



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη συστημάτων γεωργίας ακριβείας

Study of precision farming systems

Μπουρίκα Σταυρούλα

Επιβλέπων καθηγητής:

Αγγελίδης Παντελής

Κοζάνη, Ιούνιος 2019

Πρόλογος

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι η μελέτη των συστημάτων γεωργίας ακριβείας . Έχει στόχο να ενημερώσει για τη νέα μέθοδο της Έξυπνης Γεωργίας με απώτερο σκοπό την εισαγωγή της στην Ελληνική αγορά. Αναλύονται μέθοδοι, συστήματα, οικονομικά συμφέροντα αλλά και τεχνολογικά επιτεύγματα κάνοντας την Έξυπνη Γεωργία πιο κατανοητή και προσιτή στο ευρύ κοινό.

Δεν ήταν καθόλου εύκολο τα προηγούμενα χρόνια να φανταστεί ένας αγρότης πως θα μπορεί να ελέγχει εξ αποστάσεως το αγρόκτημά του. Σήμερα αυτό είναι πολύ απλό. Στη διπλωματική αυτή θα γίνει απόλυτα κατανοητός ο ορισμός και η χρησιμότητα της έξυπνης γεωργίας με όλα τα πλεονεκτήματα που διαθέτει. Βασικό της μειονέκτημα αποτελεί το κόστος εφαρμογής της όμως το κέρδος που επιφέρει είναι πολύ μεγαλύτερο. Η έξυπνη γεωργία πλέον αποτελεί το μέλλον και καλό θα ήταν να ενημερωθούν όλοι οι ενδιαφερόμενοι για αυτή. Να ενημερωθούν για το κόστος της , για τη βοήθεια που θα τους επιφέρει , για την αύξηση της ποιότητας της παραγωγής και για την αύξηση της ποσότητας παραγωγής.

Στην Ελλάδα πριν λίγα χρόνια είχε αρχίσει να γίνεται γνωστή και οι αγρότες να είναι πρόθυμοι να ενημερωθούν για αυτή. Σήμερα ήδη υπάρχουν κάποιες εφαρμογές σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, και χρόνο με το χρόνο αυτές οι εφαρμογές θα αυξηθούν.

Περίληψη

Το επάγγελμα του γεωργού είναι ένα επάγγελμα που 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.

Εδώ έρχεται να λάβει χώρα η μέθοδος της Έξυπνης Γεωργίας. Με τη μέθοδο αυτή ο σύγχρονος γεωργός μπορεί να χειρίζεται από απόσταση τους αγρούς του, μπορεί να ελέγχει ανά πάσα ώρα και 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 θα πραγματοποιηθεί 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 φυτό.

Είναι μια 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

Έξυπνη γεωργία , Γεωργία ακριβείας , GPS , GIS , σπορά , παραγωγή , VRA , VRT , Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, τηλεπισκόπηση , Drone , UAV , μη επανδρωμένα αεροσκάφη , καλλιέργεια , αγρότης , χωράφι

Abstract

The profession of farmer is a profession that is a leader in Greece since ancient even years. Greece is a country with a strong geographic wealth and therefore a wealth of product production. The most important good that produces and exports is olive oil, followed by vegetables and fruits.

The farmer has an obligation 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.

Here comes the Smart Farming method. With this method, a modern farmer can manipulate his fields from a distance, control his production at any time, can reduce fertilizers and pesticides, which will be given only to plants in need. Something similar will also be done with water and seeds. This method aims to investigate all the signs of the field in order to cover the needs existing at this moment in the particular plant.

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

Keywords

Smart Farming , Agriculture , GPS, GIS, Sowing, Production, VRA, VRT, Wireless Sensor Networks, Remote Sensing, Drone, UAV, Non-Human Aircraft, Cultivation, Farmer, Field

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	3
Περίληψη.....	4
Λέξεις κλειδιά	4
Abstract	5
Keywords	5
Πίνακας συντομογραφιών	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ	11
ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ (SMART FARMING).....	11
1.1. Ο στόχος της εργασίας.....	11
1.2. Γενικά.....	11
1.3. Έξυπνη γεωργία (Smart Farming)	13
1.4. Βασικές έννοιες	14
1.5. Ο ρόλος της ρομποτικής, των αισθητήρων και των drones στην έξυπνη γεωργία	15
1.6. Οικονομική αξιολόγηση της έξυπνης γεωργίας	15
1.7. Σύνοψη διπλωματικής εργασίας.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ	17
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ	17
2.1. Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης GPS.....	17
2.1.1. Εισαγωγή.....	17
2.1.2. Προσδιορισμός θέσης μέσω GPS.....	18
2.1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια του δέκτη.....	19
2.2. Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS).....	19
2.2.1 Γενική εισαγωγή συστήματος GIS	19
2.2.2. Χρήση GIS στην έξυπνη γεωργία	20
2.3. Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT).....	20
2.4. Συστήματα παρακολούθησης αποδόσεων (Yield Monitoring System).....	21
2.5. Αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ	24
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ	24
3.1. Εισαγωγή αισθητήρων χαρτογράφησης παραγωγής για καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές.....	24

3.2. Χαρτογράφηση παραγωγής σε καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές.....	25
3.3. Αισθητήρες στις θεριζοαλωνιστικές μηχανές.....	25
3.3.1. Γενική εισαγωγή.....	25
3.3.2. Αισθητήρες μέτρησης ροής του σπόρου σε θεριζοαλωνιστικές μηχανές.....	26
3.4. Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών του σπόρου	26
3.5. Χαρτογράφηση παραγωγής σε βαμβακοσυλλεκτικές μηχανές	27
3.5.1. Γενική εισαγωγή.....	27
3.5.2. Χαρτογράφηση παραγωγής σε βαμβακοσυλλεκτικές μηχανές	28
3.6. Αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής σε μηχανές συγκομιδής σταφυλιών.....	28
3.7. Χαρτογράφηση παραγωγής σε αμπελώνες.....	29
3.8. Χαρτογράφηση παραγωγής με αισθητήρες σε σιλοκοπτικά.....	29
3.9. Βαθμονόμηση των αισθητήρων παραγωγής	30
3.10 Χαρτογράφηση παραγωγής σε προϊόντα που δεν συγκομίζονται μηχανικά	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ	31
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	31
4.1. Εισαγωγή και χρήση της τηλεπισκόπησης στην έξυπνη γεωργία	31
4.2. Αισθητήρες Τηλεπισκόπησης.....	32
4.3. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.....	34
4.4. Μετρήσεις με δείκτες.....	35
4.5. Επεξεργασία εικόνας.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ.....	38
ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ.....	38
5.1. Γενική εισαγωγή	38
5.2. U.A.V. (Unmanned Aerial Vehicles).....	39
5.3. Ανάλυση αποτελεσματικής ροής εργασιών με τη χρήση Drone	41
5.4. Λύσεις που προσφέρουν τα drones στην έξυπνη γεωργία	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ	45
Η ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΞΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ.....	45
6.1. Γενική εισαγωγή	45
6.2. Εγκατάσταση της σποράς.....	46
6.3. Φροντίδα της σποράς.....	47
6.4. Συγκομιδή της σποράς.....	48
6.5. Αυτόνομος γεωργικός ελκυστήρας HAKO	49

6.6. Ρομπότ συλλογής μανιταριών	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ	52
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ	52
7.1. Διεθνής υλοποιημένες εφαρμογές	52
7.1.1. Επιτήρηση καλλιέργειας για πρόωμη ανίχνευση ασθενειών “LOFAR 2005”	52
7.1.2. Συστήματα αγροτικών καλλιεργειών εντός περιοχής και εντός φάρμας με τη χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων “Pierce & Elliot 2008”	53
7.1.3. Εφαρμογή ασύρματου δικτύου αισθητήρων σε αμπελώνα “Beckwith et al 2004”	53
7.1.4. Εφαρμογή ασύρματου δικτύου αισθητήρων για αειφόρες καλλιέργειες σε αναπτυσσόμενες χώρες “Panchard 2008”	53
7.1.5 Εφαρμογή έξυπνων στρατηγικών άρδευσης στην καλλιέργεια της πατάτας με τη χρήση ασύρματου δικτύου αισθητήρων “Shinghal 2010”	54
7.1.6. Επιτήρηση βοσκότοπου με δίκτυο αυτοτροφοδοτούμενων ασυρμάτων αισθητήρων “Wark et al 2007”	54
7.2. Υλοποιημένες εφαρμογές στην Ελλάδα.	54
7.2.1 Εφαρμογή καλλιέργειας βαμβακιού	55
7.2.2. Εφαρμογή γεωργίας ακριβείας στο σιτάρι	55
7.2.3 Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στα μήλα	55
7.2.4. Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στα αγγούρια	56
7.2.5. Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στις ελιές	56
7.2.6. Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στο αμπέλι	56
7.2.7. Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στα ροδάκια	57
7.2.8. Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στα καρπούζια	57
7.3. Υλοποιημένα προγράμματα της έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα	57
7.3.1. Πρόγραμμα “ HYDROSENSE ”	58
7.3.2. Πρόγραμμα “ Eco-pest ”	58
7.3.3. Πρόγραμμα “ FutureFarm”	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ	59
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ	59
8.1. Τα οφέλη της έξυπνης γεωργίας	59
8.2. Πειράματα οικονομικότητας της χρήσης της έξυπνης γεωργίας	63
8.3. Τεχνολογίες έξυπνης γεωργίας	65
8.3.1 Χρόνος διαθεσιμότητας της τεχνολογίας	66
8.3.2. Επίπεδα εφαρμογής της έξυπνης γεωργίας	66

8.4. Ανάλυση SWOT.....	67
8.5. Υφιστάμενος ανταγωνισμός.....	68
8.6. Τεχνικοοικονομική μελέτη συστήματος γεωργίας	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ.....	73
Η ΕΞΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	73
9.1. Γενική εισαγωγή	73
9.2. Αλλαγές που θα επιφέρει το έξυπνο χωράφι.....	75
9.3. Ανάλυση αγοράς.....	79
9.4. Είναι εφικτή η έξυπνη γεωργία στην Ελλάδα;	80
9.5. Προοπτικές έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα	83
9.6. Αξιοποίηση και συνδυασμός δεδομένων	84
9.7. Συμπεράσματα	85
Βιβλιογραφία	86

Πίνακας συντομογραφιών

Συντομογραφία	Σημασιολογία
GIS	Geographic Information Systems
GPS	Global Positioning System
IoT	Internet of Things
Radar	Radio Detection and Ranging
Lidar	Light Detection and Ranging
UAV	Unmanned Aerial Vehicles
VRA	Variable Rate Applications

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ (SMART FARMING)

Η έξυπνη γεωργία ή αλλιώς γεωργία ακριβείας είναι μια καινοτόμα μέθοδος που βοηθάει τους γεωργούς να επιτύχουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα στον αγρό τους με λιγότερη κατανάλωση νερού, ρεύματος, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Στοχεύει στη μείωση του κόστους και αύξηση της παραγωγής. Η εφαρμογή της γίνεται με τη χρήση τεχνολογικών επιτευγμάτων.

1.1. Ο στόχος της εργασίας

Η εργασία αυτή στοχεύει αποκλειστικά στην γνωριμία της Ελληνικής αγοράς και της έξυπνης γεωργίας. Η νέα μέθοδος της έξυπνης γεωργίας έχει βελτιώσει κατά πολύ τον τρόπο ζωής αλλά και την παραγωγή προϊόντων, των γεωργών που την έχουν ήδη εισάγει στη ζωή τους. Οι Έλληνες γεωργοί ακολουθούν ακόμη τον παραδοσιακό τρόπο συντήρησης των αγρών τους με αποτέλεσμα πολλές φορές να έχουν ζημιά, τα έξοδα να είναι περισσότερα από τα έσοδα και πολλές φορές η ποιότητα των προϊόντων να μην είναι ικανοποιητική. Τη λύση σε όλα αυτά έρχεται να δώσει η έξυπνη γεωργία με σύγχρονες μεθόδους και αγάπη προς το περιβάλλον.

1.2. Γενικά

Η εμφάνιση της γεωργίας στη γη συμπίπτει περίπου με την αρχή απομάκρυνσης του ανθρώπου από τη νομαδική ζωή και την ενασχόλησή του με άλλα επαγγέλματα, δηλαδή γύρω στο 10.000 π.Χ. Πριν από την εκμηχάνιση της γεωργίας ο γεωργός είχε τη δυνατότητα να διαχειρίζεται μόνος του τα διάφορα μέρη σύμφωνα με τις ανάγκες που πίστευε ο ίδιος ότι είχαν. Για παράδειγμα τα άγονα σημεία του χωραφιού έκρινε ότι χρειαζόνταν περισσότερο σπόρο, σε κάποια φυτά που παρατηρούσε ζιζάνια έκρινε ότι χρειαζόνταν φάρμακο και σε όποια φυτά έβλεπε αδύναμα έκρινε ότι χρειαζόνταν λίπασμα.

Με την εκμηχάνιση της γεωργίας και τη μεγέθυνση των αγροκτημάτων ο γεωργός χάνει αυτή την άμεση αίσθηση του χωραφιού του. Ο βασική υπόθεση είναι οι αγροί να είναι ομοιόμορφοι. Παρόλο που οι αγρότες ήξεραν ότι υπήρχε ανομοιομορφία στα χωράφια τους δεν είχαν τη δυνατότητα να διαφοροποιήσουν τις καλλιεργητικές φροντίδες σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες που είχε κάθε σημείο του χωραφιού. Η ομοιομορφία αυτή επιτυγχάνεται με μια τυπική διαχείριση που βασίζεται στη δειγματοληψία του εδάφους σε τυχαία σημεία του χωραφιού, έτσι η ποσότητα του λιπάσματος καθορίζεται από το μέσο όρο των εδαφικών ιδιοτήτων και το λίπασμα διανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το χωράφι. Με αυτό τον τρόπο κατά τόπους το χωράφι έχει υποστεί είτε μεγαλύτερη ποσότητα λιπάσματος από την απαιτούμενη, με αποτέλεσμα την σπατάλη του λιπάσματος και τη μείωση της ποσότητας του παραγόμενου προϊόντος, είτε μικρότερη ποσότητα λιπάσματος από την απαιτούμενη, με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής. Το ίδιο συνέβαινε και με τις υπόλοιπες εισροές όπως τα φυτοφάρμακα και το νερό άρδευσης, τα οποία κατά τον ίδιο τρόπο εφαρμόζονταν ομοιόμορφα στο εκάστοτε χωράφι ή αγρό.

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 έξυπνης γεωργίας ή αλλιώς γεωργία ακριβείας. Η έξυπνη γεωργία (smart farming) αποτελεί ένα σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων που στηρίζεται στη διαχείριση των εισροών σε ένα αγρό σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Τα συστήματα της έξυπνης γεωργίας στηρίζονται στις δυνατότητες που παρέχουν οι νέες τεχνολογίες για την αναγνώριση της χωρικής-χρονικής παραλλακτικότητας των αναγκών της καλλιέργειας και την ανάπτυξη συστημάτων μεταβλητών παροχών των εισροών. Ουσιαστικά η έξυπνη γεωργία είναι ένα σύστημα διαχείρισης αγροκτημάτων το οποίο χρησιμοποιώντας την πληροφορική και τα ηλεκτρονικά μέσα, βοηθά το γεωργό στη λήψη αποφάσεων για την καλύτερη διαχείριση του αγροκτήματος με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της οικονομικής απόδοσης του αγροκτήματος αλλά και την αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων της γεωργίας στο περιβάλλον. Η βελτίωση της οικονομικής απόδοσης μπορεί να επιτευχθεί είτε με την αύξηση της παραγωγής, είτε με τη μείωση εισροών είτε με συνδυασμό και των δύο. Το κύριο χαρακτηριστικό και θετικό της έξυπνης γεωργίας είναι ότι μπορούν και εφαρμόζονται διαφορετικές δόσεις εισροών και άλλων καλλιεργητικών φροντίδων για κάθε τμήμα του αγρού ανάλογα με την ανάγκη του, δεν γίνονται δηλαδή οι καλλιεργητικές φροντίδες με βάση το μέσο όρο των τιμών παραγωγής και γονιμότητας του εδάφους. Η βελτίωση της ακρίβειας των συστημάτων και η ανάπτυξη των αισθητήρων

μέτρησης της παραγωγής καλλιεργειών που προσαρμόζονται στις μηχανές συγκομιδής, έδωσε τη δυνατότητα χαρτογράφησης της περιοχής. Από τη δεκαετία του 1990 έως και σήμερα συνεχίζεται η έρευνα για την παραγωγή αισθητήρων μέτρησης της παραγωγής των διάφορων καλλιεργειών. Στη Ελλάδα και γενικότερα στον Ευρωπαϊκό νότο υπάρχει μια καθυστέρηση στην εφαρμογή των συστημάτων αυτών.

Στα πρώτα χρόνια εφαρμογής της έξυπνης γεωργίας η έρευνα είναι επικεντρωθεί στην ανάπτυξη τεχνολογικού εξοπλισμού. Σήμερα όμως η έρευνα επικεντρώνεται στην ανάλυση και επεξήγηση χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας των δεδομένων με σκοπό τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης. Οι ζώνες διαχείρισης παρέχουν τον απώτερο σκοπό της έξυπνης γεωργίας, δηλαδή την εφαρμογή μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων για κάθε τμήμα του αγρού ανάλογα με τις πραγματικές του ανάγκες. [1]

1.3. Έξυπνη γεωργία (Smart Farming)

Με τον όρο έξυπνη γεωργία ή αλλιώς γεωργία ακριβείας αναφερόμαστε στη μέθοδο διαχείρισης της χωρικής και χρονικής μεταβολής για τη βελτίωση της οικονομικής απόδοσης σε συνδυασμό με τη μείωση των εισροών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ένας από τους βασικούς στόχους της μεθόδου αυτής είναι η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών με ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.

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 ανακατανεμημένες 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.

Βασικό μέλημα της γεωργίας ακριβείας είναι η εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και η προστασία του εδάφους και των νερών από τη ρύπανση με την αποδοτικότερη χρήση αγροχημικών. Αρωγός σε όλη την προσπάθεια στέκεται η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Κομισιόν) η οποία προωθεί την έξυπνη γεωργία για να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή. Η επιτροπή πιστεύει ότι η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει τους γεωργούς να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, 10% εκ των οποίων προέρχονται από τη γεωργία της ΕΕ.[1]

1.4. Βασικές έννοιες

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμοί βασικών εννοιών που θα χρησιμοποιηθούν και θα αναλυθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία, εκτενέστερα , στα επόμενα κεφάλαια.

1. **Παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσεως (GPS):** γνωστό και ως GPS (Global Positioning System), είναι παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού γεωγραφικής θέσης, ακίνητου ή κινούμενου χρήστη, το οποίο βασίζεται σε ένα "πλέγμα" εικοσιτεσσάρων δορυφόρων της Γης, εφοδιασμένων με ειδικές συσκευές εντοπισμού.
2. **Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS):** γνωστά ευρέως και ως G.I.S. Geographic Information Systems, είναι συστήματα διαχείρισης χωρικών δεδομένων και συσχετισμένων ιδιοτήτων.
3. **Αισθητήρας (πχ χαρτογράφησης παραγωγής, μέτρησης παραμέτρων εδάφους κ.α.):** ονομάζεται μία συσκευή που ανιχνεύει ένα φυσικό μέγεθος και παράγει από αυτό μία μετρήσιμη έξοδο.
4. **Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (Drones):** Drones ονομάζονται τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα που ελέγχονται είτε από κάποιον απομακρυσμένο χειριστή είτε αυτόνομα ακολουθώντας κάποιο προκαθορισμένο σχέδιο πτήσης.
5. **Τηλεπισκόπηση:** είναι η επιστήμη και η τεχνολογία παρατήρησης και μελέτης των χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας από απόσταση, βάσει της αλληλεπίδρασης των υλικών που βρίσκονται επάνω σε αυτή με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

1.5. Ο ρόλος της ρομποτικής, των αισθητήρων και των drones στην έξυπνη γεωργία

Καινοτόμα και αυτόνομα γεωργικά ρομπότ απαρτίζουν ένα σύνολο μηχανημάτων που θα δημιουργήσει το πραγματικά έξυπνο μελλοντικό χωράφι. Κομμάτι αυτού του συνόλου αποτελούν οι αισθητήρες. Οι αισθητήρες βρίσκονται εγκαταστημένοι σε ολόκληρα τα αγροκτήματα και συλλέγουν δεδομένα σχετικά με το επίπεδο φωτισμού, τις συνθήκες εδάφους, την ποιότητα του αέρα, την άρδευση και τον καιρό. Τα δεδομένα αυτά θα σταλούν στον αγρότη απευθείας με εξειδικευμένα γεωργικά ρομπότ. Παράλληλα drones περιηγούνται στον ουρανό και συλλέγουν πληροφορίες όσον αφορά στην υγεία των φυτών, τις εδαφολογικές συνθήκες καθώς επίσης δημιουργούν χάρτες που καθοδηγούν ρομπότ και βοηθούν τους αγρότες να έχουν πλήρη χαρτογραφημένη άποψη του χωραφιού με απώτερο σκοπό την πλήρη εκμετάλλευσή του.

Με τη χρήση αυτού του συνόλου μηχανημάτων ο αγρότης έχει το δικαίωμα να ελέγχει εξ ολοκλήρου το χωράφι του, για το αν χρειάζεται νερό για παράδειγμα, λαμβάνοντας έτσι τεκμηριωμένες αποφάσεις για την εξέλιξη του.

1.6. Οικονομική αξιολόγηση της έξυπνης γεωργίας

Τα οικονομικά στοιχεία αναλύονται εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο. Σε μια σύντομη περιγραφή όμως είναι γνωστό πως η έξυπνη γεωργία προσφέρει σημαντικά οφέλη στους αγρότες με σπουδαιότερο όφελος των αγροτών αλλά και του περιβάλλοντος την υψηλή εξοικονόμηση στο κόστος των λιπασμάτων και των ζιζανιοκτόνων. Η τεχνολογία της έξυπνης γεωργίας όπως είναι φυσικό δεν έχει μόνο πλεονεκτήματα και οικονομικά οφέλη, έχει και μειονεκτήματα. Το βασικότερο μειονέκτημα είναι ότι για πολλά χρόνια οι προσφερόμενες υπηρεσίες ήταν ελλιπείς και τα οφέλη ήταν πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθούν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι τεχνολογίες της έξυπνης γεωργίας να μην ανήκουν στις προτιμητέες τεχνολογίες αιχμής και να εφαρμόζονται δύσκολα από απλούς αγρότες. Ωστόσο αν ακόμη και οι απλοί αγρότες τις εφαρμόσουν θα δεχθούν τα οφέλη από την αποτελεσματικότερη χρήση των εισροών και την αύξηση των εκροών που θα αντανακλώνται στην ποιότητα του προϊόντος.

Τα βασικότερα εμπόδια που αντιμετώπιζε ο μέσος αγρότης προκειμένου να εφαρμόσει τις τεχνολογίες αυτές είναι το υψηλό κόστος επένδυσης σε συνδυασμό με τη διαδικασία εκμάθησης που απαιτούσε ένα μέτριο μορφωτικό επίπεδο έκαναν την διαδικασία χρονοβόρα. Κάτι ακόμη που καθιστούσε δύσκολη την εμπιστοσύνη την αγροτών είναι η αμφίβολη αποθήκευση δεδομένων στο διαδίκτυο, τα προβλήματα λειτουργίας των GPS και η ασυμβατότητα των διαφορετικών τεχνολογιών και λογισμικών.

Τέλος σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι οι βασικές προϋποθέσεις για να αυξηθούν οι εφαρμογές της έξυπνης γεωργίας είναι η μείωση του κόστους, η κατανόηση των τεχνολογιών από τους αγρότες, η οικονομική στήριξη της κυβέρνησης και τα φιλικά προς το χρήστη λογισμικά. Ο συνδυασμός όλων αυτών των προϋποθέσεων θα επιφέρει σίγουρα αποτελέσματα στους αγρότες αλλά και στην ευρύτερη γεωργία.

