



Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Σχολή Εφαρμοσμένων Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών

Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας και Ανάπτυξης

ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ:
ΤΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ, ΤΩΝ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΫΘΕΣΕΩΝ ΥΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΗΣ

Κιοσσέ Αργυρώ, Τσουμάκης Παναγιώτης

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΪΟΣ 2024

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΟΡΙΣΜΟΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ.....	4
3.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ	4
3.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ (Smart Farming Technology Types – SFTs)	5
4.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ [DATA ACQUISITION (DAQ) TECHNOLOGIES]	5
4.1.1 Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης(GPS).	5
4.1.2 Χαρτογράφηση	6
4.1.3 Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS)	7
4.1.4 Αισθητήρες.....	9
4.1.5 Τηλεπισκόπηση.....	9
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ: ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΘΕΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ, ΕΜΠΟΔΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΧΡΗΣΕΩΣ SFTs	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	14
Βιβλιογραφία.....	16

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Ο τριπλευρισμός είναι η μέτρηση αποστάσεων. (Πηγή: (GISGeography, 2024))	6
Εικόνα 2: Τα βασικά συστατικά από τα οποία αποτελείται ένα Γεωπληροφοριακό Σύστημα (GIS)(Πηγή: (Μουσέτη, 2021)).....	7
Εικόνα 3: Ένα σύστημα GIS μπορεί να απεικονίσει και να αναλύσει δεδομένα σε πολλά επίπεδα στον ίδιο (Πηγή: (Φουντάς & Γέμτος, 2015))	8
Εικόνα 4: Παραδείγματα υποτομέων αγροκτημάτων. Το αγρόκτημα στα αριστερά έχει χωριστεί σε πλέγματα, ενώ το αγρόκτημα στα δεξιά έχει χωριστεί με βάση τον τύπο του εδάφους. (Πηγή: (Brase, 2009))	10
Εικόνα 5: Πεντέλη 2022-Εκτίμηση καμένης έκτασης και δριμύτητας πυρκαγιάς. (Πηγή: (Gis Aua, 2022)).....	11
Εικόνα 6 Flowchart for benefit calculation of PAMCoBA web-tool. (Πηγή: (Medici, et al., 2021))	12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η εξάπλωση της Νεολιθικής Γεωργίας πριν από 10.000 χρόνια, οδήγησε στον δεκαπλασιασμό του πληθυσμού, που ανήλθε από 5 σε 50 εκατομμύρια κατοίκους. Το πρώτο ευρέως χρησιμοποιούμενο γεωργικό σύστημα ήταν αυτό της κοπής και καύσης σε δασώδεις περιοχές, για τη δημιουργία εύφορων καλλιεργήσιμων εκτάσεων υψηλότερης παραγωγικότητας.

Πριν από 5.000 χρόνια η μετεξέλιξη του παραπάνω συστήματος σε υδραυλικό σύστημα αξιοποίησης των υδάτων, οδήγησε σε περεταίρω διπλασιασμό του πληθυσμού και στη δημιουργία των πρώτων Μεγάλων Πολιτισμών, όπως της Μεσοποταμίας και του Νείλου, αλλά και άλλων όπως της Κίνας και των Ίνκα. Ύστερα ακολούθησαν συστήματα ξερικής καλλιέργειας με αγρανάπαυση στη περιοχή της Μεσογείου με ελάχιστη συνεισφορά στην αύξηση του πληθυσμού και χωρίς αγρανάπαυση μέσω της πρώτης γεωργικής επανάστασης την οποία διαδέχτηκε η δεύτερη με την εκμηχάνιση, την ανόργανη λίπανση και την εξειδίκευση των καλλιεργητικών παρεμβάσεων (Μαζουαγέ & Ρουντάρ, 2005).

Η εξειδίκευση οδήγησε στο «παραγωγιστικό» πρότυπο της εντατικής γεωργίας (Γιδαράκου, 2016). Γινόταν αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, που ενώ αυξήσαν την παραγωγή και άρα κάλυπταν τις αυξημένες ανάγκες σε τροφή, οδήγησαν σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις και στην εξάντληση των φυσικών πόρων. Ωστόσο, εν μέσω περιβαλλοντικών ανησυχιών αναδύθηκαν νέες τάσεις με στόχο πλέον την αειφορία και την βιωσιμότητα, και όχι την μεγιστοποίηση των κερδών. Δημιουργήθηκαν έτσι ανάγκες αξιοποίησης φιλικότερων μορφών γεωργίας προς το περιβάλλον. Ένα από αυτά τα είδη, είναι και το σύστημα της Γεωργίας Ακριβείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΟΡΙΣΜΟΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Για πολλά χρόνια οι καλλιέργειες στηρίζονταν στην υπόθεση ότι τα αγροτεμάχια είναι ομοιόμορφα. Οι καλλιεργητικές φροντίδες όπως λίπανση, άρδευση και φυτοπροστασία γίνονταν προγραμματισμένα και συστηματικά σε όλο τον αγρό. Σήμερα η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών της Γεωργίας Ακριβείας έρχεται να αναγνωρίσει και να αναδείξει την ανομοιομορφία του αγρού. Έτσι η καλλιέργεια διαφοροποιείται ανά αγροτεμάχιο όσο διαφοροποιείται και η παραλλακτικότητα του φυσικού περιβάλλοντος. Η τεχνολογία ανέδειξε τη χωρική και χρονική παραλλακτικότητα της παραγωγής και του εδάφους (σε ιδιότητες όπως η γονιμότητα, η σύσταση και η υγρασία και σε εισροές όπως τα θρεπτικά συστατικά). Επιπλέον, ανέδειξε και την ανάγκη για στοχευμένες παρεμβάσεις με βάση τις πραγματικές ανάγκες εντός του αγρού.

Ο οργανισμός οργανισμός ISPA (International Society of Precision Agriculture) έχει αναφέρει ως επίσημο ορισμό τον εξής:

«Η Γεωργία Ακριβείας (ΓΑ) είναι μια στρατηγική διαχείρισης που συγκεντρώνει, επεξεργάζεται και αναλύει χρονικά, χωρικά και μεμονωμένα δεδομένα και τα συνδυάζει με άλλες πληροφορίες για να υποστηρίξει τις αποφάσεις διαχείρισης σύμφωνα με την εκτιμώμενη μεταβλητότητα για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της χρήσης των πόρων, της παραγωγικότητας, της ποιότητας, της κερδοφορίας και της βιωσιμότητας της γεωργικής παραγωγής» (Αντωνόπουλος, 2023).

Ωστόσο, ένας άλλος περιεκτικός ορισμός της ΓΑ είναι «η εφαρμογή της σωστής εφαρμογής, στο σωστό μέρος τον σωστό χρόνο» (Φουντάς & Γέμτος, 2015).

