



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές
Τεχνολογίες»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	(Ελληνικά) " Έξυπνη Γεωργία: Ολοκληρωμένη Προσέγγιση, Οφέλη, Βιωσιμότητα, Προκλήσεις Προσαρμογής και Τεχνολογική Εξέλιξη" (Αγγλικά) " Smart Agriculture: Integrated Approach, Benefits, Sustainability, Adaptation Challenges, and Technological Evolution"
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	ΡΟΖΑ ΤΖΙΜΑ
Πατρώνυμο	ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
Αριθμός Μητρώου	ΨΠΟΛ/ 19059
Επιβλέπων	Δρ. Σκόνδρας Εμμανουήλ, Διδάσκων ΠΙΜΣ

Ημερομηνία Παράδοσης **Μήνας Δεκέμβριος Έτος 2024**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

Δρ. Σκόνδρας Εμμανουήλ
Διδάσκων ΠΜΣ

(υπογραφή)

Δημήτριος Δ. Βέργαδος
Καθηγητής

(υπογραφή)

Δημήτριος Ι. Βέργαδος
Διδάσκων ΠΜΣ

ΤΙΤΛΟΣ:**" Έξυπνη Γεωργία: Ολοκληρωμένη Προσέγγιση, Οφέλη, Προκλήσεις Προσαρμογής, Τεχνολογική Εξέλιξη & Ανάπτυξη Αρχιτεκτονικής Εφαρμογής "****ABSTRACT****Περίληψη (Ελληνικά)**

1. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση και εφαρμογή της Έξυπνης Γεωργίας, μια τεχνολογικά εξελιγμένη προσέγγιση που αξιοποιεί τη Γεωργία 4.0 για την αύξηση της παραγωγικότητας και της βιωσιμότητας στις γεωργικές δραστηριότητες. Η έρευνα εξετάζει τις κύριες τεχνολογίες που ενσωματώνονται στην Έξυπνη Γεωργία, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), την τεχνητή νοημοσύνη (AI), τους αισθητήρες, τα drones, και τη ρομποτική, οι οποίες συμβάλλουν στη βελτίωση των γεωργικών πρακτικών, την ανάλυση δεδομένων και την πρόβλεψη της παραγωγής. Επίσης, εξετάζεται η αλυσίδα αξίας και η διαχείριση των προϊόντων μέσω της χρήσης blockchain και άλλων καινοτομιών που ενισχύουν τη διαφάνεια και την ιχνηλασιμότητα. Η εργασία περιλαμβάνει μια αναλυτική παρουσίαση των οικονομικών και περιβαλλοντικών ωφελειών της Έξυπνης Γεωργίας, τόσο σε διεθνές επίπεδο όσο και στον ελληνικό χώρο, προσδιορίζοντας τις περιοχές όπου έχει εφαρμοστεί, καθώς και τις προκλήσεις που παραμένουν για την πλήρη ενσωμάτωσή της. Επιπλέον, αναλύεται η σημασία της Έξυπνης Γεωργίας σε κρίσιμες καταστάσεις, όπως πολεμικές συρράξεις, και το πώς μπορεί να συμβάλει στην αυτάρκεια και τη βιωσιμότητα των γεωργικών προϊόντων. Τέλος, παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική μιας εφαρμογής για κινητά που υποστηρίζει τις διαδικασίες της Έξυπνης Γεωργίας, προσφέροντας εργαλεία για την αυτοματοποίηση της συγκομιδής και του ψεκασμού, την παρακολούθηση δεδομένων και τη διαχείριση IoT συσκευών.

Abstract (English)

This thesis focuses on the analysis and application of Smart Agriculture, a technologically advanced approach that utilizes Agriculture 4.0 to increase productivity and sustainability in farming activities. The research examines the main technologies integrated into Smart Agriculture, such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), sensors, drones, and robotics, which contribute to improving farming practices, data analysis, and production forecasting. The study also explores the value chain and product management through the use of blockchain and other innovations that enhance transparency and traceability. It provides an in-depth presentation of the economic and environmental benefits of Smart Agriculture, both globally and within the Greek context, identifying the regions where it has been applied and the challenges that remain for its full integration. Additionally, the importance of Smart Agriculture in critical situations, such as war conflicts, is discussed, along with how it can contribute to self-sufficiency and the sustainability of agricultural products. Finally, the thesis presents the architecture of a mobile application that supports Smart Agriculture processes, offering tools for automating harvesting and spraying, monitoring data, and managing IoT devices.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωργία, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, αποτέλεσε τον ακρογωνιαίο λίθο της ανθρώπινης ανάπτυξης, καθώς διαμορφώνει την οικονομία και την κοινωνία σε παγκόσμιο επίπεδο. Καθώς οι προκλήσεις αυξάνονται λόγω κλιματικής αλλαγής, δημογραφικής αύξησης και περιορισμένων φυσικών πόρων, η ανάγκη για καινοτόμες λύσεις στον αγροτικό τομέα είναι πιο επιτακτική από ποτέ. Σε αυτό το πλαίσιο, η Γεωργία 4.0 και η Έξυπνη Γεωργία αποτελούν κομβικά εργαλεία για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, ενσωματώνοντας την τεχνολογία σε κάθε φάση της γεωργικής παραγωγής.

Η Έξυπνη Γεωργία στηρίζεται σε τεχνολογικές εξελίξεις όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), την Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), τη ρομποτική, τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη (drones), και τη γεωργία ακριβείας. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν τη βελτιωμένη παρακολούθηση και ανάλυση των καλλιεργειών, τη μείωση του κόστους παραγωγής και την αύξηση της αποδοτικότητας. Στην παρούσα εργασία, θα διερευνηθούν οι σημαντικότερες τεχνολογίες που συνθέτουν την Έξυπνη Γεωργία και ο ρόλος τους στην αγροτική παραγωγή.

Πέρα από τις τεχνολογικές πτυχές, η εργασία εξετάζει την αλυσίδα αξίας και τη διαχείριση των γεωργικών προϊόντων μέσω καινοτομιών όπως το blockchain. Η διαφάνεια και η ιχνηλασιμότητα των προϊόντων είναι κρίσιμες στη σημερινή παγκόσμια αγορά, και η χρήση του blockchain στην αγροτική αλυσίδα εφοδιασμού ενισχύει την ασφάλεια και την αξιοπιστία των γεωργικών προϊόντων.

Επίσης, θα αναλυθεί η σύνδεση της Έξυπνης Γεωργίας με τα κριτήρια ESG (Environmental, Social, Governance), μια τάση που κερδίζει έδαφος καθώς οι επιχειρήσεις και οι κυβερνήσεις στρέφονται σε πιο βιώσιμα μοντέλα ανάπτυξης. Οι δείκτες ESG αποτελούν πλέον σημαντικό στοιχείο για την αξιολόγηση της απόδοσης των αγροτικών επιχειρήσεων, αναδεικνύοντας την περιβαλλοντική, κοινωνική, και διακυβερνητική ευθύνη.

Ακόμη, η εργασία θα επικεντρωθεί στη χρήση της Έξυπνης Γεωργίας στον ελλαδικό χώρο, εξετάζοντας τις περιοχές που έχουν υιοθετήσει αυτές τις πρακτικές, τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι αγρότες, και τα προγράμματα χρηματοδότησης και υποστήριξης που είναι διαθέσιμα. Παράλληλα, θα εξεταστούν οι περιπτώσεις όπου η Έξυπνη Γεωργία δεν έχει ακόμα εφαρμοστεί και οι δυσκολίες που περιορίζουν την υιοθέτησή της.

Τέλος, στο πλαίσιο της αρχιτεκτονικής της εφαρμογής που αναπτύχθηκε, θα παρουσιαστούν οι τεχνικές πτυχές ενός συστήματος που βασίζεται στο IoT και υποστηρίζει τους αγρότες στην αυτοματοποίηση διαδικασιών όπως η συγκομιδή και ο ψεκασμός. Μέσω της ανάλυσης της αρχιτεκτονικής της εφαρμογής, θα φανεί πώς η τεχνολογία αυτή μπορεί να συμβάλλει στην ενίσχυση της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας στον αγροτικό τομέα.

Συνολικά, η παρούσα εργασία φιλοδοξεί να παρέχει μια σφαιρική εικόνα της τεχνολογικής μετάβασης στη σύγχρονη γεωργία και να αναδείξει τις δυνατότητες και τα οφέλη που απορρέουν από την εφαρμογή της Έξυπνης Γεωργίας τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και στην Ελλάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΑ:

1. Εισαγωγή στη Γεωργία 4.0 και Έξυπνη Γεωργία
 - 1.1 Ορισμός και επισκόπηση της έξυπνης γεωργίας
 - 1.2 Ιστορική αναδρομή από τη Γεωργία 1.0 έως 4.0
 - 1.3 Σημασία της έξυπνης γεωργίας για τη βιώσιμη ανάπτυξη

2. Βασικές Τεχνολογίες στην Έξυπνη Γεωργία
 - 2.1 Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και αισθητήρες: Ρόλος και παραδείγματα χρήσης
 - 2.2 Τεχνητή νοημοσύνη (AI) και μηχανική μάθηση
 - 2.3 Ρομποτική και αυτοματισμοί στη γεωργία
 - 2.4 Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (UAVs) και γεωργία ακριβείας
 - 2.5 Τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας (GPS, GIS, τηλεπισκόπηση)

3. Εφαρμογές της Έξυπνης Γεωργίας
 - 3.1 Γεωργία ακριβείας
 - 3.2 Διαχείριση καλλιεργειών με βάση την τοποθεσία
 - 3.3 Αυτοματοποιημένη άρδευση και διαχείριση νερού
 - 3.4 Παρακολούθηση της υγρασίας και της ποιότητας του νερού

4. Οικονομικά και Περιβαλλοντικά Οφέλη της Έξυπνης Γεωργίας
 - 4.1 Οικονομική Ανάπτυξη από τη Γεωργία 1.0 έως 4.0
 - 4.1.1 Γεωργία 1.0: Παραδοσιακή γεωργία
 - 4.1.2 Γεωργία 2.0: Βιομηχανική γεωργία
 - 4.1.3 Γεωργία 3.0: Πράσινη Επανάσταση
 - 4.1.4 Γεωργία 4.0: Έξυπνη γεωργία και τεχνολογίες ακριβείας
 - 4.2 Περιβαλλοντικά οφέλη της έξυπνης γεωργίας
 - 4.3 Κόστος και επενδύσεις στη μετάβαση προς την έξυπνη γεωργία

5. Αλυσίδα Αξίας και Διαχείριση Προϊόντων στην Έξυπνη Γεωργία

- 5.1 Αισθητήρες και παρακολούθηση δεδομένων
- 5.2 Blockchain και παρακολούθηση της αλυσίδας εφοδιασμού
- 5.3 Έξυπνη συσκευασία και καινοτομίες στη διακίνηση προϊόντων