1.7. Σύνοψη διπλωματικής εργασίας

Η εργασία αυτή αναφέρεται στην Έξυπνη Γεωργία και στην εφαρμογή της στην Ελλάδα. Αναλύονται συστήματα προσδιορισμού θέσεις GPS, παρακολούθησης αποδόσεων, συστήματα VRA, αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης, αισθητήρες χαρτογράφησης, αισθητήρες θεριζοαλωνιστικών μηχανών κ.α. Μελετάται η επιστήμη της τηλεπισκόπησης και η χρησιμότητα της στην Έξυπνη Γεωργία με τη χρήση αισθητήρων, ακόμη εξετάζεται ο τρόπος που πραγματοποιούνται μετρήσεις με δείκτες και ο τρόπος επεξεργασίας της εικόνας. Τα drones λόγω του ότι αποτελούν βασικό παράγοντα της Έξυπνης Γεωργίας, αναλύεται η αποτελεσματική ροή τους. Στην εργασία αυτή επίσης αναφέρεται και η χρησιμότητα της ρομποτικής χάρις τη βοήθεια της στην εγκατάσταση, τη φροντίδα και την συγκομιδή της σποράς. Γίνονται γνωστά προγράμματα και υλοποιημένες εφαρμογές στην Ελλάδα και παγκόσμια και αναλύεται η οικονομικά της όσον αφορά τη χώρα μας με τη βοήθεια τεχνοοικονομικής μελέτης. Τέλος περιγράφεται η εφαρμογή της Έξυπνης Γεωργίας στην Ελλάδα με ότι αλλαγές αυτό συνεπάγεται ενώ αξιολογούνται και οι προοπτικές της στην Ελλάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται συστήματα που χρησιμοποιεί η Έξυπνη Γεωργία για να πετύχει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα στην παραγωγή προϊόντων. Τα βασικά συστήματα που αναλύονται είναι το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) και το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (GIS) καθώς αποτελούν κύριο πυρήνα στην μέθοδο της γεωργίας ακριβείας. Επιγραμματική αναφορά γίνεται στο σύστημα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT), στο σύστημα παρακολούθησης αποδόσεων Yield Monitoring System και στο αυτοματοποιημένο σύστημα πλοήγησης, που σε δευτερεύοντα ρόλο έρχονται να συμπληρώσουν τη μέθοδο αυτή.

2.1. Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης GPS

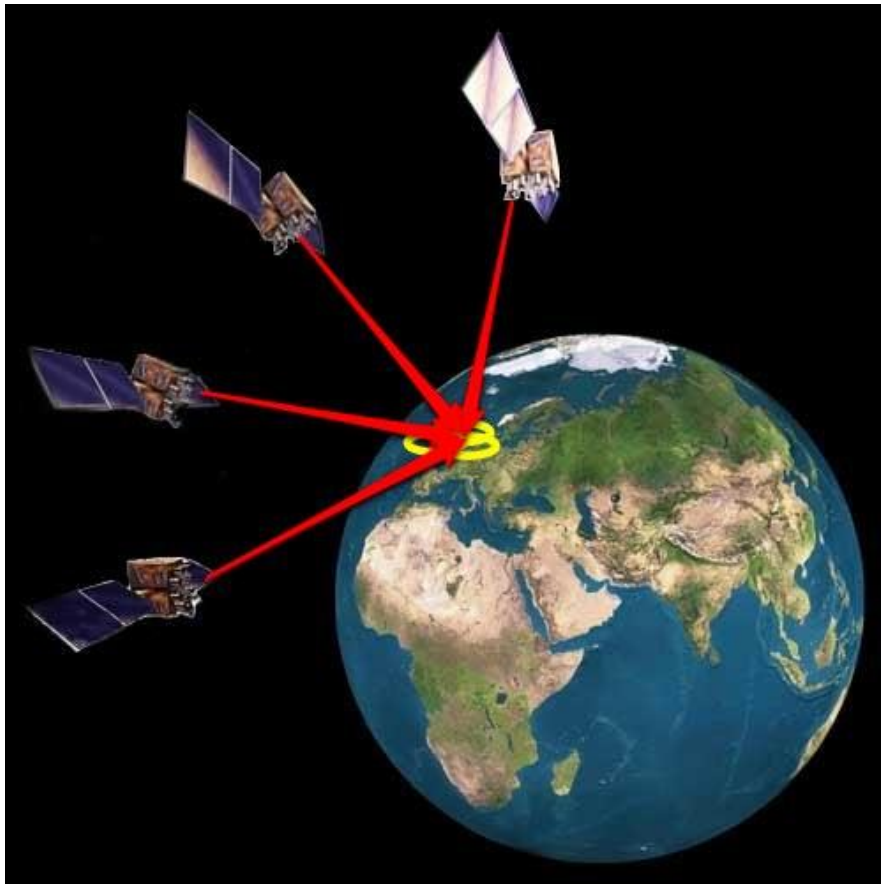
2.1.1. Εισαγωγή

Τα συστήματα προσδιορισμού θέσης αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για στρατιωτικούς σκοπούς στη συνέχεια όμως επεκτάθηκαν και σε άλλους τομείς, ένας εκ των οποίων είναι η τεχνολογία. Η γεωργία ακριβείας δεν θα ήταν εύκολη υπόθεση αν δεν υπήρχε η δυνατότητα να δημιουργηθεί ένας χάρτης με διάφορες ζώνες διαχείρισης. Το μεγάλο θετικό που έχουν είναι ότι παρέχουν εικοσιτετράωρη κάλυψη και εντοπισμό θέσης με υψηλή ακρίβεια στον τρισδιάστατο χώρο και στη μετατόπιση του χρόνου. Ουσιαστικά 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.

Στην περίπτωση της έξυπνης γεωργίας τα συστήματα αυτά καταγράφουν το χωράφι χρησιμοποιώντας γεωγραφικές συντεταγμένες και εντοπίζουν και καθοδηγούν γεωργικά οχήματα μέσα σε ένα χωράφι με ακρίβεια δύο εκατοστών. [1]

2.1.2. Προσδιορισμός θέσης μέσω GPS

Για να προσδιοριστεί μια θέση με τη βοήθεια του GPS πρέπει να περάσει αρχικά από το πρώτο στάδιο που είναι η διαδικασία τριγωνισμού. Στη συνέχεια η μέτρηση απόστασης από τους δορυφόρους, ο συγχρονισμός ρολογιών δέκτη - δορυφόρου, η εύρεση της θέσης των δορυφόρων και τέλος η διόρθωση καθυστερήσεων σήματος. Το πρώτο στάδιο έχει να κάνει με το συνδυασμό σημάτων για τη θέση του δέκτη από τρεις δορυφόρους. Απαραίτητη είναι η συνεισφορά τριών δορυφόρων. Για ένα δορυφόρο ισχύει ότι η θέση του δέκτη βρίσκεται σε μια σφαίρα που κέντρο έχει τον δορυφόρο και ακτίνα την απόσταση δορυφόρου δέκτη. Όμως εκτός από την επιφάνεια της πρώτης σφαίρας ο δέκτης βρίσκεται επίσης και στην επιφάνεια μιας δεύτερης σφαίρας η οποία αυτή τη φορά έχει σαν κέντρο το δεύτερο δορυφόρο και ακτίνα την απόσταση που απέχουν από αυτόν. Με άλλα λόγια η τοποθεσία του δέκτη είναι κάπου στην τομή των δύο σφαιρών. Και αυτή η κατάσταση συνεχίζεται και με περισσότερους δορυφόρους. [2]



Εικόνα 2.1 απεικόνιση λειτουργίας GPS
(Πηγή : blog.farmacon.gr)

2.1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια του δέκτη

Αφού γίνει γνωστό ότι το GPS αποτελείται από τρία λειτουργικά μέρη, το δορυφορικό τμήμα, το τμήμα ελέγχου και το τμήμα χρήσης σημαντικό είναι να αναφερθούν οι δορυφορικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα και την ακρίβεια του σήματος ενός δέκτη. [1]

1. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στον δέκτη GPS.
2. Η εγκατάσταση του συστήματος
3. Η επιλεκτική διαθεσιμότητα του συστήματος
4. Ο αριθμός των δορυφόρων από τους οποίους λαμβάνει σήματα ο δέκτης, καθώς και οι σχετικές θέσεις τους
5. Η ικανότητα διαφορικής διόρθωσης του συστήματος.
6. Οι επιδράσεις της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας.
7. Οι παραμορφώσεις των δορυφορικών σημάτων που μπορεί να οφείλονται στην παρεμβολή αντικειμένων της περιοχής (κτίρια κλπ.).
8. Πιθανά σφάλματα των δεκτών ή και των δορυφορικών χρονομέτρων.
9. Η ανάκλαση του σήματος από αντικείμενα της περιοχής, πριν αυτό καταλήξει στον δέκτη.
10. Τα τροχιακά σφάλματα, δηλαδή λανθασμένες πληροφορίες που εκπέμπονται από τους δορυφόρους σχετικά με την τροχιά τους.

2.2. Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)

2.2.1 Γενική εισαγωγή συστήματος GIS

Τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών είναι συστήματα διαχείρισης χωρικών δεδομένων και συσχετιζόμενων ιδιοτήτων. Η ιδιότητα τους είναι να συλλέγουν δεδομένα για συγκεκριμένες γεωγραφικές θέσεις τα οποία αναλύουν με τη βοήθεια λογισμικού. Παρέχουν έναν θεματικό χάρτη ο οποίος είναι ουσιαστικά ένας διαδραστικός χάρτης δεδομένων για μια συγκεκριμένη γεωγραφική θέση. Ο θεματικός χάρτης μπορεί να αναφέρεται στο υψόμετρο στην βροχόπτωση στη θερμοκρασία στην υγρασία στα θρεπτικά στοιχεία και πολλά άλλα. Με τη βοήθεια του συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών ο γεωργός μπορεί να ελέγχει το επίπεδα

εισροών κρατώντας έναν πίνακα καταγραφής των αποτελεσμάτων αυτών σε μια χωρική σειρά. [3] [4]

2.2.2. Χρήση GIS στην έξυπνη γεωργία

Για τη δημιουργία των χαρτών που δείχνουν την παραλλακτικότητα ενός μετρούμενου μεγέθους στον αγρό πρέπει πρώτα εισαχθεί το περίγραμμα του αγρού, στη συνέχεια τα δεδομένα και να δημιουργηθεί μια συνεχή επιφάνεια με τη διαδικασία της εσωεκτίμησης. Στη συνέχεια γίνεται η επιλογή χρώματος για τη λεζάντα του χάρτη και τέλος η εκτύπωσή του.

Ωστόσο για έναν αγρό μπορούν να προστεθούν πληροφορίες σε επίπεδα και ύστερα να ληφθούν οι αποφάσεις με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. 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 και πολλά ακόμη. [2] [4]

2.3. Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT)

Τα συστήματα αυτά είναι συστήματα γεωργικής μηχανικής που τοποθετούνται στα αγροτικά μηχανήματα και μεταβάλουν την ποσότητα εφαρμογής εισροών και αν χρειαστεί αλλάζουν το είδος των εισροών (πχ την ποικιλία του σπόρου, το είδος του λιπάσματος κ.α.). Εφαρμόζουν τις εισροές σύμφωνα με τις ανάγκες του αγρού τη δεδομένη χρονική στιγμή, οι οποίες μπορεί να είναι διαφορετικές από φυτό σε φυτό. Τα συστήματα μεταβλητών εφαρμογών βασίζονται σε τεχνικές χαρτογράφησης αλλά και σε αισθητήρες. [2]



Εικόνα 2.2 Αναπαράσταση VRA
(Πηγή : blog.farmacon.gr)

2.4. Συστήματα παρακολούθησης αποδόσεων (Yield Monitoring System)

Τα συστήματα αυτά είναι συστήματα που αφορούν τη μέτρηση και την καταγραφή της απόδοσης μιας καλλιέργειας κατά τη συγκομιδή. Τα στοιχεία που λαμβάνονται από το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης GPS αλλά και από το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών GIS συντελούν στη δημιουργία ενός χάρτη εφαρμογής. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από αισθητήρες, έναν δέκτη GPS και μία κονσόλα διαχείρισης.

Τέλος σαν συστήματα αυτής της ενότητας μπορούν να θεωρηθούν η Τηλεπισκόπηση και οι αισθητήρες (πχ καλλιιεργειών, εδάφους κ.α.) , τα οποία αναλύονται εκτενώς στα επόμενα κεφάλαια. [2]



Εικόνα 2.3 Yield Monitoring System
(Πηγή : blog.farmacon.gr)

2.5. Αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης

Τα συστήματα αυτά είναι έξυπνα συστήματα με ικανότητα αντίληψης ειδικών οδηγικών καθηκόντων για παράδειγμα την αυτόματη στροφή του τρακτέρ, την αυτόματη πλοήγηση και γενικότερα αυτόματες κινήσεις μηχανημάτων που ήταν υποχρεωμένος ο γεωργός να ασχοληθεί με αυτές. Το καλό με αυτή την τεχνολογία είναι ότι ελαχιστοποιεί την πιθανότητα ανθρωπίνου λάθους κάνοντας αποτελεσματικότερη τη διαχείριση του αγρού.

Τα υποβοηθούμενα συστήματα πλοήγησης με τη βοήθεια συστημάτων πλοήγησης όπως με το GPS δείχνουν στους οδηγούς την πορεία τους μέσα στον αγρό. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ακρίβεια στην οδήγηση. [2]

Τα έξυπνα συστήματα καθοδήγησης παρέχουν διαφορετικά πρότυπα πλοήγησης εξαρτώμενα από το σχήμα του αγρού, τα οποία χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα υποβοηθούμενα συστήματα και τα αυτοματοποιημένα συστήματα.

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης αναλαμβάνουν όλο τον έλεγχο της οδήγησης ώστε ο αγρότης να έχει τη δυνατότητα να ασχοληθεί με άλλα πράγματα, με άλλα λόγια του παρέχει την ευκολία να ελέγχει τον εξοπλισμό του καλύτερα αφήνοντας ελεύθερη τη θέση του οδηγού. [2]



Εικόνα 2.3 Αναπαράσταση Αυτοματοποιημένου συστήματος πλοήγησης
(Πηγή : blog.farmacon.gr)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Ιδανικά ένα χωράφι θα έπρεπε να παράγει καρπό ομοιόμορφα σε όλη την έκτασή του, πράγμα αδύνατο. Το χωράφι όπως και ο κάθε οργανισμός δεν διαθέτει τίποτα ομοιόμορφο έτσι λοιπόν είναι στο χέρι του κάθε αγρότη το πώς θέλει να διαχειριστεί το χωράφι του. Ένας σωστός και τυπικός αγρότης γνωρίζει χρόνο με το χρόνο που παράγει περισσότερο το χωράφι του, που λιγότερο και που είναι και άγονο. Με βάση την εμπειρία του προσπαθεί να εφαρμόσει τεχνικές στο χωράφι που να του επιφέρουν μεγαλύτερη παραγωγή. Το πρόβλημα αρχίζει όταν οι καιρικές συνθήκες παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαφοροποίηση της παραγωγής. Ο αγρότης δεν είναι σε θέση να γνωρίζει τις αλλαγές που μπορούν να επιφέρουν οι καιρικές συνθήκες, τη λύση σε αυτό έρχεται να δώσει η έξυπνη γεωργία με αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής που συγκομίζονται με μηχανές.

Το κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται στη βοήθεια που παρέχουν οι αισθητήρες στην έξυπνη γεωργία δίνοντας μεγαλύτερη βάση στους αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής που συγκομίζονται με μηχανές ενώ παράλληλα αναφέρονται και κάποια συστήματα που συμβάλουν σε αυτό.

3.1. Εισαγωγή αισθητήρων χαρτογράφησης παραγωγής για καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές.

Όπως προαναφέρθηκε ο γεωργός κάθε χρόνο παρατηρεί το χωράφι του ώστε να βλέπει την παραγωγή του. Την χαρτογράφηση ουσιαστικά την έκανε στο μυαλό του και γνώριζε σε πιο σημείο του χωραφιού υπάρχει περισσότερο παραγωγή σε ποιο λιγότερο και που καθόλου. Όλα αυτά όμως έρχονταν να ανατρέψουν οι καιρικές συνθήκες που επηρέαζαν την παραγωγή και μπερδευαν τον αγρότη. Τη λύση σε αυτό ήρθαν να δώσουν οι αισθητήρες χαρτογράφησης καθώς η σωστή χαρτογράφηση παραγωγής καθίσταται αναγκαία διότι η παραγωγή είναι ο στόχος της κάθε καλλιέργειας και η παραλλακτικότητα της είναι κύριο στοιχείο για τη διαχείριση των αγρών.

Η πρώτη χαρτογράφηση παραγωγής με αισθητήρες τοποθετημένους σε μηχανές συγκομιδής ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Οι πρώτες εφαρμογές της εφαρμόστηκαν στην Βρετανία. Σήμερα σχεδόν 29 χρόνια μετά τις πρώτες εφαρμογές η τεχνολογία έχει εξελιχθεί και υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες χαρτογράφησης παραγωγής . [5]

3.2. Χαρτογράφηση παραγωγής σε καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές

Για να πραγματοποιηθεί σωστά η χαρτογράφηση της παραγωγής χρειάζεται σε κάθε σημείο του αγρού μέτρηση καταγραφή και ανάλυση ορισμένων στοιχείων. Αρχικά πρέπει να μετρηθεί ροή του προϊόντος μέσα στη μηχανή με άλλα λόγια πρέπει να μετρηθεί η ποσότητα του προϊόντος που εισέρχεται σε κάποιο σημείο της μηχανής στη μονάδα του χρόνου. Επόμενη μέτρηση είναι η επιφάνεια που συγκομίζει η μηχανή στη μονάδα του χρόνου. Αυτό βρίσκεται γνωρίζοντας το πλάτος εργασίας της μηχανής και την ταχύτητα εργασίας. Στη συνέχεια πρέπει να βρεθεί η θέση της μηχανής η οποία γίνεται με τη χρήση GPS. Όλα αυτά τα στοιχεία που βρέθηκαν πρέπει να αποθηκευτούν σε μια μνήμη για τη μεταφορά τους σε Η/Υ για περαιτέρω επεξεργασία. Το σύστημα μπορεί να έχει και στοιχεία μέτρησης ποιοτικών χαρακτηριστικών της παραγωγής. [6]

3.3. Αισθητήρες στις θεριζοαλωνιστικές μηχανές

3.3.1. Γενική εισαγωγή

Στις αρχές της δεκαετίας του 90' τοποθετήθηκαν οι πρώτοι αισθητήρες στις θεριζοαλωνιστικές μηχανές ορίζοντας έτσι την αρχή ανάπτυξης της έξυπνης γεωργίας. Αρχικά οι πρώτοι αισθητήρες μετρούσαν τη ροή του σπόρου με ακτίνες γ, από τότε έως σήμερα έχουν αναπτυχθεί πάρα πολλοί αισθητήρες που μετρούν τη ροή του σπόρου αλλά και την υγρασία του. Παρακάτω φαίνεται μια θεριζοαλωνιστική μηχανή .



Εικόνα 2.3 Αναπαράσταση θεριζοαλωνιστικής μηχανής
(Πηγή : youtruck.gr)

3.3.2. Αισθητήρες μέτρησης ροής του σπόρου σε θεριζοαλωνιστικές μηχανές

Οι αισθητήρες ανάλογα το τι μετρούν μπορούν να χωριστούν σε διάφορες κατηγορίες. Υπάρχουν αισθητήρες που μετρούν βάρος, όγκο κτλ. Σύμφωνα με τους Reys et al. (2002) οι αισθητήρες πρέπει να διαθέτουν εύκολη βαθμονόμηση, και αν είναι δυνατό να είναι ανεξάρτητη από το είδος του σιτηρού, με βασικό γνώμονα πάντα την ικανοποιητική ακρίβεια της μέτρησης. Παράλληλα δεν πρέπει να εμποδίζουν την ομαλή λειτουργία της μηχανής ενώ πρέπει να διαθέτουν εύκολη τοποθέτηση στη μηχανή (και αν είναι εφικτό να τοποθετείται εύκολα και σε άλλες μηχανές). [1][7]

3.4. Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών του σπόρου

Η παραγωγή αποτελείται από δυο μέρη, το ποσοτικό μέρος και το ποιοτικό μέρος. Τις περισσότερες φορές το ποιοτικό είναι πιο σημαντικό από το ποσοτικό. Αυτό είναι που θα κάνει τον αγρότη καλύτερο αλλά και θα καθορίσει την τιμή του προϊόντος. Η υγρασία είναι κάτι που

καθορίζει ένα σπόρο, ανάλογα με την υγρασία του δείχνει αν είναι έτοιμος για συγκομιδή ή όχι. Επίσης κάτι που χαρακτηρίζει ένα σπόρο είναι η περιεκτικότητά του σε λάδι ή πρωτεΐνη αλλά και η φαινομενική του πυκνότητα ή το ειδικό του βάρος. [1]

3.5. Χαρτογράφηση παραγωγής σε βαμβακοσυλλεκτικές μηχανές

3.5.1. Γενική εισαγωγή

Η βαμβακοσυλλεκτική μηχανή διαθέτει ένα μηχανισμό που περνά πάνω από τις σειρές βαμβακιού, παίρνει το βαμβάκι από το φυτό και το μεταφέρει στο εσωτερικό της, εκεί ένα ρεύμα αέρα το σπρώχνει προς το καλάθι της μηχανής και αποθηκεύεται εκεί μέχρι να αδειάσει.



Εικόνα 2.3 Αναπαράσταση βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής
(Πηγή : inkomotini.news)

3.5.2. Χαρτογράφηση παραγωγής σε βαμβακοσυλλεκτικές μηχανές

Το όλο σύστημα χαρτογράφησης παραγωγής από την κεντρική μονάδα, τους αισθητήρες μέτρησης, τον μηχανισμό μέτρησης, τον διακόπτη αποθήκευσης και τον δείκτη GPS. Αναλυτικότερα, η κεντρική μονάδα είναι μονάδα επεξεργασίας του σήματος για την παρουσίαση των δεδομένων και τη δυνατότητα προγραμματισμού του συστήματος. Διαθέτει μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας μια οθόνη και μια σειρά κομβίων. Στο κάτω μέρος υπάρχει μια σειρά έξι κομβίων που πιέζονται και σημειώνουν τα σημεία αυτά. Ο αγρότης μπορεί με αυτό τον τρόπο να σημειώσει τα σημεία του χωραφιού με τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα ή τα σημεία του χωραφιού με τη μικρότερη ή ακόμη και σημεία με πολλά ζιζάνια.

Οι αισθητήρες είναι αισθητήρες μέτρησης ροής του σπόρου στη μηχανή, η λειτουργία του στηρίζεται στην εξασθένιση του φωτός που εκπέμπεται από μια πηγή. Λυχνίες εκπέμπουν φως το οποίο πέφτει σε δέκτες στην απέναντι πλευρά του σωλήνα. Όταν ο σπόρος από το βαμβάκι περνάει μέσα από το σωλήνα μειώνεται η ένταση του φωτός που φτάνει στους δέκτες με αποτέλεσμα να μειώνεται η διαφορά δυναμικού. Αντίθετα όταν δεν υπάρχει σπόρος βαμβάκι το φως φτάνει απέναντι στους δέκτες παράγοντας έτσι μια διαφορά δυναμικού που μετράται.

Ο μηχανισμός είναι μηχανισμός μέτρησης της ταχύτητας της μηχανής ενώ ο διακόπτης χρησιμεύει για να σταματά την αποθήκευση των μετρήσεων. Και τέλος το GPS που τοποθετείται στο ψηλότερο σημείο της μηχανής και δίνει στοιχεία για τη θέση της ανά πάσα ώρα και στιγμή. [8]

3.6. Αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής σε μηχανές συγκομιδής σταφυλιών.

Οι μηχανές αυτές κατατάσσονται στην ομάδα μηχανών με αλυσομεταφορέα ο οποίος χρησιμεύει στη μεταφορά του προϊόντος. Διαθέτει πλαστικούς τροχούς πάνω στους οποίους στηρίζονται οι αλυσίδες. Ένα ζεύγος ή και περισσότερα αντικαθίστανται από δυναμοκυψέλες πάνω από τις οποίες υπάρχει ένας πλαστικός δίσκος. Η χρησιμότητα του πλαστικού αυτού δίσκου είναι να ανασηκώνει ελαφρά την αλυσίδα και να μετρά καλύτερα το βάρος του προϊόντος. Παράλληλα μπορεί να μετρηθεί και η ταχύτητα της αλυσίδας. Ο συνδυασμός αυτών των δύο στοιχείων είναι που δίνει τη ροή στη μηχανή. [9]

Το σύστημα αυτό έχει εφαρμοστεί με μεγάλη επιτυχία και αφορά εξίσου τη συγκομιδή πατάτας, βιομηχανικής ντομάτας και των σακχαρότευτλων. Με βάση την ποσότητα του προϊόντος που κινείται στο αλυσομεταφορέα αλλάζει η αντίσταση στην κίνηση και μπορεί εύκολα να μετρηθεί η ροπή που αναπτύσσεται στην τροχαλία που δίνει την κίνηση.