Η ΓΑ μπορεί να εφαρμοστεί με διαφορετικό τρόπο μέσα στον ίδιο αγρό, καθώς μεταβάλλονται οι εδαφικές ιδιότητες χωρικά και χρονικά, βάσει παραλλακτικότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

3.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

- 1960: Η ΓΑ προέκυψε απ' το τρίτο κύμα εκμηχάνισης της γεωργίας
- 1960 – 1970: Ανάπτυξη νέων στατιστικών εργαλείων, της γεωστατιστικής, των ζωνών διαχείρισης και της δειγματοληψίας πλέγματος για να εφαρμοστεί Εφαρμογή Μεταβλητών Δόσεων (Variable Rate Application (VRA)) και να περιγράψει η παραλλακτικότητα του εδάφους.
- 1970 – 1980: Πρώτες εφαρμογές Παγκόσμιου Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης (Global Positioning System(GPS)) για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας
- 1984: Πρώτες εφαρμογές των χαρτών απόδοσης
- 1991: Πρώτες εφαρμογές Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (Geographic Information System (GIS))
- 1995: Πρώτες εφαρμογές Παγκόσμιου Δορυφορικού Συστήματος Πλοήγησης (Global Navigation Satellite Systems(GNSS)) με την ανάπτυξη των αισθητήρων εδάφους
- 1999 – 2000: Περαιτέρω εξέλιξη των αισθητήρων για την αντιμετώπιση περισσότερων καλλιεργητικών ζητημάτων
- 2005: Πρώτες εφαρμογές αυτοματοποιημένης πλοήγησης στον αγρό
- 2008: Πρώτες εφαρμογές των Επανδρωμένων ιπτάμενων οχημάτων (Unmanned aerial vehicles - UAVs)
- 2015: Πρώτες εφαρμογές ρομποτικών συστημάτων

- Σήμερα: Ανάπτυξη των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems – DSS) και των συστημάτων τηλεπισκόπησης εφαρμοσμένων σε UAVs, προκειμένου να συσχετιστούν οι δείκτες βλάστησης που εκτιμώνται με χαρακτηριστικά της καλλιέργειας (Pedersen & Lind, 2017) (Franzen & Mulla, 2016).

3.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

- Τέλη 1990: Αρχισε η εφαρμογή της ΓΑ
- 1996: Έγιναν οι πρώτες εφαρμογές από τον Louis van den Borne στις ΗΠΑ, με αισθητήρες μέτρησης της παραγωγής
- 1996 – 2000: Συνεχίστηκε η εφαρμογή του συστήματος στη Γαλλία, τη Βόρεια και Νότια Αμερική, την Ευρώπη και την Αυστραλία.
- 2001: Έγινε η πρώτη εφαρμογή στην Ελλάδα, σε καλλιέργεια βαμβακιού στην Καρδίτσα από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- 2003: Έγιναν οι πρώτες εφαρμογές τηλεπισκόπησης
- 2005: Ξεκίνησε η ευρεία εφαρμογή της ΓΑ σε καλλιέργειες με φρούτα στην Ελλάδα
- 2010: Έγιναν οι πρώτες εφαρμογές σε χειμερινά σιτηρά στην Ελλάδα
- Σήμερα: Εφαρμογή συστημάτων τηλεπισκόπησης σε UAVs στην Ελλάδα (Φουντάς & Γέμτος, 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ (Smart Farming Technology Types – SFTs)

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της γεωργίας ακριβείας βασίζεται στις ανάγκες των καλλιεργητών και έρχεται για να καλύψει το χάσμα που δημιουργεί η “έλλειψη” γνώσεων από πλευράς τους σχετικά με τα εδάφη τους. Η τεχνολογία υποστηρίζει την ανάλυση δεδομένων, την λήψη των βέλτιστων αποφάσεων. Στοχεύει στην εφαρμογή των νέων τεχνολογιών σε ευρεία κλίμακα (Brase, 2009).

Η ΓΑ οδηγεί την αγροτική παραγωγή από τη βιομηχανική εποχή στη «ψηφιακή εποχή». Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν:

4.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ [DATA ACQUISITION (DAQ) TECHNOLOGIES]

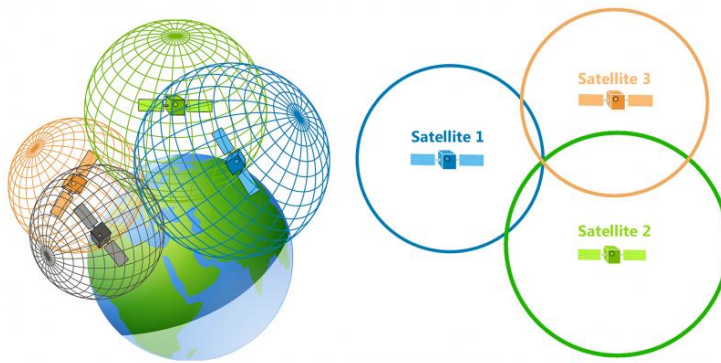
4.1.1 Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης(GPS).

Τα χωρικά δεδομένα που συλλέγονται από το GPS συσχετίζονται με μία συγκεκριμένη τοποθεσία ή μια ζώνη διαχείρισης στον αγρό και χρησιμοποιούνται στην χωρική ανάλυση (Brase, 2009). Η ΓΑ στηρίζεται στο GPS για να εξασφαλίσει την χωρική ακρίβεια δεδομένων

που η εφαρμογή VRA απαιτεί. Αποτελείται από σύνολο 31 δορυφόρων για τον υπολογισμό της γεωγραφικής θέσης (στίγμα) σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Προς αποφυγή του σφάλματος λανθασμένης τοποθέτησης των δεκτών GPS (ακρίβεια 1-10m), αλλά και για την λήψη ακριβέστερων δεδομένων χρησιμοποιείται το DGPS (βελτίωση ακρίβειας στα 0.3-1m). Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί επίγειους δέκτες. Για ακόμη πιο ακριβή δεδομένα χρησιμοποιείται Κινηματική Πραγματικού Χρόνου (Real-Time Kinematic (RTK GPS)(ακρίβεια εκατοστού) με χρήση 2 ασύρματων κεραιών, ένα κινητό δέκτη και ένα reference receiver. Για ευρύτερη κάλυψη των σημάτων γίνεται χρήση GNSS (Μουσέτη, 2021). Το GNSS αποτελείται από δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά στο διάστημα και μεταδίδουν χωρικά και χρονικά δεδομένα σε επίγειους δέκτες.