- 6. ESG και η Σύνδεσή του με τη Γεωργία 4.0
 - 6.1 Τι είναι το ESG
 - 6.1.1 Περιβαλλοντική Διάσταση (Environmental)
 - 6.1.2 Κοινωνική Διάσταση (Social)
 - 6.1.3 Διάσταση Διακυβέρνησης (Governance)
 - 6.2 Η Σχέση του ESG με τη Γεωργία 4.0
 - 6.2.1 Περιβαλλοντική Διάσταση και Γεωργία 4.0
 - 6.2.2 Κοινωνική Διάσταση και Γεωργία 4.0
 - 6.2.3 Διάσταση Διακυβέρνησης και Γεωργία 4.0
 - 6.3 Δείκτες ESG στη Γεωργία 4.0
 - 6.3.1 Περιβαλλοντικοί Δείκτες (E)
 - 6.3.2 Κοινωνικοί Δείκτες (S)
 - 6.3.3 Δείκτες Διακυβέρνησης (G)
 - 6.4 Υπέρ και Κατά της Εφαρμογής του ESG στη Γεωργία 4.0
 - 6.4.1 Υπέρ της Εφαρμογής
 - 6.4.2 Κατά της Εφαρμογής

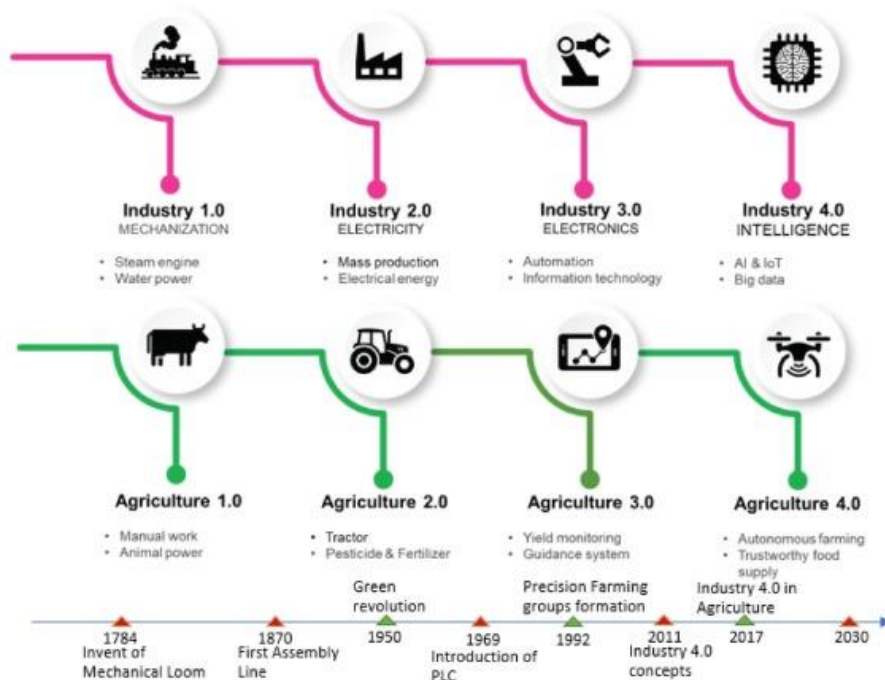
- 7. Χρήση της Έξυπνης Γεωργίας στον Ελληνικό Χώρο
 - 7.1 Περιοχές όπου εφαρμόζεται η έξυπνη γεωργία
 - 7.2 Περιοχές όπου δεν εφαρμόζεται: Προκλήσεις και δυσκολίες
 - 7.3 Προγράμματα υποστήριξης και χρηματοδότησης
 - 7.4 Εκπαίδευση και ενημέρωση των αγροτών
 - 7.5 Υπέρ και κατά της εφαρμογής στην Ελλάδα

- 8 Η Σημασία της Γεωργίας σε Περίπτωση Πολέμου και ο Ρόλος της Έξυπνης Γεωργίας
 - 8.1 Ιστορική Σημασία της Γεωργίας σε Περίοδο Πολέμου
 - 8.2 Ο Ρόλος της Έξυπνης Γεωργίας σε Κρίσιμες Καταστάσεις
 - 8.3 Βιωσιμότητα και Αυτάρκεια μέσω Έξυπνων Λύσεων Γεωργίας

- 9 Αρχιτεκτονική της Εφαρμογής για Έξυπνη Γεωργία
 - 9.1 Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική της Εφαρμογής

- 9.2 Διαχείριση Χρηστών και Συσκευών μέσω Κινητής Εφαρμογής
- 9.3 Λειτουργίες Σύνδεσης (Login)
- 9.4 Παρακολούθηση Δεδομένων και Αισθητήρων
- 9.5 Έλεγχος Κατάστασης Συσκευών IoT
- 9.6 Προγραμματισμός Έξυπνου Ψεκασμού
- 9.7 Προγραμματισμός Έξυπνης Συγκομιδής
- 9.8 Συλλογή και Ανάλυση Δεδομένων Αισθητήρων
- 9.9 Καταχώρηση Νέων Χρηστών
- 9.10 Εγγραφή Νέων Συσκευών IoT
- 9.11 Διαμόρφωση Συσκευών IoT
- 9.12 Καταχώρηση Νέων Έξυπνων Συσκευών Ψεκασμού
- 9.13 Διαμόρφωση Έξυπνων Συσκευών Ψεκασμού
- 9.14 Καταχώρηση Νέων Έξυπνων Συσκευών Συγκομιδής
- 9.15 Διαμόρφωση Έξυπνων Συσκευών Συγκομιδής

1. ΞΕΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ



Εξέλιξη της Βιομηχανίας και της Γεωργίας από την 1.0 έως την 4.0

Η **Έξυπνη Γεωργία** (Smart Agriculture), γνωστή επίσης ως **Γεωργία 4.0**, αναφέρεται στη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών που βοηθούν τους αγρότες να βελτιστοποιήσουν την παραγωγικότητά τους, να διαχειριστούν καλύτερα τους πόρους τους και να ελαχιστοποιήσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η έξυπνη γεωργία συνδυάζει τεχνολογίες όπως το **Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)**, η **Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)**, και η **γεωργία ακριβείας**, που παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για τις συνθήκες καλλιέργειας, επιτρέποντας έτσι πιο ακριβή λήψη αποφάσεων.

Σε ένα περιβάλλον αυξημένων προκλήσεων για τη γεωργία, όπως η κλιματική αλλαγή και η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, η έξυπνη γεωργία αναδεικνύεται ως βασικός παράγοντας για την **παραγωγή περισσότερης τροφής με μικρότερους πόρους** και με ταυτόχρονη **προστασία του περιβάλλοντος**.

1.1 Ορισμός και επισκόπηση της έξυπνης γεωργίας

Η **Έξυπνη Γεωργία** είναι η εφαρμογή ψηφιακών τεχνολογιών, όπως το IoT, τα drones, η τηλεπισκόπηση, τα συστήματα γεωργίας ακριβείας και οι αυτοματοποιημένοι αισθητήρες, για την **παρακολούθηση, ανάλυση και διαχείριση της παραγωγής** γεωργικών προϊόντων. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν τη **συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο** και παρέχουν στους αγρότες τη δυνατότητα να κάνουν ακριβέστερες και ταχύτερες αποφάσεις σε ό,τι αφορά την παραγωγή τους.

Ο ορισμός της έξυπνης γεωργίας βασίζεται σε τρεις βασικούς άξονες:

- **Αυτόματη παρακολούθηση και έλεγχος:** Η έξυπνη γεωργία επιτρέπει στους αγρότες να παρακολουθούν και να ελέγχουν παραμέτρους όπως η υγρασία του εδάφους, η θερμοκρασία, και οι συνθήκες άρδευσης μέσω αισθητήρων και συστημάτων παρακολούθησης.
- **Δεδομένα σε πραγματικό χρόνο:** Οι αισθητήρες, οι δορυφόροι, και τα drones συλλέγουν δεδομένα για τις καλλιέργειες και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τα οποία οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να προβλέψουν τις ανάγκες άρδευσης, λίπανσης ή φυτοπροστασίας.
- **Ανάλυση και πρόβλεψη:** Μέσω της ανάλυσης των δεδομένων που συλλέγονται, οι αγρότες μπορούν να προβλέψουν τα προβλήματα και να βελτιστοποιήσουν τη διαχείριση των πόρων τους.

Όπως αναφέρει ο **Blok και Gremmen (2018)**, η έξυπνη γεωργία δεν περιορίζεται μόνο στη χρήση τεχνολογίας, αλλά περιλαμβάνει την **ολοκληρωμένη διαχείριση όλων των παραγωγικών διαδικασιών**, διασφαλίζοντας τη βιωσιμότητα της γεωργίας μακροπρόθεσμα.

1.2 Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη από την παραδοσιακή γεωργία στην έξυπνη γεωργία

Η εξέλιξη της γεωργίας μέσα στους αιώνες αποτελεί μια συνεχόμενη διαδικασία προσαρμογής και βελτίωσης των πρακτικών παραγωγής. Η μετάβαση από τη **Γεωργία 1.0** (παραδοσιακή γεωργία) στη

Γεωργία 4.0 (έξυπνη γεωργία) σηματοδοτεί τη ριζική αλλαγή στον τρόπο που οι αγρότες προσεγγίζουν την παραγωγή.

Γεωργία 1.0: Παραδοσιακή γεωργία

Η παραδοσιακή γεωργία, που κυριάρχησε για χιλιάδες χρόνια έως τον 19ο αιώνα, βασιζόταν σε απλές, χειροκίνητες μεθόδους καλλιέργειας. Η παραγωγικότητα ήταν περιορισμένη, και οι καλλιέργειες εξαρτιόνταν σχεδόν αποκλειστικά από τις καιρικές συνθήκες και την ανθρώπινη εργασία (**González-Salazar, 2020**). Χωρίς την υποστήριξη τεχνολογικών μέσων, οι αποδόσεις ήταν χαμηλές, και υπήρχε μεγάλη αβεβαιότητα στην παραγωγή.

Γεωργία 2.0: Βιομηχανική επανάσταση

Στα τέλη του 19ου αιώνα και στις αρχές του 20ού αιώνα, η γεωργία επηρεάστηκε από την **Βιομηχανική Επανάσταση**, η οποία έφερε μηχανοποίηση και τεχνολογική πρόοδο. Η χρήση μηχανών, όπως τα **τρακτέρ** και οι **θεριζοαλωνιστικές**, επέτρεψε στους αγρότες να αυξήσουν σημαντικά την παραγωγικότητά τους. Η αλλαγή αυτή μείωσε το κόστος της εργασίας και βελτίωσε την αποδοτικότητα (**USDA, 2019**). Η **μηχανοποίηση** έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην αύξηση της κερδοφορίας και έβαλε τα θεμέλια για την περαιτέρω εξέλιξη της γεωργίας.

Γεωργία 3.0: Πράσινη επανάσταση

Η επόμενη μεγάλη εξέλιξη ήρθε στα μέσα του 20ού αιώνα με την **Πράσινη Επανάσταση**, η οποία συνδέθηκε με την εισαγωγή χημικών λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και τη χρήση γενετικά βελτιωμένων σπόρων. Αυτή η φάση της γεωργίας συνέβαλε στην αύξηση της παραγωγικότητας, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ωστόσο, η υπερβολική εξάρτηση από χημικά και η υπερεκμετάλλευση του εδάφους δημιούργησαν περιβαλλοντικά προβλήματα, ενώ οι μικροί αγρότες βρέθηκαν αντιμέτωποι με οικονομικές προκλήσεις λόγω του αυξημένου κόστους των εισροών (**FAO, 2020**).