Μια εναλλακτική ιδέα που χρησιμοποιήθηκε για τη χαρτογράφηση παραγωγής, προτάθηκε και εφαρμόστηκε από τους Durrence et al. (1990), είναι η τοποθέτηση δυναμοκυψελών στην αποθήκη του καρπού. Η εφαρμογή αυτή έλαβε χώρα στη συγκομιδή φιστικιών. Ωστόσο σημαντικό είναι να αναφερθεί πως οι Thomasson et al. (2006) κατασκεύασαν έναν οπτικό αισθητήρα για φιστίκια που βασίζεται στην ίδια αρχή με τον αισθητήρα βαμβακιού. [7] [10]

3.7. Χαρτογράφηση παραγωγής σε αμπελώνες

Από τις πρώτες εφαρμογές σε οπωροκηπευτικά ήταν η χαρτογράφηση παραγωγής σε αμπελώνες για οινοποίηση που η συγκομιδή γινόταν με μηχανές. Η σωστή χαρτογράφηση βασίστηκε σε δύο βασικές αρχές. Η πρώτη βασική αρχή αφορά την τοποθέτηση δυναμοκυψελών κάτω από τους μάντες μεταφοράς των σταφυλιών και η ζύγιση τους κατά την κίνηση της μηχανής. Η δεύτερη βασική αρχή στηρίζεται στη μέτρηση του όγκου των σταφυλιών κατά την κίνηση του μάντα μεταφοράς. [11] [12]

3.8. Χαρτογράφηση παραγωγής με αισθητήρες σε σιλοκοπτικά

Στα σιλοκοπτικά μηχανήματα υπάρχει στο πρόσθιο τμήμα ένας μηχανισμός ανύψωσης του κομμένου χόρτου από το χωράφι ή ένα σύστημα κοπής των στελεχών για παράδειγμα του καλαμποκιού. Ο μηχανισμός του σιλοκοπτικού που αφορά τον τεμαχισμό αποτελείται από δύο κυλίνδρους τροφοδοσίας και το δίσκο με τα μαχαίρια. Οι κύλινδροι αυτοί περιστρέφονται με διάφορες ταχύτητες και μεταφέρουν το υλικό στα μαχαίρια τεμαχισμού ενώ παράλληλα συγκρατούνται με ελατήρια και ανάλογα με την ποσότητα του υλικού είτε έλκονται είτε απωθούνται.

Η μέτρηση της παραγωγής σε σιλοκοπτικά γίνεται με βάση τη μετακίνηση των κυλίνδρων τροφοδοσίας. Η μετακίνηση των κυλίνδρων μετράται με διάφορες τεχνικές όπως τα περιστρεφόμενα ή ευθύγραμμα ποτενσιόμετρα.

Ωστόσο ένα σημαντικό στοιχείο για την εκτίμηση παραγωγής του χόρτου είναι η υγρασία του. Για τη μέτρηση της υγρασίας του χόρτου αλλά και των ποιοτικών στοιχείων της χλωρομάζας χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες με ανάκλαση φωτός στο κοντινό υπέρυθρο. [1]

3.9. Βαθμονόμηση των αισθητήρων παραγωγής

Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτίμηση της παραγωγής σημαντικότερο ρόλο παίζει το λογισμικό, που πρέπει να είναι ένα λογισμικό που βοηθά στη βαθμονόμηση των αισθητήρων. Μια εκτίμηση ποσότητας μπορεί να γίνει καθώς το προϊόν μεταφέρεται με το όχημα. Στις περισσότερες περιπτώσεις ζυγίζεται το όχημα και η τιμή του πραγματικού βάρους της παραγωγής εισάγεται στο λογισμικό του αισθητήρα. Το λογισμικό στη συνέχεια εκτιμά τον παράγοντα βαθμονόμησης ο οποίος χρησιμοποιείται από το λογισμικό με σκοπό να διορθώσει τις τιμές της παραγωγής. [1]

3.10 Χαρτογράφηση παραγωγής σε προϊόντα που δεν συγκομίζονται μηχανικά

Μέχρι στιγμής αναφέρθηκαν κάποια από τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί για την εκτίμηση της παραγωγής σε μηχανές συγκομιδής. Όμως όπως είναι γνωστό τα περισσότερα προϊόντα νωπής κατανάλωσης δεν συγκομίζονται με μηχανές αλλά με τα χέρια. Έως και σήμερα δεν υπάρχουν μηχανές που βοηθούν στη συγκομιδή νωπών προϊόντων χωρίς να τα μολοπίζουν.

Τα πρώτα χρόνια εφαρμογών την έξυπνης γεωργίας οι ερευνητές ασχολήθηκαν με την ανάπτυξη αισθητήρων για τη μέτρηση την ροής του προϊόντος στη μηχανή αργότερα όμως άρχισαν οι εφαρμογές προϊόντων που συγκομίζονταν με τα χέρια. [13] [14]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Τηλεπισκόπηση ορίζεται η επιστήμη που παρατηρεί και μελετά τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης εξ αποστάσεως με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στην έξυπνη γεωργία μια τέτοια επιστήμη μπορεί να βοηθήσει τον κάθε αγρότη να λάβει χρήσιμες πληροφορίες από τις ψηφιακές εικόνες που έχουν ληφθεί με τη χρήση της τηλεπισκόπησης για τις καλλιέργειές του. Στόχος της έξυπνης γεωργίας διαμέσου της τηλεπισκόπησης είναι να αποτυπωθεί η χωρική παραλλακτικότητα του αγρού, έτσι ώστε οι καλλιεργητικές πρακτικές και εισροές 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 όσον αφορά τις γεωργικές καλλιέργειες και τις γεωργικές στρατηγικές. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται ρόλος της τηλεπισκόπησης στην έξυπνη γεωργία και περιγράφονται ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της που την κάνουν να στέκεται αρωγός στην εξέλιξη της γεωργίας ακριβείας ανάμεσα στα χρόνια.

4.1. Εισαγωγή και χρήση της τηλεπισκόπησης στην έξυπνη γεωργία

Η πρώτη εφαρμογή της τηλεπισκόπησης πραγματοποιήθηκε το 1929 και αφορούσε τη χαρτογράφηση των εδαφών με τη χρήση αεροφωτογραφιών (Bauer 1975) στη συνέχεια εξελίχθηκε και έφτασε στη σημερινή εποχή να χρησιμοποιεί δορυφορική τεχνολογία, δίνοντας έτσι την ευκαιρία στους επιστήμονες και στους παραγωγούς να εξετάζουν τις καλλιέργειες τους πολύ πιο άμεσα. Η τηλεπισκόπηση μπορεί να μελετήσει τη χωρική θέση ενός αντικειμένου πάνω στην επιφάνεια της γης, το χρώμα, τη βιομάζα, το υψόμετρο, το ποσοστό της υγρασίας του εδάφους αλλά και της βλάστησης, τη θερμοκρασία, το μέγεθος και το σχήμα διάφορων στοιχείων αλλά και τη φασματική συμπεριφορά της χλωροφύλλης. Πολύ σημαντική είναι επίσης η χρήση της για την εύρεση καλλιεργειών προσβεβλημένων από αρρώστιες. Ωστόσο χρήσιμη φαίνεται και για τους παραγωγούς αφού η συνεχής μελέτη των φυτών κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου μπορεί να τους βοηθήσει να προβλέψουν την τελική παραγωγή.

Η γρήγορη μελέτη των επιφανειών, που κάνει ευκολότερη τη σύγκριση μεταξύ ίδιων δεδομένων διαφορετικών όμως περιοχών, η λήψη πληροφοριών σε πολλά μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, δίνοντας τη δυνατότητα στον παραγωγό να εντοπίσει διαφορές μεταξύ των βιοφυσικών στοιχείων που δεν ήταν ικανός να το κάνει με γυμνό μάτι, αλλά και η παροχή συνεχών μετρήσεων, δίνοντας της ευκαιρία για μελέτη διάφορων χαρακτηριστικών με σκοπό διαχρονικές συγκρίσεις, έγιναν τα πλεονεκτήματα που ξεχώρισαν την έξυπνη γεωργία από άλλες μεθόδους συλλογής δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν σε εργασίες υπαίθρου. Το πλέον σημαντικό χαρακτηριστικό της τηλεπισκόπησης όμως είναι το χαμηλό κόστος που απαιτεί αν ληφθεί υπόψιν το πλήθος των αποτελεσμάτων που μπορούν να ληφθούν, δεδομένου ότι μπορούν να εξεταστούν και περιοχές με επίγειες μετρήσεις που θα απαιτούσαν και χρόνο αλλά και χρήμα για τις δειγματοληψίες τους. Από την άλλη όμως όπως είναι λογικό υπάρχουν και μειονεκτήματα της τηλεπισκόπησης. Ένα από αυτά και ίσως το σημαντικότερο είναι ότι η ποιότητα των δεδομένων εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος (σκόνη, φωτισμός κτλ). Επίσης πρόβλημα αποτελεί και το γεγονός ότι η επεξεργασία των δεδομένων απαιτεί γνώσεις ηλεκτρονικού υπολογιστή και διαφόρων λογισμικών.[1]

4.2. Αισθητήρες Τηλεπισκόπησης

Οι αισθητήρες της τηλεπισκόπησης στην έξυπνη γεωργία χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τους ενεργούς αισθητήρες και τους παθητικούς αισθητήρες. 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 μετρήσεις τους. Το πρόβλημα με τους παθητικούς αισθητήρες όμως είναι ότι κατά τη διάρκεια της νύχτας ή συνθήκες συννεφιασμένων ημερών δεν μπορούν να πάρουν σωστές μετρήσεις. Αντίστοιχα όμως και στους ενεργούς αισθητήρες η εκπεμπόμενη ακτινοβολία μπορεί να επηρεαστεί από άλλες ακτινοβολίες. Παρακάτω αναφέρονται συστήματα αισθητήρων που υπάγονται στις δύο κατηγορίες :

Ενεργοί αισθητήρες

Radar (Radio Detection and Ranging): χρησιμοποιεί έναν πομπό είτε σε ραδιοσυχνότητες είτε σε συχνότητες μικροκυμάτων για να εκπέμπονται παλμοί ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και ένα δέκτη για τη μέτρηση του χρόνου άφιξης της ανακλώμενης ακτινοβολίας.

Scatterometer: ορίζεται ως ένα υψηλής συχνότητας Radar μικροκυμάτων που είναι σχεδιασμένο ειδικά για τη μέτρηση της ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις του μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία χαρτών ταχύτητας του ανέμου επιφάνειας και κατεύθυνσης.

Lidar (Light Detection and Ranging): με τη χρήση ενός laser ενίσχυσης φως μεταδίδει έναν παλμό φως και ένα δέκτη με ευαίσθητους ανιχνευτές για τη μέτρηση της ανακλώμενης ακτινοβολίας του φως.

Laser υψομέτρον: πρόκειται για ένα laser υψομετρητή, είναι ικανό να μετρήσει το ύψος του μέσου πάνω από την επιφάνεια της γης και με αυτό τον τρόπο να προσδιορίσει την τοπογραφία της υποκείμενης επιφάνειας.

Παθητικοί αισθητήρες

Ραδιόμετρο: είναι ένα όργανο που μετρά ποσοτικά την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κάποια ζώνη μηκών κύματος στο φάσμα.

Φασματικές κάμερες: είναι κάμερες που έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιούν λήψη εικόνας σε διαφορετικά μήκη κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Διακρίνονται σε πολυφασματικές, υπερφασματικές και ultra-φασματικές ανάλογα με την διακριτική ικανότητα των μηκών κύματος που διαθέτουν.

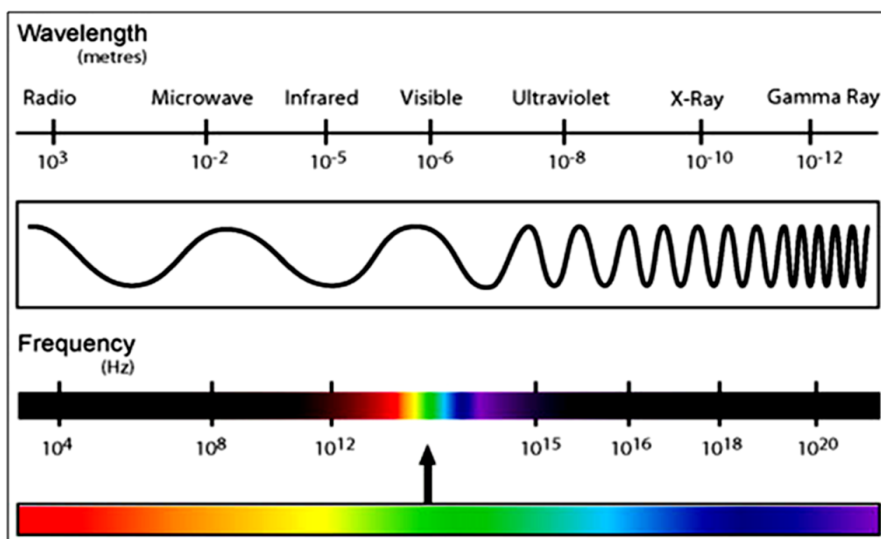
Φωτογραφικό ραδιόμετρο: είναι ένα ραδιόμετρο που παρέχει μια δισδιάστατη συστοιχία πίξελ μέσω των οποίων παράγεται η εικόνα.

Φασματόμετρο: είναι μια διάταξη που έχει σχεδιαστεί για την ανίχνευση, την μέτρηση και την ανάλυση σε φασματικό περιεχόμενο της προσπίπτουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Φασματοραδιόμετρο: είναι ένα ραδιόμετρο ικανό να μετρήσει την ένταση της ακτινοβολίας σε πολλαπλές ζώνες μήκους κύματος. [15]

4.3. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Λόγο του ότι το ανθρώπινο μάτι μπορεί να ευαισθητοποιηθεί μόνο σε ένα πολύ μικρό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 350-700nm τα διάφορα φαινόμενα που συμβαίνουν στο περιβάλλον δεν γίνονται άμεσα αντιληπτά. Παρακάτω φαίνεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με διάφορα φάσματα :



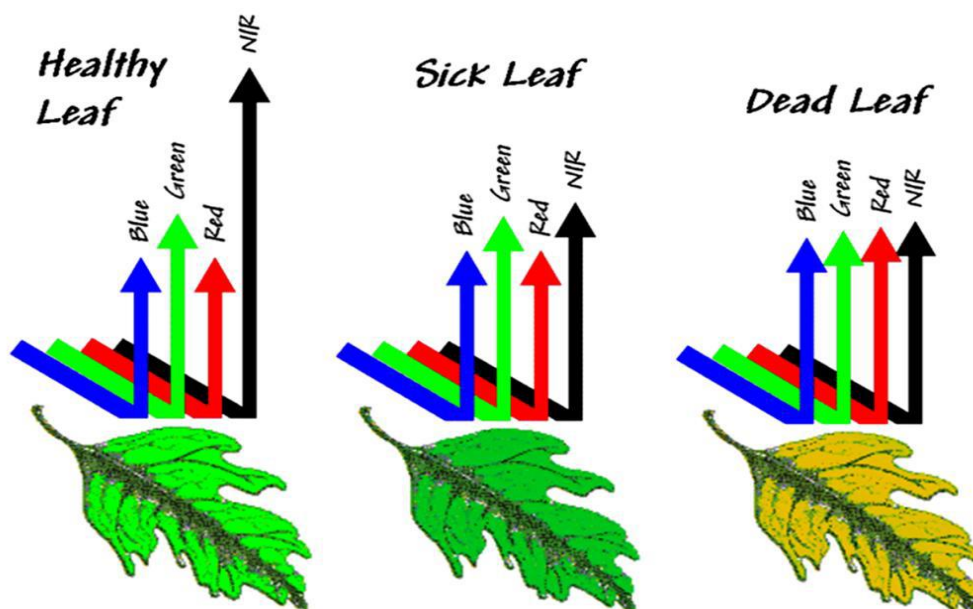
Εικόνα 4.1 : Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με διάφορα φάσματα
(Πηγή : zebu.uoregon.edu)

Η ακτινοβολία μπορεί να είναι είτε διερχόμενη είτε απορροφούμενη είτε εκπεμπόμενη είτε ανακλώμενη. Η διερχόμενη ακτινοβολία είναι η ακτινοβολία που διέρχεται διαμέσου κάποιου υλικού. Η απορροφούμενη είναι η ακτινοβολία που μπορεί να απορροφηθεί από ένα υλικό και να αποδώσει την ενέργεια της. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία εκπέμπεται από ένα υλικό σαν αποτέλεσμα της δομής του. Και τέλος η ανακλώμενη ακτινοβολία εκφράζει την προσπίπτουσα ακτινοβολία που ανακλάται από την επιφάνεια του υλικού με γωνία ανάκλασης ίση και αντίθετη με τη γωνία πρόσπτωσης.[1]

4.4. Μετρήσεις με δείκτες

Δεδομένου ότι κάθε αντικείμενο έχει διαφορετική αλληλεπίδραση με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι εύκολη η διάκριση μεταξύ τους. Η διάκριση αυτή ονομάζεται φασματική υπογραφή του αντικειμένου. Πιο αναλυτικά η φασματική υπογραφή ορίζεται ως η ακτινοβολία που αντανακλάται από μια επιφάνεια στα διάφορα μήκη κύματος.

Οι μετρήσεις στην τηλεπισκόπηση μπορούν να γίνουν με διάφορα όργανα όπως ένα φασματόμετρο παραδείγματος χάριν, παρόλα αυτά όμως η πιο διαδεδομένη μέθοδος είναι ο χωρισμός του πράσινου, του κόκκινου, του μπλε και του κοντινού υπέρυθρου μέρους του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπως αποτυπώνεται από τις ψηφιακές κάμερες. Ωστόσο οι ακριβέστερες μερίσεις γίνονται με τη χρήση δεικτών. Ορισμένοι δείκτες μπορούν να οριστούν από διάφορους συνδυασμούς φασματικών πληροφοριών. Για παράδειγμα οι δείκτες που αναφέρονται στη βλάστηση ονομάζονται δείκτες και αποτελούν το μέτρο εκτίμησης της υγιούς βλάστησης. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και η διαφοροποίηση ενός υγιούς φύλλου από ένα άρρωστο και από ένα νεκρό. Η παραγόμενη τιμή είναι αυτή που προδίδει για την ποσότητα της υγιούς βλάστησης (Ξενούλης, 2011). [16]



Εικόνα 4.2 : Απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας φύλλου
(Πηγή : innovativegis.com/basis/pfprimer/topic7/topic7.html)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω με βάσει τους δείκτες γίνονται οι ακριβέστερες μετρήσεις. Ο πιο σημαντικός δείκτης είναι ο NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), χρησιμοποιείται στη γεωργία και ορίζεται ως δείκτης κανονιοποιημένης διαφοράς βλάστησης, παίρνει τιμές μεταξύ -1 (δεν υπάρχει κάλυψη βλάστησης) και 1 (πλήρης κάλυψη από βλάστηση). Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται για μετρήσεις χαρακτηριστικών όπως η βιομάζα, η συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα κ.α. Ένας άλλος δείκτης είναι ο NDSI (Normal Difference Soil Index), ο δείκτης αυτός αφορά την κανονιοποίηση της διαφοράς του εδάφους και χρησιμοποιείται για μετρήσεις εδαφικών χαρακτηριστικών. Ωστόσο υπάρχει και ο δείκτης κανονιοποίησης διαφοράς νερού που ονομάζεται NDWI (Normal Difference Water Index) και χρησιμοποιείται για τη μέτρηση χαρακτηριστικών του νερού. Οι δείκτες αυτοί είναι η βασικότεροι και μέσω αυτών προέκυψαν οι δείκτες που αναφέρονται παρακάτω. Ο λόγος που οι μετρήσεις δεν παρέμειναν σε αυτούς τους τρεις δείκτες είναι για να διορθωθούν σφάλματα που μπορεί να εμφάνιζαν οι δείκτες αλλά και για να γίνει καλύτερη και ακριβέστερη κατανόηση του οικοσυστήματος. Παραγόμενος δείκτης θεωρείται ο NVMI (Normal Vegetation Moisture Index) που ορίζεται ως δείκτης κανονιοποιημένης υγρασίας βλάστησης. Ο SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) είναι επίσης δείκτης που όμως αφορά της εδαφική ρύθμιση βλάστησης. Στη συνέχεια υπάρχει ο δείκτης SR ή RVI (Simple Ratio Vegetation Index) ο οποίος είναι δείκτης αναλογικής βλάστησης. Ο GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) ορίζεται ως δείκτης κανονιοποιημένης διαφοράς βλάστησης στο πράσινο. Τέλος οι CVI (Chlorophyll Vegetation Index) και NBRI(Normalized Burn Ratio Index), ο πρώτος είναι δείκτης χλωροφύλλης βλάστησης ενώ ο δεύτερος δείκτης κανονιοποιημένης αναλογίας καύσης.

Οι δείκτες αυτοί είναι ένα μικρό μέρος των δεικτών που υπάρχουν στην τηλεπισκόπηση που με τη βοήθεια των δικών του τύπων ο καθένας υπολογίζει τις μετρήσεις που χρειάζεται η τηλεπισκόπηση. Ωστόσο υπάρχει όλο και περισσότερο η ανάγκη για δημιουργία νέων δεικτών που θα βελτιώσουν λάθη και θα βοηθήσουν μέσω της τηλεπισκόπησης να κατανοηθεί ακόμη καλύτερα το οικοσύστημα. [1]

4.5. Επεξεργασία εικόνας

Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος που γίνεται λήψη εικόνων μέσω μη επανδρωμένων αεροσκαφών (Drones) και UAV (Unmanned Aerial Vehicles), οι εικόνες αυτές στη συνέχεια επεξεργάζονται για να ερμηνευτούν. Βοηθητικά στοιχεία στην ερμηνεία αποτελούν: ο τόπος, το χρώμα, το μέρος, το σχήμα, ο χρόνος, το μέγεθος, το ύψος, η υφή, η σκιά και το πρότυπο.

Η ανάλυση και επεξεργασία εικόνας ακολουθεί κάποια βήματα για να επιτευχθεί το πρώτο βήμα είναι η γεωμετρική διόρθωση, στην οποία γίνεται αναφορά στο σύστημα συντεταγμένων, διόρθωση εικόνας και δημιουργία μωσαϊκού. Στη συνέχεια είναι η βελτίωση της εικόνας, γίνεται διόρθωση εκτροπών, ενίσχυση αντίθεσης και φιλτράρισμα εικόνας. Έπειτα γίνεται ο μετασχηματισμός της εικόνας εκεί συμμετέχουν οι δείκτες βλάστησης και αναλύεται η εικόνα σε κύριες συνιστώσες. Τέλος μετά την κατηγοριοποίηση της εικόνας ακολουθεί η στερεοσκοπία και η φωτογραμμετρική ανάλυση κατά την οποία δημιουργούνται απλές στερεοσκοπικές εικόνες, γίνεται ψηφιακή στερεοσκοπία, στερεοσκοπική μέτρηση και χαρτογραφία και ολοκληρώνεται με τη δημιουργία DEM (Digital Elevation Model).[17]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ

Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη ήρθαν να κάνουν την επανάσταση στην έξυπνη γεωργία. Βοηθούν τον αγρότη να κάνει πραγματικότητα το όνειρό του, να μπορεί να ελέγχει εξ αποστάσεως το χωράφι του. Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη είναι ικανά με τη λήψη αεροφωτογραφιών ακόμη και βίντεο να κρατούν ενήμερο τον αγρότη όσον αφορά την εξέλιξη των καλλιεργειών του. Επιπλέον, οι εξελίξεις στις τεχνολογίες απεικόνισης σημαίνουν ότι δεν υπάρχει περιορισμός πλέον σε ορατό φως και στατική φωτογραφία. Τα συστήματα κάμερας είναι διαθέσιμα να καλύπτουν τα πάντα, από την τυπική φωτογραφική απεικόνιση έως την υπέρυθρη, υπεριώδη και ακόμη και υπερφυσική απεικόνιση. Έτσι οι αγρότες μπορούν να αναθεωρήσουν τα δεδομένα και να μεταβαίνουν στο χωράφι τους όταν υπάρχει πραγματική ανάγκη.

