).

Οι μηχανές φύτευσης και οι σπαρτικές μηχανές μπορούν να μετατραπούν σε σπορείς VRA ρυθμίζοντας την ταχύτητα του οδηγού μέτρησης σπόρων. Αυτό θα αλλάξει αποτελεσματικά τον πληθυσμό των φυτών. Η σπορά VRA επιτυγχάνεται με το διαχωρισμό ή την αποσύνδεση των συστημάτων μετρητή σποράς από τον τροχό κίνησης του εδάφους. Συνδέοντας ένα μοτέρ ή κιβώτιο ταχυτήτων (για να αλλάξει την ταχύτητα της εισόδου του τροχού εδάφους), ο ρυθμός σποράς μπορεί να μεταβάλλεται εν κινήσει. Οι περισσότερες από αυτές τις συσκευές θα αντιστοιχιστούν με έναν χάρτη εφαρμογής και μπορούν να έχουν δύο ή περισσότερες τιμές. Ένα σενάριο δύο ταχυτήτων μπορεί να είναι ένα σύστημα που μειώνει τους ρυθμούς σποράς εκτός της εμβέλειας ενός κεντρικού αρδευτικού άξονα, ενώ μπορεί να απαιτούνται πολλαπλοί ρυθμοί για προσαρμογή στους τύπους εδάφους (ικανότητα συγκράτησης νερού) και την οργανική ύλη. (Φουντάς & Γέμτος 2015)

Με τα σημερινά δεδομένα η εφαρμογή των μεταβλητών δόσεων ή των καλλιεργητικών φροντίδων μπορεί να γίνει με δύο μεθόδους:

1. Βασισμένη σε ηλεκτρονικούς χάρτες εφαρμογής που στηρίζονται σε ιστορικά στοιχεία του αγρού ή της φυτείας. Τα ιστορικά στοιχεία επιτρέπουν τη χάραξη ζωνών διαχείρισης που επιδέχονται κοινές εισροές τις οποίες και εφαρμόζουμε. Οι χάρτες εισάγονται στο κατάλληλο λογισμικό που ελέγχει και αλλάζει τις ρυθμίσεις των μηχανημάτων κατά την κίνηση τους στο χωράφι. Μια συσκευή GPS δίνει τη θέση στο χωράφι και το λογισμικό με βάση το χάρτη εφαρμογής δίνει την εντολή στον ελεγκτή του μηχανήματος για αλλαγή της ρύθμισης.
2. Στη δεύτερη μέθοδο δεν χρειαζόμαστε ούτε ηλεκτρονικούς χάρτες ούτε GPS. Βασισμένοι σε σήματα, που παράγουν αισθητήρες που ανιχνεύουν κάποιο χαρακτηριστικό της καλλιέργειας ή του εδάφους, μπορούμε να ρυθμίσουμε τις εφαρμοζόμενες ποσότητες ή καλλιεργητικές φροντίδες άμεσα κατά τη λειτουργία στο χωράφι και να πετύχουμε να εφαρμόζονται οι επιθυμητές δόσεις. . (Φουντάς & Γέμτος 2015)

## Συστήματα παρακολούθησης αποδόσεων (Yield Monitoring System)

Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ένα σύνολο αισθητήρων και εφαρμογών.

### Αισθητήρες μέτρησης παραγωγής

- Αισθητήρες μέτρησης πίεσης. Οι αισθητήρες αυτοί μετρούν τη δύναμη που ασκεί η ροή του σπόρου σε κάποιο σημείο του σωλήνα μεταφοράς του προϊόντος. Η δύναμη αυτή είναι ανάλογη με τη ροή του σπόρου.
- Αισθητήρες μέτρησης μετατόπισης. Οι αισθητήρες αυτοί είναι παρόμοιοι με τους παραπάνω αισθητήρες με τη διαφορά ότι μετρούν με ποτενσιόμετρο τη μετατόπιση που ασκεί η ροή του σπόρου, καθώς προσκρούει σε κάποιο σημείο του σωλήνα μεταφοράς του προϊόντος.
- Ραδιομετρικό σύστημα. Στο σύστημα αυτό υπάρχει μια πηγή ακτινοβολίας και ένας ανιχνευτής. Η ένταση της ακτινοβολίας που μετράται από τον ανιχνευτή είναι η μέγιστη, όταν δεν περνά σπόρος από τον σωλήνα μεταφοράς. Καθώς περνάει ο σπόρος από τον σωλήνα μεταφοράς, η ένταση της ακτινοβολίας που ανιχνεύεται μειώνεται. Η μείωση της έντασης της ακτινοβολίας είναι ανάλογη με τη μάζα του σπόρου. Έτσι, το σύστημα αυτό μετράει τη μάζα σπόρου και η μέτρηση είναι ανεξάρτητη από το είδος του σπόρου.
- Σύστημα με δυναμοκυψέλες. Στο σύστημα αυτό μετράται το βάρος του σπόρου με μια δυναμοκυψέλη, καθώς περνά από τον κοχλία μεταφοράς του σπόρου της μηχανής συγκομιδής.
- Σύστημα μέτρησης όγκου. Στο σύστημα αυτό υπάρχει μια πηγή φωτός και ένας αισθητήρας που ανιχνεύει το φως. Η ακτινοβολία που ανιχνεύεται μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα. Η ακτινοβολία που ανιχνεύεται χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί ο όγκος του σπόρου που περνά από τον σωλήνα μεταφοράς του σπόρου.



## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

### Αισθητήρες μέτρησης υγρασίας σπόρου

Ο αισθητήρας μετρά τις διηλεκτρικές ιδιότητες του σπόρου που περνά ανάμεσα από τους οπλισμούς του πυκνωτή. Ο αισθητήρας μέτρησης υγρασίας του σπόρου συνήθως τοποθετείται στο σύστημα καθαρισμού του σπόρου κοντά στους αισθητήρες μέτρησης παραγωγής.

### Αισθητήρες μέτρησης ταχύτητας

Οι αισθητήρες αυτοί εγκαθίστανται στους τροχούς της μηχανής συγκομιδής και μετράνε την ταχύτητά της. Η τεχνολογία των αισθητήρων αυτών βασίζεται σε proximity sensors (μαγνήτες), ραντάρ, υπερήχους, ή σήματα από GPS.

### Αισθητήρας θέσης μηχανισμού θερισμού μηχανής συγκομιδής

Ο αισθητήρας αυτός ελέγχει τη ροή και αποθήκευση των δεδομένων. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύει ότι ο μηχανισμός θερισμού είναι ανυψωμένος, δεν γίνεται καταγραφή δεδομένων και επομένως, υπολογισμός της έκτασης ακόμη και όταν η μηχανή συγκομιδής κινείται και όλα τα συστήματα της είναι σε λειτουργία. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύει ότι ο μηχανισμός θερισμού είναι στο έδαφος, γίνεται υπολογισμός της έκτασης που συγκομίζεται.

### Κεντρική μονάδα με οθόνη

Η κεντρική μονάδα είναι το βασικό στοιχείο του συστήματος. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος συλλέγει και αποθηκεύει τα δεδομένα από τους αισθητήρες και ταυτόχρονα τα δείχνει στην οθόνη. Τοποθετείται στην καμπίνα της μηχανής συγκομιδής για να είναι εύκολα ορατή από τον χειριστή.

Οι πληροφορίες που έρχονται από τους αισθητήρες και φαίνονται στην οθόνη αφορούν την υγρασία του σπόρου, τη στιγμιαία παραγωγή, τη μέση παραγωγή, την έκταση που συγκομίστηκε, την ταχύτητα της μηχανής και την ποιότητα του σήματος του GPS.

### Δέκτη GPS

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Ο δέκτης φέρει κεραία που δίνει στο σύστημα τη θέση της μηχανής συγκομιδής στον αγρό, με σύστημα τοπικής απεικόνισης ή με σύστημα συντεταγμένων.

### Βαθμονόμηση

Είναι η κυριότερη διαδικασία ώστε οι ενδείξεις των οργάνων να μεταφραστούν σε αριθμούς συνειδητούς για τον παραγωγό καθώς και αξιοποιήσιμους για την κατανόηση της κατάστασης και την ποιότητα- ποσότητα της παραγωγής. Για το λόγο αυτό το σύστημα χρειάζεται βαθμονόμηση, ώστε οι μετρήσεις που προέρχονται από τους αισθητήρες να αντιστοιχούν στην παραγωγή.

Η βαθμονόμηση γίνεται συνήθως συγκρίνοντας τα βάρη αρκετών φορτίων που έχουν εκτιμηθεί από τους αισθητήρες παραγωγής με αυτά που προκύπτουν από τη ζύγιση των φορτίων.

### Συλλογή δεδομένων παραγωγής

Οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα κάθε 1, 2, 3 ή 5 δευτερόλεπτα. Τα δεδομένα αυτά είναι συνδυασμός της θέσης από το GPS και των δεδομένων που έρχονται από τους αισθητήρες. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται στην κεντρική μονάδα. Με μια κάρτα PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν από την κεντρική μονάδα σε ένα προσωπικό υπολογιστή και με ένα κατάλληλο λογισμικό GIS να γίνει απεικόνιση των δεδομένων σε χάρτες. (Sfiligoj και Heacox, 2016)

### Τηλεπισκόπηση

Τηλεπισκόπηση ορίζεται η επιστήμη που παρατηρεί και μελετά τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης εξ αποστάσεως με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Με τη χρήση της τηλεπισκόπησης ο κάθε αγρότης λαμβάνει χρήσιμες πληροφορίες από ψηφιακές εικόνες για τις καλλιέργειές του. Στόχος είναι η αποτύπωση της χωρικής παραλλακτικότητας του αγρού, έτσι ώστε οι καλλιεργητικές πρακτικές και εισροές να γίνονται εντοπισμένα. Τα δεδομένα οργανώνονται σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) μαζί με άλλους τύπους δεδομένων για τη λήψη ορθών αποφάσεων όσον αφορά τις γεωργικές καλλιέργειες και τις γεωργικές στρατηγικές.