Γεωργία 4.0: Έξυπνη γεωργία

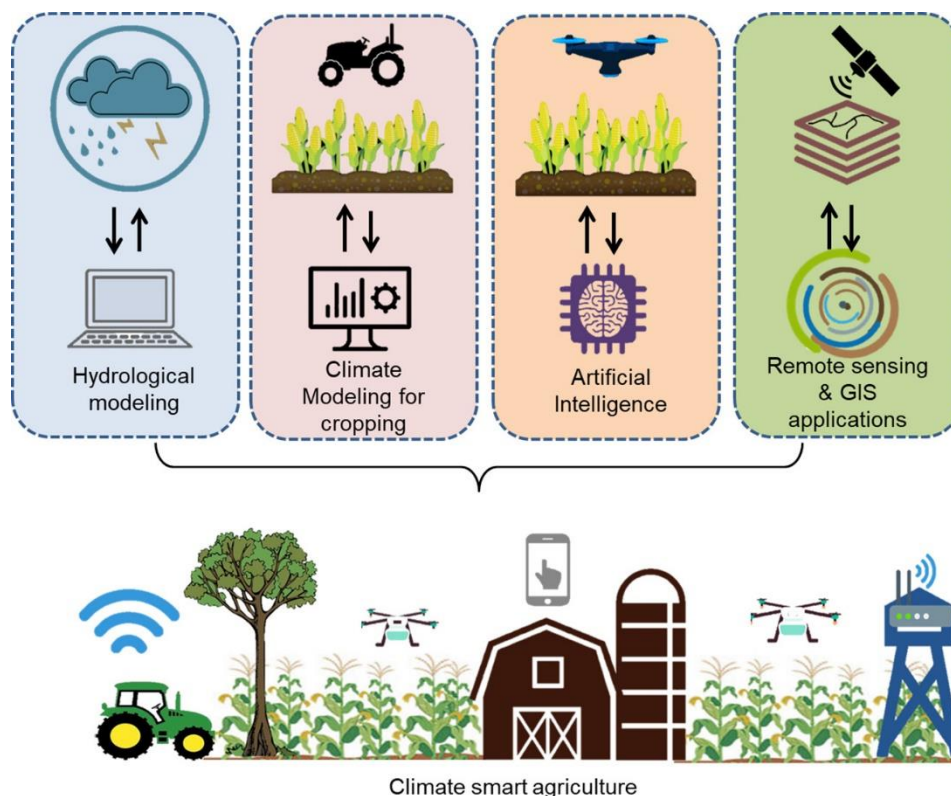
Σήμερα, η γεωργία έχει μεταβεί στην **τέταρτη φάση** της εξέλιξής της, η οποία βασίζεται στην **ψηφιακή τεχνολογία** και την **αυτοματοποιημένη παρακολούθηση** των καλλιεργειών. Με τη χρήση **αισθητήρων**, **drones**, **συστημάτων γεωργίας ακριβείας**, και **τεχνητής νοημοσύνης**, οι αγρότες μπορούν να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται την παραγωγή τους σε πραγματικό χρόνο, λαμβάνοντας αποφάσεις που βασίζονται σε δεδομένα. Η **Γεωργία 4.0** υπόσχεται υψηλότερη παραγωγικότητα, χαμηλότερα κόστη και μεγαλύτερη βιωσιμότητα, καθώς επιτρέπει την ακριβή χρήση των πόρων, όπως το νερό και τα χημικά προϊόντα (**Abbasi et al., 2022**).

1.3 Σημασία και οφέλη της έξυπνης γεωργίας

Η **Έξυπνη Γεωργία** είναι καίριας σημασίας για την αντιμετώπιση των σύγχρονων προκλήσεων στον αγροτικό τομέα. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται επιτρέπουν στους αγρότες να αυξήσουν την παραγωγικότητά τους και να μειώσουν το κόστος παραγωγής. Τα οφέλη που προσφέρει η Έξυπνη Γεωργία είναι πολλαπλά:

1. **Αύξηση της παραγωγικότητας:** Η δυνατότητα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο και η χρήση αναλυτικών εργαλείων επιτρέπουν την ακριβή διαχείριση των καλλιεργειών, βελτιώνοντας την παραγωγικότητα έως και 25% (**McKinsey & Company, 2020**).
2. **Μείωση κόστους και σπατάλης πόρων:** Η χρήση τεχνολογιών όπως οι αισθητήρες IoT βοηθά στη μείωση της σπατάλης νερού και χημικών προϊόντων, εξοικονομώντας έως και 20% των πόρων που χρησιμοποιούνται συνήθως στη γεωργία (**Ferrández-Pastor et al., 2016**).
3. **Βελτίωση της βιωσιμότητας:** Η Έξυπνη Γεωργία προωθεί την ορθολογική διαχείριση των πόρων, ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μειώνοντας το ανθρακικό αποτύπωμα των αγροτικών δραστηριοτήτων (**Blok & Gremmen, 2018**).
4. **Οικονομικά οφέλη και ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας:** Η βελτίωση της παραγωγικότητας και η μείωση του κόστους αυξάνουν την κερδοφορία των αγροτών, ενισχύοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα των γεωργικών προϊόντων στην παγκόσμια αγορά.

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗΝ ΞΕΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ



Η Ξευπνη Γεωργία βασίζεται σε πληθώρα τεχνολογιών που επιτρέπουν την παρακολούθηση, τον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής σε πραγματικό χρόνο. Κάθε μία από αυτές τις τεχνολογίες έχει τη δική της συμβολή στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας της γεωργίας. Οι κύριες τεχνολογίες που συνθέτουν την έξυπνη γεωργία περιλαμβάνουν το **Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)**, την **Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)**, τη **ρομποτική και τους αυτοματισμούς**, τα **μη επανδρωμένα αεροσκάφη (drones)**, και τις **τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας** όπως το **GPS**, το **GIS**, και η **τηλεπισκόπηση**.

2.1 Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και ο ρόλος του στην έξυπνη γεωργία

Το **Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT)** αποτελεί μία από τις βασικότερες τεχνολογίες της έξυπνης γεωργίας. Το IoT επιτρέπει τη διασύνδεση φυσικών συσκευών, αισθητήρων και μηχανημάτων με το διαδίκτυο, δημιουργώντας έτσι ένα δίκτυο που επιτρέπει τη συλλογή και ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Στην έξυπνη γεωργία, το **IoT** χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση διαφόρων παραμέτρων, όπως:

- **Θερμοκρασία του εδάφους και του αέρα**
- **Επίπεδα υγρασίας**
- **Συνθήκες άρδευσης**
- **Ανάπτυξη καλλιεργειών**
- **Επίπεδα θρεπτικών συστατικών στο έδαφος**

Οι αισθητήρες που τοποθετούνται σε καλλιέργειες ή σε αρδευτικά συστήματα συλλέγουν αυτά τα δεδομένα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση των γεωργικών εργασιών. Για παράδειγμα, οι αγρότες μπορούν να ρυθμίζουν το σύστημα άρδευσης με ακρίβεια ανάλογα με τις ανάγκες της καλλιέργειας, εξοικονομώντας έτσι νερό και ενέργεια (Elijah et al., 2018).

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του **IoT** είναι η δυνατότητα να λειτουργεί ως «πρόβλεψη κινδύνων», καθώς οι αισθητήρες μπορούν να εντοπίζουν ανωμαλίες και να ενημερώνουν τους αγρότες για πιθανές ασθένειες ή προβλήματα στην καλλιέργεια πριν αυτά εξελιχθούν σε καταστροφικές ζημιές (Adow et al., 2022).

2.2 Τεχνητή νοημοσύνη (AI) και μηχανική μάθηση (ML) στην έξυπνη γεωργία

Η **Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)** και η **Μηχανική Μάθηση (ML)** αποτελούν τεχνολογίες-κλειδιά για την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται μέσω του **IoT** και άλλων τεχνολογιών στην έξυπνη γεωργία. Με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης, οι αγρότες μπορούν να αναλύουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων και να λαμβάνουν βέλτιστες αποφάσεις για τη διαχείριση των καλλιεργειών τους.

Τα συστήματα **AI** και **ML** είναι σε θέση να εντοπίζουν μοτίβα στα δεδομένα που σχετίζονται με την ανάπτυξη των φυτών, την κατάσταση του εδάφους, και τις κλιματικές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να προβλέψουν την απόδοση μιας καλλιέργειας με βάση τα δεδομένα των προηγούμενων ετών και τις τρέχουσες συνθήκες (Smith, 2019). Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την **αυτόματη αναγνώριση ασθενειών** στις καλλιέργειες μέσω εικόνων που συλλέγονται από drones ή αισθητήρες (Balducci et al., 2018).

Η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην έξυπνη γεωργία συνδέεται με τη **βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων**, όπως τα λιπάσματα και το νερό, και με την **αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών**. Αυτές οι δυνατότητες της **AI** βοηθούν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στην αύξηση της βιωσιμότητας της γεωργίας.

2.3 Ρομποτική και αυτοματισμοί στην έξυπνη γεωργία

Η **ρομποτική** και οι **αυτοματισμοί** αποτελούν βασικό μέρος της γεωργίας ακριβείας, καθώς επιτρέπουν την αυτοματοποίηση πολλών γεωργικών διαδικασιών, όπως η σπορά, η συγκομιδή και η εφαρμογή

λιπασμάτων ή φυτοφαρμάκων. Τα ρομπότ που χρησιμοποιούνται στη γεωργία είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν με υψηλή ακρίβεια, εκτελώντας εργασίες που απαιτούν χρόνο και ενέργεια, μειώνοντας έτσι το ανθρώπινο εργατικό δυναμικό και τα λειτουργικά έξοδα.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής της ρομποτικής στην έξυπνη γεωργία είναι η χρήση **αυτόνομων ρομπότ** για τη συγκομιδή φρούτων ή λαχανικών, τα οποία μπορούν να αναγνωρίσουν την ωριμότητα των προϊόντων και να τα συγκομίσουν αυτόματα. Επίσης, ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ακριβή εφαρμογή λιπασμάτων ή φυτοφαρμάκων, ελαχιστοποιώντας τη σπατάλη χημικών προϊόντων και μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Grieve et al., 2019).

Οι **αυτοματισμοί** στην έξυπνη γεωργία επιτρέπουν στους αγρότες να ελέγχουν απομακρυσμένα τη λειτουργία των μηχανημάτων τους μέσω υπολογιστών ή κινητών συσκευών, εξοικονομώντας χρόνο και βελτιώνοντας την αποδοτικότητα. Σύμφωνα με τους Smith (2019) και Rokade et al. (2022), η ρομποτική στη γεωργία μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα κατά 20-30%, μειώνοντας ταυτόχρονα την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση σε καθημερινές εργασίες.