Ο προσδιορισμός της θέσης ενός σημείου προκύπτει από τη διαδικασία τριπλευρισμού (trilateration) σε συνέχεια τεσσάρων βημάτων:



Εικόνα 1: Ο τριπλευρισμός είναι η μέτρηση αποστάσεων. (Πηγή: (GISGeography, 2024))

- Εύρεση συγκεκριμένης θέσης του δορυφόρου
- Μέτρηση απόστασης από δορυφόρους
- Συγχρονισμός χρονισμού δέκτη – δορυφόρου
- Διόρθωση σφαλμάτων με τη χρήση ενός τέταρτου δορυφόρου λόγω καθυστερήσεων του σήματος (Τσιαντής, 2022).

4.1.2 Χαρτογράφηση

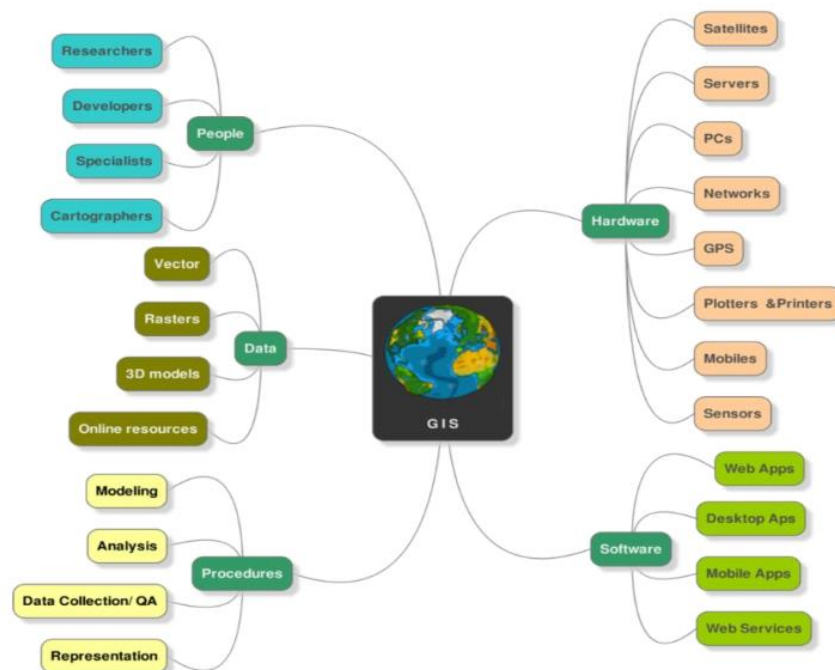
Ένας χάρτης θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν ένα μοντέλο μιας περιοχής. Με τη χαρτογράφηση του εδάφους και της παραγωγής διακρίνεται ποσοτικά και καταγράφεται η μεταβλητότητα στο αγροτεμάχιο, χωρικά και χρονικά. Η χρήση τους βασίζεται στο GPS, στις ζώνες διαχείρισης και στην υπόθεση ότι υπάρχει χωρική παραλλακτικότητα. Επιπλέον κρίνεται αναγκαία η σύνδεση της γεωδαισίας (geodesy) με τους χάρτες προκειμένου να γίνει

συσχέτιση της παραγωγής και του χώρου σε έναν χάρτη. Για τον προσδιορισμό δηλαδή του στίγματος σε έναν χάρτη είναι απαραίτητη η χρήση συστημάτων συντεταγμένων, των προβολών (projection) και της κλίμακας για την δημιουργία επίπεδων χαρτών. Για τη σύνδεση των δεδομένων τοποθεσίας σε ζώνες διαχείρισης χρησιμοποιείται η έννοια της χωρικότητας (Spatiality), (Brase, 2009).

4.1.3 Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS)

Το GIS είναι ένα λογισμικό όπου τα δεδομένα σχετίζονται βάσει της χωρικότητας. Ένα GIS λογισμικό θεωρείται ως ένας ψηφιακός χάρτης που αντλεί δεδομένα από μία βάση δεδομένων που αποτελείται από μη όμοια δεδομένα και τα αναλύει στατιστικά και χωρικά. Αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- «Ένα σύστημα εισαγωγής (data input) χωρικών δεδομένων: χάρτες, δορυφορικές εικόνες, πολυφασματικές φωτογραφίες
- Ένα σύστημα αποθήκευσης (data storage) και οργάνωσης βάσης δεδομένων
- Ένα σύστημα εμφάνισης δεδομένων (data output): αποτελέσματα ανάλυσης, πίνακες, χάρτες, σχήματα
- Ένα σύστημα ανάλυσης δεδομένων: υπολογισμός επιφανειών παραμέτρων, απομάκρυνση λαθών, γεωστατική ανάλυση
- Ένα σύστημα αλληλεπίδρασης (user interface) με τον χρήστη: μενού – εντολές μεταξύ χρήστη – προγράμματος» (Φουντάς & Γέμτος, 2015).

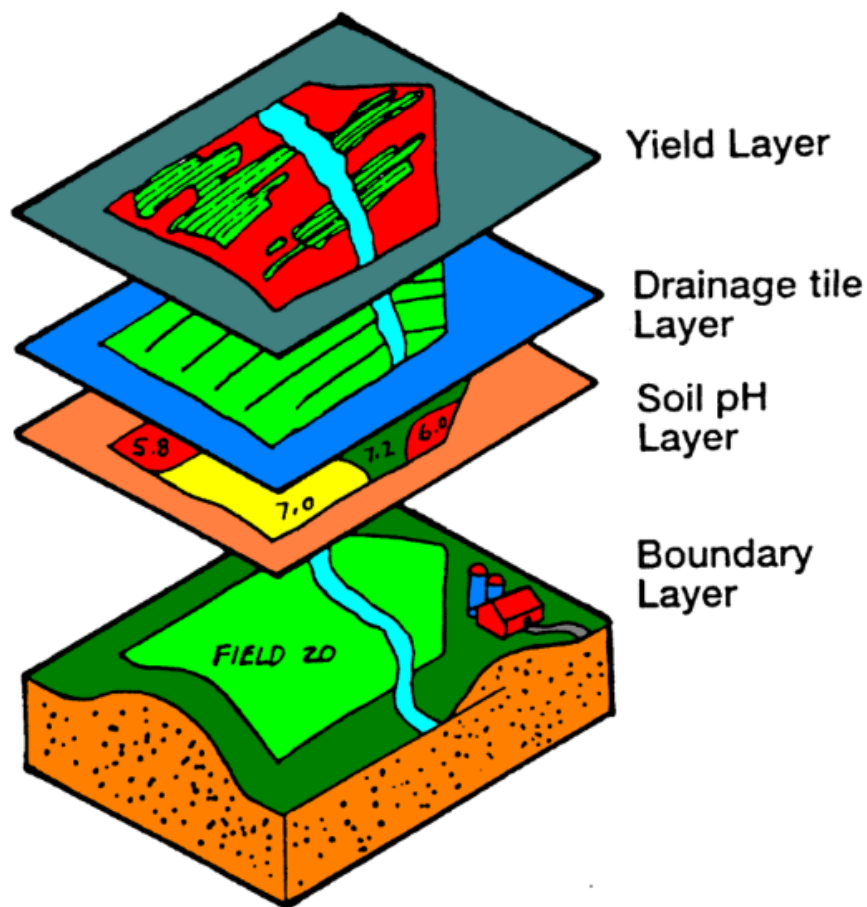


Εικόνα 2: Τα βασικά συστατικά από τα οποία αποτελείται ένα Γεωπληροφοριακό Σύστημα (GIS)(Πηγή: (Μουσέτη, 2021))