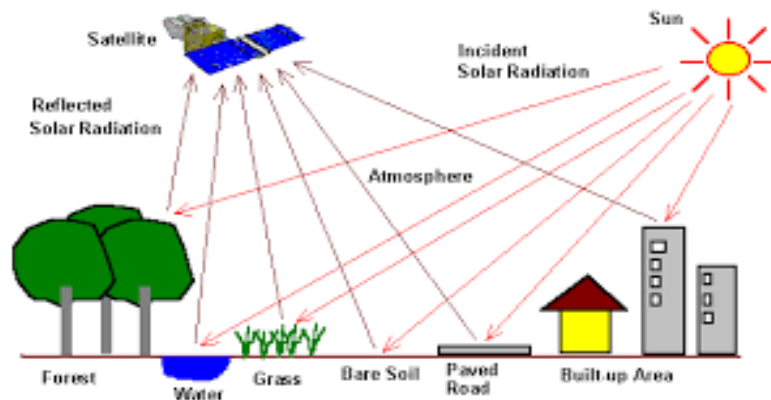
Οι παραδοσιακές τεχνολογίες τηλεπισκόπησης που βασίζονται σε πλατφόρμες δορυφόρων και αεροσκαφών βελτιώνονται συνεχώς από την άποψη της χωρικής και της χρονικής ανάλυσης,

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

ενισχύοντας έτσι την καταλληλότητά τους για εφαρμογές γεωργίας ακριβείας. Η επιχειρησιακή επιτυχία της τεχνολογίας μεταβλητού ρυθμού βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην έγκαιρη συλλογή των δεδομένων του αισθητήρα και στον ακριβή υπολογισμό του χάρτη εφαρμογής που περιγράφει την ευρωστία, τις ελλείψεις, τις ασθένειες, τα ζιζάνια και τα παράσιτα, καθώς και τις μεταβλητές εδάφους, όπως το περιεχόμενο υγρασίας και θρεπτικών συστατικών. Τα δεδομένα μπορούν να ληφθούν με διάφορους τρόπους, όπως οι παραδοσιακές πλατφόρμες τηλεπισκόπησης που περιγράφονται παραπάνω. Πιο πρόσφατα, άλλες πλατφόρμες, όπως τα μη επανδρωμένα οχήματα εναέριας κυκλοφορίας (UAV) ή αισθητήρες τοποθετημένοι σε οχήματα μπορούν να προσφέρουν υψηλότερη γεινίαση του αισθητήρα με τις καλλιέργειες καθώς και πληροφορίες σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (Gonzalez et al., 2019).

### Αισθητήρες Τηλεπισκόπησης

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στην τηλεπισκόπηση διακρίνονται σε 2 κατηγορίες. Αυτές είναι οι ενεργοί αισθητήρες και οι παθητικοί αισθητήρες. Η διαφορά τους είναι ότι οι ενεργοί αισθητήρες εκπέμπουν ακτινοβολία για να πραγματοποιήσουν τις μετρήσεις τους, ενώ οι παθητικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν την υπάρχουσα ακτινοβολία από τον ήλιο για να πραγματοποιήσουν τις δικές τους μετρήσεις. (Φουντάς, Γέμος 2015)



### Παθητικοί αισθητήρες

- Ραδιόμετρο

Όργανο μέτρησης της ποσοτικής έντασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας συγκεκριμένων ζωνών μικρών κύματος.

- Φασματικές κάμερες

Είναι κάμερες που με κάθε λήψη λαμβάνουν κάθε μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Επιπλέον, ανάλογα με την διακριτική ικανότητα κατηγοριοποιούνται σε πολυφασματικές, υπερφασματικές και ultra-φασματικές ανάλογα των μικρών κύματος που διαθέτουν.

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

- Φασματικό ραδιόμετρο

Είναι ραδιόμετρο που μπορεί να παρέχει μία δισδιάστατη συστοιχία πίξελ από τα οποία μπορεί να αποτελείται μία εικόνα. Η επεξεργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί μηχανικά ή ηλεκτρονικά χρησιμοποιώντας μία διάταξη ανιχνευτών.

- Φασματόμετρο

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

- Φασματοραδιόμετρο

Είναι ραδιόμετρο που μπορεί να μετρήσει την ένταση της ακτινοβολίας σε πολλαπλές ζώνες μήκους κύματος (δηλαδή, πολυφασματικά). Οι ζώνες είναι υψηλής φασματικής ανάλυσης. Ο αισθητήρας είναι σχεδιασμένος για την τηλεανίχνευση συγκεκριμένων παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας, τα χαρακτηριστικά σύννεφων, το χρώμα των ωκεανών, η βλάστηση, το ίχνος χημικών στην ατμόσφαιρα, κλπ. (Schlemmer et al 2003)

### Ενεργοί αισθητήρες

- RADAR (Radio Detection and Ranging)

Είναι ραντάρ που χρησιμοποιεί πομπό είτε ραδιοσυχνότητες είτε σε συχνότητες μικροκυμάτων για να εκπέμπουν παλμούς ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και έναν δέκτη για τη μέτρηση της χρονικής στιγμής που δέχεται την ανακλώμενη ακτινοβολία.

- Scatterometer

Είναι ραντάρ υψηλών συχνοτήτων μικροκυμάτων ,ειδικά για τη μέτρηση της ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις της αναδιαχέμενης ακτινοβολίας μικροκυμάτων, στην φασματική περιοχή πάνω από τις επιφάνειες των ωκεανών, χρησιμεύουν στην κατασκευή χαρτών ταχύτητας του ανέμου της επιφάνειας και κατεύθυνσης του.

- Lidar (Light Detection and Ranging)

Η χρήση του laser που μεταδίδει παλμό φωτός (εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας) σε έναν δέκτη με ανίχνευση της ανακλώμενης ακτινοβολίας. Επίσης, μπορεί να προσδιοριστεί η απόσταση του αντικειμένου, με την καταγραφή του χρόνου μεταξύ των μεταδιδόμενων και ανακλώμενων παλμών, χρησιμοποιώντας την ταχύτητα του φωτός. Τα LIDARs μπορούν να

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

καθορίσουν το ατμοσφαιρικό προφίλ των αερολυμάτων, τα σύννεφα, και άλλων συστατικών της ατμόσφαιρας.

- Laser υψομέτρου

Είναι laser που εκμεταλλεύεται ένα Lidar για να μετρήσει το ύψος του μέσου πάνω από την επιφάνεια της γης, έχοντας την δυνατότητα να προσδιορίσει την τοπογραφία της υποκείμενης επιφάνειας. (Schlemmer et al 2003)

### Φασματοσκοπία

Η φασματοσκοπία εδάφους, με την συνεχή βελτίωση των τεχνολογιών θεωρείται μια ταχεία αναπτυσσόμενη και αποδοτικά οικονομική μέθοδος με πολλές εφαρμογές τόσο στην εδαφολογία, όσο και στις άλλες επιστήμες. Οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις που προσφέρουν οι αισθητήρες, ανιχνεύοντας τις αλλαγές και παρατηρώντας τις με συστήματα ελέγχου, ανοίγουν μια νέα εποχή που αφήνουν πίσω τις παραδοσιακές καλλιεργητικές πρακτικές. Με την πάροδο του χρόνου αντικαθίστανται από την γεωργία μειωμένων εισροών και κατ' επέκταση τη γεωργία ακριβείας, επιτρέποντας την διαχείριση της μεταβλητότητας μέσα στο χωράφι εφαρμόζοντας αγρονομικές εισροές στη σωστή θέση, την κατάλληλη στιγμή, και στη σωστή ποσότητα.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών, η έρευνα σχετικά με τη χρήση φασματοσκοπίας με ορατή και υπέρυθη ακτινοβολία (Vis-NIR) στην επιστήμη του εδάφους έχει αυξηθεί ραγδαία. Με την εμφάνιση διαφόρων τύπων φασματοφωτόμετρων είτε για επί τόπου μετρήσεις στο πεδίο, είτε για εργαστηριακές μετρήσεις έγινε πιο διαδεδομένη η χρήση φασματοσκοπίας και δημιουργούνται ολοένα και περισσότερες προοπτικές χρήσης της. Ο κύριος στόχος των ερευνών είναι η φασματοσκοπική μελέτη για τη βασική σύνθεση του εδάφους, κυρίως την οργανική ύλη του (SOM), την υφή και την ορυκτολογική του σύσταση, αλλά και η διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών και ιδιοτήτων όπως η γονιμότητα, η δομή και η μικροβιακή δραστηριότητα. Οι πληροφορίες αυτές για την ποιότητα του εδάφους προκύπτουν από τη μελέτη του εδαφικού οργανικού άνθρακα και κατ' επέκταση του λόγου C/N. Το ενδιαφέρον της χρήσης ορατού-υπέρυθρου στην μελέτη του εδάφους προέκυψε από διάφορους λόγους, όπως για παράδειγμα ότι: η προετοιμασία του δείγματος περιλαμβάνει μόνο την ξήρανση και την σύνθλιψη του, το δείγμα δεν επηρεάζεται από την ανάλυση, δεν απαιτούνται επικίνδυνα χημικά, η μέτρηση διαρκεί μερικά δευτερόλεπτα, μπορούν να εκτιμηθούν αρκετές ιδιότητες εδάφους από μία μόνο σάρωση, και η τεχνική αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στο εργαστήριο όσο και επί τόπου στο χωράφι. Για τη δημιουργία ενός φάσματος του εδάφους, όλες οι σχετικές συχνότητες που περιέχονται στην ακτινοβολία σαρώνουν το δείγμα. Ανάλογα με τα συστατικά που υπάρχουν στο έδαφος, η ακτινοβολία θα προκαλέσει τη δόνηση μεμονωμένων μοριακών δεσμών, είτε με κάμψη είτε με τέντωμα, και θα απορροφήσουν το φως σε διάφορους βαθμούς με συγκεκριμένη κβαντική ενέργεια που αντιστοιχεί στη διαφορά μεταξύ δύο ενεργειακών επιπέδων. Η κβαντική ενέργεια είναι ανάλογη με τη συχνότητα και αντιστρόφως ανάλογη με το μήκος κύματος, έτσι το προκύπτον φάσμα απορρόφησης παράγει ένα χαρακτηριστικό σχήμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αναλυτικούς σκοπούς. Ειδικότερα, η χρήση φασματοσκοπίας ανάκλασης εδάφους στο ορατό και κοντινό υπέρυθρο (350-2500 nm) είναι πολλά υποσχόμενη όσον αφορά τις εφαρμογές που σχετίζονται με τα γεωργικά εδάφη. Οι