2.4 Μη επανδρωμένα αεροσκάφη και οι εφαρμογές τους στη γεωργία

Τα **μη επανδρωμένα αεροσκάφη (drones)** αποτελούν μία από τις πιο διαδεδομένες τεχνολογίες στην έξυπνη γεωργία. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την παρακολούθηση μεγάλων καλλιεργειών από αέρος, παρέχοντας υψηλής ανάλυσης εικόνες και δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Τα **drones** επιτρέπουν στους αγρότες να επιθεωρούν τις καλλιέργειες τους γρήγορα και αποτελεσματικά, ανιχνεύοντας πιθανά προβλήματα, όπως ασθένειες, έλλειψη νερού ή κακή ποιότητα εδάφους (Boursianis et al., 2022).

Οι εφαρμογές των **drones** περιλαμβάνουν:

- **Χαρτογράφηση των καλλιεργειών:** Τα drones χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία χαρτών υψηλής ακρίβειας που δείχνουν τη διάρθρωση της καλλιέργειας και την κατάσταση του εδάφους.
- **Εντοπισμός προβλημάτων:** Μέσω της ανάλυσης των εικόνων που συλλέγουν τα drones, οι αγρότες μπορούν να εντοπίζουν άμεσα προβλήματα, όπως προσβολές από έντομα ή ασθένειες.
- **Ακριβής εφαρμογή φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων:** Τα drones μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ακριβή εφαρμογή χημικών προϊόντων, ελαχιστοποιώντας τη σπατάλη και μειώνοντας τις επιπτώσεις στο περιβάλλον (Javaid et al., 2022).

Τα drones αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για τη **βελτίωση της απόδοσης και της βιωσιμότητας** της γεωργίας, επιτρέποντας την παρακολούθηση και την παρέμβαση με ακριβή και αποτελεσματικό τρόπο.

2.5 Τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας, όπως το GPS, το GIS και η τηλεπισκόπηση

Η **γεωργία ακριβείας** στηρίζεται στις τεχνολογίες GPS, GIS και τηλεπισκόπησης, που επιτρέπουν την ακριβή παρακολούθηση και ανάλυση της γεωργικής γης. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν στους αγρότες να λαμβάνουν ακριβείς μετρήσεις και να διαχειρίζονται τις καλλιέργειες τους με βάση την **τοπική ποικιλότητα των χωρικών**.

- **GPS (Global Positioning System):** Το GPS επιτρέπει την ακριβή τοποθέτηση των μηχανημάτων και των αισθητήρων στα χωράφια, βοηθώντας τους αγρότες να καλλιεργούν και να εφαρμόζουν πόρους με ακρίβεια. Η χρήση GPS επιτρέπει την αυτόματη καθοδήγηση των μηχανημάτων, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα και την ακρίβεια στην εργασία.
- **GIS (Geographic Information System):** Τα GIS χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και τη χαρτογράφηση των γεωργικών εκτάσεων, βοηθώντας στην κατανόηση των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν σε κάθε περιοχή και στον προσδιορισμό των κατάλληλων καλλιεργητικών πρακτικών.
- **Τηλεπισκόπηση:** Μέσω της τηλεπισκόπησης, οι αγρότες μπορούν να αποκτήσουν δεδομένα για τις καλλιέργειες από απόσταση, χρησιμοποιώντας δορυφόρους ή drones. Αυτό επιτρέπει την ανίχνευση μεταβολών στην υγεία των φυτών ή την κατάσταση του εδάφους, χωρίς την ανάγκη για επί τόπου επιθεώρηση (**Ferrández-Pastor et al., 2016**).

Αυτές οι τεχνολογίες ενισχύουν τη **γεωργία ακριβείας**, επιτρέποντας στους αγρότες να διαχειρίζονται με ακρίβεια τις καλλιέργειες τους, να μειώνουν τη σπατάλη πόρων και να αυξάνουν την αποδοτικότητα.

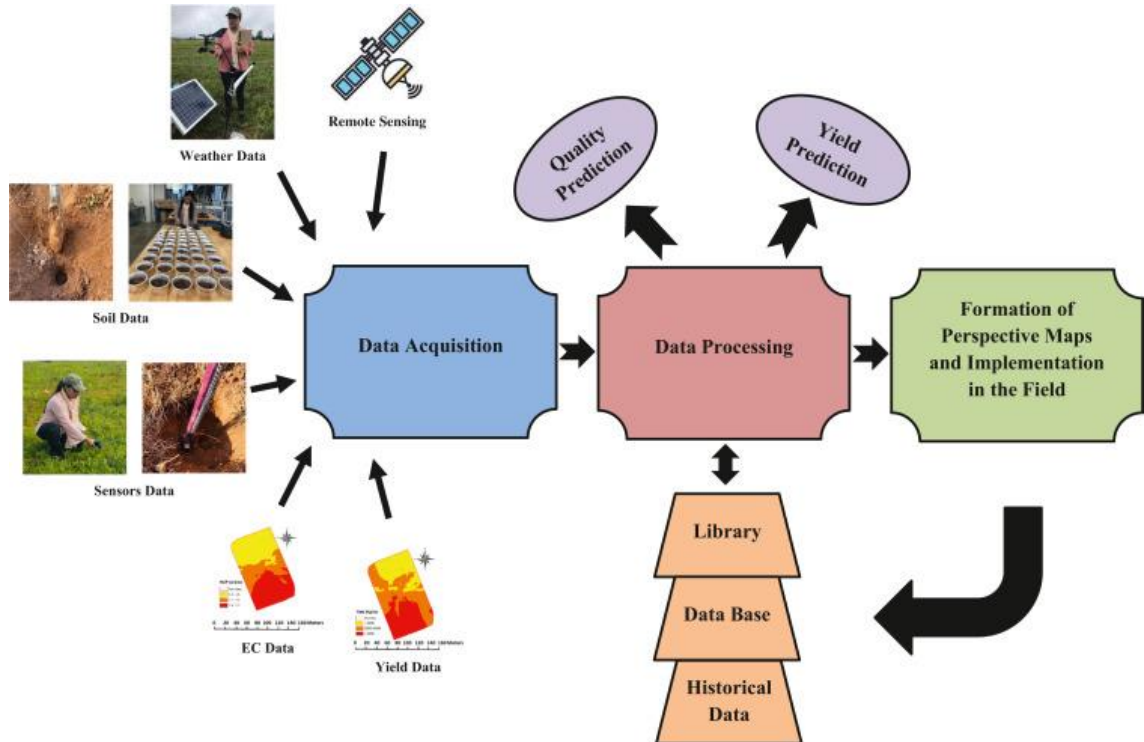
3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΈΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Η **Έξυπνη Γεωργία** εφαρμόζει σύγχρονες τεχνολογίες για να βελτιώσει την αποδοτικότητα, να μειώσει τη σπατάλη πόρων και να ενισχύσει τη βιωσιμότητα των καλλιεργειών. Οι εφαρμογές των τεχνολογιών αυτών καλύπτουν πολλές γεωργικές διαδικασίες, όπως η **γεωργία ακριβείας**, η **διαχείριση καλλιεργειών με βάση την τοποθεσία**, η **αυτοματοποιημένη άρδευση** και η **παρακολούθηση της ποιότητας του νερού**. Αυτές οι τεχνολογίες προσφέρουν στους αγρότες τη δυνατότητα να παρακολουθούν τις καλλιέργειες τους σε πραγματικό χρόνο, να βελτιστοποιούν τις πρακτικές παραγωγής τους και να μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Διαδικασία έξυπνης γεωργίας

3.1 Γεωργία Ακριβείας

Η **Γεωργία Ακριβείας** είναι ένα σύστημα διαχείρισης των καλλιεργειών που επιτρέπει στους αγρότες να προσαρμόζουν τις ενέργειές τους με βάση δεδομένα που συλλέγονται από το έδαφος και τις καλλιέργειες σε πραγματικό χρόνο. Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως το **GPS**, το **GIS**, οι **αισθητήρες IoT**, και οι



δορυφορικές εικόνες, η γεωργία ακριβείας επιτρέπει στους αγρότες να εφαρμόζουν πόρους, όπως νερό και λιπάσματα, μόνο όταν και όπου είναι απαραίτητο. Αυτό οδηγεί σε καλύτερη αποδοτικότητα, βελτίωση της παραγωγής και μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Η γεωργία ακριβείας περιλαμβάνει τη χρήση **αισθητήρων** για τη συλλογή δεδομένων που σχετίζονται με τις συνθήκες του εδάφους, την υγρασία, και την ανάπτυξη των φυτών. Τα δεδομένα αυτά αποστέλλονται σε κεντρικά συστήματα για επεξεργασία, και στη συνέχεια οι αγρότες μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις

σχετικά με το πού χρειάζεται άρδευση ή λίπανση. Αυτή η προσέγγιση συμβάλλει στην **εξοικονόμηση πόρων** και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (**Ferrández-Pastor et al., 2016**).

- **Ακριβής άρδευση:** Χρησιμοποιώντας δεδομένα από αισθητήρες υγρασίας του εδάφους, οι αγρότες μπορούν να ρυθμίζουν το σύστημα άρδευσης ώστε να παρέχει τις ακριβείς ποσότητες νερού που χρειάζονται τα φυτά. Αυτό οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση νερού, καθώς οι ποσότητες ρυθμίζονται με βάση τις πραγματικές ανάγκες κάθε περιοχής του χωραφιού (**Abioye et al., 2020**).
- **Στοχευμένη εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων:** Με τη χρήση **drones** και **αισθητήρων**, οι αγρότες μπορούν να ανιχνεύουν περιοχές που έχουν ανάγκη από λιπάσματα ή φυτοφάρμακα και να εφαρμόζουν τα χημικά μόνο σε αυτές τις περιοχές, μειώνοντας έτσι τη χρήση χημικών προϊόντων και τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει την προστασία του εδάφους και του υδάτινου ορίζοντα από τη ρύπανση λόγω υπερβολικής εφαρμογής χημικών (**Gaffney et al., 2019**).
- **Ανάλυση εδάφους και απόδοση καλλιεργειών:** Χρησιμοποιώντας δεδομένα από το **GIS** και δορυφορικές εικόνες, οι αγρότες μπορούν να αναλύουν τις παραλλαγές στο έδαφος και την ανάπτυξη των φυτών σε κάθε τμήμα του χωραφιού, προσαρμόζοντας ανάλογα τις καλλιεργητικές πρακτικές τους. Αυτό μειώνει την ανάγκη για υπερβολικές εισροές πόρων και αυξάνει την αποδοτικότητα των καλλιεργειών (**Ferrández-Pastor et al., 2016**).

3.2 Διαχείριση Καλλιεργειών με Βάση την Τοποθεσία

Η **διαχείριση καλλιεργειών με βάση την τοποθεσία** είναι μια εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας που επιτρέπει στους αγρότες να προσαρμόζουν τις καλλιεργητικές πρακτικές τους ανάλογα με τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε περιοχής του χωραφιού. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιεί δεδομένα που συλλέγονται από **αισθητήρες IoT, δορυφορικές εικόνες και συστήματα GPS**, για να παρακολουθεί και να αναλύει τις περιβαλλοντικές και γεωλογικές συνθήκες της γης.