Σε ένα σύστημα GIS τα δεδομένα διακρίνονται:

- Σε στοιχεία που αποτελούν το συστατικό μέρος του χάρτη, δηλαδή τη συλλογή των επιπέδων του. Τα στοιχεία συνδυάζονται με άλλα στοιχεία και συντελούν έναν ψηφιακό χάρτη GIS. Προσφέρουν μια ολοκληρωμένη οπτική του αγρού.
- Σε βάση δεδομένων που αποτελεί ένα επίπεδο του χάρτη. Κάθε στοιχείο του χάρτη αντιστοιχεί σε ένα επίπεδο, αλλά ένα επίπεδο μπορεί να περιλαμβάνει πολλά στοιχεία. Εδώ κρίνεται απαραίτητη η χρήση GIS λογισμικού για την οργάνωση του όγκου των στοιχείων.

Παραδείγματα των παραπάνω δεδομένων είναι: θρεπτικά στοιχεία - pH εδάφους, τοπογραφία – ανύψωση, απόδοση παραγωγής και ζώνες διαχείρισης. Σε ένα λογισμικό GIS μπορούμε να συνδυάσουμε επίπεδα και βάσεις δεδομένων, για να εξάγουμε χωρικά δεδομένα και να συνδέσουμε μη-χωρικά σε διασυνδεδεμένες βάσεις δεδομένων μετατρέποντας τα σε χωρικά. Τα χωρικά δεδομένα μιας βάσης δεδομένων μορφοποιούνται ως ψηφιδωτά (raster) ή διανυσματικά (vector) και δημιουργούνται οι ζώνες διαχείρισης (Brase, 2009).



Εικόνα 3: Ένα σύστημα GIS μπορεί να απεικονίσει και να αναλύσει δεδομένα σε πολλά επίπεδα στον ίδιο (Πηγή: (Φουντάς & Γέμτος, 2015))

4.1.4 Αισθητήρες

Η ανάπτυξη αισθητήρων επέτρεψε την άμεση παρακολούθηση του αγρού. Βάσει των αναγκών χρησιμοποιούνται διαφορετικά είδη αισθητήρων. Με σκοπό τη χαρτογράφηση της παραγωγής χρησιμοποιούνται είτε αισθητήρες εγκατεστημένοι σε μηχανές συγκομιδής για τη μέτρηση της ροής του σπόρου και της υγρασίας (θεριζοαλωνιστικές και βαμβακοσυλλεκτικές μηχανές) είτε αισθητήρες σε συλλοκοπτικά και προϊόντα που δε συγκομίζονται μηχανικά.

Χρησιμοποιούνται επίσης αισθητήρες αξιολόγησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του σπόρου, αλλά και αισθητήρες αγρού. Ειδικότερα, όσον αφορά τους αισθητήρες αγρού, χρησιμοποιούνται αισθητήρες μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους με ή χωρίς επαφή με χρήση GPS για τον προσδιορισμό της θέσης της εκάστοτε μέτρησης και στόχο τη δημιουργία χαρτών ηλεκτρικής αγωγιμότητας και τον υπολογισμό απορροής των αλάτων. Χρησιμοποιούνται επίσης αισθητήρες φυτών και ζιζανίων και γίνεται η ανίχνευση των ζιζανίων, των ασθενειών και των εντόμων. Γίνεται χρήση αισθητήρων εδάφους (αισθητήρες περιβάλλοντος) και ειδικότερα:

- Αισθητήρες συστήματος διαχείρισης άρδευσης για την μέτρηση υγρασίας.
- Αισθητήρες λίπανσης με VRA, που αξιοποιούν τους αισθητήρες μέτρησης της ποσότητας αζώτου στο έδαφος.
- Ορατοί Αισθητήρες Φωτός(RGB) που εγκαθίστανται σε UAVs για την παρακολούθηση της βλάστησης και της καλλιέργειας στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης.
- Θερμικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στην τηλεπισκόπηση, αξιοποιώντας αισθητήρες μέτρησης της θερμοκρασίας του εδάφους, μετρώντας με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανακλάται από την καλλιέργεια για την αξιολόγηση της θρεπτική της κατάστασης.

Άλλοι αισθητήρες τηλεπισκόπησης που πραγματοποιούν μετρήσεις, είναι οι ενεργοί που εκπέμπουν ακτινοβολία (Ραδιόμετρο, Φασματικές κάμερες, Φασματικό ραδιόμετρο, Φασματόμετρο) και οι παθητικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούν την υπάρχουσα ακτινοβολία [RADAR (Radio Detection and Ranging), Σκατερόμετρο, Lidar (Light Detection and Ranging), Altitude laser] (Γκουτζιώτη, 2021), (PreAgri, 2022)