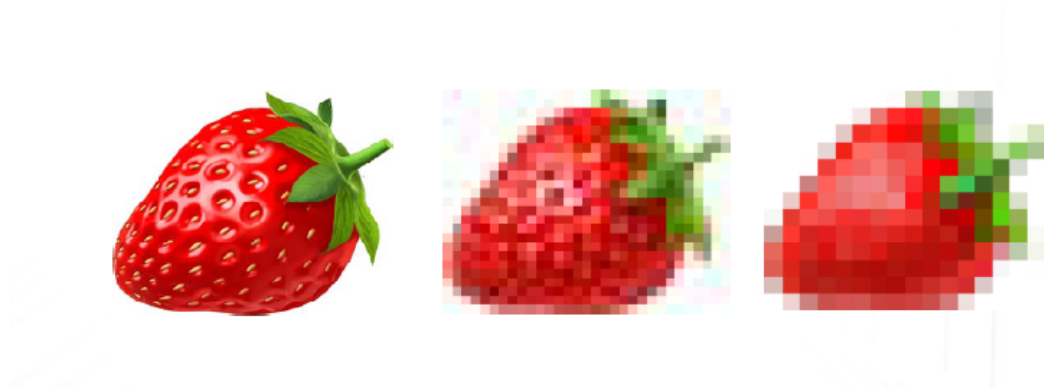
5.1. Γενική εισαγωγή

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 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 βοήθ της έξυπνης γεωργίας.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η σύγκριση των pixel μιας φωτογραφίας drone (πρώτη φράουλα), ενός επανδρωμένου αεροσκάφους (δεύτερη φράουλα) και ενός δορυφόρου (τρίτη φράουλα). Είναι ολοφάνερη η διαφορά ποιότητας της φωτογραφίας που πετυχαίνει το drone σε σχέση με τα άλλα δύο. [1][18][19]



Εικόνα 5.1 : Drones vs Επανδρωμένα vs Δορυφόροι
(Πηγή : GeoSense)

5.2. U.A.V. (Unmanned Aerial Vehicles)

Τα UAV αποτελούν μέρος μιας μεγαλύτερης κατηγορίας οχημάτων που έχουν γενική ονομασία U.V. (Unmanned Vehicles) και περιλαμβάνουν μη επανδρωμένα οχήματα τα οποία εκτελούν αποστολές στον αέρα, στο έδαφος, στη θάλασσα αλλά και στο διάστημα. Συγκεκριμένα όμως τώρα, το UAV είναι το εναέριο μέσο που κινείται χωρίς να φέρει χειριστή εντός του. Ωστόσο η πτήση του ελέγχεται με τηλεχειρισμό από χειριστή που βρίσκεται στο έδαφος, όμως υπάρχει και η δυνατότητα αυτόνομης πτήσης από ηλεκτρονικούς υπολογιστές και αισθητήρια όργανα που βρίσκονται εντός του αεροσκάφους. Υπάρχουν πολλοί τρόποι κατηγοριοποίησης των UAV όμως ο πιο σημαντικός είναι ο τρόπος λειτουργίας τους. Έτσι με αυτή τη λογική τα UAV

χωρίζονται σε βιομιμητικά (biomimetic) ή flapping wing τα οποία έχουν την ιδιαιτερότητα να μιμούνται την πτήση πτηνών και εντόμων, σε blimp τα οποία έχουν το χαρακτηριστικό ότι διαθέτουν ένα μπαλόνι με αέρα ή ήλιο και υψώνονται με βάση το γέμισμα αυτού το μπαλονιού. Τα blimps χρησιμοποιούνται περισσότερο για την επιθεώρηση μεγάλων περιοχών αλλά και ως κόμβοι για την επικοινωνία με άλλα UAV. Τέλος, υπάρχει και το rotorcraft που είναι ένα από τα σπουδαιότερα UAV στις κατηγορίες αυτές. Τα rotorcraft είναι ελικοφόρα που χωρίζονται σε Helicopter UAV τα οποία μοιάζουν με ελικόπτερα, Quadrotor UAV, Coaxial UAV και Fixed UAV. Αναλυτικότερα τα Quadrotor διαθέτουν τέσσερις έλικες (υπάρχουν όμως και μοντέλα με διαφορετικό αριθμό ελίκων) που τους δίνουν μεγαλύτερη ευκινησία λόγω της δυνατότητας διαφορετικού ρυθμού στροφών των ελίκων. Τα Coaxial UAV που έχουν παρόμοια κίνηση με αυτή των ελικοπτέρων με την διαφορά ότι δεν διαθέτουν ουραίο έλικα αλλά ένα δεύτερο ομοαξονικό έλικα που έχει αντίθετη κίνηση από τον κεντρικό. Τέλος τα Fixed wing UAV ή αλλιώς UAV σταθερού πτερυγίου είναι τα πιο ευρέως διαδεδομένα γιατί έχουν παρόμοια πτήση με αυτή των αεροπλάνων.

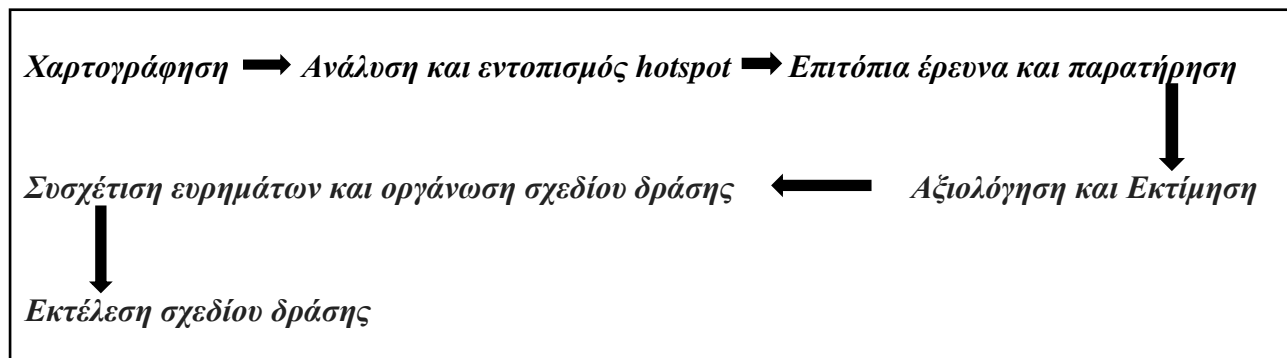
Τέλος μια ακόμη κατηγοριοποίηση μπορεί να γίνει με βάση τον τρόπο έναρξης και τερματισμού πτήσης, με κάθετη απογείωση και προσγείωση , με συμβατική απογείωση και προσγείωση , με προσγείωση με τη βοήθεια χειρός , με απογείωση με τη βοήθεια καταπέλτη , με προσγείωση με τη βοήθεια αλεξίπτωτου και με προσγείωση με βοήθεια δικτυού.

Επιπλέον ένα ακόμη σημαντικό κομμάτι που αξίζει να αναφερθεί για τα συστήματα UAV είναι η αρχιτεκτονική τους. Μια κλασσική αρχιτεκτονική των συστημάτων UAV περιλαμβάνει ένα υπολογιστή UAV, αισθητήρες UAV , ένα σύστημα τροφοδοσίας και διανομής ενέργειας, ένα σύστημα αυτόματου πιλότου με συσχετιζόμενους αισθητήρες και GPS , και έναν σταθμό χειρισμού UAV. Ο τελευταίος είναι ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής που επικοινωνεί με το UAV και ελέγχεται από το χειριστή του. Ο χειριστής έχει την ικανότητα να διαχειρίζεται και να επεμβαίνει όποτε αυτός κρίνει αναγκαίο σε δεδομένα από την πτήση αλλά και από τους αισθητήρες του αεροσκάφους. Ο υπολογιστής UAV ελέγχει τη λειτουργία του UAV, δέχεται και επεξεργάζεται δεδομένα από τον αυτόματο πιλότο για τη σωστή λειτουργία του UAV. Έχει τη δυνατότητα να επεξεργάζεται πληροφορίες από τους αισθητήρες, καθώς και να επικοινωνεί με τον σταθμό χειρισμού εδάφους αποστέλλοντας και λαμβάνοντας πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο ασύρματα. Ο αυτόματος πιλότος είναι ένα σύστημα που ελέγχει την πορεία του αεροσκάφους με

τη χωρίς την καθοδήγηση από χειριστή που βρίσκεται στο έδαφος μέσω μιας διάταξης από αισθητήρες. Η πτήση γίνεται σε προκαθορισμένα σημεία τα οποία διοχετεύονται μέσα από τον σταθμό χειρισμού εδάφους στον επεξεργαστή και από εκεί στον αυτόματο πιλότο μέσω ασύρματου πρωτοκόλλου επικοινωνίας του UAV και του σταθμού χειρισμού εδάφους που παρέχεται από software. Ελέγχει τους σέρβο-κινητήρες που είναι υπεύθυνοι για την κίνηση των πτερυγίων. Οι αισθητήρες UAV είναι συνήθως κάμερες και μπορεί να είναι μαζί ή ξεχωριστά με σκοπό την εύρεση πληροφοριών για την ολοκλήρωση της αποστολής που έχει τεθεί στην πτήση τους.

Ολοκληρώνοντας σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι μέσα στα χρόνια παρατηρείται άνοδος στη χρήση UAV στην έξυπνη γεωργία. Λόγω του χαμηλού κόστους σε συνδυασμό με την ανάγκη του αγρότη να βρίσκεται σε διαρκή παρακολούθηση των καλλιεργειών του ώστε να προλαμβάνει την αντιμετώπιση προβλημάτων οι νέοι αγρότες εντάσσουν όλο και περισσότερο την έξυπνη γεωργία στο χωράφι τους. [15][20]

5.3. Ανάλυση αποτελεσματικής ροής εργασιών με τη 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 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. [21]

5.4. Λύσεις που προσφέρουν τα drones στην έξυπνη γεωργία

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 ψεκάξει χωρικά την κατάλληλη ποσότητα ζιζανιοκτόνου, ρυθμίζοντας τόσο το ύψος του αλλά και την ποσότητα που ψεκάξει 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 καλλιεργειών: 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 καλλιεργειών 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 καλλιεργειών, καθώς τα δεδομένα που μας δίνουν τα drones ενεργοποιούν τη δυνατότητα εφαρμογής πρακτικών της Γεωργίας Ακριβείας 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 καλλιεργειών, 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. [22]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Η ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΞΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Τα ρομπότ ήρθαν για να κάνουν την επανάσταση στην έξυπνη γεωργία. Δουλεύουν πιο αργά από τους ανθρώπους όμως μπορούν να δουλεύουν εικοσιτετράωρα ασταμάτητα δίχως κούραση αυτό τα καθιστά σημαντικούς βοηθούς των αγροτών που επιλέγουν να τα έχουν. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται κάποιες ρομποτικές μηχανές αλλά και τρόποι που η μηχανές αυτές συμβάλλουν στην καλύτερη ποιότητα παραγωγής του αγρού.

6.1. Γενική εισαγωγή

Ρομποτική και έξυπνη γεωργία συνδυάζονται για να επιτύχουν ένα άρτιο αποτέλεσμα στην παραγωγή προϊόντων του εκάστοτε γεωργού. Η ρομποτική με άλλα λόγια καθορίζεται ως η χρήση αυτοκινούμενων μηχανών και έχει ξεκινήσει πολύ παλιότερα από όσο πιστεύεται, όμως τα τελευταία χρόνια είναι που προσπαθεί να επικεντρωθεί στο να δημιουργηθούν πιο μικρά μηχανήματα που θα δουλεύουν σε ένα περιβάλλον όπως αυτό της γεωργίας. Ο στόχος των ρομποτικών μηχανών που βοηθούν στην έξυπνη γεωργία 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. Ωστόσο, στην πορεία οι ρομποτικές αυτές μηχανές πρέπει να είναι σε θέση να διαχειριστούν μεμονωμένα φυτά κρίνοντας τις ανάγκες τους και δράττοντας αναλόγως. Τα οχήματα αυτά είναι ικανά να δουλέψουν κάτω από ανεξάρτητες καιρικές συνθήκες με αυτόματη ανίχνευση και αυτόματο έλεγχο κάθε εργασίας, όμως λόγω του ότι είναι πολύ αργά πρέπει να δουλεύουν με τη χρήση επανδρωμένου ελκυστήρα.

Η Ιαπωνία αποτελεί χώρα σημείου αναφοράς για τέτοιου είδους μηχανές. Λόγω του ελάχιστου ενδιαφέροντος των νέων να ασχοληθούν με την γεωργία έχει δοθεί μεγάλη σημασία στις ρομποτικές μηχανές ώστε να καταφέρουν να ενσωματώσουν υψηλή τεχνολογία για να γίνονται όσο πιο ελκυστικές μπορούν στους νέους αγρότες. Δεδομένου ότι ο μέσος όρος ηλικίας Ιαπώνων γεωργών είναι 63 έτη, έχουν ληφθεί σοβαρά μέτρα ένταξης της γεωργίας στους νέους

παρέχοντας τους τη δυνατότητα να διαχειρίζονται εφαρμογές αυτοκινούμενων οχημάτων μέσω των Ιαπωνικών Πανεπιστημίων.

Το λογισμικό και ο τεχνικομηχανικός εξοπλισμός για τη δημιουργία ρομποτικών μηχανημάτων είναι ήδη διαθέσιμος αλλά τους λείπει ένα ολοκληρωμένο σύστημα τεχνικής νοημοσύνης προσαρμοσμένο στα γεωργικά δεδομένα. Πρέπει να γίνει κατανοητό πως με τη χρήση τέτοιων μηχανημάτων που βέβαια έχουν γνώση των αναγκών οποιουδήποτε φυτού θα μειωθούν και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αφού θα μειωθούν οι εισροές άρα και η περιβαλλοντική μόλυνση, και το κόστος εργασίας. Η σύγχρονη γεωργία χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες ενέργειας, η καταναλισκόμενη ενέργεια είναι το άθροισμα που δαπανάται για την εφαρμογή εισροών από τους ελκυστήρες. Ο νέος στόχος στην κατασκευή ρομποτικών μηχανών έξυπνης γεωργίας είναι η μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, αυτό θα επιτευχθεί με τη δημιουργία μικρότερων οχημάτων, λιγότερο ενεργοβόρων που θα εργάζονται κάτω από διάφορες συνθήκες. Οι τρεις πιο βασικές εργασίες που πραγματοποιούνται με τη χρήση αυτών των μηχανών και αναλύονται παρακάτω είναι η εγκατάσταση της σποράς, η φροντίδα των φυτών και η συγκομιδή τους. [23][24]

6.2. 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 γεωγραφική 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, αυτό η διαδικασία ονομάζεται επανασπορά. [25]



Εικόνα 6.1 : Το ρομπότ Fendt Xaver για φύτευση καλαμποκιού
(Πηγή : agronews)

6.3. 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. [26]

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 σετ ακροφυσίων να στοχεύσουν απευθείας πάνω τους και να τα εξουδετερώσουν, κάνοντας έτσι μεγάλη οικονομία στο ζιζανιοκτόνο. [27]



Εικόνα 6.2 : Ρομπότ ISASC2
(Πηγή : fieldrobovent.nl)

6.4. 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. [28]



Εικόνα 6.3 : Ρομπότ συγκομιδής φράουλας
(Πηγή : agronews)

6.5. 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. [1][29]



Εικόνα 6.4 : Αυτόνομος γεωργικός ελκυστήρας HAKO
(Πηγή : technikboerse)

6.6. Ρομπότ συλλογήςμανιταριών

Με τα ρομπότ συλλογήςμανιταριών ασχολήθηκε το πανεπιστήμιο Warwick στην Αγγλία μέσω μιας έρευνας. Σύμφωνα με την έρευνα αυτή το ρομπότ είναι ικανό να επιλέγει μόνο του ταμανιτάρια χρησιμοποιώντας ένα κάλυμμα αναρρόφησης που βρίσκεται στην ‘άκρη του ρομποτικού βραχίονα. Το ρομπότ αυτό διαθέτει ένα συνδυασμό από κάμερες που το βοηθούν να κρίνει ποιαμανιτάρια είναι έτοιμα να κοπούν με βάση το μέγεθος τους. Δεδομένου ότι ταμανιτάρια αναπτύσσονται σε σκοτεινές και υγρές περιοχές που άνθρωπος δεν είναι εύκολο να πάει, τα ρομπότ είναι μια δανική λύση για τη συγκομιδή τους. [1]



Εικόνα 6.5 : Ρομπότ συλλογής μανιταριών
(Πηγή : warwick.ac.uk)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Η σταδιακή ανάπτυξη της έξυπνης γεωργίας έφερε την ανάπτυξη συνεχών εφαρμογών και την υλοποίησή τους. Η εξοικονόμηση φυσικών πόρων, η μείωση του εργατικού κόστους, η έγκαιρη προειδοποίηση έκτακτων καταστάσεων, η αύξηση ποσότητας και ποιότητας της παραγωγής σε συνδυασμό πάντα με την μικρότερη δυνατή περιβαλλοντική επιβάρυνση έφεραν τους αγρότες όλο και πιο κοντά στην ανάγκη υλοποίησης διαφόρων προγραμμάτων. Ωστόσο η άμεση ανάγκη για επιτήρηση της καλλιέργειας για ανίχνευση ασθενειών στα φυτά αλλά και των κλιματικών συνθηκών έφεραν τους αγρότες όλο και πιο κοντά. Τα κριτήρια των ελληνικών αλλά και παγκόσμιων εφαρμογών που παρουσιάζονται παρακάτω είναι τα είδη καλλιέργειας (συμβατότητα με ελληνικά προϊόντα) , η χώρα εφαρμογής (δύσκολα περιβάλλοντα), η προστασία από έκτακτες καταστάσεις όπως ήδη αναφέρθηκε αλλά και η πρωτοπορία.

7.1. Διεθνής υλοποιημένες εφαρμογές

7.1.1. Επιτήρηση καλλιέργειας για πρόωμη ανίχνευση ασθενειών “LOFAR 2005”

Η εφαρμογή LOFAR πραγματοποιήθηκε το 2005 και υλοποιήθηκε στην Ολλανδία στην καλλιέργεια της πατάτας. Ο σκοπός της είναι η έγκαιρη προειδοποίηση για την ανάπτυξη της ασθένειας από το μύκητα *Phytophthora*. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει την συλλογή δεδομένων για τρεις κρίσιμες παραμέτρους που ευνοούν την ανάπτυξη του μύκητα αυτού και είναι η υγρασία, η θερμοκρασία, η ύπαρξη νερού στα φυλλώματα του φυτού και την έγκαιρη προειδοποίηση για τη λήψη μέτρων (π.χ. ψεκασμός). Με την εφαρμογή αυτή επιτεύχθηκε ο επιλεκτικός ψεκασμός , η οικονομία , η λιγότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση και η διασφάλιση ποσότητας και ποιότητας της παραγωγής.

7.1.2. Συστήματα αγροτικών καλλιεργειών εντός περιοχής και εντός φάρμας με τη χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων “Pierce & Elliot 2008”

Η εφαρμογή Pierce & Elliot πραγματοποιήθηκε το 2008 και υλοποιήθηκε στις Η.Π.Α. για την καλλιέργεια σταφυλιών. Ο σκοπός της είναι η ορθολογική χρήση θέρμανσης άρδευσης και μίξης αέρα ή συνδυασμός τους για την αποφυγή ζημιάς παγετού στα αμπέλια. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εφαρμογή περιλαμβάνει το σχηματισμό των προφίλ θερμοκρασίας, υγρασίας και των υπόλοιπων μεταβλητών σε κάθε τοποθεσία του αγρού όλο το εικοσιτετράωρο. Περιλαμβάνει επίσης την ενεργοποίηση μεθόδων αντιστάθμισης μόνο όταν και όπου απαιτείται και τέλος τη συσχέτιση όλων των μεταβλητών για τη διαπίστωση της πιθανότητας παγετού, ξηρασίας κτλ. Με την υλοποίηση της εφαρμογής αυτής επιτεύχθηκε η αυτόματη συλλογή δεδομένων από ασύρματο δίκτυο αισθητήρων άρα η οικονομία σε καύσιμα, εργατοώρες, φθορές εξοπλισμού.

7.1.3. Εφαρμογή ασύρματου δικτύου αισθητήρων σε αμπελώνα “Beckwith et al 2004”

Η εφαρμογή Beckwith πραγματοποιήθηκε το 2004 και υλοποιήθηκε επίσης στις Η.Π.Α για την καλλιέργεια σταφυλιών με σκοπό όμως αυτή τη φορά την απεικόνιση στο χρόνο κατανομής « Συσσώρευση Θερμότητας και Ψύχους » σε αμπελώνες με διάφορες ποικιλίες. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εφαρμογή είναι η κατανομή « Συσσώρευση Θερμότητας » σε δεδομένη περίοδο και η δημιουργία προφίλ « Δριμύτητα Ψύχους » ανά περίοδο. Το αποτέλεσμα ήταν να δημιουργηθούν χάρτες « Συσσώρευσης Θερμότητας » και « Δριμύτητας Ψύχους » ανά περιοχή χωρίς την ανάγκης ανθρώπινης παρουσίας, άρα οικονομία σε εργατοώρες και εξοπλισμό.

7.1.4. Εφαρμογή ασύρματου δικτύου αισθητήρων για αειφόρες καλλιέργειες σε αναπτυσσόμενες χώρες “Panchard 2008”

Η εφαρμογή Panchard πραγματοποιήθηκε το 2008 και υλοποιήθηκε στην Ινδία για την καλλιέργεια φιστικιών και δημητριακών. Ο σκοπός της είναι η χρήση δεδομένων από ασύρματο δίκτυο και ο σχεδιασμός εργαλείου λήψης αποφάσεων για αειφόρες πρακτικές καλλιεργειών. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εφαρμογή είναι η χρήση δεδομένων για την

επιβεβαίωση μοντέλων σοδειάς που προβλέπουν την υγρασία του εδάφους αλλά και για την διατήρηση υδροφόρου ορίζοντα. Το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία χάρτη για τη βελτίωση της παραγωγής μέσω της αυτοματοποίησης, άρα οικονομία σε ανθρωποώρες και εξοπλισμό.

7.1.5 Εφαρμογή έξυπνων στρατηγικών άρδευσης στην καλλιέργεια της πατάτας με τη χρήση ασύρματου δικτύου αισθητήρων “Shinghal 2010”

Η εφαρμογή Shinghal πραγματοποιήθηκε το 2010 και υλοποιήθηκε στην Ινδία για την καλλιέργεια της πατάτας. Ο σκοπός της είναι η χρήση δεδομένων από ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για τον καθορισμό στρατηγικής ποτίσματος και βελτίωση ποιότητας της πατάτας. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η χρήση δεδομένων δείκτη κατακράτησης νερού εδάφους και διαθέσιμης ροής νερού στο σύστημα άρδευσης σε συνδυασμό με την απόφαση για το πότε και πόσο νερό θα διοχετευτεί. Το αποτέλεσμα ήταν η βελτίωση της ποιότητας της πατάτας αλλά και η αποτελεσματικότερη άρδευση κατά 10% , αυτό συνεπάγεται οικονομία νερού και ρεύματος.

7.1.6. Επιτήρηση βοσκότοπου με δίκτυο αυτοτροφοδοτούμενων ασυρμάτων αισθητήρων “Wark et al 2007”

Η εφαρμογή Wark πραγματοποιήθηκε το 2007 και υλοποιήθηκε στην Αυστραλία σε βοσκότοπο με αγελάδες. Ο σκοπός αυτής της μεθόδου είναι η οικονομικότερη χρήση λιπάσματος και η ελάχιστη ανθρώπινη παρουσία. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η δημιουργία δικτύου αισθητήρων τροφοδοτούμενων από ηλιακή ενέργεια, η ομοιόμορφη τοποθέτηση κόμβων στην έκταση, η λήψη μετρήσεων υγρασίας εδάφους, η τοποθέτηση καμερών για την παρακολούθηση ύψους, βλάστησης αλλά και η τοποθέτηση καμερών στα περιλαίμια ζώων μαζί με αισθητήρες θέσης και κίνησης για τον έλεγχο βόσκησης των ζώων. Τα αποτελέσματα ήταν η καταγραφή της συμπεριφοράς βόσκησης των ζώων, η δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων για τη διαχείριση του κοπαδιού και του βοσκότοπου αλλά και η οικονομία σε ανθρωποώρες. [30][31]

7.2. Υλοποιημένες εφαρμογές στην Ελλάδα.