Οι τεχνολογίες αυτές βοηθούν τους αγρότες να εντοπίζουν τις περιοχές του χωραφιού που έχουν διαφορετικές ανάγκες σε πόρους, όπως:

- **Άρδευση:** Με βάση δεδομένα για την υγρασία του εδάφους, η άρδευση μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να παρέχει περισσότερο νερό στις περιοχές που το χρειάζονται και λιγότερο σε εκείνες που είναι επαρκώς ποτισμένες.
- **Εφαρμογή λιπασμάτων:** Οι αγρότες μπορούν να προσαρμόζουν την ποσότητα λιπασμάτων που εφαρμόζουν, ανάλογα με τις πραγματικές ανάγκες του εδάφους και των φυτών σε κάθε περιοχή του χωραφιού. Αυτό επιτρέπει τη μείωση της σπατάλης λιπασμάτων και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος (**Colezea et al., 2018**).

Επιπλέον, η **τοποθεσιακή διαχείριση** επιτρέπει στους αγρότες να προβλέπουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών με βάση τις περιβαλλοντικές συνθήκες και να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα για τη βελτίωση της απόδοσης. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες IoT μπορούν να εντοπίζουν αλλαγές στο

μικροκλίμα μιας περιοχής και να προσαρμόζουν ανάλογα την εφαρμογή νερού και λιπασμάτων (Fielke et al., 2020).

3.3 Αυτοματοποιημένη Άρδευση και Διαχείριση Νερού

Η **αυτοματοποιημένη άρδευση** είναι μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές της έξυπνης γεωργίας, καθώς το νερό είναι ένας από τους πιο κρίσιμους πόρους για την αγροτική παραγωγή. Η χρήση **αισθητήρων υγρασίας IoT**, συστημάτων **καιρικής πρόγνωσης** και **αυτόματων συστημάτων άρδευσης** επιτρέπει την ακριβή και αποδοτική χρήση του νερού.

Με τη χρήση **αισθητήρων υγρασίας** που μετρούν συνεχώς την κατάσταση του εδάφους, τα συστήματα άρδευσης μπορούν να προσαρμόζονται αυτόματα για να παρέχουν την απαιτούμενη ποσότητα νερού. Οι αισθητήρες αυτοί συλλέγουν δεδομένα σχετικά με την υγρασία του εδάφους και τις κλιματικές συνθήκες και προσαρμόζουν την άρδευση ανάλογα, μειώνοντας τη σπατάλη νερού και εξοικονομώντας πόρους (Ferrández-Pastor et al., 2016).

Σύμφωνα με τους **Abioye et al. (2020)**, η αυτοματοποιημένη άρδευση μπορεί να μειώσει την κατανάλωση νερού έως και **40%** σε ορισμένες περιοχές, ιδιαίτερα σε ξηρές και ημι-άνυδρες περιοχές, όπου το νερό είναι σπάνιο. Παράλληλα, οι αγρότες μπορούν να ελέγχουν τα συστήματα άρδευσης απομακρυσμένα, μέσω υπολογιστών ή κινητών συσκευών, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα των διαδικασιών.

3.4 Παρακολούθηση της Υγρασίας και της Ποιότητας του Νερού

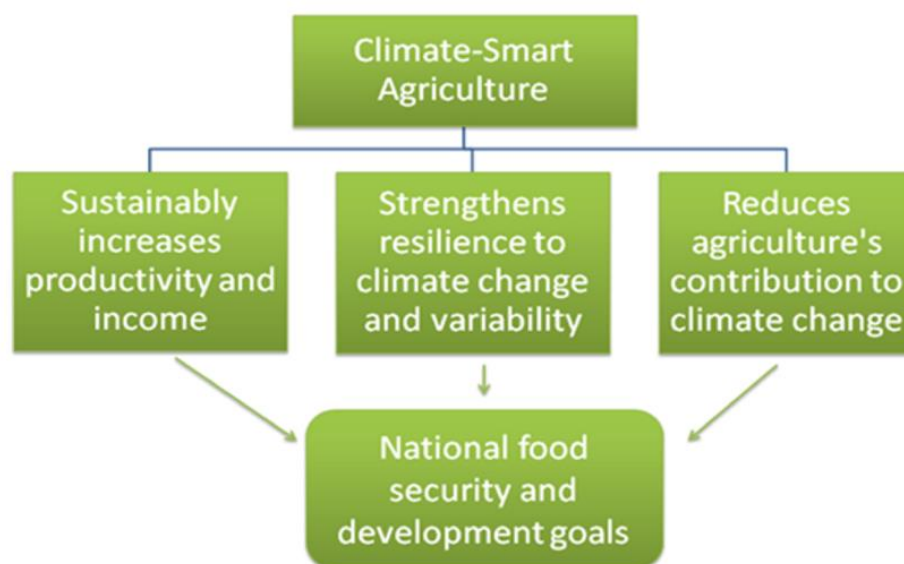
Η παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους και η ποιότητα του νερού είναι βασικές παράμετροι για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής και την προστασία του περιβάλλοντος. Η χρήση **αισθητήρων IoT** για τη μέτρηση της υγρασίας του εδάφους σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στους αγρότες να γνωρίζουν με ακρίβεια τις ανάγκες των καλλιεργειών τους, προσαρμόζοντας τις καλλιεργητικές πρακτικές τους ανάλογα.

Οι αισθητήρες υγρασίας μετρούν συνεχώς το επίπεδο υγρασίας στο έδαφος και μπορούν να συνδεθούν με τα αυτοματοποιημένα συστήματα άρδευσης για να διασφαλίσουν την ακριβή χρήση του νερού. Παράλληλα, οι αισθητήρες μπορούν να εντοπίσουν τυχόν ανωμαλίες στην ποιότητα του νερού, όπως την ύπαρξη μολυσματικών ουσιών, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την υγεία των καλλιεργειών και την απόδοση της παραγωγής (Boursianis et al., 2022).

Η σωστή διαχείριση του νερού και η παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους έχουν σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Η μείωση της σπατάλης νερού μειώνει το κόστος για τους αγρότες και προστατεύει τους υδάτινους πόρους από την υπερβολική κατανάλωση και τη ρύπανση. Επιπλέον, η σωστή διαχείριση του νερού μπορεί να συμβάλει στη **διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους**, διασφαλίζοντας μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα για τις καλλιέργειες.

4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΤΗΣ

ΈΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ



Οφέλη έξυπνης γεωργίας

Η ενσωμάτωση τεχνολογιών στη γεωργία, που κορυφώνεται με τη **Γεωργία 4.0**, έχει οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές τόσο στην οικονομική απόδοση του αγροτικού τομέα όσο και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Με την **ψηφιοποίηση** και τη χρήση τεχνολογιών όπως το **Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)**, η **Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)**, και η **γεωργία ακριβείας**, οι αγρότες μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη διαχείριση των πόρων, να μειώσουν τη σπατάλη, και να αυξήσουν την παραγωγικότητα, με οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη που συνδέονται άμεσα με τη χρήση των τεχνολογιών αυτών.

4.1 Οικονομική Ανάπτυξη από τη Γεωργία 1.0 έως 4.0

Η γεωργία πέρασε από πολλές φάσεις τεχνολογικής ανάπτυξης, καθεμία από τις οποίες συνέβαλε στην οικονομική βελτίωση του τομέα, αλλά η Έξυπνη Γεωργία είναι αυτή που προσφέρει το μεγαλύτερο δυναμικό αύξησης της παραγωγικότητας και μείωσης των δαπανών.

4.1.1 Γεωργία 1.0: Παραδοσιακή Γεωργία

Η **Γεωργία 1.0** ήταν εξ ολοκλήρου βασισμένη στην ανθρώπινη εργασία και τη χειρωνακτική καλλιέργεια. Οι αποδόσεις ήταν χαμηλές, και οι καλλιέργειες εξαρτιόνταν από τις κλιματικές συνθήκες, γεγονός που δημιουργούσε μεγάλη αβεβαιότητα για τους αγρότες. Η παραγωγικότητα ήταν χαμηλή και η ανάγκη για εργασία υψηλή, ενώ τα περιθώρια κέρδους ήταν ιδιαίτερα περιορισμένα.

Η παραδοσιακή γεωργία ήταν εξαιρετικά ευάλωτη σε φυσικούς κινδύνους, όπως η ξηρασία και οι πλημμύρες, και η αδυναμία προσαρμογής στις αλλαγές των καιρικών συνθηκών δημιουργούσε σημαντικές απώλειες στην παραγωγή και κατ' επέκταση στην οικονομία (USDA, 2019). Επιπλέον, οι περιορισμένες δυνατότητες εμπορίας και μεταφοράς των προϊόντων σήμαιναν ότι οι αγορές ήταν τοπικές και τα κέρδη ελάχιστα.

4.1.2 Γεωργία 2.0: Βιομηχανική Γεωργία

Η μετάβαση στη **Γεωργία 2.0** έφερε τη **μηχανοποίηση** και τη χρήση μηχανών όπως τα τρακτέρ και οι θεριζοαλωνιστικές. Αυτή η φάση ξεκίνησε στα τέλη του 19ου αιώνα και συνδέθηκε άμεσα με τη **Βιομηχανική Επανάσταση**. Η βιομηχανική γεωργία επέτρεψε στους αγρότες να αυξήσουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών, να μειώσουν το κόστος της εργασίας και να αυξήσουν τα κέρδη τους, καθώς οι μηχανές αντικατέστησαν σε μεγάλο βαθμό την ανθρώπινη εργασία (González-Salazar, 2020).

Η χρήση μηχανημάτων επιτάχυνε τη διαδικασία της καλλιέργειας και της συγκομιδής, οδηγώντας σε υψηλότερες αποδόσεις ανά εκτάριο γης. Η οικονομική ανάπτυξη που προέκυψε από τη μηχανοποίηση ήταν σημαντική, καθώς οι αγρότες μπορούσαν να επεκτείνουν τις εκτάσεις τους και να παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες με χαμηλότερο κόστος εργασίας. Ωστόσο, η αυξημένη χρήση καυσίμων και άλλων φυσικών πόρων δημιούργησε νέες προκλήσεις για το περιβάλλον.

4.1.3 Γεωργία 3.0: Πράσινη Επανάσταση

Η **Γεωργία 3.0**, γνωστή ως **Πράσινη Επανάσταση**, εμφανίστηκε στα μέσα του 20ού αιώνα και χαρακτηρίστηκε από τη χρήση χημικών λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και γενετικά βελτιωμένων σπόρων. Αν και η χρήση αυτών των νέων τεχνολογιών συνέβαλε στην αύξηση της παραγωγικότητας σε παγκόσμιο επίπεδο, είχε και σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η **Πράσινη Επανάσταση** οδήγησε σε μια θεαματική αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών, ειδικά σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπως η Ινδία και το Μεξικό. Το **FAO (2020)** αναφέρει ότι η παραγωγικότητα αυξήθηκε έως και 50% σε ορισμένες περιοχές. Ωστόσο, η αυξημένη εξάρτηση από χημικά προϊόντα και η μη βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων είχε ως αποτέλεσμα τη ρύπανση του εδάφους και των υδάτινων πόρων, ενώ οδήγησε σε υπερεκμετάλλευση της γης, γεγονός που δημιούργησε μακροπρόθεσμες προκλήσεις για τη βιωσιμότητα της γεωργίας.