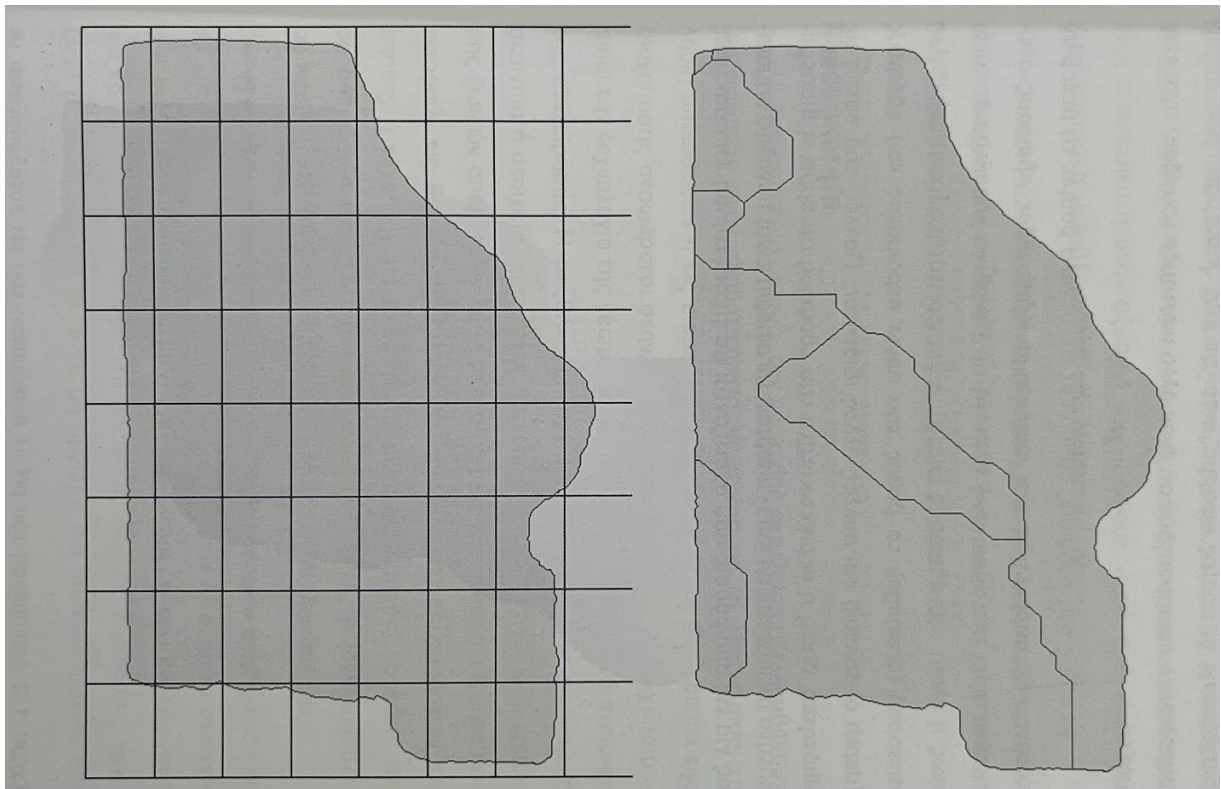
4.1.5 Τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκόπηση ποσοτικοποιεί ιδιότητες του εδάφους και της παραγωγής με UAV ή δορυφόρους σε απόσταση από τους στόχους-στόγματα (Μουσέτη, 2021). Τα UAVs γνωστά και ως drones, που φέρουν κάμερες υψηλής ανάλυσης και αισθητήρες εκτελούν πτήσεις πάνω από τις καλλιέργειες με σκοπό τη συλλογή δεδομένων. Τα UAV χρησιμοποιούνται επιλεκτικά,

όταν χρειάζεται, για τη λήψη αεροφωτογραφιών μεγαλύτερης ευκρίνειας σε αντίθεση με τους δορυφόρους, για χαρτογράφηση, την αξιολόγηση της υγείας των φυτών, την ανίχνευση ζιζανίων, για τον στοχευμένο ψεκασμό των καλλιεργειών με μικροψεκαστήρες και πειραματικά για επικοινωνία (Αντωνόπουλος, 2023).

4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ: ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Το κύριο σύστημα ανάλυσης δεδομένων είναι οι ζώνες διαχείρισης (management zones) με τις οποίες προσδιορίζουμε μία μικρή περιοχή του αγρού. Αυτοί οι υποτομείς είναι ένα πλέγμα από τετράγωνα που χωρίζουν αυθαίρετα το χωράφι (grid sampling) ή σειρές από ομοιογενείς περιοχές που διαφέρουν από τις όμορες περιοχές (soil type sampling) (Brase, 2009). Η διάκριση των ζωνών διαχείρισης επιτρέπει την εφαρμογή καλλιεργητικών επεμβάσεων με VRA για κάθε τμήμα του αγρού, ανάλογα με τις πραγματικές του ανάγκες (Φουντάς & Γέμτος, 2015).



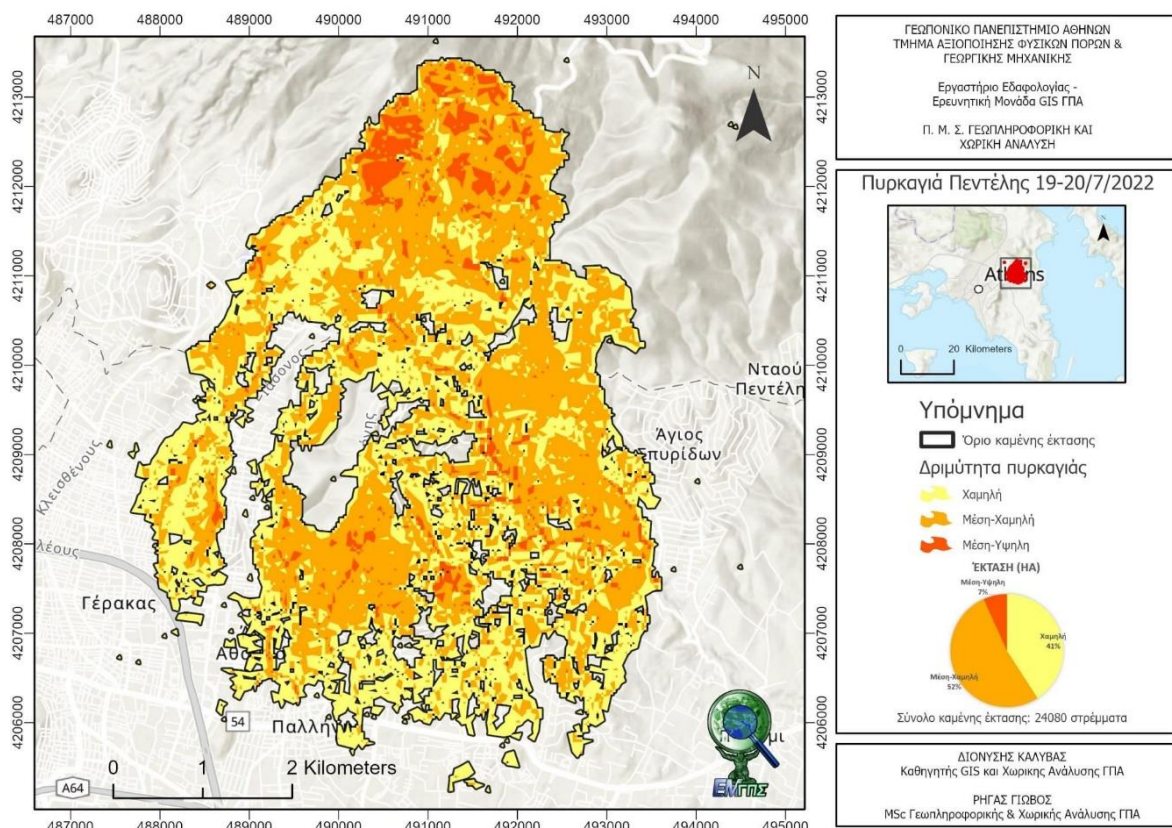
Εικόνα 4: Παραδείγματα υποτομέων αγροκτημάτων. Το αγρόκτημα στα αριστερά έχει χωριστεί σε πλέγματα, ενώ το αγρόκτημα στα δεξιά έχει χωριστεί με βάση τον τύπο του εδάφους. (Πηγή: (Brase, 2009))