7.2.1 Εφαρμογή καλλιέργειας βαμβακιού

Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε το 2001 και υλοποιήθηκε στο νομό Καρδίτσας σε καλλιέργειες βαμβακιού και πραγματοποιήθηκε από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας σε συνεργασία με το ΕΘΙΑΓΕ. Στα αγροτεμάχια έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής με τη βοήθεια του GPS και με τη χρήση ειδικών αισθητήρων που τοποθετήθηκαν πάνω στη βαμβακοσυλλεκτική μηχανή. Τα αποτελέσματα έδειξαν αρκετή παραλλακτικότητα και μάλιστα ότι η μεγαλύτερη παραγωγή διέφερε από χρόνο σε χρόνο για διάφορα τμήματα του ίδιου χωραφιού, ακόμη και σε αγρούς μικρού μεγέθους. Με βάση τα δεδομένα αυτά ορίστηκαν περιοχές του αγρού με σταθερή και μεταβαλλόμενη παραγωγή και βάσει αυτών έγινε η διαχείρισή τους. Με παρόμοια τεχνολογία καταγράφηκαν τα είδη των ζιζανίων και η πυκνότητά τους προ- και μετα-φυτρωτικά της καλλιέργειας. [32][33]

7.2.2. Εφαρμογή γεωργίας ακριβείας στο σιτάρι

Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε το 2010 και υλοποιήθηκε σε συνεργασία με την Αμερικάνικη Γεωργική Σχολή Θεσσαλονίκης σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο της Georgia των Η.Π.Α. Στα σιτηρά ο χρόνος συγκομιδής εξαρτάται από το ποσοστό υγρασίας του σπόρου, ποσοστό που κυρίως εντοπίζεται δειγματοληπτικά και μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με το τμήμα του αγρού. Στην περιοχή Σοφάδες Καρδίτσας, τα τελευταία 5 χρόνια, κατά τον θερισμό αραβόσιτου και χειμερινών σιτηρών, οι παραγωγοί τοποθέτησαν στη θεριζοαλωνιστική μηχανή ειδικό αισθητήρα για τη χαρτογράφησης της παραγωγής και της υγρασίας των σπόρων. Οι καλλιεργητές συγκέντρωσαν στοιχεία για τις ζώνες των αγρών με παραλλακτικότητα παραγωγής και υγρασίας του σπόρου και έτσι μπόρεσαν να πετύχουν καλύτερη διαχείριση της συγκομιδής και του αγρού. [32][33]

7.2.3 Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στα μήλα

Η εφαρμογή αυτή ξεκίνησε το 2005 και πραγματοποιήθηκε αρχικά στην περιοχή της Πτολεμαΐδας και αργότερα στην περιοχή Αγίας Λάρισας. Στους μηλεώνες έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής με βάση το βάρος των κιβωτίων συγκέντρωσης των καρπών, καθώς αυτοί συλλέγονται με τα χέρια, όπως και χαρτογράφηση της ποιότητας των καρπών με βάση το μέγεθός

τους, τη συνεκτικότητα της σάρκας, τα διαλυτά στερεά και το χρώμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγάλη παραλλακτικότητα της παραγωγής και της ποιότητας των καρπών μέσα στον ίδιο οπωρώνα και μάλιστα τα υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά να μην είναι σε περιοχές του αγρού με υψηλότερη παραγωγή. Για την εκτίμηση της παραγωγής έγινε φωτογράφιση των δέντρων κατά την ανθοφορία και μέτρηση του δείκτη βλάστησης σε όλη τη βλαστική περίοδο και δημιουργήθηκαν χάρτες παραλλακτικότητας που συσχετίστηκαν με την παραγωγή. [33]

7.2.4. Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στα αχλάδια

Αντίστοιχη με την παραπάνω εφαρμογή πραγματοποιήθηκε σε οπωρώνα αχλαδιάς στον Τύρναβο Λάρισας. Έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής αναδεικνύοντας τη σημαντική παραλλακτικότητα τόσο της ποσοτικής παραγωγής όσο και των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών. Δημιουργήθηκαν χάρτες εφαρμογής λιπασμάτων σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες των δέντρων σε θρεπτικά στοιχεία και έτσι επιτεύχθη 50% εξοικονόμηση λιπάσματος. [33]

7.2.5. Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στις ελιές

Σε ελαιώνες ελαιοπαραγωγής, στην περιοχή Γαργαλιάνοι Μεσσηνίας, έγινε για 4 χρόνια χαρτογράφηση της παραγωγής με ζύγισμα των σάκων και καθορισμό της θέσης των δέντρων με GPS. Πραγματοποιήθηκαν για 3 χρόνια αναλύσεις εδάφους (μηχανική σύσταση, pH, οργανική ουσία, θρεπτικά στοιχεία) και βάσει των αποτελεσμάτων δημιουργήθηκαν χάρτες διαχείρισης φωσφόρου, καλίου και ασβέστης για διόρθωση του pH. Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε βελτίωση του pH του εδάφους και σημαντική εξοικονόμηση λιπάσματος. [33]

7.2.6. Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στο αμπέλι

Η γεωργία ακριβείας ξεκίνησε να εφαρμόζεται το 2000 σε αμπελώνες στην περιοχή Νέα Αγχίαλο του νομού Μαγνησίας, σε αμπελώνες στο νομό Κορινθίας και στη Βόρεια Ελλάδα. Για να εκτιμηθεί η ορθολογική εφαρμογή νερού, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της παραλλακτικότητας της παραγωγής και των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών, του εδάφους ως προς τη φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα και το βάθος, του δείκτη βλάστησης

καθώς και του υδατικού δυναμικού σε συνδυασμό με τη μέτρηση της υγρασίας του εδάφους. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα δημιουργήθηκαν χάρτες αναγλύφου του εδάφους και σχεδιάστηκαν ζώνες διαφοροποιημένης άρδευσης του αμπελώνα. Τελικά πραγματοποιήθηκε εξοικονόμηση νερού της τάξης του 20%. [33]

7.2.7. Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στα ροδάκια

Σε οπωρώνα ροδακινιάς στην περιοχή της Ημαθίας έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής βάσει του βάρους των κιβωτίων συγκέντρωσης των καρπών σε συνδυασμό με τη χρήση GPS για τον εντοπισμό του σημείου του αγρού που φορτώνονταν τα κιβώτια. Επίσης έγινε ένα σύστημα μελέτης των κινήσεων των εργατών για βελτίωση της απόδοσής του. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγάλη παραλλακτικότητα της παραγωγής καθώς και τον καλύτερο προγραμματισμό των κινήσεων των εργατών για αύξηση της παραγωγικότητάς τους. [33]

7.2.8. Εφαρμογή έξυπνης γεωργίας στα καρπούζια

Με διετή χαρτογράφηση της παραγωγής, των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών και της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους χωραφιού με καρπούζια, διαπιστώθηκε η παραλλακτικότητα της παραγωγής. Με την εφαρμογή συστήματος μέτρησης της υγρασίας εδάφους, η άρδευση του χωραφιού έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο του υδατικού ισοζυγίου και εξοικονομήθηκε νερό κατά 10%, ενώ παρατηρήθηκε και αύξηση στην απόδοση του εμπορεύσιμου προϊόντος κατά 10%. Τα οφέλη της εφαρμογής των νέων τεχνικών διαχείρισης των αγροτεμαχίων είναι πολλαπλά. Το σύστημα της γεωργίας ακριβείας μπορεί να είναι επικερδές από τον πρώτο χρόνο εφαρμογής του συμβάλλοντας στη βελτίωση της οικονομικής απόδοσης της παραγωγής και της ποιότητας των προϊόντων με ταυτόχρονα σεβασμό στο περιβάλλον. [33]

7.3. Υλοποιημένα προγράμματα της έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα

7.3.1. 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.

7.3.2. 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+.

7.3.3. 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. [1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Η έξυπνη γεωργία όπως έχει αναφερθεί πολλές φορές παραπάνω, σίγουρα βοηθάει ένα αγρότη στην καλύτερη ανάπτυξη του χωραφιού του, στην καλύτερη υγεία του χωραφιού του, στην καλύτερη παραγωγή του αλλά και στο οικονομικό του συμφέρον. Για να υιοθετήσει κάποιος την μέθοδο της έξυπνης γεωργίας πρέπει να επενδύσει ένα κεφάλαιο για να αγοράσει όλα αυτά τα μηχανήματα που απαιτούνται και ύστερα να φανερωθεί το κέρδος. Στην ενότητα αυτή αναφέρονται τα οφέλη της έξυπνης γεωργίας αλλά και οι παράγοντες που τα επηρεάζουν.

8.1. Τα οφέλη της έξυπνης γεωργίας

Η έξυπνη γεωργία ορίστηκε από τους Gebbers and Adamchuk (2010) ως η εφαρμογή της σωστής εφαρμογής στο σωστό μέρος τον σωστό χρόνο, και πραγματικά είναι ο πιο απλός και κατανοητός ορισμός που μπορεί να δοθεί σε έναν αγρότη για να τον κάνει να ψάξει αυτό το κάτι παραπάνω που θα του προσφέρει η έξυπνη γεωργία στις καλλιέργειες με σκοπό βέβαια το κέρδος. Το κέρδος αποτελεί βασικό στόχο της έξυπνης γεωργίας αφού επιφέρει την αύξηση του ρυθμού παραγωγής χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν λιγότερες εισροές είτε αυτές είναι λιπάσματα είτε αγροχημικά ακόμη και νερό, σε γενικότερα πλαίσια στοχεύει στην αύξηση της βιωσιμότητας, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος. Αναλυτικότερα η βιώσιμη αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας και των εισοδημάτων, δημιουργούν μια ασφάλεια όσον αφορά τα τρόφιμα και την οικονομική ανάπτυξη, έπειτα τόσο προσαρμογή και η οικοδόμηση της ανθεκτικότητας στις κλιματικές αλλαγές όσο και η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι ικανές να μετριάσουν τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών.

Δυσάρεστο είναι το γεγονός που προβλήθηκε μέσα από έρευνα (Griffin και Lower-Deboer) σε παγκόσμια κλίμακα πως η έξυπνη γεωργία έχει αρχίσει να επιβραδύνεται μετά το 2000. Το γεγονός αυτό έγκειται στο ότι είναι δύσκολο να προσδιοριστούν τα οικονομικά και ποσοτικά οφέλη ώστε να πεισθεί ο αγρότης να την υιοθετήσει (Fountas et al. 2005). Η έξυπνη γεωργία ωστόσο προσφέρει σημαντικά οφέλη στους αγρότες που διακρίνονται τόσο από αυτούς

που είναι χρήστες της όσο και από αυτούς που δεν τη χρησιμοποιούν. Τα οικονομικά οφέλη που έλαβαν χρήστες της έξυπνης γεωργίας στην Αυστραλία έδειξαν ότι οι αγρότες μπορούν να ποσοτικοποιήσουν τα οφέλη της παραγωγής τους βγάζοντας κέρδος από 1\$ έως 22\$ ανά εκτάριο μέσα σε μια περίοδο 2 έως 5 χρόνων (Robertson et al. 2009). Μια μελέτη αναφερόμενη στο σύστημα αυτόματου ελέγχου για τις σπαρτικές μηχανές απέδειξε πως η μείωση χρήσης φυτευτικών ακριβείας έφερε σημαντικά οφέλη της τάξεως των 4\$ έως 26\$ ανά εκτάριο ανάλογη βέβαια με το μέγεθος και τον τύπου του χωραφιού (Velandia et al. 2013). Επιπλέον μια έρευνα βαμβακοπαραγωγών στις ΗΠΑ έδειξε πως η χρήση συστημάτων αυτόματης πλοήγησης συσχετιζόταν άμεσα με την εξοικονόμηση του κόστους εισροών καθώς και με τα χαρακτηριστικά στη συλλογή βαμβακιού (D'Antoni et al. 2012). Τα πιθανά οφέλη των Αυστραλών παραγωγών που έχουν εντάξει την έξυπνη γεωργία στη ζωή τους σημείωσαν μια διακύμανση από 5\$ έως 40\$ ανά εκτάριο λόγω της διαχείρισης μεταβλητών μετρήσεων. Πέρα από τα οφέλη όμως που είναι φανερά περισσότερα υπάρχουν και εμπόδια που δυσκολεύουν την διεύρυνση την έξυπνης γεωργίας. Η έλλειψη εκπαίδευσης και τεχνικής υποστήριξης σε συνδυασμό με την ασυμβατότητα του εξοπλισμού αλλά και τον κίνδυνο της οικονομικής αποδοτικότητας αποτελούν τα προαναφερθέντα εμπόδια. Ωστόσο όμως οι αγρότες πρέπει να καταλάβουν ότι τα οφέλη από την αποτελεσματικότερη χρήση εισροών και την αύξηση των εκροών θα αντανακλώνται στην ποιότητα των προϊόντων τους (Reichardt και Jurgens, 2008).

Γεγονός αποτελεί ο αυξανόμενος ρυθμός εφαρμογής των τεχνολογιών της έξυπνης γεωργίας τα τελευταία χρόνια στην Αυστραλία. Πιο συγκεκριμένα το 2010 το 20% των αγροτών χρησιμοποιούσαν της τεχνολογίες της έξυπνης γεωργίας, ποσοστό που είναι υψηλότερο από < 5% που ίσχυε πριν από 6 χρόνια. Η εφαρμογή της όμως τότε γινόταν κυρίως με χειροκίνητα μέσα με τη χρήση δοκιμών του εδάφους και χαρτών ηλεκτρικής αγωγιμότητας και όχι με τους σημερινούς χάρτες παραγωγής (Robertson et al. 2012). Αξιοσημείωτο όμως είναι να αναφερθεί πως ακόμη και αυτοί που δεν εφάρμοσαν την έξυπνη γεωργία στον αγρό τους γνώριζαν και παραδέχονταν τα οφέλη της. Οι λόγοι που δεν την υιοθέτησαν μπορεί να είναι το υψηλό κόστος επένδυσης που απαιτεί η αγορά των μηχανημάτων της, η διαδικασία εκμάθησης όλων αυτών των λειτουργιών σε συνδυασμό με ένα μέτριο μορφωτικό επίπεδο, η χαμηλή εμπιστοσύνη στην αποθήκευση δεδομένων με βάση το διαδίκτυο, τα προβλήματα λειτουργείας των GPS αλλά και η ασυμβατότητα των διαφορετικών τεχνολογιών και λογισμικών (Polling et al. 2010). Άλλα εμπόδια που μπορεί να δυσκόλεψαν την ένταξη της έξυπνης γεωργίας είναι η ασάφεια των οικονομικών

και περιβαλλοντικών οφελών που οφείλονται στην έλλειψη κατάλληλων κτηρίων για τον προσδιορισμό τους, η ανεπαρκής αναγνώριση των χρονικών διακυμάνσεων, η απουσία ενσωμάτωσης προτύπων ποιότητας και ανιχνευσιμότητας της όλης διαδικασίας παραγωγής στην τιμή του προϊόντος και η έλλειψη επιπτώσεων των δεδομένων προστασίας του περιβάλλοντος του συστήματος του αγρού στην τιμή. (McBratney et al. 2005).

Όσον αφορά την Ευρώπη, η υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών της έξυπνης γεωργίας παραμένει χαμηλή παρόλο που οι ευρωπαίοι αγρότες γνωρίζουν καλά ότι ο σκοπός της είναι η αύξηση του κέρδους των αγροκτημάτων τους. Το κόλλημα αυτό ίσως οφείλεται στο υψηλό κόστος επένδυσης σε συνδυασμό πάντα με την ελλιπή κατανόηση που υπάρχει. Με την ύπαρξη λοιπόν μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης γίνεται πλήρως κατανοητή η συνεισφορά της έξυπνης γεωργίας στο αγρόκτημα προσφέροντας την ευκαιρία για μια σημαντική ενίσχυση του επιπέδου εφαρμογής κατάλληλων τεχνολογιών τόσο σε στρατηγικό όσο και σε επιχειρησιακό επίπεδο. Αναλυτικότερα στη Γερμανία, τη Φιλανδία και τη Δανία έρευνες έδειξαν ότι το μέγεθος του αγροκτήματος παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στην εφαρμογή μηχανημάτων έξυπνης γεωργίας, έχει μεγάλο αντίκτυπο στην εφαρμογή από του αγρότες των συστημάτων αυτόματης πλοήγησης με την εκπαίδευση τους να συνδέεται και με την εφαρμογή τους. Στα μεγαλύτερα αγροκτήματα της Δανίας διεξήχθη έρευνα που βασίστηκε στις πιθανές επιπτώσεις της έξυπνης γεωργίας και των συστημάτων ελεγχόμενης κίνησης. Η έρευνα αυτή έδειξε ότι υπήρχε μείωση του κόστους των καυσίμων κατά 25% έως 27% στον τομέα των σιτηρών λόγω λιγότερων επικαλύψεων ωστόσο μπορεί να εξασφαλιστεί εξοικονόμηση 3% έως 5% στα λιπάσματα και στα φυτοφάρμακα (Jensen et al. 2012).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το μέγεθος του αγροκτήματος παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή τεχνολογιών της έξυπνης γεωργίας αφού όσο μεγαλύτερο είναι το αγρόκτημα τόσο υψηλότερη είναι η πιθανή εφαρμογή (Polling et al. 2010). Υπάρχουν όμως αγροκτήματα μεγαλύτερου μεγέθους σε Βόρεια και Νότια Αμερική αλλά και μικρότερου σε Ευρώπη και Ιαπωνία που μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας λόγω της οικονομικής κλίμακας. Στη Βόρεια και Νότια Αμερική το κίνητρο είναι η υψηλότερη κερδοφορία ενώ σε Ευρώπη και Ιαπωνία η βιωσιμότητα. [34]

Τέσσερις διαφορετικοί τύποι αγροτικών περιοχών αναγνωρίστηκαν από του McBratney et al. (2005) σε όλο τον κόσμο με υψηλή δυναμική για την εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας. Η αναγνώριση αυτή βασίστηκε σε τρεις βασικούς παράγοντες, στη γενική οικονομική ανάπτυξη, την

κυβερνητική υποστήριξη και τη φύση της μονάδας παραγωγής. Ο πρώτος τύπος αναφέρεται σε ανεπτυγμένες χώρες, όπου η κυβέρνηση είναι ικανή να στηρίζει την έξυπνη γεωργία μέσω επιδοτήσεων, αλλά και σε χώρες που είναι ήδη ανεπτυγμένη. Στην περίπτωση αυτή είναι πολύ σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη στην τελική τιμή του προϊόντος οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και η τελική ποιότητα του προϊόντος για να ενισχυθεί η έξυπνη γεωργία. Ο δεύτερος τύπος αφορά χώρες που ναί μεν είναι οικονομικά ανεπτυγμένες αλλά οι αγρότες δεν έχουν την απαιτούμενη υποστήριξη από την κυβέρνηση, οπότε η δυναμική είναι υψηλή καθώς υπάρχουν μεγάλα αγροκτήματα με υψηλή τάση εξαγωγών, όμως η μέριμνα για το περιβάλλον είναι περιορισμένη. Ο τρίτος τύπος αναφέρεται σε αναπτυσσόμενες χώρες με μεγάλες φυτείες και κεντρικά σχεδιασμένη γεωργία. Αυτός ο τύπος επηρεάζει περιοχές με φυτείες υψηλής προστιθέμενης αξίας που βρίσκονται σε μεγάλα αγροκτήματα και χρησιμοποιούν την έξυπνη γεωργία για την αποκλειστική αύξηση της ποιότητας τους. Ο τέταρτος και τελευταίος τύπος αναφέρεται σε αναπτυσσόμενες χώρες με μικρής κλίμακας γεωργία. Ο τύπος αυτός παρουσιάζει τη μικρότερη πιθανότητα εφαρμογής της έξυπνης γεωργίας λόγω του ότι βασίζεται σε μικρά οικογενειακά αγροκτήματα που δεν είναι ικανά να υποστηρίξουν τέτοιες τεχνολογίες. Ωστόσο σε αυτές τις περιπτώσεις η έξυπνη γεωργία μπορεί να εφαρμοστεί με τη λεπτομερή παρακολούθηση της καλλιέργειας από τον ίδιο τον γεωργό (μετά από εκπαίδευση), μαζί με ένα κατάλληλο σύστημα λήψης αποφάσεων (DSS) για την κάθε καλλιέργεια. [35]

Σύμφωνα με μελέτη της επιρροής της εμπειρίας του οδηγού, τη λειτουργική ταχύτητα των χειροκίνητων και αυτόματων καθοδηγούμενων χλοοκοπτικών σε διαφορετικές συνθήκες σε δεκαπέντε αγροκτήματα οι Shinnars et al. (2012) εκτίμησαν ένα περιθώριο κάλυψης μεταξύ 0,4% και 16,13% του πλάτους του μηχανήματος κοπής, με μία μέση απώλεια στο 5% του πλάτους κοπής. Συμπέραναν ότι η αυτόματη πλοήγηση βελτίωσε την αποτελεσματικότητα μειώνοντας τον χρόνο που δαπανάται για να καλυφθεί το ήδη κομμένο χωράφι, καθώς μειώνοντας την κόπωση του χειριστή και εξασφαλίζοντας ένα ενιαίο σχήμα κοπής και πυκνότητας των λωρίδων και στη μελέτη τους αυτή το αυτόματο σύστημα καθοδήγησης του χλοοκοπτικού όπου αυτό έδειξε ότι μειώνει την απώλεια επικάλυψης από 5,03% σε 2,34%.

Εν κατακλείδι το μέγεθος του αγροκτήματος παίζει σημαντικό ρόλο στην υιοθέτηση των τεχνολογιών της έξυπνης γεωργίας. Όσον αφορά τα οικονομικά οφέλη όμως με τα τη χρήσης συστημάτων αυτόματης πλοήγησης, τα συστήματα με ακρίβεια μικρότερη από 2,5cm είναι πιο

επικερδή για τα μεγάλα αγροκτήματα ενώ τα συστήματα με ακρίβεια μικρότερη από 10cm είναι πιο επικερδή για μικρότερα αγροκτήματα. [36] [37] [38]

8.2. Πειράματα οικονομικότητας της χρήσης της έξυπνης γεωργίας

Μια σημαντική έρευνα που διεξήχθη για την καλλιέργεια καλαμποκιού στην περιοχή Νεμπράσκα με τη χρήση τεχνολογίας VRT-N και VRT-νερού είχε στόχο να υπολογιστούν τα οικονομικά οφέλη από την εφαρμογή μεταβαλλόμενης δόσης σε άζωτο και νερό για το καλαμπόκι αλλά και να προσδιοριστεί η επίδραση της μεταβαλλόμενης αυτής δόσης. Για τη σωστή διεξαγωγή της έρευνας αυτής έγινε η υπόθεση ότι κάθε αγροτεμάχιο αποτελείται από τρεις διαφορετικούς τύπους εδαφών άρα το καθένα είχε διαφορετικές ανάγκες σε λιπάσματα αλλά και διαφορετικές ικανότητες. Εφαρμόστηκε μια συμβατική εφαρμογή αζώτου ομοιόμορφα σε ολόκληρο τον αγρό. Οι δόσεις που χρησιμοποιήθηκαν βασίστηκαν σε αναλύσεις εδάφους. Έτσι τα οικονομικά οφέλη ήταν οι καθαρές αποδόσεις επί το μεταβλητό κόστος, δεδομένου ότι το κόστος λιπασμάτων και νερού ήταν η μόνη δαπάνη. Το αποτέλεσμα αυτού του πειράματος ήταν η απόδοση καλαμποκιού να μειωθεί κατά 4,6%, όπως και η χρήση του νερού μειώθηκε κατά 5,9%. Η εφαρμογή αζώτου μειώθηκε κατά 18,4% για το VRTσενάριο διαχείρισης. Αυτό μεταφράζεται σε ένα κέρδος 20€ στις αποδόσεις ανά στρέμμα στο έτος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η έκπλυση νιτρικών κάτω από το ριζικό σύστημα, επίσης, μειώθηκε κατά 15,7%. Τελικό συμπέρασμα της έρευνας είναι ότι ο καλύτερος χρόνος της εφαρμογής αζώτου διευκολύνει τη μείωση εφαρμογής του σε όλα τα εδάφη με αποτέλεσμα και τη μείωση της άρδευσης. [1]

Πίνακας εφαρμογής μεταβαλλόμενης δόσης σε άζωτο και νερό για το καλαμπόκι :

	Μείωση κατά :
Απόδοση καλαμποκιού	4,6 %
Χρήση νερού	5,9 %
Εφαρμογές αζώτου	18,4 %
Έκπλυση νιτρικών κάτω από το ριζικό σύστημα	15,7 %
ΚΕΡΔΟΣ	20 € ανά στρέμμα

Επόμενη έρευνα που διεξήχθη στην καλλιέργεια καλαμποκιού αυτή τη φορά στο Κεντάκι των ΗΠΑ με τεχνολογία VRT- σπορά είχε στόχο αυτή τη φορά τη διεύρυνση της οικονομίας της σποράς με διαφορετική ποσότητα σπόρου ανάλογα με το βάθος του εδάφους. Για την διεξαγωγή της έρευνας αυτής χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές ποσότητες σπόρων 45,75 και 70K/εκτάριο και ελήφθησαν δείγματα από τρία διαφορετικά βάθη 0-20 εκατοστών. Το αποτέλεσμα ήταν η απόδοση του καλαμποκιού για βάθος λιγότερο των 15 εκατοστών να είναι μεγαλύτερη για τη μεταχείριση χαμηλής πυκνότητας φύτευσης ενώ για βάθος μεγαλύτερο των 20 εκατοστών οι μεγάλες ποσότητες σπόρου ήταν πιο αποδοτικές. Οι καθαρές αποδόσεις για τη μεταβλητή σπορά ήταν υψηλότερες (\$ 771.60/ha) από ό, τι ήταν για τη συμβατική των 49 και 64K/ha(720,00 δολάρια και 691,00 δολάρια αντίστοιχα). Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα αυτά αφορούν μόνο το Κεντάκι καθώς λόγω του ότι είναι ορεινή περιοχή έχει ιδιαίτερα μεταβλητά βάθη.