φασματικές υπογραφές σε αυτήν την περιοχή επηρεάζονται κυρίως από τις δονήσεις των δεσμών μεταξύ των ατόμων του C και του N, καθώς και από το στάδιο αποσύνθεσης του C. Αντίστοιχα, έχει παρατηρηθεί από την ακαδημαϊκή κοινότητα ότι το έδαφος έχει παρόμοια ανάκλαση σε ακτινοβολίες μεταξύ 1100-2500 nm και παρουσιάζει 3 περιοχές απορρόφησης στα 1400, 1900 και 2200 nm τα οποία θεωρούνται ιδιαίτερος σημαντικά για την βαθμονόμηση και την μελέτη του άνθρακα και του αζώτου σε αυτά τα μήκη κύματος, Συνεπώς, για την παρακολούθηση και την μελέτη των εδαφικών παραμέτρων καθώς και τη δημιουργία εύρωστων μοντέλων, κρίνεται αναγκαία η πραγματοποίηση εδαφικών δειγματοληψιών. Η δημιουργία εδαφικών φασματικών βιβλιοθηκών θα συντελέσει στην ελαχιστοποίηση του αριθμού των εδαφικών δειγμάτων, δίνοντας ταυτόχρονα αξιόπιστα αποτελέσματα με παράλληλη χρήση της φασματοσκοπίας. (Schlemmer et al 2003)

### Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (Drones)

Με τον όρο U.A.V. (Unmanned Aerial Vehicle) εννοούμε το εναέριο μέσο το οποίο κινείται χωρίς χειριστή στο εσωτερικό του. Η πτήση του ελέγχεται είτε αυτόνομα με φερομένους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και αισθητήρια όργανα εντός του είτε με τηλεχειρισμό από κάποιον χειριστή που βρίσκεται στο έδαφος ή σε κάποιο άλλο μέσο. Η αξιοποίηση των drones για να παρακολουθούν τους αγρούς, διερευνώντας την υγρασία και την έλλειψη θρεπτικών συστατικών στις καλλιέργειες έχει τεράστιες δυνατότητες για τους αγρότες. Παρέχουν ταχύτητα στην ανίχνευση προβλημάτων καθιστώντας τον αγρότη ικανό να παραβρεθεί στις καλλιέργειες ανά πάσα στιγμή. (Φουντάς, Γέμτος 2015)

Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη (drones) έχουν αναδειχθεί ως μία από τις πλέον υποσχόμενες τεχνολογίες, επιτρέποντας, για παράδειγμα, τον ψεκασμό φυτοφαρμάκων με ένα πιο αποτελεσματικό και στοχευμένο τρόπο. Αλλά λίγοι Ευρωπαίοι αγρότες σήμερα επωφελούνται από αυτό, πιθανόν λόγω της έλλειψης γνώσης του τομέα. Η αξιοποίηση των drones για να παρακολουθούν τους αγρούς, διερευνώντας την υγρασία και την έλλειψη θρεπτικών συστατικών στις καλλιέργειες έχει τεράστιες δυνατότητες για τους αγρότες, ενώ ο εξαιρετικά προηγμένος εξοπλισμός τους απεικονίζει την ελάχιστη λεπτομέρεια, που το ανθρώπινο μάτι δεν μπορεί να ανιχνεύσει. Αυτό επιτρέπει στους αγρότες να χορηγήσουν θεραπεία πριν επηρεαστούν σημαντικά οι καλλιέργειες. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, για παράδειγμα, τα drone αξιοποιούνται για την παρακολούθηση των κοπαδιών, καθώς έχουν την λειτουργικότητα για την ανίχνευση ασυνήθιστων θερμοκρασιών σώματος και άλλων συνθηκών.

Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη διαθέτουν μια σειρά από φωτογραφικούς αισθητήρες κατάλληλους για την ανάλυση βιοχημικών εργασιών. Ωστόσο προσφέρουν ευχέρεια στη χρήση καθώς είναι εύκολη, απλή και γίνεται αμέσως κατανοητή ακόμη και από τον χαμηλής μόρφωσης αγρότη. Παρέχουν ταχύτητα στην ανίχνευση προβλημάτων καθιστώντας τον αγρότη ικανό να



## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

παραβρεθεί στις καλλιέργειες ανά πάσα στιγμή. Ένα από τα θετικά των αεροσκαφών αυτών στην έξυπνη γεωργία είναι η μείωση των εισροών, αφού θα χορηγηθούν φάρμακα, λιπάσματα κτλ. όταν κρίνεται απαραίτητο. Τέλος η οργάνωση παραγωγής σε συνδυασμό με τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας καθιστούν τα αεροσκάφη αυτά σημαντικό βοήθo της έξυπνης γεωργίας. (Oliveira & Molin 2011)

### Ροή εργασιών με την χρήση Drone

Πρώτο βήμα : Χαρτογράφηση. Σε αυτό το βήμα γίνεται η επιλογή κάμερας (RGB, NIR, RE, MultiSpec, Thermal) στη συνέχεια πραγματοποιείται σχεδιασμός και οργάνωση πτήσης, εκτέλεση πτήσης και τέλος η εισαγωγή δεδομένων για επεξεργασία.



Δεύτερο βήμα : Ανάλυση και εντοπισμός hotspots. Αφού πρώτα γίνει μια γρήγορη επεξεργασία στο πεδίο που θα διαρκέσει γύρω στα δέκα πέντε λεπτά ξεκινάει η παραγωγή δείκτη NDVI που με κατάλληλες μετρήσεις εντοπίζει περιοχές προς διερεύνηση, φασματικές ανωμαλίες υψηλής ανάκλασης αλλά και χαμηλής ανάκλασης.

Τρίτο βήμα : Επιτόπια έρευνα και παρατήρηση. Σε αυτό το βήμα πραγματοποιείται το ανέβασμα δεδομένων σε κινητό smartphone με τη χρήση δωρεάν εφαρμογών. Στη συνέχεια γίνεται πλοήγηση με τη χρήση του GPS της συσκευής και εντοπισμός των κατάλληλων περιοχών. Τέλος γίνεται η παρατήρηση της κατάστασης των φυτών με τη λήψη φωτογραφιών από το έδαφος αλλά και με τη συλλογή δειγμάτων.

Τέταρτο βήμα : Αξιολόγηση και Εκτίμηση. Σε αυτό το σημείο ο αγρότης καλεί το συνεργαζόμενο γεωπόνο για να αξιολογήσει το πρόβλημα, να εκτιμήσει τη σοβαρότητα της κατάστασης αλλά και για να οργανώσει ένα πλάνο δράσης με στόχο την ανίχνευση του προβλήματος.

Πέμπτο βήμα : Συσχέτιση ευρημάτων και οργάνωση σχεδίου δράσης. Η συσχέτιση των παρατηρήσεων στο πεδίο με τους παραγόμενους δείκτες , η παραγωγή νέων χαρτών με

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

ταξινόμηση βάσει ευρημάτων, η ζωνοποίηση της περιοχής αλλά και η οργάνωση σχεδίου δράσης (λιπάσματα, φυτοφάρμακα κτλ.) ολοκληρώνουν το βήμα αυτό.

Έκτο βήμα : Εκτέλεση σχεδίου δράσης. Σε αυτό το βήμα γίνεται η εφαρμογή του σχεδίου δράσης λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως η χωρική έκταση και η ένταση των φαινομένων ενώ σαν τελευταία ενέργεια γίνεται ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας και αξιολόγηση. (Oliveira & Molin 2011)

### Εφαρμογές drones στην γεωργία ακριβείας

#### Ανάλυση Εδάφους

Τα drones μπορεί να αποδειχθούν ζωτικής σημασίας από την αρχή του κύκλου ζωής κάθε καλλιέργειας. Παράγουν ακριβέστατους δισδιάστατους και τρισδιάστατους χάρτες βοηθώντας στην οργάνωση των δειγματοληψιών του εδάφους αλλά και στον σχεδιασμό της σποράς ή της μεταφύτευσης. Μετά την φύτευση, μόνο μια σάρωση της καλλιέργειας από drones μπορεί να αποδώσει άμεσα και χρηστικά δεδομένα τόσο για την αποδοτικότητα της φύτευσης όσο και για τον περαιτέρω σχεδιασμό της άρδευσης και της λίπανσης αυτής.

#### Φύτευση

Υπάρχουν ήδη εταιρείες που έχουν αναπτύξει καινοτόμους τρόπους φύτευσης που επιτυγχάνουν αύξηση της αποδοτικότητας της φύτευσης μειώνοντας ταυτόχρονα το κόστος της. Χρησιμοποιώντας ρομποτικά οχήματα, τα οποία αξιοποιούν τους χάρτες που παράγουν τα drones, φυτεύουν κάθε σπόρο στην βέλτιστη θέση παρέχοντάς του ταυτόχρονα και όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για να διατηρηθεί στη ζωή.