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Παράδειγμα εφαρμογής ΓΑ έγινε σε ορυζώνα στη Χαλάστρα Χαλκιδικής. Την πρώτη χρονιά έγινε αναπλήρωση θρεπτικών συστατικών έπειτα από εντατική εκμετάλλευση χρόνων. Τη δεύτερη χρονιά υπήρξε κατά 16% αύξηση των αποδόσεων και συνολική μείωση του κόστους των εισροών κατά 20%, ήτοι περίπου 20.000 ευρώ. Πολύ σημαντική ήταν η μείωση των

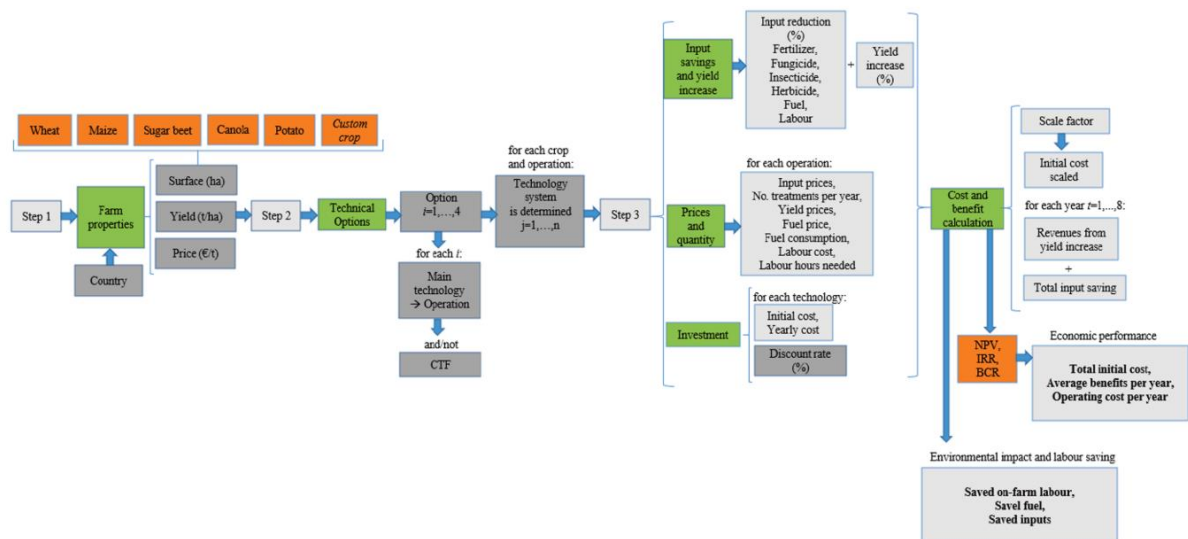
ωρών εργασίας και η βελτίωση της ποιότητας ζωής των αγροτών. Χαρακτηριστικό πλεονέκτημα της εφαρμογής είναι ότι παλαιότερα σε 800 στρέμματα εργάζονταν 4 άτομα, ενώ σήμερα σε 1300 στρέμματα μόλις 1.5 άτομο. Επίσης παλαιότερα γινόταν ράντισμα παντού και πολύ, ενώ σήμερα μέσω στοχευμένων παρεμβάσεων υπήρξε σημαντική βελτίωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Μία πρόσφατη εφαρμογή GIS με χρήση δορυφορικών εικόνων πραγματοποιήθηκε από την Ερευνητική Μονάδα GIS του ΓΠΑ με σκοπό την εκτίμηση της έντασης και της έκτασης της πυρκαγιάς στο Νταού Πεντέλης το 2022. Η χωρική χαρτογράφηση της καμένης περιοχής διευκόλυνε την εκτίμηση του μεγέθους της πυρκαγιάς και την πιθανότητα ως συνέπεια να ακολουθήσουν και άλλες φυσικές καταστροφές, όπως πλημμύρες, κατολισθήσεις και διάβρωση του εδάφους.



Εικόνα 5: Πεντέλη 2022-Εκτίμηση καμένης έκτασης και δριμύτητας πυρκαγιάς. (Πηγή: (Gis Aua, 2022))

Επίσης κρίνουμε σκόπιμο να αναφέρουμε μια σύγχρονη εφαρμογή PAMCoBA (<http://tool.pamcoba.eu/>) όπου οι παραγωγοί μέσω δύο απλών βημάτων μπορούν να ενημερωθούν άμεσα για τα οφέλη κερδοφορίας από την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών ΓΑ. Ξεκινούν με την εισαγωγή κάποιων στοιχείων για τον αγρό τους ανώνυμα : χώρα, καλλιέργεια και έκταση αυτής και τρέχουσα απόδοση. Σε δεύτερο βήμα οι παραγωγοί επιλέγουν ποιες εφαρμογές ΓΑ θέλουν να υιοθετήσουν. Ενώ, τέλος εξάγεται ένα ποσοστό οικονομικού όφελους που θα έχουν από τη χρήση αυτών (Medici, et al., 2021)



Εικόνα 6 Flowchart for benefit calculation of PAMCoBA web-tool. (Πηγή: (Medici, et al., 2021))

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΘΕΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ, ΕΜΠΟΔΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΧΡΗΣΕΩΣ SFTs

Η Γεωργία Ακριβείας μπορεί να θεωρηθεί μια κατεύθυνση προς τη διατήρηση του φυσικού κεφαλαίου, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να αυξήσει τη παραγωγικότητα της γεωργικής γης (Barnes, et al., 2019). Στοχεύει στη μεγιστοποίηση του κέρδους των γεωργικών επιχειρήσεων, μέσω της ορθολογικής χρήσης των εισροών, την αύξηση της παραγωγής και τη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Αποτέλεσμα, η επάρκεια των τροφίμων σ' έναν συνεχώς αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό. Η ορθολογική χρήση των εισροών θεωρείται αναπόφευκτη, καθώς υπάρχουν ανοδικές τάσεις στο κόστος της ενέργειας που συμπαράσχει και το κόστος των εισροών, δυσανάλογα με τις τιμές πώλησης των προϊόντων (Φουντάς & Γέμτος, 2015).