Βάθος σπόρου	Απόδοση
< 15 εκ.	μεγαλύτερη για τη μεταχείριση χαμηλής πυκνότητας φύτευσης
>20 εκ.	οι μεγάλες ποσότητες σπόρου ήταν πιο αποδοτικές

Στην καλλιέργεια της πατάτας, στην περιοχή Κολοράντο βασίζεται αυτή η έρευνα τεχνολογίας VRT που στόχο έχει την οικονομική διεύρυνση εφαρμογής που συνδέεται με τη στρατηγική μεταβλητής δόσης. Για την έρευνα αυτή αξιολογήθηκαν τρεις ζώνες και εφαρμόστηκαν μεταβλητές δόσεις λιπάσματος. Υπολογίστηκε το κόστος των εισροών και μετά τη συγκομιδή τα έσοδα της παραγωγής συγκρίθηκαν με το κόστος των εισροών. Το αποτέλεσμα ήταν να αυξηθεί ελάχιστα το κόστος παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα οι αποδόσεις πατάτας αυξήθηκαν 1-2 τόνους/στρέμμα, με αποτέλεσμα το καθαρό κέρδος των 75-150 \$ /στρέμμα. Όταν η συνολική ποιότητα της πατάτας είναι βελτιωμένη, τα έσοδα ήταν 10-15 \$/στρέμμα και ο μέσος όρος των αγρών είναι 30 τόνοι / στρέμμα, αυτό σημαίνει ότι υπήρξε αύξηση των εσόδων από 300-450 \$ /στρέμμα.

Απόδοση πατάτας	
Αύξηση κατά :	1-2 τόνους / στρέμμα
Κέρδος	75 – 150 \$ / στρέμμα

8.3. Τεχνολογίες έξυπνης γεωργίας

Ο τεράστιος αριθμός των τεχνολογιών της έξυπνης γεωργίας (PATs) μπορεί να χωριστεί σε τρία κύρια τμήματα. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι τεχνολογίες χαρτογράφησης της χωρικής παραλλακτικότητας με τις εφαρμογές μεταβλητής δόσης και την τεχνολογία καθοδήγησης της καθεμίας.

Τεχνολογίες καταγραφής και χαρτογράφησης της χωρικής παραλλακτικότητας	Εφαρμογές μεταβλητής δόσης (VRA)	Τεχνολογίες καθοδήγησης
Επισκόπηση του αγρού/ επισκόπηση της περιοχής	VRA στη σπορά	Παράλληλα συστήματα εντοπισμού (light-bar)
Χαρτογράφηση του αγρού	VRA στη λίπανση	Συστήματα αυτόματης πλοήγησης – καθοδήγησης (auto-steering)
Χαρτογράφηση του εδάφους	VRA στους ψεκασμούς	Έλεγχος της κυκλοφορίας στον αγρό
Χαρτογράφηση φυτοκόμης	VRA στην άρδευση	
Χαρτογράφηση με βάση χαρτογράφηση από δορυφορικές/αερομεταφερόμενες /μη επανδρωμένα οχήματα (drones)	VRA στην άροση	

Γενικά, οι τεχνολογίες καταγραφής και χαρτογράφησης έχουν τη μεγαλύτερη διάδοση από όλες τις τεχνολογίες παγκοσμίως, αποτελούν τη βάση και είναι το υπόβαθρο για μια ακριβή απόκτηση

δεδομένων και κερδοφόρων πληροφοριών, το οποίο είναι απαραίτητο για την επακόλουθη εφαρμογή διαφορικών δόσεων (VRA). [1]

8.3.1 Χρόνος διαθεσιμότητας της τεχνολογίας

Ο χρόνος διαθεσιμότητας των τεχνολογιών χωρίζεται σε άμεσα διαθέσιμα PATs σε PATs που θα είναι διαθέσιμα τα επόμενα πέντε χρόνια και σε PATs που θα είναι διαθέσιμα στο μέλλον, πιο συγκεκριμένα:

Άμεσα διαθέσιμα : PATs, που είναι εμπορικά διαθέσιμα και χρησιμοποιούνται από τους αγρότες σήμερα.

Στα επόμενα 5 χρόνια: Η διαθεσιμότητα στα επόμενα 5 χρόνια θεωρείται ως υπό ανάπτυξη PATs ή σε πρωταρχικά στάδια.

Στο μέλλον (> 10 ετών): PATs που βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο στα εργαστήρια ή σε ερευνητικά ιδρύματα, όπως είναι η ρομποτική μηχανών, η ρομποτική για το σκάλισμα κ.λπ. [1] [39]

8.3.2. Επίπεδα εφαρμογής της έξυπνης γεωργίας

Για να εκτιμηθεί η τυπολογία PATs και το επίπεδο της συμμετοχής των αγροτών στη έξυπνη γεωργία, θα πρέπει να οριστούν τα ακόλουθα αρχικά επίπεδα :

Mini: Μια χαμηλού κόστους επένδυση - μια χαμηλού κόστους εναλλακτική λύση, π.χ. παράλληλη καθοδήγηση με φωτιζόμενες μπάρες, χαρτογράφηση της απόδοσης ή χαρτογράφηση του εδάφους

Compact: Ένα μεσαίο επενδυτικό κόστος, π.χ. on-line αισθητήρες σε συνδυασμό με απευθείας έλεγχο, ηλεκτρονικοί υπολογιστές ή τερματικά πάνω στα μηχανήματα, παράλληλη καθοδήγηση με τερματικά, εφαρμογή μεταβλητής δόσης αζώτου.

Combi: Μια επένδυση υψηλού κόστους, π.χ. πλήρης εφαρμογή των λογισμικών της ΓΑ, εφαρμογές μεταβλητών δόσεων σε πολλούς τομείς, αυτοματοποιημένο σύστημα καθοδήγησης (auto-steer). [1] [40]

8.4. Ανάλυση SWOT

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται επιγραμματικά τα ισχυρά και αδύναμα στοιχεία της έξυπνης γεωργίας καθώς και οι ευκαιρίες και οι απειλές που προκαλούνται από εξωτερικό παράγοντα. Τα ισχυρά σημεία της έξυπνης γεωργία είναι ουσιαστικά αυτά που θα ωθήσουν τον αγρότη στην υιοθέτησή της. Η αύξηση της παραγωγής με την ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας παραγωγής χωρίς τη συνεχή φυσική παρουσία του αγρότη είναι αναμφίβολα το δυνατό σημείο της γεωργίας ακριβείας . με βασικό γνώμονα πάντα την προστασία του περιβάλλοντος. Τα αδύναμα σημεία από την άλλη είναι το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο των αγροτών που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν σωστά τα μηχανήματα που απαιτούνται, το υψηλό κόστος βέβαια 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 είναι 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 καθώς θα συμβάλει 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 διαδοθεί. Αν κοπούν τα επιδοτούμενα προγράμματα ο Έλληνας αγρότης δεν θα είναι σε θέση να την εφαρμόσει , βέβαια μεγάλη απειλή δεν είναι μόνο η οικονομική με ότι αυτό συνεπάγεται, μεγάλη απειλή μπορεί να είναι μια περιβαλλοντική συνθήκη , είτε αυτή είναι μια απρόσμενη καιρική συνθήκη που θα καταστρέψει την εκάστοτε σοδειά είτε μια πολύ πιο ακραία περίπτωση όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη.

Ισχυρά σημεία	Αδύναμα σημεία
Μείωση φυσικής παρουσίας του αγρότη	Χαμηλό μορφωτικό επίπεδο Ελλήνων αγροτών
Αύξηση ποσότητας της παραγωγή	Υψηλό κόστος
Αύξηση ποιότητας της παραγωγής	Μικρές εκτάσεις εφαρμογής Γ.Α.
Μείωση εισροών	Λίγοι προμηθευτές στην Ελλάδα
Οικολογική συνείδηση	Ελάχιστη διάδοση στην Ελληνική αγορά

Ευκαιρίες	Απειλές
Επιδοτούμενα προγράμματα	Μείωση επιδοτούμενων προγραμμάτων

Τεχνολογική πρόοδος	Αύξηση τιμών των μηχανημάτων από τους προμηθευτές
Νέες θέσεις εργασίας	Ακραίες καιρικές συνθήκες
Απομακρυσμένος έλεγχος	Παγκόσμια οικονομική κρίση
Οικονομικότερα πακέτα	Υπερθέρμανση του πλανήτη

8.5. Υφιστάμενος ανταγωνισμός

Λόγω του ότι στην Ελλάδα δεν είναι ακόμη τόσο διαδεδομένη η έξυπνη γεωργία δεν υπάρχει μεγάλη ζήτηση των μηχανημάτων που απαιτούνται , και αυτό συνεπάγεται χαμηλό ανταγωνισμό. Οι ήδη υπάρχουσες εταιρίες που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα δεν καταλαμβάνουν σημαντικά μερίδια στην αγορά.

Μια από τις παλαιότερες εταιρίες παροχής υπηρεσιών και εξοπλισμού στον τομέα της γεωργίας είναι η “Παπαικονόμου Αγροχημικά” (www.agrology.eu). Η εταιρία ιδρύθηκε το 1982 και βρίσκεται στη Θεσσαλονίκη. Στον τομέα της έξυπνης γεωργία η υπηρεσίες που προσφέρει επικεντρώνονται σε συστήματα χαρτογράφησης της σοδειάς με συστήματα GPS, GIS και στο σύστημα αισθητήρων που εφαρμόζεται πάνω στο ψεκαστικό μηχάνημα.

Η εταιρία “TREE Company” (www.treecomp.gr) είναι επίσης μια εταιρία που προσφέρει σύστημα χαρτογράφησης απεικόνισης και πλοήγησης στο χωράφι με σύστημα GPS. Προσφέρει υπηρεσίες για τοπογραφικές εφαρμογές, περιβαλλοντικές εφαρμογές και εφαρμογές στον αέρα και τη θάλασσα.

Η Inventor Engineering (www.inventorengineering.gr) από την άλλη είναι μια εταιρία που προσφέρει υπηρεσίες εγκατάστασης , παραμετροποίησης και υποστήριξης ΑΔΑ για καλλιέργειες ακριβείας. Είναι αποκλειστικός αντιπρόσωπος της MEMSIC (www.memsic.com) στην Ελλάδα και εισάγει την τεχνολογία της Crossbow (software και hardware) που χρησιμοποιεί αποκλειστικά. Δραστηριοποιείται στον τομέα των ασύρματων δικτύων αισθητήρων και στις εφαρμογές αυτών, που είναι κάτι καινοτόμο για την Ελλάδα.

Στον χώρο αυτό δραστηριοποιείται επίσης και η εταιρία Kreyer (www.kreyomet.com) . Η εταιρία αυτή έχει ως έδρα την Φρανκφούρτη με σημεία πώλησης την Γαλλία, την Ισπανία και την Ελλάδα. Προσφέρει υπηρεσίες για την πρόγνωση του καιρού , την πρόγνωση ασθενειών και πλατφόρμα δεδομένων.

Μια ακόμη εταιρία είναι η ScientAct (www.scientact.com) που δραστηριοποιείται ως προς τα μετεωρολογικά , υδρολογικά, εδαφολογικά, ποιότητα αέρα , γεωργία ακριβείας και ειδικές κατασκευές που πραγματοποιεί. Για την έξυπνη γεωργία παρέχει όργανα φυσιολογίας φυτών, συστήματα μέτρησης κίνησης χυμών, συστήματα ελέγχου ψεκασμού, όργανα εντομολογίας, θαλάμους ανάπτυξης φυτών.

Η INTERGEO (www.intergeo.gr) είναι επίσης μια εταιρία που εδρεύει στη Θεσσαλονίκη και δραστηριοποιείται στον τομέα των γεωπεριβαλλοντικών μελετών και έργων με ιδιαίτερη εξειδίκευση στις εξυγιάνσεις ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων νερών και διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων

Η ENVISCAN (<http://www.enviscan.gr>) από την άλλη είναι μια εταιρία με έδρα την Αθήνα που ειδικεύεται στην περιβαλλοντική και ενεργειακή παρακολούθηση και στη διαγνωστική. Πιο συγκεκριμένα η εταιρία παρέχει υπηρεσίες διενέργειας περιβαλλοντικών μετρήσεων , διεξαγωγής ενεργειακών μετρήσεων, ελέγχων και μετρήσεων για την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων, συμβουλευτικές υπηρεσίες περιβαλλοντικής διαχείρισης και συμβουλευτικών υπηρεσιών σχετικά με την περιβαλλοντική νομοθεσία, το σύστημα εμπορίας ρύπων και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Τέλος η εταιρία GeoSense (<http://www.geosense.gr>) εδρεύει στη Θεσσαλονίκη και δραστηριοποιείται στον τομέα των μη επανδρωμένων συστημάτων UAV / UAS , ρομποτικών συστημάτων , δεικτών GPS / GNSS, τοπογραφικού & μετρητικού εξοπλισμού, Laser σαρωτών, γεωραντάρ, θερμικών καμερών, εξειδικευμένου τεχνικού λογισμικού και γενικότερα εφαρμογών και λύσεων του αντικείμενου της γεωπληροφορικής. Επίσης παρέχει τεχνική - επιστημονική υποστήριξη και εξειδικευμένες υπηρεσίες σε πάσης φύσεως μελέτες & έργα που σχετίζονται με όλα τα παραπάνω αντικείμενα, ενώ μέσω του τμήματος Έρευνας και Τεχνολογίας εξελίσσονται και αναπτύσσονται εφαρμογές και εργαλεία σε όλα τα παραπάνω αντικείμενα.

8.6. Τεχνικοοικονομική μελέτη συστήματος γεωργίας

Στην ενότητα αυτή θα μελετηθούν πέντε βασικά συστήματα που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει ένα αγρότης στο πρώτο στάδιο ένταξης του στην έξυπνη γεωργία και στο τέλος θα συγκριθούν τα αποτελέσματα με αυτά των κλασικών χειρωνακτικών μεθόδων. Τα συστήματα

αυτά είναι ένα αυτοκινούμενο χορτοκοπτικό , ένας αυτοκινούμενος ανιχνευτής ζιζανίων , ένα ρομποτικό σύστημα καταπολέμησης ζιζανίων , μια συσκευή επίβλεψης σποράς και μια συσκευή παρακολούθησης της υγρασίας. Όλα τα συστήματα έχουν λάβει χώρα σε οικόπεδο 40 στρεμμάτων και τα νούμερα είναι ενδεικτικά.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι προδιαγραφές των πέντε αυτών σεναρίων :

	Αυτοκινούμενο χορτοκοπτικό	Αυτοκινούμενος ανιχνευτής ζιζανίων	Ρομποτικό σύστημα καταπολέμησης ζιζανίων	Συσκευή επίβλεψης σποράς	Συσκευή παρακολούθησης υγρασίας
Συνολική έκταση	40 στρ.	40 στρ.	40 στρ.	40 στρ.	40 στρ.
Αριθμός παρεμβάσεων το χρόνο	70	1	3	2	1
Χρόνος εξοικείωσης	2 εβδομάδες	2 εβδομάδες	2 εβδομάδες	2 εβδομάδες	2 εβδομάδες
Ημερήσιος χρόνος εργασίας	8-16 h	16 h	16 h	16 h	16 h
Ετήσιος χρόνος εργασίας	785 h	125 h	667 h	850 h	990 h
Χρόνος διαθεσιμότητας	Άμεσα	Άμεσα	Άμεσα	Άμεσα	Άμεσα
Επίπεδο εφαρμογής	Combi	Combi	Combi	Mini	Compact
Περίοδος εργασιών	Απρίλης – Οκτώβρης	Απρίλης – Ιούλιος	Απρίλης – Ιούνιος	Γενάρης – Δεκέμβρης	Απρίλης – Οκτώβρης

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το συνολικό κόστος της επένδυσης και ένα αναλυτικό πακέτο συστημάτων :

	Αυτοκινούμενο χορτοκοπτικό	Αυτοκινούμενος ανιχνευτής ζιζανίων	Ρομποτικό σύστημα καταπολέμησης ζιζανίων	Συσκευή επίβλεψης σποράς	Συσκευή παρακολούθη σης υγρασίας
RTK – GPS	20.188 €	20.188 €	20.188 €	-	-
Σύστημα API	-	15.141 €	15.141 €	-	-
Σύστημα ηλεκτρονικών	20.188 €	-	-	-	-
Σύστημα micro – spraying	-	-	26.918 €	-	-
Room Alert 32E Monitor	-	-	-	-	945 €
Αισθητήρας θερμοκρασίας- υγρασίας AVTECH RMA- DTH 100- SEN	-	-	-	-	161 €
Parrot ANAFI Thermal	-	-	-	1.950 €	-
Testing	2.600 €	2.600 €	2.600 €	-	-
ΣΥΝΟΛΟ	42.976 €	37.929 €	64.847 €	1.950€ x 4 = 7.800€	1.106€ x 20 = 22.120€
ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	175.672 €				

Όπως γίνεται κατανοητό το συνολικό ποσό της επένδυσης είναι πάρα πολύ μεγάλο , όμως όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα ακόμη και έτσι είναι πιο αποδοτικό και πιο κερδοφόρο σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το ετήσιο κόστος των τριών εκ των πέντε αυτοκινούμενων συστημάτων που μελετήθηκαν σε σύγκριση με τα συμβατικά. Τα ημερομίσθια των χειριστών έχουν υπολογιστεί με βάση υψηλότερες τιμές από τις μέσες τιμές των χειριστών μηχανημάτων, (περίπου 27€/ώρα συμπεριλαμβανομένου φόρου και ασφάλισης) ώστε να φαίνεται και πάλι ξεκάθαρα το κέρδος. Ο χρόνος απόσβεσης έχει ορισθεί στα 10 χρόνια.

	Αυτοκινούμενα	Συμβατικά	Μείωση κόστους κατά :
Χορτοκοπτικό	283 €/στρ.	586 €/στρ.	52%
Ανίχνευση ζιζανίων	16 €/στρ.	19 €/στρ.	20%
Καταπολέμηση ζιζανίων	260 €/στρ.	297 €/στρ.	12%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Η ΕΞΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια έχει δείξει μια άνοδο, θεωρείται περισσότερο μία ακολουθία από τεχνολογίες παρά μια ενιαία τεχνολογία. Χρησιμοποιούνται όλες οι τεχνολογίες αυτές με σκοπό την αύξηση της ροής των πληροφοριών στη γεωργία, που μπορεί να μειώσει την αβεβαιότητα των παραγωγών στη λήψη αποφάσεων. Ο αγρότης αρχίζει να συλλέγει δεδομένα, συνήθως με τη μορφή χάρτη σοδειάς και πιθανόν πιο λεπτομερή δεδομένα εδάφους και περιβάλλοντος. Στη συνέχεια αυτά ερμηνεύονται για να δημιουργηθούν χάρτες εφαρμογών για διαχείριση του σταδίου παραγωγής και το αποτέλεσμα ποσοτικοποιείται στο χάρτη σοδειάς της επόμενης χρονιάς. Αυτός είναι ο κύκλος εφαρμογής της έξυπνης γεωργίας που αναλύεται και παρακάτω. Τα τελευταία χρόνια η παραγωγικότητα στην Ελλάδα επίσης έχει αυξηθεί σε μεγάλα επίπεδα χάρις τη βελτίωση των φυτών λόγω της αυξημένης χρήσης χημικών, φαρμάκων, λιπασμάτων και αρδευτικό νερό που όμως όσο όφελος προσφέρουν στα φυτά τόσο ζημιά κάνουν στο περιβάλλον. Ο στόχος είναι τα χρόνια που έπονται να βελτιωθεί αυτό το κομμάτι. Σίγουρα η αξιολόγηση των όσων έχουν ειπωθεί στην εργασία αυτή φέρνει θετικά αποτελέσματα στη χρήση της έξυπνης γεωργίας κάνοντας την ικανή να αποζημιώσει όποιον την υιοθετήσει. Η Ελλάδα έχει μεγάλες προοπτικές να αναπτύξει την έξυπνη γεωργία καθώς είναι χώρα με πλούσιο γεωγραφικό πλούτο. Ωστόσο πρέπει οι αγρότες να μπουν στο κλίμα και αποκτώντας κάποιες βασικές γνώσεις χειρισμού των μηχανημάτων της να είναι σε θέση να την αξιοποιήσουν στο έπακρο.

9.1. Γενική εισαγωγή

Η έξυπνη γεωργία χρόνο με το χρόνο κατακτά όλο και περισσότερο χώρο στην Ελλάδα όμως την πρώτη εφαρμογή της έκανε στις αρχές της δεκαετίας του '90 στην Αμερική και τη Βρετανία. Οι πρώτες εφαρμογές έγιναν στα σιτηρά και στην συνέχεια επεκτάθηκαν και σε αμπέλι. Στην Ελλάδα σε σχέση με άλλες χώρες άργησε να γίνει γνωστή η έξυπνη γεωργία και αυτό γιατί η Ελλάδα είναι μια χώρα με μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις, αλλά και γεωργούς που λόγω του

χαμηλού μορφωτικού επιπέδου που έχουν είναι προσκολλημένοι σε πιο παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής και σε επιδοτήσεις των προϊόντων τους. Παράλληλα με την Ελλάδα άργησε να διαδοθεί η έξυπνη γεωργία και στις χώρες της Νότιας Ευρώπης και αυτό γιατί στις καλλιέργειες του Ευρωπαϊκού Νότου δεν υπάρχει ανεπτυγμένη τεχνολογία εφαρμογών των μεθόδων της έξυπνης γεωργίας κυρίως σε φρούτα και λαχανικά. [41]

Στην Ελλάδα η πρώτη γνωστή εφαρμογή έγινε το φθινόπωρο του 2001 σε καλλιέργεια βαμβακιού. Η εγκατάσταση του αισθητήρα έγινε σε μια Βαμβακοσυλλεκτική μηχανή δύο σειρών και οι πρώτοι χάρτες παραγωγής παρήχθησαν την ίδια περίοδο. Οι πρώτες εφαρμογές έγιναν από το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε συνεργασία με το ΙΧΤΕΛ του ΕΘΙΑΓΕ και την εταιρεία Παπαοικονόμου ΑΕΒΕ που προμήθευσε τους αισθητήρες. Το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας συνέχισε την εργασία με εφαρμογές στο βαμβάκι και αργότερα σε σιτηρά (Καλαμπόκι και σκληρό σιτάρι) και από το 2005 άρχισε εκτεταμένες εφαρμογές σε καλλιέργειες υψηλής αξίας όπως μήλα, αμπέλι, ελιές και αχλάδια, ενώ άρχισαν εφαρμογές σε ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης αγροκτημάτων αλλά και σε ρομποτική. Σε γενικότερα πλαίσια στη χώρα μας έχουν γίνει και γίνονται πολλές έρευνες από πολλά πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα καθώς είναι σημαντικό να προωθηθεί η έξυπνη γεωργία στο μέσω αγρότη.