Από οικονομικής πλευράς, η **Πράσινη Επανάσταση** παρείχε στους αγρότες την ευκαιρία να αυξήσουν τα κέρδη τους, αλλά το υψηλό κόστος των χημικών και η αυξημένη εξάρτηση από εξωτερικές εισροές μείωσαν τα περιθώρια κέρδους, ιδιαίτερα για τους μικρούς αγρότες.

4.1.4 Γεωργία 4.0: Έξυπνη Γεωργία και Τεχνολογίες Ακριβείας

Η σημερινή εποχή της **Γεωργίας 4.0** χαρακτηρίζεται από την ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών, όπως το **IoT**, η **Τεχνητή Νοημοσύνη**, και η **ρομποτική**, που επιτρέπουν την ακριβή παρακολούθηση και διαχείριση των καλλιεργειών. Η **Έξυπνη Γεωργία** έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποδοτική σε οικονομικό επίπεδο, καθώς επιτρέπει την **αύξηση της παραγωγικότητας**, τη **μείωση του κόστους** και τη **βελτίωση της αποδοτικότητας** στη χρήση πόρων όπως το νερό και τα λιπάσματα.

Σύμφωνα με τη **McKinsey & Company (2020)**, η υιοθέτηση των τεχνολογιών της Έξυπνης Γεωργίας μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα κατά **15-25%**, ενώ η **βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων**

οδηγεί σε μείωση του κόστους παραγωγής κατά **10-20%**. Οι αγρότες που εφαρμόζουν αυτές τις τεχνολογίες βλέπουν αύξηση στα κέρδη τους, καθώς μειώνουν τη σπατάλη και εξασφαλίζουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα στη χρήση εισροών.

Η δυνατότητα που προσφέρουν οι τεχνολογίες της **γεωργίας ακριβείας** να εφαρμόζονται μόνο τα απαραίτητα λιπάσματα, νερό και φυτοφάρμακα στα χωράφια, μειώνει τη σπατάλη πόρων και προστατεύει το περιβάλλον από την υπερβολική χρήση χημικών προϊόντων. Επιπλέον, οι αγρότες έχουν τη δυνατότητα να εντοπίζουν πιθανά προβλήματα με τις καλλιέργειες τους, όπως οι ασθένειες ή η έλλειψη θρεπτικών ουσιών, και να λαμβάνουν διορθωτικά μέτρα πριν αυτά τα προβλήματα προκαλέσουν οικονομικές ζημιές.

4.2 Περιβαλλοντικά Οφέλη της Έξυπνης Γεωργίας

Η **Έξυπνη Γεωργία** έχει σημαντικές επιπτώσεις στη **βιωσιμότητα** της γεωργίας, καθώς επιτρέπει την ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η χρήση τεχνολογιών όπως οι **αισθητήρες IoT**, οι **αυτόνομες μηχανές** και τα **drones** συμβάλλει στη μείωση της χρήσης νερού και χημικών, την προστασία του εδάφους και την ελαχιστοποίηση της σπατάλης τροφίμων.

4.2.1 Μείωση Σπατάλης Νερού

Ένα από τα βασικά περιβαλλοντικά οφέλη της έξυπνης γεωργίας είναι η **μείωση της σπατάλης νερού** μέσω της χρήσης **αυτοματοποιημένων συστημάτων άρδευσης** και αισθητήρων υγρασίας. Οι αισθητήρες IoT που μετρούν την υγρασία του εδάφους σε πραγματικό χρόνο επιτρέπουν την ακριβή διαχείριση της άρδευσης, εξασφαλίζοντας ότι οι καλλιέργειες λαμβάνουν την κατάλληλη ποσότητα νερού μόνο όταν χρειάζεται (Abioye et al., 2020).

Η δυνατότητα παρακολούθησης των καιρικών συνθηκών και της υγρασίας του εδάφους επιτρέπει στους αγρότες να προγραμματίζουν την άρδευση ανάλογα με τις προβλέψεις για βροχή, αποφεύγοντας την υπερβολική άρδευση και τη σπατάλη νερού. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές με **περιορισμένους υδάτινους πόρους**, όπως οι ξηρές και ημι-άνυδρες περιοχές, όπου το νερό είναι πολύτιμο αγαθό.

Σύμφωνα με μελέτες, η έξυπνη διαχείριση της άρδευσης μέσω των τεχνολογιών αυτών μπορεί να μειώσει τη χρήση νερού έως και **40%**, εξοικονομώντας πόρους και μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της υπερβολικής άρδευσης (Ferrández-Pastor et al., 2016).

4.2.2 Μείωση Χρήσης Χημικών

Η **μείωση της χρήσης χημικών προϊόντων** αποτελεί ένα ακόμη σημαντικό περιβαλλοντικό όφελος της Έξυπνης Γεωργίας. Με τη χρήση **αισθητήρων IoT**, **drones**, και τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας, οι αγρότες μπορούν να εφαρμόζουν φυτοφάρμακα και λιπάσματα μόνο στις περιοχές που πραγματικά χρειάζονται επιπλέον στήριξη.

Η **στοχευμένη εφαρμογή** χημικών προϊόντων μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από τη ρύπανση του εδάφους και των υδάτινων πόρων, ενώ παράλληλα προστατεύει την ποιότητα των τροφίμων. Επιπλέον, η χρήση βιολογικών εναλλακτικών, όπως η **βιολογική φυτοπροστασία**, προωθείται

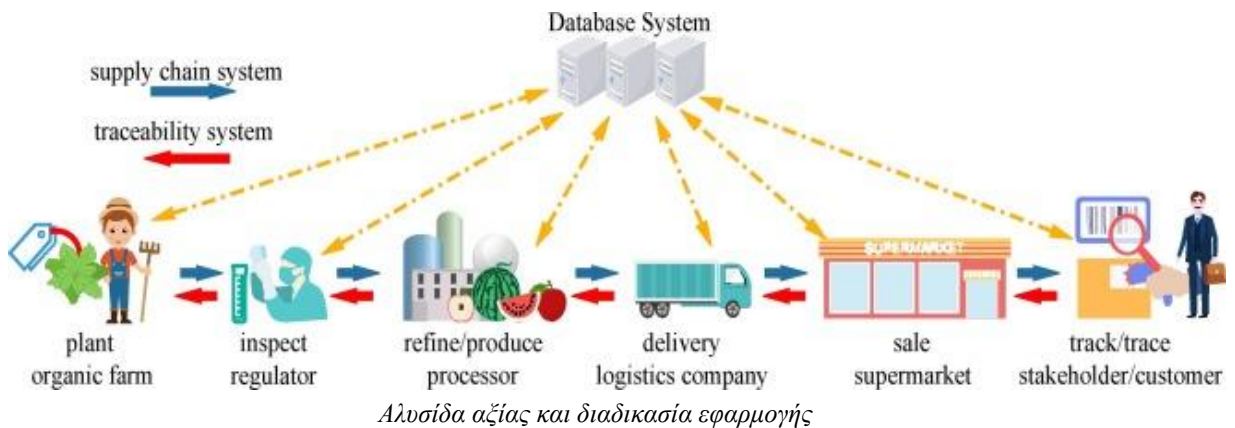
μέσω των τεχνολογιών της Έξυπνης Γεωργίας, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για συνθετικά χημικά προϊόντα.

4.2.3 Μείωση Απώλειας Τροφίμων και Αποβλήτων

Η **μείωση της σπατάλης τροφίμων** και των αποβλήτων αποτελεί ακόμη έναν τομέα όπου η Έξυπνη Γεωργία έχει σημαντική επίδραση. Χάρη στην **παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο** της κατάστασης των καλλιεργειών και των περιβαλλοντικών συνθηκών, οι αγρότες μπορούν να εντοπίζουν προβλήματα στις καλλιέργειες προτού αυτά εξελιχθούν και να λάβουν έγκαιρα μέτρα για την προστασία της παραγωγής.

Οι τεχνολογίες της έξυπνης γεωργίας συμβάλλουν επίσης στη **μείωση των απωλειών κατά τη μεταφορά** των προϊόντων, με τη χρήση συστημάτων παρακολούθησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας κατά τη μεταφορά των τροφίμων μέσω της **αλυσίδας εφοδιασμού** (Bogomolov et al., 2019). Τα συστήματα αυτά διασφαλίζουν ότι τα προϊόντα διατηρούνται σε άριστες συνθήκες και μειώνουν την απώλεια τροφίμων που μπορεί να προκληθεί από ακατάλληλη μεταχείριση ή αποθήκευση.

5. ΑΛΥΣΙΔΑ ΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΞΕΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ



Η **αλυσίδα αξίας** στην έξυπνη γεωργία περιλαμβάνει όλα τα στάδια της παραγωγής, από την καλλιέργεια των γεωργικών προϊόντων έως την τελική διανομή τους στους καταναλωτές. Η βελτίωση της αλυσίδας αυτής μέσω τεχνολογιών όπως οι **αισθητήρες IoT**, το **blockchain**, και οι λύσεις **έξυπνης συσκευασίας** προσφέρει αυξημένη **διαφάνεια**, **ιχνηλασιμότητα** και καλύτερη **απόδοση**. Η χρήση αυτών των τεχνολογιών βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων και εξασφαλίζει τη βέλτιστη διαχείριση των πόρων σε όλη τη διαδικασία της παραγωγής και της διανομής.

5.1 Αισθητήρες και Παρακολούθηση Δεδομένων

Οι **αισθητήρες IoT** είναι ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία στην Έξυπνη Γεωργία και διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο σε κάθε στάδιο της αλυσίδας αξίας. Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών, της κατάστασης των καλλιεργειών, των συνθηκών

μεταφοράς και αποθήκευσης, καθώς και για την προσαρμογή των καλλιεργητικών πρακτικών με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο.

5.1.1 Αισθητήρες στην Παραγωγική Διαδικασία

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες είναι **αισθητήρες υγρασίας, θερμοκρασίας, φωτός, θρεπτικών ουσιών στο έδαφος**, και άλλοι που συμβάλλουν στην ακριβή διαχείριση των γεωργικών πρακτικών. Μέσω της συλλογής αυτών των δεδομένων, οι αγρότες μπορούν να:

- **Βελτιστοποιήσουν την άρδευση:** Οι αισθητήρες υγρασίας επιτρέπουν την παρακολούθηση των επιπέδων υγρασίας στο έδαφος, ώστε να προσαρμόζεται η άρδευση μόνο όταν είναι απαραίτητη. Αυτό οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση νερού, ειδικά σε περιοχές με περιορισμένους υδάτινους πόρους (Adow et al., 2022). Η σωστή διαχείριση της άρδευσης μπορεί να μειώσει τη σπατάλη νερού έως και 40%, όπως δείχνουν μελέτες (Abioye et al., 2020).
- **Παρακολουθήσουν τη θερμοκρασία και τις κλιματικές συνθήκες:** Οι αισθητήρες θερμοκρασίας και αέρα παρέχουν δεδομένα σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν στο χωράφι. Η παρακολούθηση αυτών των συνθηκών επιτρέπει την προσαρμογή των καλλιεργητικών πρακτικών ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών, μειώνοντας τους κινδύνους από απότομες αλλαγές θερμοκρασίας και καιρικών φαινομένων (Ferrández-Pastor et al., 2016).
- **Εντοπίσουν προβλήματα σε πρώιμο στάδιο:** Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες είναι σε θέση να ανιχνεύουν ανωμαλίες, όπως έλλειψη θρεπτικών συστατικών ή προσβολές από ασθένειες. Αυτή η δυνατότητα έγκαιρης προειδοποίησης δίνει στους αγρότες την ευκαιρία να πάρουν άμεσα μέτρα, μειώνοντας τις απώλειες από ασθένειες και αποτρέποντας μεγάλες ζημιές (Boursianis et al., 2022).