#### Ψεκασμοί

Η χρήση συστημάτων ακριβείας για την μέτρηση αποστάσεων επιτρέπει στα Drones να ακολουθούν την μορφολογία του εδάφους, κρατώντας το ύψος τους σταθερό. Έτσι χρησιμοποιώντας δισδιάστατους χάρτες, που το ίδιο ή άλλο drone έχει δημιουργήσει με την μέθοδο της τηλεπισκόπησης, μπορεί να ψεκάζει χωρικά την κατάλληλη ποσότητα ζιζανιοκτόνου, ρυθμίζοντας τόσο το ύψος του αλλά και την ποσότητα που ψεκάζει ανάλογα με το που βρίσκεται στην καλλιέργεια. Το αποτέλεσμα: αυξημένη απόδοση κάθε ψεκασμού με ταυτόχρονη μείωση τόσο στην ποσότητα των ζιζανιοκτόνων που ψεκάζονται στο περιβάλλον όσο και στο κόστος κάθε αγρότη. Μάλιστα, ειδικοί μελετητές διατείνονται ότι ο εναέριος ψεκασμός με την χρήση drones είναι ως πέντε φορές αποτελεσματικότερος σε σχέση με τα ως τώρα χρησιμοποιούμενα μέσα.



### Παρακολούθηση καλλιεργείων

Η έλλειψη μέσων παρακολούθησης της καλλιέργειας δημιουργεί ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια στην αύξηση της παραγωγικότητας. Οι δυσκολίες αυξάνονται από την συνεχώς επιδεινούμενη μεταβλητότητα των καιρικών συνθηκών, οι οποίες αλλοιώνουν το μικρόκλιμα και αυξάνουν το ρίσκο και το κόστος της αγροτικής παραγωγής. Μέχρι τώρα μόνο η δορυφορική απεικόνιση μας έδινε τον μοναδικό τρόπο τηλεπισκόπησης των καλλιεργείων μας. Αλλά υπάρχουν πολλές δυσχέρειες στη χρήση των δορυφόρων – οι εικόνες πρέπει να ζητηθούν πολύ νωρίτερα, μπορούν να τραβηχτούν μόνο μια φορά την ημέρα, η ανάλυση τους είναι πολύ χαμηλή για να αποδειχθούν χρήσιμες και η ατμοσφαιρικές παρεμβολές μεταβάλλουν τα δεδομένα σε κάθε λήψη. Επιπρόσθετα, οι δορυφορικές υπηρεσίες είναι πολύ ακριβές και δεν είναι παντού διαθέσιμες. Ένα από τα κύρια πεδία εφαρμογής των drones αυτή την στιγμή στην Γεωργία βρίσκεται στο πεδίο της παρακολούθησης των καλλιεργείων, καθώς τα δεδομένα που μας δίνουν τα drones ενεργοποιούν τη δυνατότητα εφαρμογής πρακτικών της Γεωργίας Ακρίβειας και πρώτη φορά στην ιστορία υπάρχει τρόπος προληπτικής αντιμετώπισης ασθενειών και ελλείψεων στις καλλιέργειές μας.

### Άρδευση

Ειδικά drones με ενσωματωμένους οπτικούς, πολυφασματικούς ή θερμικούς αισθητήρες μπορούν να εντοπίσουν με ακρίβεια εκατοστού ποια τμήματα μιας καλλιέργειας χρειάζονται περισσότερο νερό αλλά και να παράξουν εξειδικευμένους χάρτες υψομετρικών διαφορών και μορφολογίας του εδάφους που μας βοηθούν να σχεδιάσουμε αποτελεσματικότερα την άρδευση κάθε μιας καλλιέργειας ξεχωριστά. Ακόμα και καθώς αναπτύσσεται η καλλιέργεια η δυνατότητα υπολογισμού εξειδικευμένων δεικτών βλάστησης που απεικονίζουν τόσο την βιομάζα όσο και την υγεία της καλλιέργειας, μας επιτρέπουν να εξάγουμε και εμμέσως συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα της άρδευσης και να επέμβουμε όπου χρειάζεται. **Εκτίμηση Υγείας**

Είναι ζωτικής σημασίας να έχουμε την δυνατότητα να αξιολογήσουμε κάθε στιγμή την υγεία της καλλιέργειας μας και να εντοπίσουμε όσο το δυνατόν νωρίτερα τυχόν ασθένειες. Σαρώνοντας με drones μια καλλιέργεια χρησιμοποιώντας συσκευές που λειτουργούν συλλαμβάνοντας το οπτικό και το υπέρυθρο φάσμα του φωτός, μπορούμε να δούμε ποια φυτά ανακλούν διαφορετικές ποσότητες κόκκινου, πράσινου και κυρίως υπέρυθρου φωτός. Αυτά τα δεδομένα μετά από κατάλληλη επεξεργασία δημιουργούν πολυφασματικές απεικονίσεις που αποτυπώνουν τις αλλαγές στη βιομάζα των φυτών και την υγεία τους. Μία μόνο έγκαιρη παρέμβαση με βάση αυτά τα δεδομένα είναι ικανή να σώσει ολόκληρες καλλιέργειες. Ακόμα, αν ανιχνευθεί μια ασθένεια, οι παραγωγοί μπορούν να ψεκάσουν στοχευμένα και να παρακολουθήσουν την πορεία της παρέμβασής τους με ανεπανάληπτη ακρίβεια. Αυτές οι καινοτόμες εφαρμογές ανοίγουν καινούργιους ορίζοντες στην διαχείριση των καλλιεργείων, στην πληροφόρηση και λήψη αποφάσεων και παρεμβάσεων και τέλος στην οργάνωση της αγροτικής παραγωγής. Ακόμα και στην περίπτωση που υπάρξουν απώλειες, ο παραγωγός θα μπορεί πλέον να τις στοιχειοθετήσει και να τις τεκμηριώσει πιο αποτελεσματικά. (Πραπόπουλος 2018)

### Ρομποτική

Ο στόχος των ρομποτικών μηχανών είναι να διαθέτουν μια τεχνογνωσία ώστε να είναι ικανά να προσδιορίζουν τι θα έκανε ο γεωργός κάτω από οποιαδήποτε συνθήκη αναλύοντας τις ενέργειες αυτές κάτω από μηχανικό έλεγχο. Τα οχήματα είναι ικανά να δουλέψουν κάτω από ανεξάρτητες καιρικές συνθήκες με αυτόματη ανίχνευση και έλεγχο κάθε εργασίας, αλλά λόγω της αργής τους κίνησης πρέπει να δουλεύουν με τη χρήση επανδρωμένου ελκυστήρα. Ένας ακόμη στόχος στην κατασκευή ρομποτικών μηχανών έξυπνης γεωργίας είναι η μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, με τη δημιουργία μικρότερων οχημάτων, με λιγότερη κατανάλωση ενέργειας που θα εργάζονται κάτω από διάφορες συνθήκες. Οι μηχανές αυτές χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση της σποράς, τη φροντίδα των φυτών και τη συγκομιδή τους. (Φουντάς, Γέμος 2015)



### Εγκατάσταση της σποράς

Η σπουδαιότερη διεργασία πριν την εγκατάσταση της σποράς είναι το όργωμα. Το όργωμα είναι η προετοιμασία του εδάφους για την καλλιέργεια του σπόρου. Λόγω του ότι είναι μια χρονοβόρα διαδικασία μπορεί να γίνει πιο εύκολη για τον αγρότη με τη βοήθεια ενός μικρού ρομποτικού οχήματος που θα είναι ικανό να κατεργαστεί μόνο το σημείο του εδάφους που έρχεται σε επαφή με το σπόρο για την ανάπτυξή του, η οποία χρειάζεται υγρασία, νερό και θρεπτικά στοιχεία. Έπειτα εκτελείται η διαδικασία της χαρτογράφησης κατά την οποία γίνεται η καταγραφή της γεωγραφικής θέσης του σπόρου καθώς μπαίνει στο έδαφος. Στην ουσία πρόκειται για μια διαδικασία κατά την οποία ένα RTK-GPS εγκαθίσταται στον σπορέα και αισθητήρες υπέρυθρων ακτίνων τοποθετούνται κάτω από την σπαρτική μηχανή. Καθώς ο σπόρος πέφτει στο έδαφος, τέμνει τις υπέρυθρες ακτίνες και δίνει εντολή στο καταγραφικό να εγγράψει τη θέση και τον προσανατολισμό της σπαρτικής μηχανής. Ένα απλό κινηματικό μοντέλο, στη συνέχεια, μπορεί να καταγράψει την ακριβή θέση του σπόρου. Όλο αυτό το πλήθος των συντεταγμένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για στοχευμένες ενέργειες στη διαδικασία της καλλιέργειας. Τέλος σημαντικό είναι να είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε τη θέση όπου δεν φυτεύτηκε σπόρος και να επεμβαίνουμε για την αντικατάστασή του, αυτή η διαδικασία ονομάζεται επανασπορά. (Φυτιλής 2011)

### Φροντίδα της σποράς

Η δυνατότητα συλλογής έγκυρων πληροφοριών για την πορεία της εξέλιξης των φυτών είναι σημαντική για το αποτέλεσμα της παραγωγής ενός αγρότη. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ενός αυτοματοποιημένου συστήματος που με τη βοήθεια κατάλληλων αισθητήρων (για παράδειγμα πολυφασματικών) επεξεργάζεται πληροφορίες για την υγεία και την κατάσταση της καλλιέργειας.