Η ορθολογικότερη χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και άρδευσης έχει άμεση βελτίωση στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα της γεωργίας σε πολλά επίπεδα. Όπως μείωση της εξάντλησης των φυσικών πόρων, της ενέργειας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ανόργανων λιπασμάτων, τη διατήρηση της ποιότητας του εδάφους, καθώς και μείωση των επιπτώσεων της αλόγιστης χρήσης τους στα οικοσυστήματα.

Με τη χρήση γεωπληροφοριακών συστημάτων, τα δεδομένα που εισάγονται με εντολή του χρήστη παρουσιάζονται άμεσα στους χάρτες. Έτσι, μπορεί να γίνει πρόβλεψη της παραγωγής, στοχευμένη και πιο αποτελεσματική χρήση των εισροών. Τα παραπάνω μπορεί να έχουν ως συνέπεια τη μείωση του κόστους και την αιφορία, την συγκομιδή βάσει των ποιοτικών προδιαγραφών που έχουν τεθεί, καθώς και την εξασφάλιση της ποιότητας σε ISO & HACCP (International Organization for Standardization και Hazard Analysis & Critical Control Point)

(Φουντάς & Γέμτος, 2015). Για την υιοθέτηση των SFTs κρίνεται απαραίτητη η σημαντική βελτίωση του χρόνου εργασίας και διαχείρισης με τη στοχευμένη χρήση αγροχημικών και θρεπτικών συστατικών (Barnes, et al., 2019).

Στην Ελλάδα διαπιστώνεται καθυστέρηση στην υιοθέτηση των SFTs. Αυτή οφείλεται στο μικρό μέγεθος πολλών γεωργικών εκμεταλλεύσεων, στον πολυκερματισμό των αγροτεμαχίων, στη προσκόλληση σε παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής και στις επιδοτήσεις. Πρόβλημα επίσης δημιουργεί η έλλειψη στατιστικών δεδομένων όσον αφορά την παραγωγή φρούτων και λαχανικών, κυρίως στον Ευρωπαϊκό Νότο (Φουντάς & Γέμτος, 2015), θέμα που τείνει να ξεπεραστεί χάρη στην προσπάθεια της επιστημονικής κοινότητας. Επίσης η εκπαίδευση στις νέες τεχνολογίες είναι πιο προσιτή στις νεότερες ηλικίες. Ωστόσο, καθώς ο μέσος όρος ηλικίας των αρχηγών των γεωργικών εκμεταλλεύσεων είναι υψηλός, δυσχεραίνει την υιοθέτηση των SFTs.

Σε έρευνα που δημοσιεύθηκε στο έγκριτο περιοδικό Science Direct οι (Barnes, et al., 2019) αναφέρουν τις διαφορές στην υιοθέτηση ή μη των SFTs και στην υιοθέτηση μόνο της χρήσης μηχανημάτων (Machine Guidance (MG)) ή και συνδυαστικής χρήσης με VRA. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις τεχνολογίες MG δεν απαιτούνται πρόσθετες δεξιότητες. Λόγου χάρη αυτοματοποιημένα συστήματα καθοδήγησης με τα οποία μειώνονται οι επικαλύψεις του εδάφους και αποφεύγονται τα κενά. Για τη χρήση τους χρειάζεται δείκτης GNSS και μια ράβδος φωτός ή οθόνη για την κατεύθυνση καθοδήγησης ή το πιο εξελιγμένο σύστημα αυτόματης καθοδήγησης συνδεδεμένο στο υδραυλικό σύστημα του γεωργικού ελκυστήρα. Για το στάδιο της λήψης αποφάσεων όμως, απαιτούνται περεταίρω επενδύσεις στην εξειδίκευση των παραγωγών στη χρήση των απαραίτητων λογισμικών, και πρόσθετο κόστος απόκτησης τους.

Οι (Barnes, et al., 2019) από προηγούμενες έρευνες, μεταξύ άλλων, αναφέρουν τα εξής:

- Η εκπαίδευση και η εξειδίκευση των νεότερων ηλικιών τείνει να αυξάνει τις πιθανότητες υιοθέτησης των νέων τεχνολογιών.
- Σε περιοχές που το κόστος εργασίας είναι αρκετά υψηλό, η γη θα πρέπει να είναι λιγότερο κοστοβόρα με σκοπό την αντιστάθμιση του κόστους για την υιοθέτηση των SFTs.
- Η προϋπάρχουσα οικονομική κερδοφορία προκαλεί ανησυχία για αλλαγή των γεωργικών πρακτικών.
- Η διαπίστωση κενών ως προς την εκτίμηση των αποδόσεων, που προκαλεί αδυναμία οικονομικής αξιολόγησης αυτών των τεχνολογιών, μειώνει τα επίπεδα εμπιστοσύνης των αγροτών και τις πιθανότητες για την υιοθέτηση των SFTs.

Οι (Barnes, et al., 2019) στη δική τους έρευνα συμπεραίνουν τα εξής:

- Το μέγεθος της εκμετάλλευσης έχει οριακά θετική συσχέτιση με την υιοθέτηση των SFTs.
- Η ηλικία έχει αρνητική συσχέτιση ως προς τη χρήση μόνο MG.
- Το εισόδημα έχει αυξημένη θετική συσχέτιση ως προς την ενσωμάτωση των SFTs.
- Ο λόγος αρόσιμης γης προς συνολική γη, έχει επίσης θετική συσχέτιση.
- Η χρήση εξωτερικών συμβούλων έχει εξαιρετικά θετική επίδραση στην αντίληψη της χρησιμότητας και στην ανάγκη υιοθέτησης των SFTs, καθώς και ότι οι παρεμβάσεις πληροφόρησης μπορεί να είναι πιο επιτυχημένες σε σύγκριση με της δημοσιονομικές παρεμβάσεις.
- Η υιοθέτηση τεχνολογιών VRA μπορεί να έρθει σε αντίθεση με την προϋπάρχουσα γνώση του αγρότη για τη γη του, γεγονός που εγείρει ζητήματα αμφισβήτησης των SFTs.
- Όταν η γεωργική επιχείρηση έχει μεγαλύτερο οικονομικό μέγεθος, είναι πιο πιθανή η ανάληψη του κινδύνου από την υιοθέτηση των SFTs και του υψηλού κόστους τους.
- Οι επιδοτήσεις, έμμεσα, αντισταθμίζουν τον κίνδυνο υιοθέτησης των νέων τεχνολογιών, και η μείωση τους θα μπορούσε να αποτελέσει αντிகίνητρο.