Τα παλαιότερα χρόνια η έξυπνη γεωργία αντιμετώπιζε μείωση των καλλιεργούμενων εκτάσεων που έφερνε αύξηση της γεωργίας κατά 70% για να είναι σε θέση να εξασφαλίσει την απαιτούμενη ζήτηση. Η επίτευξη του στόχου αυτού είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής με την αύξηση των ακραίων καιρικών συνθηκών.

Η έξυπνη γεωργία καθυστέρησε την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών και αυτό γιατί τα ηλεκτρονικά δεν είναι φτιαγμένα για τη γεωργία, δεν είναι σε θέση δηλαδή να εκτίθενται σε ακραίες καιρικές συνθήκες, ήταν ευαίσθητα στη ρύπανση, σε κραδασμούς, στην έκθεση στον ήλιο. Όλα αυτά χρειάστηκαν χρόνο να εξαιρεθούν και να προσαρμοστούν πλέον τα ηλεκτρονικά σε αυτές τις συνθήκες. Πρόβλημα επίσης αποτέλεσε και αποτελεί έως σήμερα η μερική εκπαίδευση των αγροτών. Αυτό καθιστά δύσκολη την κατανόηση της χρησιμότητας της έξυπνης γεωργίας αλλά και γενικότερα καθιστά δύσκολη την εκπαίδευση τους στα νέα αυτά τεχνολογικά μέσα. Στους αγροτικούς πληθυσμούς συναντάται συντηρητισμός και άρνηση αποδοχής νέων

τεχνολογιών που σε συνδυασμό με τον αυξημένο μέσο όρο ηλικίας φέρνουν αυτά τα αποτελέσματα. [42]

Γεγονός αποτελούν τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν και οι αγρότες των αναπτυγμένων χωρών καθώς οι επιδοτήσεις συνεχώς μειώνονται αυξάνοντας συνεχώς τον ανταγωνισμό. Λόγω του αυξημένου ανταγωνισμού οι αγρότες αναζητούν ολοένα καινούργιες ιδέες για να αυξήσουν την ανταγωνιστικότητα. Η εκμηχάνιση των εργασιών είναι μια από αυτές καθώς μειώνει σημαντικά την εξάρτηση του αγρού από την ανθρώπινη εργασία και ταυτόχρονα , πολύ σημαντικό, μειώνει το κόστος. Με τη χρήση νέων τεχνολογιών μειώνεται στο ελάχιστο η χρήση πόρων και εισροών με αποτέλεσμα να περιορίζει εξίσου την ανθρώπινη εργασία αλλά και το κόστος. Κάτι σημαντικό που θα κάνει τον αγρότη να ξεχωρίσει και να ανταγωνιστεί τους υπόλοιπους είναι η παραγωγή πιστοποιημένων προϊόντων υψηλής διατροφικής αξίας και ασφάλειας.

Οι κοινωνίες των ανεπτυγμένων χωρών αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση των εισροών με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος. Η έξυπνη γεωργία ειδικεύεται στην προστασία του περιβάλλοντος και προωθεί την διατήρηση τόσο του περιβάλλοντος όσο και του τοπίου του αγροτικού χώρου. Χρησιμοποιεί πολλούς φυσικούς πόρους για την παραγωγή των τροφίμων και των πρώτων υλών για την κοινωνία πολλοί εξ αυτών είναι περιορισμένοι και η γεωργία πρέπει να συμβάλει στη διατήρησή τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις όπως για παράδειγμα στην ενέργεια καλείται να καλύψει μέρος των αναγκών όπως τα καύσιμα μεταφορών. [43]

9.2. Αλλαγές που θα επιφέρει το έξυπνο χωράφι

Πρώτη και βασικότερη αλλαγή που θα επιφέρει το έξυπνο χωράφι είναι η αυτόνομη και ρομποτική εργασία. Καθώς η αντικατάσταση της ανθρώπινης εργασίας με αυτοματοποίηση είναι μια αυξανόμενη τάση σε πολλές βιομηχανίες έτσι είναι και στην έξυπνη γεωργία. Οι περισσότερες πτυχές της γεωργίας είναι εξαιρετικά έντονες, με μεγάλο μέρος της εργασίας να αποτελείται από επαναλαμβανόμενα και τυποποιημένα καθήκοντα - μια ιδανική θέση για τη ρομποτική και τον αυτοματισμό. Έπειτα μπορούν να υπάρξουν τρακτέρ χωρίς οδηγό. Τα τρακτέρ είναι η καρδιά μιας αγροτικής εκμετάλλευσης τα οποία χρησιμοποιούνται για πολλές διαφορετικές εργασίες, ανάλογα με το είδος της εκμετάλλευσης και τη διαμόρφωση του βοηθητικού εξοπλισμού της. Καθώς

προωθούνται οι αυτόνομες τεχνολογίες οδήγησης, τα τρακτέρ είναι από τις πρώτες μηχανές που πρέπει να μετατραπούν σε αυτόνομες μηχανές. Σε πρώιμα στάδια, χρειάζεται ακόμα ανθρώπινη προσπάθεια για τη δημιουργία τοπογραφικών χαρτών χωραφιού και ορίων, για τον προγραμματισμό των καλύτερων διαδρομών μέσα στο χωράφι χρησιμοποιώντας λογισμικό προγραμματισμού διαδρομών και για τη λήψη άλλων λειτουργικών συνθηκών. Οι άνθρωποι όμως εξακολουθούν να απαιτούνται για τακτική επισκευή και συντήρηση. Ωστόσο οι αυτόνομοι ελκυστήρες θα γίνουν πιο ικανοί και αυτοσυντηρούμενοι με την πάροδο του χρόνου, ειδικά με τη συμπερίληψη πρόσθετων μηχανών και συστημάτων μηχανικής όρασης, GPS πλοήγησης, διασύνδεσης IoT για την απομακρυσμένη παρακολούθηση και λειτουργία ραντάρ για ανίχνευση και αποφυγή αντικειμένων. Όλες αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις θα μειώσουν σημαντικά την ανάγκη των ανθρώπων να ελέγχουν ενεργά αυτά τα μηχανήματα. [44]

Η σπορά ήταν κάποτε μια επίπονη χειρωνακτική διαδικασία. Η σύγχρονη γεωργία βελτιώθηκε σε αυτό με μηχανές σποράς, οι οποίες μπορούν να καλύψουν περισσότερο έδαφος πολύ πιο γρήγορα από τον άνθρωπο. Ωστόσο, αυτές συχνά χρησιμοποιούν μια μέθοδο διασκορπισμού που μπορεί να είναι ανακριβής και σπάταλη όταν οι σπόροι βρίσκονται εκτός της βέλτιστης τοποθεσίας. Η αποτελεσματική σπορά απαιτεί έλεγχο πάνω σε δύο μεταβλητές, φύτευση σπόρων στο σωστό βάθος και φυτά σε κατάλληλη απόσταση ώστε να επιτρέπεται η βέλτιστη ανάπτυξη. Ο εξοπλισμός σποράς έχει σχεδιαστεί για να μεγιστοποιεί τις μεταβλητές αυτές κάθε φορά. Ο συνδυασμός δεδομένων γεωμετρίας και αισθητήρων που αναλύουν την ποιότητα του εδάφους, την πυκνότητα, την υγρασία και τα επίπεδα θρεπτικών ουσιών απαιτεί πολλές εικασίες από τη διαδικασία σποράς. Οι σπόροι έχουν την καλύτερη πιθανότητα να φυτρώσουν και να αναπτυχθούν και η συνολική καλλιέργεια θα έχει μεγαλύτερη συγκομιδή. Καθώς η γεωργία μετακινείται στο μέλλον, οι υπάρχοντες σπαρτικές μηχανές ακριβείας θα έρθουν σε επαφή με αυτόνομους ελκυστήρες και συστήματα με δυνατότητα IoT που θα τροφοδοτούν τις πληροφορίες πίσω στον αγρότη. Ένα ολόκληρο χωράφι θα μπορούσε να φυτευτεί με αυτό τον τρόπο, με μόνο έναν άνθρωπο να παρακολουθεί τη διαδικασία μέσω μιας τροφοδοσίας βίντεο ή ενός πίνακα ψηφιακού ελέγχου σε έναν υπολογιστή ή tablet, ενώ πολλές μηχανές κυλούν στο χωράφι ταυτόχρονα. Η αυτόματη άρδευση είναι σημαντική αλλαγή καθώς χρησιμοποιεί ολοένα και πιο εξελιγμένους αισθητήρες με δυνατότητα IoT, ώστε να παρακολουθούν συνεχώς τα επίπεδα υγρασίας και την υγεία των φυτών, οι αγρότες θα μπορούν να παρεμβαίνουν μόνο όταν είναι απαραίτητο, επιτρέποντας έτσι το σύστημα να λειτουργεί αυτόνομα. Σημαντικός είναι εξίσου ο

έλεγχος ζιζανίων για τη συντήρηση καλλιεργειών. Ο έλεγχος των ζιζανίων και των παρασίτων αποτελεί κρίσιμες πτυχές της συντήρησης των καλλιεργειών παρόλο που είναι αγροτικές εργασίες ιδανικές για αυτόνομα ρομπότ. Έχει κατασκευαστεί ένα ρομπότ περίπου στο μέγεθος ενός αυτοκινήτου και μπορεί να πλοηγηθεί αυτόνομα μέσα από ένα χωράφι χρησιμοποιώντας βίντεο και δορυφορικό GPS. Οι προγραμματιστές του χρησιμοποιούν τη μηχανική μάθηση για να διδάξουν σε αυτό να εντοπίσει τα ζιζάνια πριν τα αφαιρέσει. Με την προηγμένη μηχανική μάθηση ή ακόμα και την τεχνητή νοημοσύνη που ενσωματώνεται στο μέλλον, μηχανήματα όπως αυτό θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν πλήρως την ανάγκη για ανθρώπους να παρακολουθούν καλλιέργειες ή να κάνουν την παραπάνω διαδικασία χειροκίνητα. Ένα άλλο αντίστοιχο ρομπότ που έχει κατασκευασθεί λειτουργεί λίγο διαφορετικά. Ο καλλιεργητής τους ρυμουλκείται πίσω από έναν ελκυστήρα και είναι εφοδιασμένος με συστήματα απεικόνισης που μπορούν να αναγνωρίσουν μια φθορίζουσα χρωστική ουσία την οποία καλύπτουν οι σπόροι όταν φυτεύονται και η οποία μεταφέρεται στα νεαρά φυτά καθώς αυτά φυτρώνουν και αρχίζουν να αναπτύσσονται.

Ο καλλιεργητής στη συνέχεια κόβει τα μη λαμπερά ζιζάνια. Οι παραπάνω ρομποτικές μηχανές είναι σχεδιασμένες τόσο για τον έλεγχο των ζιζανίων όσο και για το εντοπισμό εχθρών και ασθενειών, χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους κάθε φορά αισθητήρες. Στην συνέχεια η συγκομιδή που έχει αναλυθεί εκτενέστερα σε προηγούμενα κεφάλαια καθώς υπάρχει ήδη ένα πλήθος μηχανών που είναι σε θέση να συγκομίζουν μηχανικά τους καρπούς οι οποίοι είναι έτοιμοι για συγκομιδή. Η ανάπτυξη τεχνολογίας ικανής για ευαίσθητες εργασίες συγκομιδής, όπως η συλλογή καρπών από δέντρα ή λαχανικά όπως οι ντομάτες, είναι όπου τα υψηλής τεχνολογίας αγροκτήματα θα διαπρέψουν πραγματικά. Οι μηχανικοί εργάζονται για να δημιουργήσουν τα σωστά ρομποτικά εξαρτήματα για αυτά τα εξελιγμένα καθήκοντα το οποίο ενσωματώνει εκλεπτυσμένες κάμερες και αλγόριθμους για τον προσδιορισμό του χρώματος, του σχήματος και της θέσης της ντομάτας για τον προσδιορισμό της ωριμότητάς της.[45] [46]

Η σημαντικότερη αλλαγή που θα επιφέρει η έξυπνη γεωργία είναι η μείωση τη εργασίας σε συνδυασμό με την αύξηση της παραγωγής και της αποδοτικότητας. Η βασική ιδέα της ενσωμάτωσης της αυτόνομης ρομποτικής στη γεωργία παραμένει ο στόχος της μείωσης της εξάρτησης από τη χειρωνακτική εργασία, ενώ παράλληλα η επίτευξη της αύξησης της παραγωγής, της απόδοσης και της ποιότητας του προϊόντος. Ο αγρότης του μέλλοντος θα ξοδέψει το χρόνο του εκτελώντας καθήκοντα όπως η επισκευή μηχανημάτων, η σωστή χρήση ρομποτικών μηχανών,

η ανάλυση δεδομένων και ο αποτελεσματικός σχεδιασμός των αγροτικών επιχειρήσεων. Όπως σημειώνεται με όλα αυτά τα γεωργικά ρομπότ, η ύπαρξη μιας σωστής βάσης αισθητήρων και IoT ενσωματωμένων στην υποδομή της γεωργικής εκμετάλλευσης είναι απαραίτητη. Το κλειδί για μια πραγματικά "έξυπνη" εκμετάλλευση βασίζεται στην ικανότητα όλων των μηχανών και των αισθητήρων να επικοινωνούν μεταξύ τους και με τον αγρότη, ακόμη και όταν αυτοί λειτουργούν αυτόνομα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας μελετήθηκαν και αναλύθηκαν τα drones που είναι ικανά να χρησιμοποιηθούν για απεικόνιση φωτογραφιών φύτευση και πολλά άλλα. οι εξελίξεις στις τεχνολογίες απεικόνισης σημαίνουν ότι δεν περιοριζόμαστε πλέον σε ορατό φως και στατική φωτογραφία. Τα συστήματα κάμερας είναι διαθέσιμα που καλύπτουν τα πάντα, από την τυπική φωτογραφική απεικόνιση έως την υπέρυθρη, υπεριώδη και ακόμη και υπερφυσική απεικόνιση. Όλοι αυτοί οι διαφορετικοί τύποι απεικόνισης επιτρέπουν στους αγρότες να συλλέγουν λεπτομερή δεδομένα, ενισχύοντας τις δυνατότητές τους για την παρακολούθηση της υγείας των καλλιεργειών, την αξιολόγηση της ποιότητας του εδάφους και τον προγραμματισμό των τοποθεσιών φύτευσης για τη βελτιστοποίηση των πόρων και της χρήσης γης. Η ικανότητά για τακτική εκτέλεση αυτών των επιτόπιων ερευνών, βελτιώνει τον προγραμματισμό των σχεδίων φύτευσης σπόρων, της άρδευσης και της χαρτογράφησης θέσης τόσο σε 2D όσο και σε 3D. Με όλα αυτά τα στοιχεία, οι αγρότες μπορούν να βελτιστοποιήσουν κάθε πτυχή της διαχείρισης της γης και της καλλιέργειας. Αλλά δεν είναι μόνο οι κάμερες και οι δυνατότητες απεικόνισης, οι οποίες προκαλούν πάταγο στην αγροτική σφαίρα, καθώς και η χρήση τους στον τομέα της φύτευσης και των ψεκασμών. Κάτι εξίσου βοηθητικό για τον αγρότη που μπορεί να προσφέρει η έξυπνη γεωργία είναι σπορά από τον αέρα με τη χρήση drone. Drones τα οποία αντικαθιστούν πλήρως τη χειρωνακτική εργασία, τα οποία μπορούν και εκτοξεύουν προς φύτευση το σπόρο, τα οποία μπορούν και εφαρμόζουν ψεκασμούς απευθείας στην κατάλληλη θέση και σημείο του χωραφιού. Υπάρχουν εταιρείες οι οποίες αναπτύσσουν δύο αεροσκάφη που μπορούν και εκτοξεύουν σπόρους τους σπόρους του δέντρου στο έδαφος σε βέλτιστες τοποθεσίες. Ενώ έχει σχεδιαστεί προς το παρόν για έργα αναδάσωσης, δεν είναι δύσκολο να φανταστούμε να αναδιαμορφώνεται ώστε να ταιριάζει και στο γεωργικό τομέα. Με το IoT και το λογισμικό για αυτόνομη λειτουργία, ένας στόλος αεροσκαφών θα μπορούσε να ολοκληρώσει εξαιρετικά ακριβή φύτευση στις ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη κάθε καλλιέργειας, αυξάνοντας τις αλλαγές για ταχύτερη ανάπτυξη και υψηλότερη απόδοση καλλιέργειας. Ωστόσο drones θα χρησιμοποιούνται

και για τον ψεκασμό των καλλιεργειών. Χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό GPS, μέτρησης με λέιζερ και τοποθέτηση υπερήχων, τα αεροσκάφη ψεκασμού καλλιεργειών μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν σε υψόμετρο και θέση, προσαρμοζόμενα όσον αφορά μεταβλητές όπως η ταχύτητα του ανέμου, η τοπογραφία και η γεωγραφία. Αυτό επιτρέπει στα αεροσκάφη να εκτελούν πιο αποτελεσματικά τις εργασίες ψεκασμού καλλιεργειών και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν αυτά τα drones για τις καλλιέργειες που χρειάζονται μια πιο εξειδικευμένη αντιμετώπιση λόγω των ιδιοτήτων τους.

Τέλος η παρακολούθηση και η ανάλυση σε πραγματικό χρόνο ίσως είναι μια από τις χρησιμότερες εργασίες που μπορεί να κάνει ένα drone εξ αποστάσεως αφού θα έχει τον πλήρη οπτικό έλεγχο στις συνθήκες τι καλλιέργειας. Για αυτόν ακριβώς το λόγο είναι απαραίτητο το συνδεδεμένο αγρόκτημα, καθώς όλα αυτά τα στοιχεία πρέπει να θεωρηθούν χρήσιμα. Οι αγρότες μπορούν να αναθεωρήσουν τα δεδομένα και να μεταβαίνουν στα χωράφια όταν πραγματικά υπάρχει λόγος. Δεδομένου ότι τα αεροσκάφη για γεωργική χρήση είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο υπάρχουν φυσικά και μειονεκτήματα. Ένα από αυτά είναι ότι οι διαδρομές και οι χρόνοι πτήσεων δεν είναι τόσο ισχυροί όσο θα χρειάζονταν πολλά αγροκτήματα και στην παρούσα φάση, η μέγιστη διάρκεια διαδρομής αγγίζει τη μία ώρα οπότε το drone πρέπει να επαναφορτιστεί.

9.3. Ανάλυση αγοράς

Η πρώτη χώρα που στήριξε και στηρίζει ακόμη την έξυπνη γεωργία είναι η Αμερική. Οι Η.Π.Α. στήριξαν από την πρώτη στιγμή την έξυπνη γεωργία με ενδιαφέρον να αγγίζει το 88% των αγροτών και να αφορά κυρίως καλλιέργειες όπως το σιτάρι και το καλαμπόκι. Σε αυτές τις δυο σχεδόν το ήμισυ της παραγωγής πραγματοποιείται με τη χρήση αισθητήρων. Στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας, η χρήση συστημάτων παρακολούθησης των αποδόσεων αυξήθηκε από 10% έως και 30% σε μεγάλες καλλιέργειες. [1]

Όσον αφορά την Ευρώπη έχει ξεχωρίσει η Δανία που έχει υιοθετήσει την έξυπνη γεωργία για την παραγωγή σιτηρών, αξιοποιώντας κυρίως χάρτες και συστήματα αυτόματης παρακολούθησης, αλλά και η Ολλανδία η οποία θεωρείται ο μεγαλύτερος εξαγωγέας αγροτικών προϊόντων της Ευρώπης. Η Ολλανδία όπως αναφέρθηκε έχει την πρώτη κατάταξη στον στην

Ευρώπη και τη δεύτερη παγκοσμίως, πρώτη χώρα παραγωγής παγκοσμίως θεωρούνται οι Η.Π.Α. Ένα μέσο στρέμμα στην Ελλάδα αποδίδει στον Έλληνα αγρότη 140€ το χρόνο, ενώ στην Ολλανδία αποδίδει 760€.

Στην Ελλάδα η ανάπτυξη της έξυπνης γεωργίας είναι σε πρώιμο στάδιο όπως έχει ήδη αναφερθεί, την τελευταία δεκαετία όμως αυτό φαίνεται να αλλάζει κάνοντας μια προσπάθεια εφαρμογής της σε πολλούς κλάδους πρωτογενούς παραγωγής. Έχουν ήδη αναφερθεί στην Ενότητα 7 κάποιες από τις υλοποιημένες εφαρμογές της σε βαμβάκι, αχλάδια, μήλα κ.α. Σημαντικές επίσης είναι και οι εγκαταστάσεις που έχουν γίνει όπως αυτή στο Βέρμιο, σε έκταση με οπωροφόρα έχει εγκατασταθεί ένας αγρομετεωρολογικός τηλεμετρικός σταθμός για την καταπολέμηση των εχθρών των δενδροκαλλιεργειών. Στην ορεινή Κορινθία υπάρχει δίκτυο τεσσάρων αγρομετεωρολογικών σταθμών για την έγκαιρη ενημέρωση για την προσβολή από περονόσπορο της αμπέλου αλλά και με συμβουλευτικού ρόλου όσο αφορά την άρδευση.[1] [47]

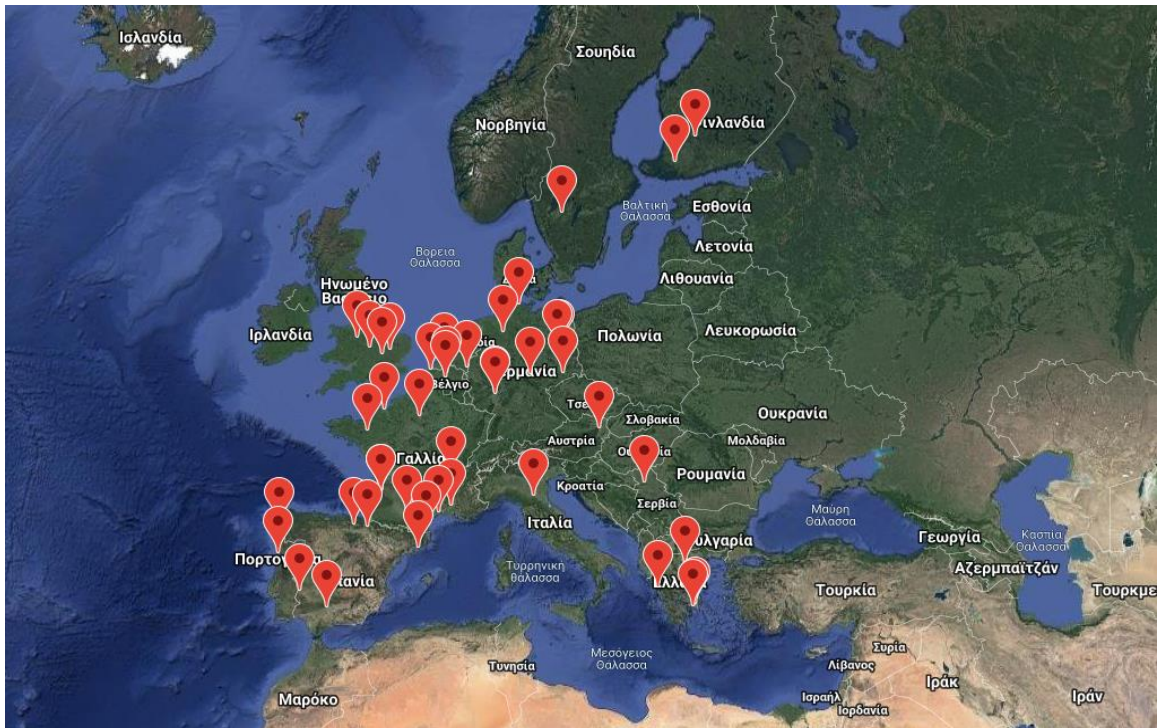
9.4. Είναι εφικτή η έξυπνη γεωργία στην Ελλάδα;

Η έξυπνη γεωργία τον τελευταίο καιρό έχει γίνει πολύ δημοφιλής στην Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα, μια πρόσφατη έρευνα στις ΗΠΑ εκτιμά ότι η παγκόσμια αγορά της γεωργίας ακριβείας αναμένεται να φτάσει στα 10 δις δολάρια μέχρι το 2024 (Research Report, 2018). Ωστόσο, η Ελλάδα δεν υπάρχει στον παγκόσμιο χάρτη γεωργίας ακριβείας, αλλά υπάρχουν χώρες όπως Ινδία, Κίνα, Πακιστάν, Αίγυπτος, Ισπανία, Γερμανία Γαλλία, Μεξικό, Αργεντινή, Βραζιλία, ΗΠΑ, Καναδάς και άλλες. Σαν έξυπνη γεωργία ή αλλιώς επιχειρησιακή γεωργία μπορεί να θεωρηθεί η στρατηγική διαχείρισης που χρησιμοποιεί τεχνολογίες που παρέχουν πληροφορίες από πολλαπλές πηγές σε επίπεδο παραγωγού-αγροκτήματος για να παράγουν δεδομένα και αφορούν στις αποφάσεις που είναι συνδεδεμένες με την παραγωγή σε συνδυασμό με την αύξηση του εισοδήματος του. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται τελευταία και ο όρος «ευφυής γεωργία», ωστόσο δεν θεωρείται δόκιμος.