Ωστόσο το ίδιο σημαντική είναι και η χαρτογράφηση ζιζανίων για την υγεία των φυτών. Αυτή γίνεται είτε με την αναγνώριση αυξημένης φυλλικής επιφάνειας εκτός των σπόρων, είτε με την αναγνώριση του σχήματος των ζιζανίων (σύμφωνα με ένα πρότυπο που δημιουργήθηκε για την αναγνώριση του ανθρώπινου προσώπου) , είτε με την αναγνώριση χρώματος. Τελικά μετά την χαρτογράφηση των ζιζανίων με μια από τις προαναφερθείσες μεθόδους δημιουργείται ένας χάρτης ζιζανίων ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υγεία των φυτών, δεδομένου ότι είναι γνωστό σε ποιες περιοχές του αγρού υπάρχει αυξημένος αριθμός ζιζανίων. Το θετικό με το να γνωρίζουμε που ακριβώς υπάρχουν ζιζάνια είναι και ότι μπορούμε με τη χρήση διάφορων μεθόδων να τα καταστρέψουμε. Μια από αυτές τις μεθόδους είναι η χρήση μικροψεκασμού, όπου ψεκάζεται απευθείας το φύλλωμα του ζιζανίου και εξουδετερώνεται. Επιπλέον με τη βοήθεια οπτικών αισθητήρων μπορεί να γίνει ανεύρεση ζιζανίων και ένα σεντ ακροφυσίων να στοχεύσουν απευθείας πάνω τους και να τα εξουδετερώσουν, κάνοντας έτσι μεγάλη οικονομία στο ζιζανιοκτόνο.



### Συγκομιδή της σποράς

Η σωστή συγκομιδή της σποράς όταν μεσολαβούν ρομποτικές μηχανές, που διευκολύνουν την όλη διαδικασία, γίνεται επιλεκτικά. Επιλέγονται δηλαδή συγκεκριμένα τμήματα του αγρού που πληρούν τις προϋποθέσεις συγκομιδής ώστε να μην μαζευτούν όλα μαζί και δεν βρίσκονται στο ίδιο στάδιο ωρίμανσης. Η επιλεκτική αυτή συγκομιδή γίνεται με τη χρήση αισθητήρων που αντιλαμβάνονται την ποιότητα της καλλιέργειας και επιλέγουν ποια έκταση είναι έτοιμη για συγκομιδή αφήνοντας την υπόλοιπη να ωριμάσει.

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

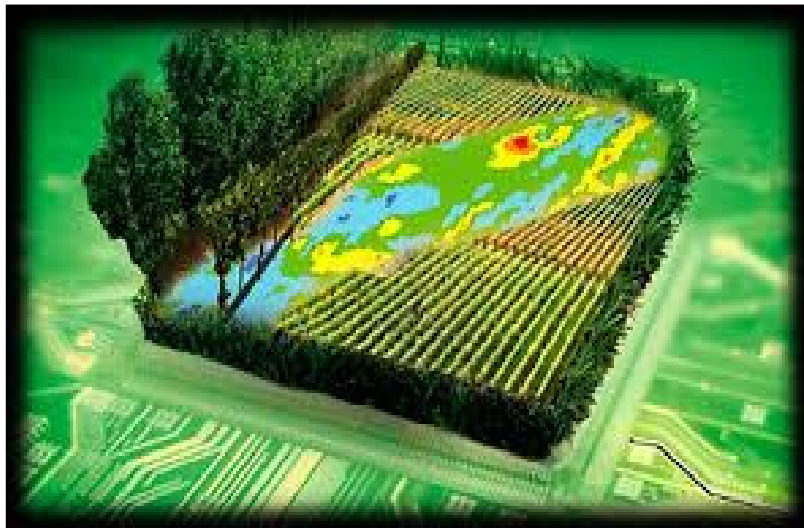
### Αυτόνομος γεωργικός ελκυστήρας ΗΑΚΟ

Ο αυτόνομος γεωργικός ελκυστήρας ΗΑΚΟ είναι ένα από τα ρομπότ που εφαρμόστηκε στην έξυπνη γεωργία, αποτελεί μέρος συστήματος που αναπτύχθηκε με τη συνεργασία των πανεπιστημίων Department of Agricultural Science στην Κοπεγχάγη και του Department of Automation του Technical University of Denmark (DTU) στη Δανία. Ο στόχος του είναι η επέκταση των καλλιεργητικών τεχνικών σε υψηλότερη χωρική ανάλυση στο επίπεδο των φυτών και η αντιμετώπισή τους ως ξεχωριστές μονάδες. Τα συστήματα αυτά από πλευράς αυτοματοποίησης και πληροφορίας στοχεύουν στην αναγνώριση των αναγκών κάθε φυτού ξεχωριστά και στην προσαρμογή των εισροών στις ανάγκες του καθενός αντίστοιχα. (Gonzalez et al 2019)

## ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Η χαρτογράφηση των εδαφών είναι ο προσδιορισμός της παραλλακτικότητας του εδάφους.

Πλέον, εξελιγμένα συστήματα είναι σε θέση και αναπτύσσουν αποτελεσματικότερες μεθόδους δειγματοληψίας και χαρτογράφησης με τις οποίες γίνεται ακριβής προσδιορισμός της χωρικής παραλλακτικότητας στο έδαφος.



Από τη χαρτογράφηση των εδαφών με τις καινούριες μεθόδους, προκύπτουν ψηφιακοί εδαφικοί χάρτες διαφόρων εδαφικών παραμέτρων για κάθε χωράφι.

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Τέτοιες παράμετροι που επηρεάζουν τη λίπανση ενός χωραφιού την άρδευση αλλά και τη σπορά/φύτευση είναι:

- ✓ Τα εδαφικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών, όπως N, P, K, αλλά και ιχνοστοιχεία (Ca, Mg, S, B κ.α.). Όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία είναι απαραίτητα για τα φυτά καθώς επίσης πολύ σημαντικό είναι να γνωρίζουμε την ποσότητα που είναι απαραίτητη να εφαρμοσθεί σε ένα χωράφι αλλά και την κατάλληλη στιγμή εφαρμογής τους και τη σωστή εφαρμογή τους, π.χ. σωστό βάθος. (Ευαγγέλου, Τσαντήλας 2011)
- ✓ Το εδαφικό pH. Ένα λάθος εδαφικό pH μπορεί να σημαίνει λιγότερο διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία για την καλλιέργεια, οπότε και η ρύθμισή του είναι απαραίτητη.
- ✓ Το ποσοστό υγρασίας του εδάφους σίγουρα επηρεάζει το πρόγραμμα άρδευσης
- ✓ Η θερμοκρασία του εδάφους μπορεί να επηρεάσει το βάθος σποράς
- ✓ Η γονιμότητα του εδάφους επηρεάζει τις αποστάσεις φύτευσης.

Με την ψηφιακή χαρτογράφηση προκύπτουν εδαφολογικοί χάρτες διαφορετικών παραμέτρων για κάθε χωράφι και στη συνέχεια καθορίζονται σε κάθε χάρτη που προκύπτει, ζώνες διαχείρισης με απώτερο σκοπό την εφαρμογή των εισροών με μεταβλητές δόσεις.

### Δημιουργία ζωνών διαχείρισης

Είναι μία καινούρια μορφή ταξινόμησης δεδομένων, γνωστή ανάλυση συστάδων (clusteranalysis) κάνει μείωση στη διάσταση των δεδομένων. Δηλαδή ταξινομεί τα σημεία ή τις παρατηρήσεις σε δύο ή περισσότερες κλάσεις (ζώνες διαχείρισης) βασισμένη σε συνδυασμούς των διάφορων μεταβλητών. Στόχος της είναι η ελαχιστοποίηση της παραλλακτικότητας εντός της κλάσης και η μεγιστοποίηση της παραλλακτικότητας μεταξύ των κλάσεων.

Λέγοντας ζώνη διαχείρισης, εννοούμε το επί μέρους τμήμα του αγρού που έχει κοινά χαρακτηριστικά και όπου η διαχείριση μπορεί να είναι κοινή (Kitchen et al., 2005)

Τα βασικά χαρακτηριστικά των ζωνών διαχείρισης είναι τα εξής:

- ✓ Σταθερότητα στο χρόνο.
- ✓ Ευκολία στην οριοθέτηση.
- ✓ Συσχέτιση με την παραγωγή.
- ✓ Χαμηλό κόστος δημιουργίας.

Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας η μέτρηση της εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας χρησιμοποιείται στον εντοπισμό ομοιογενών ζωνών διαχείρισης στο έδαφος (Kitchen et al., 2005) του αγρού που χαρακτηρίζονται σαφέστερα με την ανάλυση εδαφικών δειγμάτων.



## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ



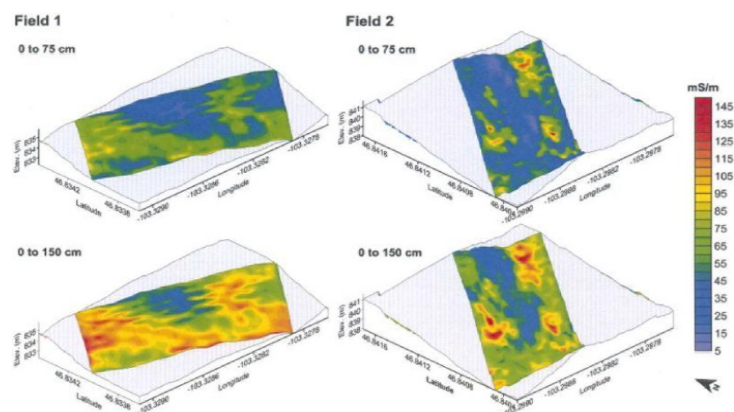
Υπάρχουν δύο μέθοδοι χαρτογράφησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους:

- ▶ Με ηλεκτρομαγνητική επαγωγή
- ▶ Με επαφή

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

Βάσει των νέων τεχνολογιών της γεωργίας ακριβείας, ένας μηχανισμός υψηλής τεχνολογίας σύρεται στην επιφάνεια του εδάφους με έναν αγροτικό ελκυστήρα ή ένα αυτοκίνητο και πραγματοποιεί μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους κάθε δευτερόλεπτο, ενώ με τη βοήθεια του GPS καταγράφει και τη θέση του στον αγρό.

Οι τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας καταγράφονται ταυτόχρονα στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους (0-30 εκ.) και στο υπέδαφος (0-90εκ.). Στη συνέχεια, οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε συνδυασμό με το γεωγραφικό στίγμα των σημείων στα οποία αναφέρονται ,μεταφέρονται σε Η/Υ όπου με το κατάλληλο λογισμικό μετατρέπονται σε χάρτη.