Οι συμμετέχοντες της έρευνας αναφέρουν ως πιο σημαντικά κίνητρα με φθίνουσα σειρά τα άμεσα οικονομικά κίνητρα, τη βεβαιότητα θετικών οικονομικών αποδόσεων, τις φοροαπαλλαγές και την εμπιστοσύνη για την αύξηση των αποδόσεων.

Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η χρήση των SFTs αυξάνει την αποδοτικότητα των πόρων όταν τα δημόσια αγαθά προστατεύονται. Παράλληλα, υπάρχει έλλειψη στοιχείων που να αποδεικνύει ότι μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς θα μπορούσε να αυξήσει την χρήση των εισροών μέσω της περεταίρω εντατικοποίησης της παραγωγής, και θα μπορούσε να οδηγήσει σε ακούσια εξάντληση πόρων (Barnes, et al., 2019).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έπειτα από την μεθοδολογία της βιβλιογραφικής ανασκόπησης συμπεραίνουμε ότι η μέθοδος της Γεωργίας Ακριβείας και ειδικότερα VRA, δύναται να επιφέρει σημαντική μείωση της χρήσης των εισροών (λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, νερού, εργασίας, ενεργειακού κόστους), με παράλληλη αύξηση των αποδόσεων και συνεπώς αύξηση της επάρκειας σε τροφή. Τα παραπάνω αποτελούν σημαντικό βήμα προς την ενίσχυσή της αποτελεσματικότητας των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και συνεπώς βελτίωση της ανταγωνιστικότητας τους, μέσω της ΓΑ, έναντι άλλων γεωργικών συστημάτων. Επιπροσθέτως, δύναται να προκαλέσει λιγότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις και λιγότερη υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους έναντι

της χρήσης συμβατικών μεθόδων καλλιέργειας. Η ΓΑ αποτελεί μια πρακτική φιλικότερη προς τα οικοσυστήματα που αυξάνει την αειφορία και τη βιωσιμότητα.

Ωστόσο, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι συνεχίζεται η χρήση χημικών ανόργανων λιπασμάτων που συνεπάγεται τεράστιο ενεργειακό κόστος για την εξόρυξη των φυσικών αυτών πόρων. Η υπερεκμετάλλευση αυτών, σε περίπτωση εντατικοποίησης, μπορεί να οδηγήσει σε ακούσια εξάντληση των πόρων, όπως αναφέρουν και οι (Barnes, et al., 2019).

Τέλος, υπάρχουν προοπτικές περαιτέρω εξέλιξης των τεχνολογιών, όπως συστημάτων DSS, τηλεπισκόπησης εφαρμοσμένων σε UAVs και πειραματικών ρομποτικών συστημάτων που βασίζονται στη τηλεπισκόπηση. Επισημαίνουμε επίσης την ανάγκη συνέχισης των ερευνών για την κάλυψη των κενών που αντιμετωπίσαμε λόγω της έλλειψης δεδομένων και στατιστικών στοιχείων, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για το σκοπό της ευρύτερης εφαρμογής του συστήματος της Γεωργίας Ακριβείας και για την επικαιροποιημένη πληροφόρηση των παραγωγών για τα οφέλη από τη χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών και τα οφέλη από τη βελτίωση των αποδόσεων μέσω της χρήσης των VRA εφαρμογών της ΓΑ.

Βιβλιογραφία

- Barnes, A.P., Soto, I., Eory, V., Beck, B., Balafoutis, A., Sanchez, B., Vangeyte, J., Fountas, S., Van der Walm, T. & Bardero, G., (2019). Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. *Land Use Policy*, Science Direct, pp. 80, 163-174.
- Brase, T., (2009). Γεωργία Ακριβείας. Εκδόσεις Έμβρυο, pp. 23-31, 42, 43, 87-145.
- Franzen, D. & Mulla, D., (2016). A History of Precision Agriculture. In: Zhang, Q. (Eds.), *Precision agriculture technology for crop farming*, Taylor & Francis Group, pp. 1-13.
- Gis Aua, 2022. (2022). [Ηλεκτρονικό] Available at: https://www.facebook.com/people/Gis-Aua/100009241495073/?paipv=0&eav=AfaoWrrkSWQ9cULkHuoq0VVa6dN7uNfyQ8KTdyzJ3hRGQwAtoSFIMA0K3LyAG3NSLpo&_rdr
- GISGeography. (2024). [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://gisgeography.com/trilateration-triangulation-gps/>
- Medici, M., Pedersen, S.M., Canavari, M., Anken, T., Stamatelopoulos, P., Tsiropoulos, Z., Zotos, A., Tohidloo, G., (2021). A web-tool for calculating the economic performance of precision agriculture technology. *Computers and electronics in Agriculture*, ScienceDirect, pp. 1-5.
- Pedersen, S. & Lind, K., (2017). Precision Agriculture – From Mapping to SiteSpecific Application. In: Pedersen, S.M. & Lind, K. (Eds), *Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives*, Springer International Publishing, pp. 23, 44, 47.
- PreAgri, (2022). Ανάπτυξη Νέων Δεξιοτήτων στη Γεωργία Ακριβείας. pp. 69-74.
- Αντωνόπουλος, Δ., (2023). Γεωργία Ακριβείας & Μηχανική Μάθηση. Πτυχιακή μελέτη. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. pp. 15, 38-39.
- Γιδαράκου, Ι., (2016). Η γεωργία από τον 2ο παγκόσμιο πόλεμο ως σήμερα - Η τρίτη γεωργική επανάσταση. Γεωργία και γεωργικά συστήματα στον κόσμο. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη, pp. 70.
- Γκουτζιώτη, Φ., (2021). Ανάπτυξη Δικτύου LORAWAN για τη Γεωργία Ακριβείας. Πτυχιακή μελέτη. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. pp. 41-44.
- Μαζουαγέ, Μ. & Ρουντάρ, Λ., (2005). Γεωργία και ιστορία. Ιστορία των γεωργιών του κόσμου. Από τη νεολιθική εποχή στη σύγχρονη κρίση, Αθήνα: Έξαντας, pp. 81 - 84.
- Μουσέτη, Σ., (2021). Μεταπτυχιακή μελέτη. Ανάπτυξη ενός πρωτότυπου συστήματος μεταβλητής λίπανσης σε μαρούλια. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. pp. 18-25.
- Τσιαντής, Γ., (2022). Μεταπτυχιακή μελέτη. Χρηματοοικονομική ανάλυση και αποτίμηση επένδυσης για εταιρεία με εξοπλισμό ΣμηΕΑ για εφαρμογή τεχνολογιών Γεωργίας Ακριβείας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. pp. 11, 18-19.
- Φουντάς, Σ. & Γέμτος, Θ., (2015). Γεωργία ακριβείας. Kallipos, Open Academic Editions. pp. 8-11, 16-23, 191, 198, 220-221, 254.