Κάνοντας μια ανασκόπηση όσων έχουν ειπωθεί στα παραπάνω κεφάλαια για την έξυπνη γεωργία καταλήγουμε ότι στοχεύει στη βέλτιστη αποδοτικότητα παραγωγής, στην οικονομική αποδοτικότητα, την ελαχιστοποίηση του ρίσκου, και τη βελτίωση της ποιότητας παραγωγής με περιορισμό της ρύπανσης εδάφους και υπογείων υδάτων, καθώς και των επιπτώσεων στο

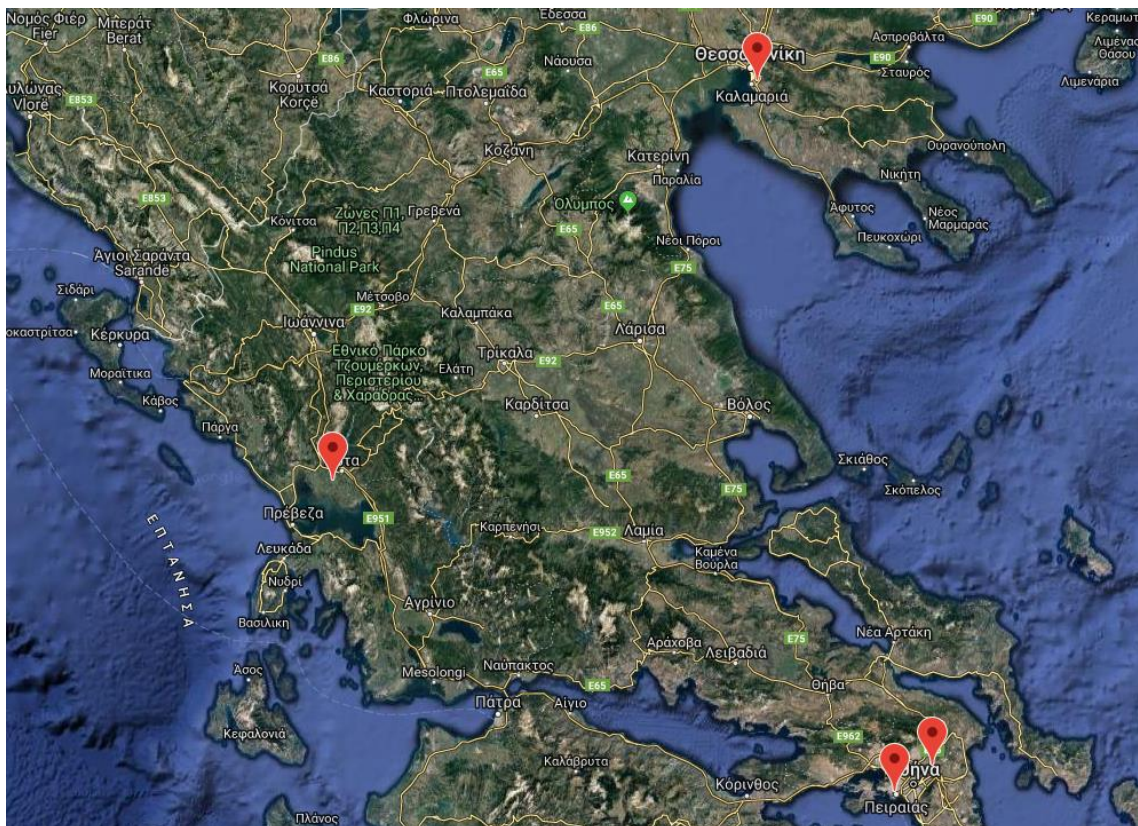
ευρύτερο περιβάλλον. Η γεωργία ακριβείας βασίζεται σε τρεις αρχές : Στη συγκέντρωση δεδομένων σε κατάλληλη κλίμακα και συχνότητα, στην ερμηνεία και την ανάλυση των δεδομένων, αλλά και στην εφαρμογή της διαχειριστικής λύσης σε κατάλληλη κλίμακα και χρόνο.

Μια βασική προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα είναι η ύπαρξη παραλλακτικότητας στα αγροτεμάχια, δηλαδή, η ύπαρξη χωρικής διαφοροποίησης των χαρακτηριστικών και παραμέτρων της καλλιέργειας μέσα στο ίδιο το χωράφι, κάτι που συμβαίνει συνήθως στην Ελλάδα, ωστόσο είναι γνωστόν ότι η έκταση των αγροτεμαχίων και γενικά της αγροτικής γης δεν είναι σχετικά μεγάλη. Στην Ελλάδα υλοποιούνται εφαρμογές της γεωργίας ακριβείας τα τελευταία δεκαπέντε περίπου χρόνια κυρίως από 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 αύξηση παραγωγής κατά μέσον όρο 10%, που βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο διεθνώς. Τα αποτελέσματα αυτά τεκμηριώνονται με δημοσιεύσεις σε Επιστημονικά Περιοδικά και Πρακτικά Συνεδρίων. [48] [49] [50]



Εικόνα 9.1 : Χάρτης διάδοσης έξυπνης γεωργίας
(Πηγή : www.smart-akis.com)

Στην εικόνα αυτή (Εικόνα 9.1) απεικονίζονται οι χώρες που έχουν αρχίσει να υιοθετούν τις τεχνολογίες της έξυπνης γεωργίας. Ενώ στην επόμενη εικόνα (Εικόνα 9.2) φαίνονται οι περιοχές της Ελλάδας που έχουν αρχίσει να συμμετέχουν σε αυτό. Στον χάρτη της Ελλάδας παρατηρούνται τέσσερα σημεία. Η τοποθεσίες των σημείων αυτών είναι στη Θέρμη της Θεσσαλονίκης, στην Άρτα στο ΤΕΙ Ηπείρου και στην Αθήνα στις περιοχές των Βριλησσιών και του Πειραιά. [49] [50]



Εικόνα 9.2 : Χάρτης διάδοσης έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα
(Πηγή : www.smart-akis.com)

9.5. Προοπτικές έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα

Το ακριβό κόστος των συστημάτων έξυπνης γεωργίας είναι ίσως το μεγαλύτερο μειονέκτημα που έχει, και ειδικά για τον Ελληνικό λαό που δεν έχει μεγάλες εκτάσεις παραγωγής δεν είναι εύκολη και γρήγορη η απόσβεση. Τέλος σε αυτό θα έπρεπε να δώσει το πολιτικό σύστημα της χώρας μας, στηρίζοντας τους ενδιαφερόμενους αγρότες στα πρώτα τους βήματα με επιδοτήσεις. Ωστόσο επιδοτήσεις δίνονταν στους αγρότες χωρίς να αναμένεται προσπάθεια βελτίωση της παραγωγής τους, με βασικό μειονέκτημα τη στασιμότητα σε όλα τα επίπεδα. Με αφορμή την κρίση των τελευταίων ετών οι επιδοτήσεις αυτές άρχισαν να μειώνονται και να επιβάλλεται στους αγρότες η τήρηση βιβλίων για τη φορολόγησή τους, όπως ακριβώς γίνεται με όλες τις επιχειρήσεις της χώρας. Εύκολα προκύπτει το συμπέρασμα πως στα επόμενα χρόνια ο αγροτικός κόσμος της χώρας θα αναγκαστεί να προσαρμοστεί βίαια σε αυτές τις νέες καταστάσεις και οι αγρότες θα στραφούν στις νέες τεχνολογίες.

Είναι πολύ λογικό κάτι τέτοιο να μην πραγματοποιηθεί από ηλικιωμένους αγρότες ή αγρότες με μικρή ιδιοκτησία, αλλά από αγρότες νέους που είναι εξοικειωμένοι με τις νέες τεχνολογίες και μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν σε αυτές. Ωστόσο το ακριβό κόστος τους συνεχίζει να είναι πρόβλημα που όμως λύνεται αν αυξηθεί η ζήτηση άρα και ο ανταγωνισμός και οι προμηθευτές αναγκαστούν να πουλάνε φθηνότερες κατασκευές μειώνοντας σημαντικά το κόστος. Όλο αυτό φαίνεται να δίνει ελπίδες για αποδοτικές και επωφελείς παραγωγές στο μέλλον.

Από τις έρευνες που παρουσιάστηκαν φαίνεται ότι μπορεί να εφαρμοστούν τεχνικές όπως η μεταβλητή δόση λιπασμάτων με μικρή χρήση πολύπλοκου εξοπλισμού. Η δυνατότητα εξοικονόμησης 20-50% λιπασμάτων είναι σημαντική τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά. [1] [51]

Τέλος είναι ολοφάνερο πως η γεωργική έρευνα έχει κάνει τα απαραίτητα βήματα. Η μείωση των επιδοτήσεων θα είναι αυτή που θα αναγκάσει τους αγρότες να στραφούν στην αύξηση της παραγωγικότητας και τη μείωση του κόστους, αν θέλουν να παραμείνουν ανταγωνιστικοί και να διατηρήσουν τις εργασίες τους, πράγμα που θα επιβάλει τη χρήση των νέων τεχνολογιών.

9.6. Αξιοποίηση και συνδυασμός δεδομένων

Η χρήση των αισθητών της έξυπνης γεωργίας για τη λήψη δεδομένων δημιουργεί μεγάλη βάση δεδομένων που δίνουν σημαντικές πληροφορίες για όλες τις δραστηριότητες του αγροκτήματος. Ταυτόχρονα εγκαταστάθηκαν ηλεκτρονικοί αισθητήρες στους γεωργικούς ελκυστήρες για να διευκολύνουν τον χειρισμό τους και τη λειτουργία των παρελκόμενων. Το γεγονός αυτό της συγκέντρωσης μεγάλου αριθμού δεδομένων δυσκολεύει την επεξεργασία τους. Για να μπορέσουν να επεξεργαστούν αυτά τα δεδομένα σωστά πρέπει να αναπτυχθούν βάσεις δεδομένων και λογισμικό. Παράλληλα χρειάζονται αλγόριθμοι που να λειτουργούν με βάση τα δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων με τη χρήση διάφορων εισροών. Ωστόσο η προσπάθεια συνεχίζεται με τον συνδυασμό μετρήσεων από διάφορους αισθητήρες που συνδυαζόμενοι, θα μπορούσαν να δώσουν καλύτερες πληροφορίες από τους μεμονωμένους.

Το πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης γεωργικών εκμεταλλεύσεων αποτελείται συνολικά από τρεις διαφορετικές εφαρμογές. Η πρώτη εφαρμογή είναι μια εφαρμογή android για

smartphones και tablets, η δεύτερη είναι μια εφαρμογή windows για την καταγραφή δεδομένων του ελκυστήρα και η τρίτη είναι μια ιστοσελίδα για την προβολή δεδομένων. [51][52]

9.7. Συμπεράσματα

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 έξυπνη γεωργία. Ο σκοπός όμως είναι η έξυπνη γεωργία να προωθηθεί όχι μόνο από τους ειδήμονες αλλά και από την ίδια την πολιτεία μέσω των Δήμων ή της Περιφέρειας για παράδειγμα. 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, για παράδειγμα μια απρόσμενη καιρική συνθήκη που θα καταστρέψει την εκάστοτε σοδειά.

Βιβλιογραφία

- 1) Φουντάς, Σ., Γέμτος, Θ., 2015. Γεωργία ακριβείας. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/2670>
- 2) Farmacorn : Γεωργία ακριβείας: βασικές τεχνολογίες και έννοιες , Χαρού Αναστασία , (τελευταία ενημέρωση 2016)
<https://blog.farmacon.gr/>
- 3) Chen, D., Shams, S., Moreno, C. and Leone, A., 2010. Assessment of open source GIS software for water resources management in developing countries. Journal of Hydro-environment Research, 4(3), 253-264
- 4) Lei, X., Wang, Y., Liao, W., Jiang, Y., Tian Y. and Wang, H., 2011. Development of efficient and cost-effective distributed hydrological modeling tool MWEasyDHM based on open-source MapWindow GIS. Computers & Geosciences, 37, 1476-1489.
- 5) Reysn, P., Missotten, B., Ramon, H. and DeBaerdemaeker, J., 2002. A Review of Combine Sensors for Precision Farming. Precision Agriculture, 3, 169–182. 101
- 6) Sethuramasamyraja, B., Sachidhanantham1, S. and Wample, R., 2010. Geospatial modeling of wine grape quality indicators (anthocyanin) for development of differential wine grape harvesting technology .International Journal of Geomatics and Geosciences, 1(3), 372- 385.
- 7) Thomasson J.A., Sui, R., Wright, G. C. and Robson, A. J., 2006. Optical peanut yield monitor: development and testing applied engineering in agriculture. Vol. 22(6): 809-818
- 8) Bramley, R. G. V., 2005. Understanding variability in winegrape production systems 2 Within vineyard variation in quality over several vintages. Australian Journal of Grape and Wine Research, 11, 33–45.
- 9) Bramley, R. G. V., Pearse, B. and Chamberlain, P., 2003. Being profitable precisely - a case study of precision viticulture from Margaret River. Australian & New Zealand Grape grower & Winemaker - Annual Technical Issue, 473a, 84-87
- 10) Bramley, R. G. V. and Hamilton, R. P., 2004. Understanding variability in wine grape production systems: Within vineyard variation in yield over several vintages Australian Journal of Grape and Wine Research, 10, 32–45.

- 11) Missotten, B., 1998. Measurement systems for the mapping and the evaluation of crop production performance. Doctoraatsproefschrift nr. 366 aan de Faculteit.
- 12) Pelletier, G and Upadyaya, K. S., 1999. Development of a tomato load/yield monitor. Computers and Electronics in Agriculture (23) 103-107.
- 13) Perry, E. M., Dezzani, R.J., Seavert, C. F. and Pierce, F. J., 2010. Spatial variation in tree characteristics and yield in a pear orchard. Precision Agriculture, 11, 42-60.
- 14) Pozdnyakova, L., Gimenez, D. and Oudemans, P. V., 2005. Spatial Analysis of cranberry yield at three scales. Agronomy Journal, 97, 49–57
- 15) Madsen, T. E. and Jakobsen, H. L. 2001. Mobile robot for weeding. MSc. Thesis. Danish Technical University (DTU), Lyngby, Denmark
- 16) Have et al., 2002. Autonomous weeders for Christmas tree plantations - a feasibility study. Pesticides Research Nr. 59 2002. <http://www.miljoindflydelse.dk/udgiv/Publications/2002/87-7972-134-6/pdf/87-7972-135-4.pdf>
- 17) Neteler, M., Bowman, H., Landa, M. and Metz, M., 2012. GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. Environmental Modelling & Software, 31, 124-130.
- 18) Oliveira, Tiago, C. A. and Molin, J. P. 2011. Use of autopilots on citrus orchards establishment. Engenharia Agricola, 31, 334-342
- 19) Qarallah, B., Shoji, K. and Kawamura, T., 2008. Development of a yield sensor for measuring individual weights of onion bulbs. Biosystems Engineering, 100, 511–515
- 20) Qiao, J., Sasao, A., Shibusawa, S., Kondo, N. and Morimoto, E., 2005. Mapping yield and quality using the mobile fruit grading robot, Biosystems Engineering, 90 (2), 135-142.
- 21) GeoSense : Μη Επανδρωμένα αεροσκάφη, DRONES & Γεωργία Ακριβείας , (τελευταία ενημέρωση 2016) <http://www.geosense.gr/>
- 22) Green Agenda : Γεωργία Ακριβείας και UAV's , Μάριος Πραπόπουλος , (τελευταία ενημέρωση 2018) <http://greenagenda.gr>

- 23) Ortiz, B. V., Balkcom, K. B., Duzy, L., van Santen, E. and Hartzog, D. L. 2013. Evaluation of agronomic and economic benefits of using RTK-GPS-based auto-steer guidance systems for peanut digging operations. *Precision Agriculture*, 14, 357-375.
- 24) Matese, A., Toscano, P., Di Gennaro, S. F., Genesio, L., Vaccari, F. P., Primicerio, J. Belli, C., Zaldei, A., Bianconi, R. and Gioli, B. 2015. Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture. *Remote Sensing*, 7, 2971-2990.
- 25) Minelli, A., Marchesini, I., Taylor, F., Rosa, P., Casagrande, L. and Cenci, M., 2014. An open source GIS tool to quantify the visual impact of wind turbines and photovoltaic panels. *Environmental Impact Assessment Review*, 49, 70-78.
- 26) Bak, T. and Jakobsen, H. 2004. Agricultural Robotic Platform with Four Wheel Steering for Weed Detection. *Biosystems Engineering* 87(2) 125–136
- 27) Bergtold, J. S., Raper, R. L. and Schwab, E. B. 2009. The economic benefit of improving the proximity of tillage and planting operations in cotton production with automatic steering. *Applied Engineering in Agriculture*, 25, 133-143
- 28) Blackmore S., Griepentrog, H.W., Pedersen, S.M. and Fountas, S. 2006. Precision Agriculture in Europe. In: SRINIVASAN, A.: *Handbook of Precision Agriculture. Principles and Applications*: 567-613
- 29) Busse, M., Doernberg, A., Siebert, R., Kuntosch, A., Schwerdtner, W., Koenig, B. and Bokelmann, W. 2014. Innovation mechanisms in German precision farming. *Precision Agriculture*, 15, 403-426
- 30) Radinger, J., Kail, J. and Wolter C., 2013. FIDIMO — A free and open source GIS based dispersal model for riverine fish. *Ecological Informatics*, 24, 238-247
- 31) Lee, W.S., Slaughter, D.C. and Giles, D.K. 1999. Robotic weed control system for tomatoes. *Precision Agriculture* 1, 1999, pp. 93-113.
- 32) Lencses, E., Takacs, I. and Takacs-Gyoergy, K. 2014. Farmers' Perception of Precision Farming Technology among Hungarian Farmers. *Sustainability*, 6, 8452-8465
- 33) Farmacorn : Η εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας στην Ελλάδα, ανά καλλιέργεια , Χαρού Αναστασία , (τελευταία ενημέρωση 2016)
<https://blog.farmacon.gr/>

- 34) 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
- 35) Lencses, E., Takacs, I. and Takacs-Gyoergy, K. 2014. Farmers' Perception of Precision Farming Technology among Hungarian Farmers. Sustainability, 6, 8452-8465
- 36) D'Antoni, J. M., Mishra, A. K. and Joo, H. 2012. Farmers' perception of precision technology: The case of autosteer adoption by cotton farmers. Computers and Electronics in Agriculture, 87, 121-128.
- 37) Easterly, D. R., Adamchuk, V. I., Kocher, M. F. and Hoy, R. M. 2010. Using a vision sensor system for performance testing of satellite-based tractor auto-guidance. Computers and Electronics in Agriculture, 72, 107-118.
- 38) Fountas, S., Blackmore, S., Ess, D., Hawkins, S., Blumhoff, G., Lowenberg-Deboer, J. and Sorensen, C. G. 2005. Farmer Experience with Precision Agriculture in Denmark and the US Eastern Corn Belt. Precision Agriculture, 6, 121-141.
- 39) Jensen et al. 2012. Socioeconomic impact of widespread adoption of precision farming and controlled traffic systems in Denmark, Precision Agriculture 13, 661-677.
- 40) Lee, W.S., Slaughter, D.C. and Giles, D.K. 1999. Robotic weed control system for tomatoes. Precision Agriculture 1, 1999, pp. 73 - 99.
- 41) Paxton, Kenneth W., et al. 2010. Precision agriculture technology adoption for cotton production. 2010 Annual Meeting, February 6-9, 2010, Orlando, Florida. No. 56486. Southern Agricultural Economics Association, 2010
- 42) Blackmore, B. S., Have, H., and Fountas, S. 2001. A specification of behavioural requirements for an autonomous tractor. 6th International Symposium on Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering conference. eds. M. Zude, B. Herold, and M. Guyer. Potsdam - Bornim, Germany, Institute für Agrartechnik Bornim e.V. pp.25-36.
- 43) Energypress : Η Κομισιόν προωθεί την «έξυπνη γεωργία» για να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή , euractiv , (τελευταία ενημέρωση 2016)
<https://energypress.gr/>
- 44) Blackmore, B. S., Griepentrog, H. W., Nielsen, H., Nørremark, M. and Resting-Jeppesen, J. 2004

- 45) Tennessee farms. Computers and Electronics in Agriculture, 95, 1-10
- 46) Schwarz, J., Herold, L. and Pollin, B. 2011. Typology of PF Technologies. Deliverable 7.1. FP7 project Future Farm. www.futurefarm.eu
- 47) Agronews : Εφικτή η γεωργία ακριβείας στην Ελλάδα , Πέτρος Γκόγκος , (τελευταία ενημέρωση 2018)
<https://www.agronews.gr/>
- 48) Smart-akis : Interactive map , site , (τελευταία ενημέρωση 2019)
<https://www.smart-akis.com/>
- 49) Qiao, J., Sasao, A., Shibusawa, S., Kondo, N. and Morimoto, E., 2005. Mapping yield and quality using the mobile fruit grading robot, Biosystems Engineering, 90 (2), 135-142.
- 50) Jahns, G. 2000. Navigating of agricultural field machinery. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 25, p.: 1-2
- 51) Griffin, T.W. and Lowenberg-Deboer, J. 2005. Worldwide adoption and profitability of precision agriculture. Implications for Brazil. In: Revista de Política Agrícola. Brazil. Nr. 4/2005. pp. 20-37. 208
- 52) Torii, T. 2000. Research in agricultural autonomous vehicles in Japan. Computers and Electronics in Agriculture. Volume 25, Issue 1-2, p.:133-153.
- 53) Have et al., 2002. Autonomous weeders for Christmas tree plantations - a feasibility study. Pesticides Research Nr. 59 2002.
<http://www.miljoindflydelse.dk/udgiv/Publications/2002/87-7972-134-6/pdf/87-7972-135-4.pdf>
- 54) Jahns, G. 2000. Navigating of agricultural field machinery. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 25, p.: 1-2
- 55) Madsen, T. E. and Jakobsen, H. L. 2001. Mobile robot for weeding. MSc. Thesis. Danish Technical University (DTU), Lyngby, Denmark
- 56) Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. and Rhind, D., 2005. Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications (Abridged Edition). John Wiley and Sons Inc., New Jersey, pp.343-349.

- 57) Minelli, A., Marchesini, I., Taylor, F., Rosa, P., Casagrande, L. and Cenci, M., 2014. An open source GIS tool to quantify the visual impact of wind turbines and photovoltaic panels. *Environmental Impact Assessment Review*, 49, 35 - 40.
- 58) National Research Council, 1997. *Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management*. National Academy Press, Washington, D.C. pp. 1-15.
- 59) Neteler, M., Bowman, H., Landa, M. and Metz, M., 2012. GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. *Environmental Modelling & Software*, 31, 124-130.
- 60) Radinger, J., Kail, J. and Wolter C., 2013. FIDIMO — A free and open source GIS based dispersal model for riverine fish. *Ecological Informatics*, 24, 238-247.
- 61) Bergtold, J. S., Raper, R. L. and Schwab, E. B. 2009. The economic benefit of improving the proximity of tillage and planting operations in cotton production with automatic steering. *Applied Engineering in Agriculture*, 25, 159 - 162