5.1.2 Αισθητήρες στη Διαδικασία Μεταφοράς και Αποθήκευσης

Οι αισθητήρες IoT δεν χρησιμοποιούνται μόνο στις καλλιέργειες αλλά και σε επόμενα στάδια της **αλυσίδας εφοδιασμού**, όπως η μεταφορά και η αποθήκευση των γεωργικών προϊόντων. Αυτοί οι αισθητήρες επιτρέπουν τη **συνεχή παρακολούθηση** των συνθηκών στις οποίες βρίσκονται τα προϊόντα κατά τη μεταφορά, με στόχο τη διατήρηση της ποιότητας τους.

- **Παρακολούθηση θερμοκρασίας και υγρασίας:** Κατά τη μεταφορά φρέσκων γεωργικών προϊόντων, όπως τα φρούτα και τα λαχανικά, οι αισθητήρες παρακολουθούν τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας για να διασφαλίσουν ότι τα προϊόντα διατηρούνται σε ιδανικές συνθήκες. Αυτό αποτρέπει την αλλοίωση των τροφίμων και μειώνει τις απώλειες που προκύπτουν από κακή μεταχείριση κατά τη μεταφορά (Bogomolov et al., 2019).
- **Ανίχνευση βλαβών ή προβλημάτων:** Οι αισθητήρες παρακολουθούν συνεχώς τις συνθήκες και ειδοποιούν τους παραγωγούς ή τους μεταφορείς σε περίπτωση που οι συνθήκες ξεφύγουν από τα καθορισμένα όρια. Αυτό επιτρέπει την άμεση παρέμβαση και διορθωτικές ενέργειες, αποφεύγοντας την καταστροφή των προϊόντων πριν φτάσουν στην αγορά (Blok & Gremmen, 2018).

Η παρακολούθηση μέσω αισθητήρων IoT διασφαλίζει ότι τα προϊόντα διατηρούνται σε άριστη κατάσταση καθ' όλη τη διάρκεια της μεταφοράς και της αποθήκευσης, κάτι που οδηγεί σε **μείωση των απωλειών** και βελτίωση της ποιότητας.

5.2 Blockchain και Παρακολούθηση της Αλυσίδας Εφοδιασμού

Το blockchain είναι μια αποκεντρωμένη, ψηφιακή τεχνολογία καταμεμημένου καθολικού (distributed ledger technology), που καταγράφει συναλλαγές σε ένα δίκτυο υπολογιστών με ασφάλεια και διαφάνεια. Αντί να βασίζεται σε μια κεντρική αρχή για την επικύρωση των συναλλαγών, το blockchain χρησιμοποιεί ένα σύστημα κρυπτογραφημένων καταγραφών που αποθηκεύονται σε πολλαπλά σημεία, καθιστώντας το εξαιρετικά ανθεκτικό σε παραβιάσεις και παρεμβάσεις. Κάθε αλλαγή ή ενημέρωση καταγράφεται σε ένα μπλοκ δεδομένων, το οποίο συνδέεται με το προηγούμενο μπλοκ, δημιουργώντας μια αλυσίδα δεδομένων - την αλυσίδα μπλοκ (blockchain). Αυτό το σύστημα εξασφαλίζει ότι όλες οι πληροφορίες είναι αδιάβλητες και μπορούν να ελεγχθούν από οποιονδήποτε έχει πρόσβαση στο δίκτυο.

Χαρακτηριστικά του Blockchain:

- **Διαφάνεια:** Όλες οι καταγραφές των συναλλαγών είναι ορατές σε όλα τα μέλη του δικτύου, διασφαλίζοντας διαφάνεια και εμπιστοσύνη.
- **Ασφάλεια:** Χρησιμοποιώντας κρυπτογραφικές τεχνικές, το blockchain εξασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων, προστατεύοντάς τα από αλλοιώσεις.
- **Αποκέντρωση:** Δεν υπάρχει κεντρική αρχή ελέγχου, κάτι που σημαίνει ότι δεν υπάρχει ένας και μοναδικός κόμβος που μπορεί να παραβιαστεί ή να χειραγωγηθεί.
- **Αμεταβλητότητα:** Μόλις καταγραφεί μια πληροφορία στο blockchain, δεν μπορεί να αλλαχθεί ή να διαγραφεί χωρίς να γίνει ορατή η αλλαγή σε όλο το δίκτυο.

5.2.1 Εφαρμογή του Blockchain στην Έξυπνη Γεωργία

Στον τομέα της έξυπνης γεωργίας, το blockchain μπορεί να παίξει έναν ιδιαίτερα κρίσιμο ρόλο στη βελτίωση της ιχνηλασιμότητας και της διαφάνειας καθ' όλη τη διάρκεια της αλυσίδας εφοδιασμού των γεωργικών προϊόντων. Από τη φάση της παραγωγής έως και τη στιγμή που τα προϊόντα φτάνουν στον τελικό καταναλωτή, το blockchain μπορεί να καταγράφει και να παρακολουθεί όλα τα βήματα της διαδικασίας, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών.

Παραδείγματα εφαρμογών του Blockchain στην Έξυπνη Γεωργία:

- **Ιχνηλασιμότητα Προϊόντων Μέσω του blockchain:** κάθε στάδιο της παραγωγής και της διακίνησης ενός γεωργικού προϊόντος μπορεί να καταγραφεί και να παρακολουθηθεί. Για παράδειγμα, από τη στιγμή που ένα προϊόν συλλέγεται, οι λεπτομέρειες για το σημείο παραγωγής, την ημερομηνία συγκομιδής, την ποιότητα, και τη θερμοκρασία αποθήκευσης μπορούν να καταγραφούν στο blockchain. Αυτό επιτρέπει στους καταναλωτές και τους

εμπόρους να γνωρίζουν ακριβώς από πού προέρχεται το προϊόν και υπό ποιες συνθήκες έχει παραχθεί και μεταφερθεί.

Παράδειγμα: Ένας παραγωγός ελαιολάδου στην Ελλάδα μπορεί να καταγράψει στο blockchain κάθε στάδιο της παραγωγής, από τη συγκομιδή των ελιών μέχρι την εμφιάλωση του τελικού προϊόντος. Κατά τη μεταφορά του προϊόντος, οι συνθήκες θερμοκρασίας μπορούν να παρακολουθούνται σε πραγματικό χρόνο και να καταγράφονται αυτόματα στο blockchain, διασφαλίζοντας την ποιότητα του ελαιολάδου μέχρι να φτάσει στον καταναλωτή.

- **Αντιμετώπιση της Απάτης**: Το blockchain βοηθά στην καταπολέμηση της απάτης και της παραποίησης γεωργικών προϊόντων, όπως η χρήση μη οργανικών προϊόντων σε δήθεν βιολογικές καλλιέργειες. Μέσω του blockchain, κάθε προϊόν μπορεί να ταυτοποιηθεί και να πιστοποιηθεί με βάση την προέλευση και τη μέθοδο παραγωγής του, κάτι που μειώνει τη δυνατότητα εξαπάτησης των καταναλωτών.

Παράδειγμα: Στην περίπτωση βιολογικών προϊόντων, το blockchain καταγράφει κάθε στάδιο της παραγωγής, διασφαλίζοντας ότι τα προϊόντα έχουν καλλιεργηθεί και επεξεργαστεί με τους κατάλληλους οργανικούς κανονισμούς. Οι καταναλωτές μπορούν να επαληθεύσουν την προέλευση και την αυθεντικότητα του προϊόντος απευθείας από το blockchain, χωρίς να ανησυχούν για παραποιήσεις.

- **Διαχείριση και Βελτίωση της Αλυσίδας Εφοδιασμού**: Το blockchain βελτιώνει την αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού. Όλα τα δεδομένα από τις διάφορες φάσεις της μεταφοράς καταγράφονται με ασφάλεια και είναι άμεσα προσβάσιμα. Σε περίπτωση διακοπών στην αλυσίδα εφοδιασμού, όπως απώλειες προϊόντων ή καθυστερήσεις, το blockchain επιτρέπει την άμεση ανίχνευση του προβλήματος και τη διόρθωσή του με διαφάνεια.

Παράδειγμα: Κατά τη μεταφορά φρέσκων φρούτων, τα δεδομένα της θερμοκρασίας και των συνθηκών αποθήκευσης μπορούν να καταγράφονται στο blockchain. Σε περίπτωση που προκύψουν προβλήματα, όπως υπερθέρμανση ή κακή διαχείριση, ο παραγωγός και ο διανομέας μπορούν να εντοπίσουν το ακριβές σημείο της αλυσίδας που προκάλεσε το πρόβλημα και να αναλάβουν άμεση δράση.

- **Μείωση Κόστους και Βελτίωση Απόδοσης**: Μέσω της αυτοματοποιημένης διαχείρισης δεδομένων, το blockchain επιτρέπει την μείωση του κόστους λειτουργίας της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι συναλλαγές και οι επικυρώσεις πραγματοποιούνται γρήγορα, χωρίς την ανάγκη για τρίτους μεσολαβητές, μειώνοντας έτσι τις διοικητικές δαπάνες και τους χρόνους διεκπεραίωσης.

Παράδειγμα: Ένας παραγωγός σιτηρών που χρησιμοποιεί το blockchain για την πώληση και τη μεταφορά των προϊόντων του, μπορεί να εξοικονομήσει χρήματα, καθώς οι έλεγχοι και οι πληρωμές

διεκπεραιώνονται αυτόματα μέσω έξυπνων συμβολαίων (smart contracts), χωρίς την ανάγκη για επιπλέον υπηρεσίες διαμεσολάβησης.

- **Ψηφιακά Συμβόλαια (Smart Contracts)**

Τα **ψηφιακά συμβόλαια** ή **smart contracts** είναι αυτόματα εκτελούμενες συμφωνίες, που ενεργοποιούνται όταν πληρούνται συγκεκριμένες συνθήκες. Στην έξυπνη γεωργία, τα smart contracts μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διασφαλιστεί η **ακεραιότητα** των συναλλαγών και να μειωθεί η ανάγκη για μεσάζοντες στις αγροτικές συναλλαγές.

Για παράδειγμα, ένα ψηφιακό συμβόλαιο μπορεί να καθορίσει ότι η πληρωμή ενός αγρότη θα εκτελεστεί αυτόματα όταν το προϊόν φτάσει σε προκαθορισμένη κατάσταση ή όταν πληρούνται συγκεκριμένα πρότυπα ποιότητας κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση. Τα smart contracts μειώνουν τη γραφειοκρατία, βελτιώνουν την ασφάλεια των συναλλαγών, και αυξάνουν την **αξιοπιστία** στη συνεργασία μεταξύ παραγωγών και εμπόρων (Abbasi et al., 2022).