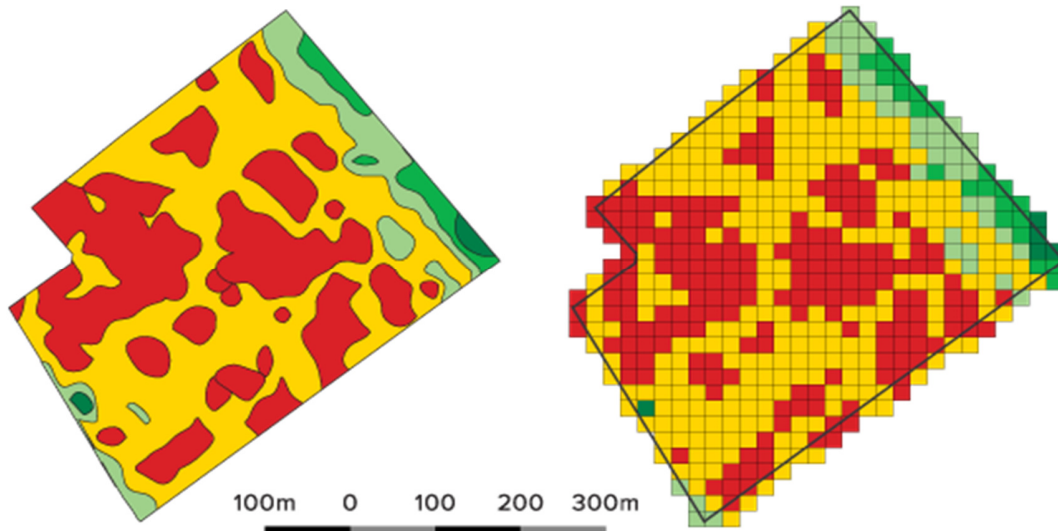
## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Σε κάθε ζώνη διαχείρισης θα πρέπει να εφαρμοσθούν οι εισροές (σπόρος, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, αρδευτικό νερό) ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε ζώνης. Γίνεται στην ουσία εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις. (Gandorfer 2014)

Οι μέθοδοι εφαρμογής των μεταβλητών εισροών είναι δύο:

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

2. Με τη χρήση real time αισθητήρων οι οποίοι δουλεύουν σε πραγματικό χρόνο και συλλέγουν δεδομένα του αγρού τα οποία στη συνέχεια αναλύονται και μεταφράζονται από τα αντίστοιχα συστήματα, ώστε να καθορισθούν οι μεταβαλλόμενες δόσεις. (Gemtos et al 2002)



Πώς όμως λειτουργούν στην πράξη οι real time αισθητήρες;

Ας πάρουμε την περίπτωση που το μηχάνημα μετράει τις ανάγκες της καλλιέργειας σε άζωτο:

- Ο αισθητήρας σαρώνει την καλλιέργεια χρησιμοποιώντας LED.
- Εκτιμά την υγεία της καλλιέργειας χρησιμοποιώντας έναν δείκτη
- Προβλέπει το δυναμικό παραγωγής της καλλιέργειας.
- Καθορίζει την άριστη δόση αζώτου ανά ζώνη.
- Εφαρμόζει το άζωτο σε μεταβλητές δόσεις ανάλογα με τις ανάγκες κάθε ζώνης.

Τα συστήματα εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις μπορούν να διακριθούν σε τρεις τύπους ανάλογα με το προϊόν που εφαρμόζεται:

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

- Σπόρος
- Στερεά χημικά (κοκκώδη λιπάσματα, κοκκώδη εντομοκτόνα, ασβέστη)
- Υγρά χημικά (λιπάσματα, φυτοφάρμακα)

## Υλοποιημένα προγράμματα της γεωργίας ακριβείας στην Ελλάδα

### Πρόγραμμα “ HYDROSENSE ”

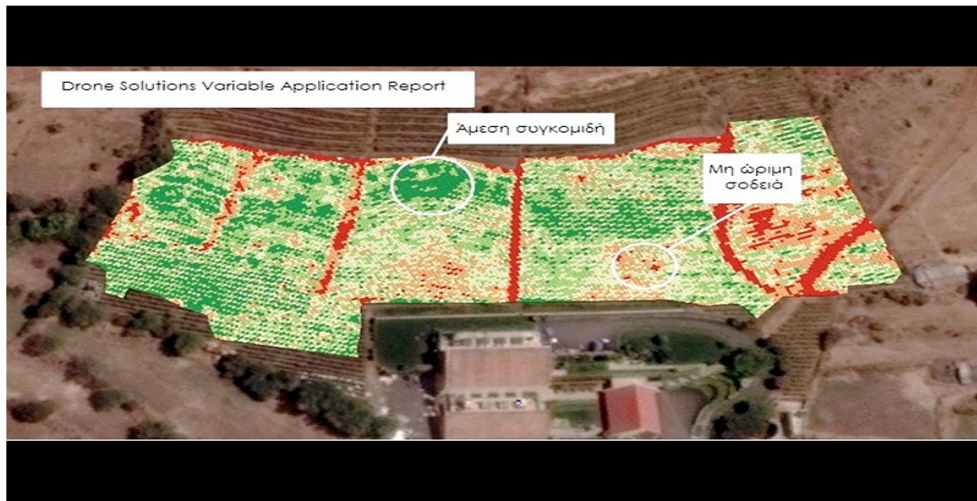
Το πρόγραμμα HYDROSENSE υλοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας. Το έργο εγκαινιάστηκε τον Ιανουάριο του 2010 και ολοκληρώθηκε τον Δεκέμβριο του 2012. Είχε σκοπό να δείξει την χρησιμότητα των σύγχρονων εφαρμογών της έξυπνης γεωργίας και των τεχνολογιών τηλεπισκόπησης στην ολοκληρωμένη διαχείριση καλλιεργειών σε περιοχές όπου το νερό αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Το έργο χρηματοδοτήθηκε από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα LIFE+ Environmental Policy and Governance.

### Πρόγραμμα “ Eco-pest

Το πρόγραμμα Eco-pest με χρήση αισθητήρων πραγματοποίησε πρόγνωση ρύπανσης καθώς και ανίχνευση χλωροφύλλης για τον εντοπισμό ζιζανίων στην λίμνη Κωπαΐδα. Με αυτό τον τρόπο το ζιζανιοκτόνο «χτυπάει» μόνο τα βλαβερά για την καλλιέργεια χόρτα, οπότε δεν χρειάζεται να ψεκαστεί ολόκληρη η καλλιέργεια. Το πρόγραμμα ψηφίστηκε από τα κράτη-μέλη ως το «Καλύτερο ανάμεσα στα καλύτερα» περιβαλλοντικό πρόγραμμα για το 2012 και βραβεύτηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση ανάμεσα σε εκατό αντίστοιχα προγράμματα στο πλαίσιο των χρηματοδοτούμενων δράσεων LIFE+.

### Πρόγραμμα “ FutureFarm”

Το πρόγραμμα αυτό ξεκίνησε το 2008 και χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο πλαίσιο του Προγράμματος Πλαισίου 7 και είχε συντονιστή τον Καθηγητή Blackmore και το Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης Θεσσαλίας (ΚΕΤΕΑΘ). Στόχος του προγράμματος ήταν η ανάπτυξη των τεχνικών της γεωργίας ακριβείας για τη δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης αγροκτημάτων με δημιουργία βάσεων δεδομένων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για έλεγχο των αγροκτημάτων. Στο πρόγραμμα μελετήθηκαν οι στρατηγικές των αγροτών και οι νέες τεχνολογίες που μπορούν να συνδυαστούν με τις απαιτήσεις των πολιτικών της ΕΕ. Μέρος του προγράμματος κάλυψε θέματα ρομποτικής και χρήσης βιοκαυσίμων για κάλυψη των αναγκών σε ενέργεια του αγροκτήματος. Στο πρόγραμμα μετείχε και ένα αγρόκτημα της Θεσσαλίας που εφάρμοσε κάποιες από τις τεχνικές της ΓΑ. (Gemtos et al 2002)



### Δυνατότητες και προοπτικές

Οι πρακτικές γεωργίας ακριβείας στην ΕΕ θα μπορούσαν να παίξουν ένα σημαντικό ρόλο στη μείωση των τιμών των τροφίμων.

Η γεωργία ακριβείας βασίζεται στη βελτιστοποιημένη διαχείριση των εισροών σε ένα χωράφι ανάλογα με τις πραγματικές ανάγκες των καλλιεργειών.

Περιλαμβάνει τεχνολογίες βασισμένες σε δεδομένα, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων δορυφορικού εντοπισμού θέσης όπως GPS, τηλεπισκόπησης και διαδικτύου, για τη διαχείριση των καλλιεργειών και τη μείωση της χρήσης λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και νερού.

Με βάση την ανάγκη της «περισσότερης παραγωγής με λιγότερα», η γεωργία ακριβείας αναδεικνύεται ως η λύση που βασίζεται στην καινοτομία και η εισαγωγή των νέων τεχνολογιών και βοηθά τους αγρότες να διαχειρίζονται τις εκμεταλλεύσεις τους με βιώσιμο τρόπο, λαμβάνοντας υπόψη την «παραμικρή λεπτομέρεια» καλλιέργειας.

Ο Τάσος Χανιώτης, ανώτερος στέλεχος της Διεύθυνσης Γεωργίας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, σημείωσε ότι τώρα που η ΕΕ έχει το συγκριτικό πλεονέκτημα στις τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας, πρέπει να πάρει την ευκαιρία και να προχωρήσει τη γεωργία ένα βήμα μπροστά.

Αναφερόμενος στην Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) μετά το 2020, προειδοποίησε: «Εάν χάσουμε αυτή την ευκαιρία, την επόμενη φορά που θα κάνουμε αυτή τη συζήτηση, κάποιος άλλος θα διαμορφώνει την ατζέντα».

Ο κ. Χανιώτης εξήγησε ότι η συζήτηση σχετικά με την εφαρμογή πρακτικών αγροτικής ακριβείας στην Ευρώπη διαφέρει σε σχέση με τις ΗΠΑ. «Αυτά είναι εντελώς διαφορετικά περιβάλλοντα», είπε. «Εάν με αγροτική ακρίβεια εννοούμε ότι κάθε αγρότης έχει ένα drone να παίζει μαζί του στον ελεύθερο χρόνο του και εν τω μεταξύ κάνουν κάτι με το ωραίο, μεγάλο τρακτέρ τους, αυτό είναι το αμερικανικό αγρόκτημα και δεν έχει καμία σχέση με το ευρωπαϊκό μοντέλο».

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Ο τελευταίος δορυφόρος που θα τεθεί σε τροχιά, το Sentinel-2, θα περνάει από κάθε αγρόκτημα της Ευρώπης κάθε πέντε ημέρες και θα παρέχει αυτές τις πληροφορίες δωρεάν σε όλους, από μικροκαλλιεργητές έως μεγάλες γεωργικές επιχειρήσεις. Σύμφωνα με τον αξιωματούχο της ΕΕ, η Ευρώπη βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της τεχνολογίας όσον αφορά τη διαστημική τεχνολογία.



"Η απαίτηση είναι πρόσβαση στο διαδίκτυο, γεγονός που καθιστά εξαιρετικά σημαντικό για τις αγροτικές περιοχές, είτε πρόκειται για μικροκαλλιεργητές είτε για μεγάλους αγρότες"

Θα υπάρξει ανάγκη για συμβούλους γεωργικών εκμεταλλεύσεων που θα αναλύουν τα στοιχεία μιας γεωργικής εκμετάλλευσης και θα βοηθήσουν τους αγρότες, τόσο τους μεγάλους όσο και τους μικρούς, να μάθουν περισσότερα για τη θρεπτική ισορροπία του εδάφους τους.

Ωστόσο, σημείωσε ότι αυτό είναι ένα «αδύναμο σημείο» για πολλά κράτη μέλη και υπογράμμισε ότι όλοι οι αγρότες θα πρέπει να επωφεληθούν από αυτό, όχι μόνο οι πλούσιοι που θα πληρώσουν ιδιωτικούς συμβούλους.

Η γεωργία ακριβείας, η οποία έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα της γεωργίας και να μειώσει το κόστος παραγωγής, μπορεί ενδεχομένως να διαδραματίσει ρόλο στη μείωση των τιμών των τροφίμων, αν και το μέγεθος του αποτελέσματος είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί σημείωσαν οι πηγές.

Οι ίδιες πηγές πρόσθεσαν ότι η βιωσιμότητα της γεωργίας αυξάνεται ταυτόχρονα, γεγονός το οποίο μπορεί να συμβάλει στη μακροπρόθεσμη σταθερότητα της παραγωγής. Αυτό με τη σειρά του θα μπορούσε να οδηγήσει σε πιο σταθερές τιμές των τροφίμων.





## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Στα πλαίσια στήριξης και ενδυνάμωσης του προγράμματος CSF και πιλοτικά για την καλλιεργητική περίοδο βαμβακιού του 2017, για τις περιοχές της Ροδόπης και της Λάρισας, θα εφαρμοστούν συστήματα ευφυούς γεωργίας τα οποία θα εξασφαλίσουν ερευνητικά αποτελέσματα για περαιτέρω αξιοποίηση, αναφορικά με την ορθή διαχείριση του νερού κατά την διάρκεια της καλλιέργειας.

Τα νέα καινοτόμα συστήματα θα εφαρμοστούν σε συνεργασία με τις εταιρείες Farmacon και Neuropublic, εταιρείες που έχουν καινοτομήσει στα σύγχρονα αυτά συστήματα.

Στα σχετικά πιλοτικά αγροτεμάχια έχουν ήδη εγκατασταθεί συστήματα καταγραφής της υγρασίας και με τη χρήση ειδικών αισθητήρων, καθώς και των σχετικών μοντέλων πρόβλεψης, θα δίνονται οδηγίες διαχείρισης του νερού.



Είναι εταιρική μας πεποίθηση ότι η χρήση συστημάτων ευφυούς Γεωργίας μπορεί να αποτελέσει κινητήριο μοχλό ανάπτυξης για την αρχή εφαρμογής ορθών γεωργικών πρακτικών, γεγονός το οποίο συμβάλλει στην εξοικονόμηση διαθέσιμων φυσικών πόρων και στη βέλτιστη χρήση των εισροών στη γεωργία.

Μόνο μέσα από έμπρακτες αποδείξεις θα κινητοποιηθούν οι καινοτόμοι παραγωγοί και θα αλλάξουν τα δεδομένα παραγωγής με στόχο την εξοικονόμηση πόρων, τη βιωσιμότητα της καλλιέργειας, τη διαφοροποίηση και την ποιοτική αναβάθμιση του τελικού προϊόντος.



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι σημαντικές τεχνολογικές αλλαγές που εισέρχονται στο πεδίο της αγροτικής παραγωγής δημιουργούν νέες παραγωγικές δυνατότητες και προκλήσεις για τον σύνολο του τομέα της αγροτικής παραγωγής, της αγροτικής οικονομίας και της αγροδιατροφής. Εντούτοις, ο βαθμός υιοθέτησης των νέων τεχνολογιών εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων. Όπως αναδείχθηκε παραπάνω, ο βαθμός στον οποίο οι νέες τεχνολογικές δυνατότητες θα αναβαθμίσουν την παραγωγική ικανότητα των παραγωγικών μονάδων και περιοχών που θα ακολουθήσουν τις τρέχουσες εξελίξεις (π.χ. επίπεδο παραγωγικότητας, ποιότητα προϊόντων), συναρτάται από μια σειρά συμπληρωματικών μακροσκοπικών, μικρο-οικονομικών και επιχειρησιακών παραμέτρων ώθησης και υποστήριξης που περιλαμβάνουν συμπληρωματικές πολιτικές σε επίπεδο αναβάθμισης επαγγελματικών δεξιοτήτων και σχετικών τεχνολογικών υποδομών, διαθεσιμότητας προσαρμοσμένων εργαλείων χρηματοδότησης και ανάπτυξης τοπικά και προϊόντικά προσανατολισμένων αναπτυξιακών στρατηγικών για την ενίσχυση τοπικών αλυσίδων αξίας και οικοσυστημάτων.

Το τελικό συμπέρασμα μετά τα όσα ειπώθηκαν στην εργασία αυτή είναι πως η Ελλάδα είναι πρόθυμη σε νέες τεχνολογίες στο τομέα της γεωργίας και για αυτό το λόγο έχει αναπτυχθεί σημαντικά η έρευνα γύρω από την γεωργία ακριβείας. Ο σκοπός όμως είναι η γεωργία ακριβείας να προωθηθεί όχι μόνο από τους ειδήμονες αλλά και από την ίδια την πολιτεία μέσω των Δήμων ή της Περιφέρειας. Πλέον είναι γνωστό πως οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να λειτουργήσουν κανονικά επιφέροντας το 100% του κέρδους και σε μικρότερα χωράφια, που σημαίνει ότι μπορεί να αξιοποιηθεί πλήρως και από τους “μικρούς” αγρότες. Η αύξηση της παραγωγής με την ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας παραγωγής χωρίς τη συνεχή φυσική παρουσία του αγρότη είναι αναμφίβολα ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα της έξυπνης γεωργίας, με βασικό γνώμονα πάντα την προστασία του περιβάλλοντος. Μειονεκτήματα από την άλλη είναι το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο των αγροτών που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν σωστά τα μηχανήματα που απαιτούνται, το υψηλό κόστος όλων αυτών των μηχανημάτων σε συνδυασμό με τους ελάχιστους προμηθευτές στην Ελλάδα, που σημαίνει ότι δεν υπάρχει ανταγωνισμός άρα και πιο ευκαιριακές τιμές. Οι μικρές εκτάσεις επίσης αποτελούν ένα αδύναμο σημείο της Ελλάδας όσον αφορά την έξυπνη γεωργία καθώς πολλές φορές δεν συμφέρει η εφαρμογή της. Ωστόσο η Ελλάδα προσπαθεί με κάποια επιδοτούμενα προγράμματα να την προωθήσει συμβάλλοντας σημαντικά στην τεχνολογική πρόοδο της χώρας. Νέες θέσεις εργασίας θα ανοίξουν και ο απομακρυσμένος έλεγχος θα δώσει λύσεις σε πολλές έκτακτες ανάγκες. Τέλος όμως υπάρχουν και περιπτώσεις που η έξυπνη γεωργία δεν μπορεί να δώσει πάντα λύση. Μεγάλη απειλή δεν είναι μόνο η οικονομική επένδυση με ότι αυτό συνεπάγεται, μεγάλη απειλή μπορεί να είναι μια περιβαλλοντική συνθήκη, όπως μια απρόσμενη καιρική συνθήκη που θα καταστρέψει την εκάστοτε σοδειά. (Gemtos et al 2002)

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Το μέλλον της γεωργίας και της αγροτικής παραγωγής αναμένεται να χαρακτηριστεί από ριζικές αλλαγές σε όλα τα επίπεδα. Ιδιαίτερα για τις λιγότερο ανεπτυγμένες οικονομίες, ο τεχνολογικός και παραγωγικός μετασχηματισμός μπορεί να αποτελέσει αναπτυξιακή ευκαιρία και δυνατότητα αναβάθμισης μεταβλητών παραγωγικότητας, ποιότητας προϊόντων και αειφορίας καθώς και ανάδειξης νέων παραγωγικών προτύπων που θα εδράζονται στην οικοδόμηση εγχώριων αλυσίδων αξίας, συνεισφέροντας συγχρόνως στην εγχώρια παραγόμενη προστιθέμενη αξία. Εντούτοις, η προσπάθεια μετάβασης σε ένα αναβαθμισμένο πρότυπο αγροτικής παραγωγής, επεξεργασίας και διάθεσης προϊόντων, θέτει σημαντικές προκλήσεις για τον εγχώριο αγροδιατροφικό τομέα. Η πρόκληση ισχυρών πολλαπλασιαστικών αποτελεσμάτων κατά μήκος της αλυσίδας αξίας, με ισχυρές αναπτυξιακές επιδράσεις, δεν αποτελεί μια γραμμική, αυτόματη και ομοιογενή διαδικασία ενόσω διακρίνεται από ένα σύνολο προϋποτιθέμενων συνθηκών που καλούνται να δημιουργήσουν ένα πρόσφορο περιβάλλον ενεργοποίησης, προσαρμογής και μετάβασης.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ	ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΑ
GIS	Geographic Information Systems

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>IoT</b>	Internet of Things Radar Radio Detection and Ranging
<b>Lidar</b>	Light Detection and Ranging
<b>UAV</b>	Unmanned Aerial Vehicles

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

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

Αμπατζίδη, Ι. Γ., 2010. Ανάπτυξη μοντέλων χειρωνακτικής συλλογής οπωροκηπευτικών και τεχνικών αυτόματης καταγραφής δεδομένων για εφαρμογές γεωργίας ακριβείας και ιχνηλασιμότητας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Ειδίκευση Γεωργικής Μηχανικής και Υδατικών Πόρων, Θεσσαλονίκη 2010.

Ευαγγέλου Ε. και Τσαντήλας, Χ. 2011. Γεωργία Ακριβείας: το μελλοντικό σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων. Πρόγραμμα HYDROSENSE Μια ερευνητική προσπάθεια στον ελληνικό χώρο. ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Χαρτογράφησης Εδαφών. [www.nagref.gr/journals/ethg/images/44/ethg44p18-21.pdf](http://www.nagref.gr/journals/ethg/images/44/ethg44p18-21.pdf)

Γέμτος, Θ.Α., Φουντάς, Σ., Μαρκινός, Α., και Blackmore, S. 2003. Γεωργία ακριβείας: προοπτικές εφαρμογής στην Ελλάδα και στην νότια Ευρώπη. Συνέδριο ΕΓΜΕ, 2003, Αθήνα.

Ταγαράκης, Α., 2014. Γεωργία Ακριβείας σε αμπελώνα. Διδακτορική Διατριβή Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Τρέσος, Κ., 2011. Σχεδιασμός και Υλοποίηση Ρομποτικής Πλατφόρμας Χαμηλού Κόστους Για την Υποστήριξη Γεωργικών Πρακτικών. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα: Αυτοματισμοί τις Αρδεύσεις, τις Γεωργικές Κατασκευές και στην Εκμηχάνιση της Γεωργίας, Βόλος, 2011  
Φουντάς Σ., Γέμτος Θ. Γεωργία Ακριβείας. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Αθήνα 2015

Φυτιλής Κ. Β., 2011. Εφαρμογή Γεωργίας Ακριβείας σε χειμερινά σιτηρά. Διατριβή ειδίκευσης Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα: Αυτοματισμοί τις Αρδεύσεις, τις Γεωργικές Κατασκευές και στην Εκμηχάνιση της Γεωργίας, Βόλος, 2011.

Χλωρός, Α. 2010. Γεωργία Ακριβείας Στα Σιτηρά. Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ehsani , R., Sankaran , S. and Dima, C., 2010. Grower Expectations of New Technologies for Applications in Precision Horticulture . AE467, Series of the Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. October 2010.

FAO, 2009. 2050: A third more mouths to feed: Food production will have to increase by 70 percent. Available at: <http://www.fao.org/news/story/en/item/35571/icode/>

Gandorfer, M., 2014. Economics of Precision Agriculture Technologies at the Farm Level. TransAtlantic PA Consortium, USA Workshops, Available at: <http://www.nespal.org/tapac/USworkshops.html>.

Presentations available at: <http://vellidis.org/2014-tapac-presentations>

Gemtos, F., Fountas, S., Blackmore, S. and Griepentrog, H.W. 2002. Precision farming experiences in Europe and the Greek potential. 1st Greek Conference on Information and Communication Technology in Agriculture. Athens. Greece. 4th-7th of June 2002

Gonzalez, F., McFadyen, A., and Puig, E. (2019). New Technologies in Precision Agriculture. In: *Routledge, Taylor & Francis Group*. Retrieved from: <https://www.routledge.com/blog/article/new-technologies-in-precision-agriculture>

Kitchen, N., Snyder, C., Franzen, D., Wiebold, W. (2002) Educational Needs of Precision Agriculture. *Precision Agriculture* 3(4):341-351

Morgan, M., Ess, D. The Precision-farming Guide for Agriculturists. Deere & Company, 1997

Oliveira, T., Molin, J. P.. Use of autopilots on citrus orchards establishment. *Engenharia Agricola* 2011 31, 334-342

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Pfost, D., Casady, W., and Shannon, K. (2003). Global Positioning System Receivers. *Site-Specific Management Guidelines*.SSMG-5.1-4. [PDF file]. Retrieved from:

[http://www.ipni.net/publication/ssmg.nsf/0/8F1927B574BA4F5A852579E5007668AD/\\$FILE/SSMG-06.pdf](http://www.ipni.net/publication/ssmg.nsf/0/8F1927B574BA4F5A852579E5007668AD/$FILE/SSMG-06.pdf)

Sfiligoj, E., Heacox, L., (2016). Top 10 Technologies In Precision Agriculture Right Now. In PRECISIONAg

Schlemmer, M., Hatfield, J. and Rundquist, D.C. (2003). Remote Sensing: Photographic vs. Non Photographic Systems. *Site-Specific Management Guidelines [PDF file]*. 1-4. Retrieved from

[http://www.ipni.net/publication/ssmg.nsf/0/9FF31DF61EA19900852579E50077154B/\\$FILE/SSMG-16.pdf](http://www.ipni.net/publication/ssmg.nsf/0/9FF31DF61EA19900852579E50077154B/$FILE/SSMG-16.pdf)

Whelan, B. M.,McBratney, A. B. (2000) “The ‘Null Hypothesis’ of Precision Agriculture”, *Precision Agriculture*, 2: 265-279.

## ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<https://www.feneos.com.gr/index.php/agrotika-themata/2018-11-18-17-54-20>

<https://el.decorexpro.com/teplika/umnaya-avtomatika-dlya-sooruzhenij/>

[file:///C:/Users/aaxel/Downloads/STEG\\_FP\\_00640\\_Medium.pdf](file:///C:/Users/aaxel/Downloads/STEG_FP_00640_Medium.pdf)

[file:///C:/Users/aaxel/Downloads/Master\\_Document\\_PrecisionAgriculture-%CE%9A%CE%9F%CE%A5%20\(15\).pdf](file:///C:/Users/aaxel/Downloads/Master_Document_PrecisionAgriculture-%CE%9A%CE%9F%CE%A5%20(15).pdf)

[http://users.sch.gr/irantousis/01\\_TEXNOLOGIA\\_A!\\_TAKSIS/04\\_grapti\\_ergasia\\_a/26\\_thermokipio.pdf](http://users.sch.gr/irantousis/01_TEXNOLOGIA_A!_TAKSIS/04_grapti_ergasia_a/26_thermokipio.pdf)

<http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/12809/1/DT2015-0162.pdf>

<https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/1383/P0001383.pdf?sequence=1>.

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%AE%CF%80%CE%B9%CE%BF>

<http://fieldcropnews.com/2016/11/understanding-precision-agriculture-starting-to-map-yield-and-elevation-data/>

<http://farmnxt.com/use-of-gps-mapping-in-precision-agriculture/>

[https://blog.farmacon.gr/katigories/texniki-arthrografia/georgia-akriveias/item/1756-xartografisi-ton-edafon-kai-georgia-akriveias?fbclid=IwAR3KBq\\_Ht3vXNC9HzmYFmgmK\\_kiJ\\_KXXQ7xDqKwjJkM4Rwk4fh9ILJdsBg](https://blog.farmacon.gr/katigories/texniki-arthrografia/georgia-akriveias/item/1756-xartografisi-ton-edafon-kai-georgia-akriveias?fbclid=IwAR3KBq_Ht3vXNC9HzmYFmgmK_kiJ_KXXQ7xDqKwjJkM4Rwk4fh9ILJdsBg)

<http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php>

## ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

[https://blog.farmacon.gr/images/articles/texnika\\_arthra/GEORGIA\\_AKRIVEIAS/MAPPING/managementzone.png](https://blog.farmacon.gr/images/articles/texnika_arthra/GEORGIA_AKRIVEIAS/MAPPING/managementzone.png). (n.d.).

[https://blog.farmacon.gr/media/k2/items/cache/6eee9cef32f7f18cecc8f9db6a2c7e09\\_S.jpg](https://blog.farmacon.gr/media/k2/items/cache/6eee9cef32f7f18cecc8f9db6a2c7e09_S.jpg). (n.d.).

[https://blog.farmacon.gr/images/articles/texnika\\_arthra/GEORGIA\\_AKRIVEIAS/MAPPING/managementzone.png](https://blog.farmacon.gr/images/articles/texnika_arthra/GEORGIA_AKRIVEIAS/MAPPING/managementzone.png). (n.d.).

[https://blog.farmacon.gr/media/k2/items/cache/6eee9cef32f7f18cecc8f9db6a2c7e09\\_S.jpg](https://blog.farmacon.gr/media/k2/items/cache/6eee9cef32f7f18cecc8f9db6a2c7e09_S.jpg). (n.d.).

<https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/22916/4/PolychrouAikateriniMsc2018.pdf>.

*Green Agenda : Γεωργία Ακριβείας και UAV's , Μάριος Πραπόπουλος , (τελευταία ενημέρωση 2018) <http://greenagenda.gr>*