- **Blockchain και ESG στη Γεωργία**

Το blockchain συνδέεται άμεσα με τα πρότυπα ESG (Environmental, Social, and Governance), καθώς διασφαλίζει τη διαφάνεια και την υπευθυνότητα στις γεωργικές διαδικασίες. Η εφαρμογή του blockchain ενισχύει την περιβαλλοντική βιωσιμότητα μειώνοντας τις απώλειες προϊόντων και τις σπατάλες, ενώ παράλληλα ενισχύει την κοινωνική υπευθυνότητα με την καταπολέμηση της απάτης και την ενίσχυση της ακεραιότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Αντιμετώπιση προβλημάτων και ανακλήσεις: Σε περίπτωση προβλημάτων, όπως μόλυνση ή αλλοίωση προϊόντων, το blockchain επιτρέπει την άμεση **εντοπισμό της πηγής του προβλήματος** και την ανάκληση των προϊόντων. Η ικανότητα αυτή μειώνει το κόστος των ανακλήσεων και προστατεύει τη δημόσια υγεία, καθώς τα προβληματικά προϊόντα αποσύρονται γρήγορα από την αγορά (Alobid et al., 2022).

5.3 Έξυπνη Συσκευασία και Καινοτομίες στη Διακίνηση Προϊόντων

Η **έξυπνη συσκευασία** είναι μια καινοτόμος λύση που χρησιμοποιεί **αισθητήρες** και άλλα τεχνολογικά εργαλεία για τη διασφάλιση της **ποιότητας των προϊόντων** κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και της αποθήκευσης. Η χρήση έξυπνων συσκευασιών επιτρέπει την παρακολούθηση των συνθηκών αποθήκευσης σε πραγματικό χρόνο και συμβάλλει στη μείωση των απωλειών τροφίμων.

5.3.1 Αισθητήρες στη Συσκευασία

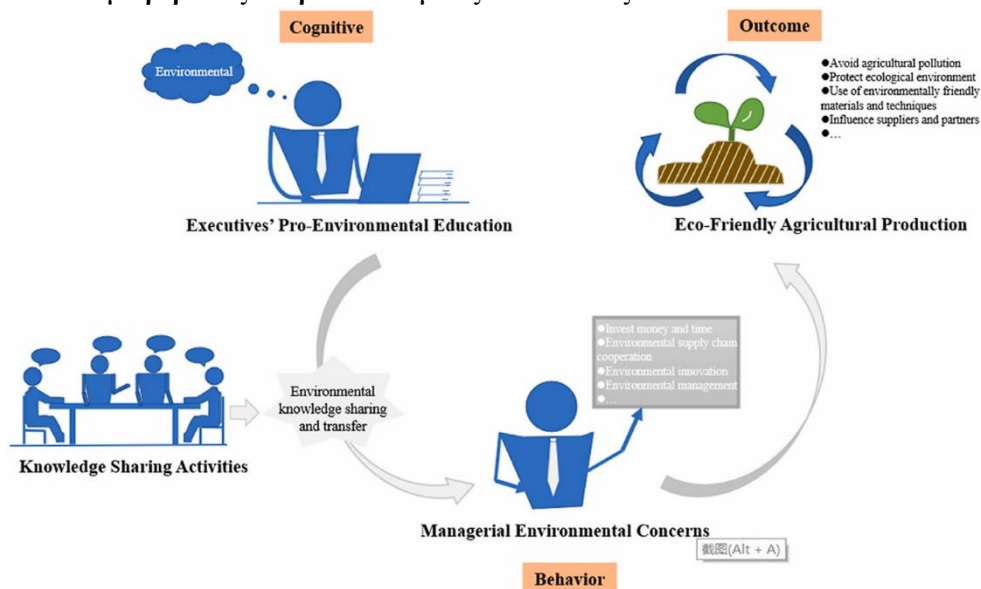
Οι **αισθητήρες που ενσωματώνονται στις συσκευασίες** παρακολουθούν συνεχώς κρίσιμες παραμέτρους, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, καθ' όλη τη διάρκεια της διακίνησης του προϊόντος. Οι αισθητήρες αυτοί αποστέλλουν δεδομένα στους παραγωγούς και τους μεταφορείς σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας την έγκαιρη λήψη μέτρων αν κάτι πάει στραβά.

- **Διασφάλιση ποιότητας:** Οι αισθητήρες αυτοί βοηθούν στη διατήρηση των **φρέσκων προϊόντων**, όπως φρούτα και λαχανικά, σε βέλτιστες συνθήκες, αποφεύγοντας την αλλοίωση

και την απώλεια ποιότητας κατά τη μεταφορά. Η διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα ευαίσθητα γεωργικά προϊόντα που πρέπει να παραμείνουν σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας (Bendinelli et al., 2020).

- **Παρακολούθηση κατά τη μεταφορά:** Η έξυπνη συσκευασία επιτρέπει επίσης την παρακολούθηση της κατάστασης των προϊόντων κατά τη μεταφορά τους μέσω του **blockchain**, όπου καταγράφονται τα δεδομένα από τους αισθητήρες. Αυτό προσφέρει **αξιοπιστία** και **ασφάλεια** στη διακίνηση των προϊόντων, διασφαλίζοντας ότι φτάνουν στους καταναλωτές σε άριστη κατάσταση (Almadani & Mostafa, 2021).

5.3.2 Αντιμικροβιακές και βιοδιασπώμενες συσκευασίες



Μια νέα καινοτομία στην έξυπνη συσκευασία είναι η χρήση **αντιμικροβιακών υλικών** που αποτρέπουν την ανάπτυξη βακτηρίων στα τρόφιμα, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής τους. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται **βιοδιασπώμενα υλικά** για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της συσκευασίας, συμβάλλοντας στην αειφορία και τη μείωση των πλαστικών αποβλήτων.

Η συνδυαστική χρήση **αισθητήρων**, **blockchain**, και **έξυπνων συσκευασιών** ενισχύει τη βιωσιμότητα και τη διαφάνεια της αλυσίδας αξίας στην Έξυπνη Γεωργία, προσφέροντας οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

6. ESG ΚΑΙ Η ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΜΕ ΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ 4.0

Το πλαίσιο **ESG (Environmental, Social, and Governance)** είναι ένα σύστημα μέτρησης της **βιωσιμότητας** και της **κοινωνικής ευθύνης** των επιχειρήσεων και των οργανισμών, και έχει εξελιχθεί σε ένα ισχυρό εργαλείο που καθοδηγεί τη **χρηματοδότηση**, τις **επενδύσεις**, και την **επιχειρηματική στρατηγική** σε παγκόσμιο επίπεδο. Η εφαρμογή του ESG στον αγροτικό τομέα, και ειδικότερα στη **Γεωργία 4.0**, αναδεικνύει πώς οι τεχνολογίες μπορούν να βελτιώσουν τη βιωσιμότητα της γεωργίας, να ενισχύσουν την **κοινωνική συνοχή** και να προωθήσουν **υπεύθυνες πρακτικές διακυβέρνησης**.

6.1 Τι είναι το ESG

ESG και οργανισμοί

Το **ESG** είναι ένα πλαίσιο που αξιολογεί τις **περιβαλλοντικές (Environmental)**, **κοινωνικές (Social)** και **διοικητικές (Governance)** επιδόσεις μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού. Ενσωματώνει μη οικονομικούς δείκτες για να αξιολογήσει την υπεύθυνη επιχειρηματική δραστηριότητα και να διασφαλίσει ότι οι εταιρείες λειτουργούν με **διαφάνεια**, **βιωσιμότητα** και **υπευθυνότητα** προς την κοινωνία και το περιβάλλον.

6.1.1 Περιβαλλοντική διάσταση (Environmental)

Η περιβαλλοντική διάσταση του ESG επικεντρώνεται στον αντίκτυπο που έχει μια επιχείρηση στο **φυσικό περιβάλλον**. Αυτό περιλαμβάνει την **κατανάλωση πόρων**, τις **εκπομπές ρύπων**, τη **διαχείριση αποβλήτων**, και τις **πρακτικές βιώσιμης ανάπτυξης**. Οι εταιρείες που συμμορφώνονται με τα πρότυπα ESG προσπαθούν να μειώσουν το **περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα** και να υιοθετήσουν πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον.

6.1.2 Κοινωνική διάσταση (Social)

Η κοινωνική διάσταση επικεντρώνεται στον τρόπο που οι εταιρείες αλληλεπιδρούν με την **κοινωνία** και τους **εργαζόμενους** τους. Αυτό περιλαμβάνει τη **διασφάλιση δικαιωμάτων** των εργαζομένων, τη **δημιουργία ασφαλών συνθηκών εργασίας**, την υποστήριξη των **τοπικών κοινοτήτων**, καθώς και την προώθηση της **κοινωνικής δικαιοσύνης**.

6.1.3 Διακυβέρνηση (Governance)

Η διάσταση της διακυβέρνησης αφορά την **διοίκηση** και τον **έλεγχο** μιας εταιρείας. Περιλαμβάνει την υιοθέτηση πρακτικών **διαφάνειας**, την **αντιμετώπιση της διαφθοράς**, την εφαρμογή κανόνων **εταιρικής ηθικής** και τη διασφάλιση ότι η ηγεσία της εταιρείας ακολουθεί αρχές υπεύθυνης και δίκαιης διακυβέρνησης.

6.2 Η Σχέση του ESG με τη Γεωργία 4.0

Η **Γεωργία 4.0** είναι μια νέα εποχή στην αγροτική παραγωγή, η οποία βασίζεται στην **ψηφιοποίηση** και τη χρήση τεχνολογιών όπως το **Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)**, η **Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)**, και τα **big data** για τη βελτιστοποίηση των γεωργικών διαδικασιών. Η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών μπορεί να συνδεθεί άμεσα με τους στόχους του **ESG**, καθώς επιτρέπει στις αγροτικές επιχειρήσεις να βελτιώσουν τις **περιβαλλοντικές επιδόσεις** τους, να ενισχύσουν την **κοινωνική τους υπευθυνότητα** και να προάγουν την **υπεύθυνη διακυβέρνηση**.

6.2.1 Περιβαλλοντική Διάσταση (E) και Γεωργία 4.0

Οι τεχνολογίες της Γεωργίας 4.0 μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις **περιβαλλοντικές επιπτώσεις** της γεωργικής παραγωγής. Οι εφαρμογές γεωργίας ακριβείας, για παράδειγμα, επιτρέπουν την **ορθολογική χρήση πόρων**, όπως το νερό, τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα, μειώνοντας την υπερβολική χρήση και την σπατάλη.

- **Μείωση χρήσης νερού και ενέργειας:** Η γεωργία ακριβείας και οι **αισθητήρες IoT** επιτρέπουν στους αγρότες να προσαρμόζουν την άρδευση ανάλογα με τις πραγματικές ανάγκες των καλλιεργειών, μειώνοντας τη σπατάλη νερού κατά 20-40% (**Abioye et al., 2020**). Επιπλέον, η χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων μειώνει τη συνολική κατανάλωση ενέργειας.
- **Προστασία του εδάφους και των υδάτων:** Η στοχευμένη εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων μειώνει την **επικίνδυνη ρύπανση** του εδάφους και των υδάτων, συμβάλλοντας στη διατήρηση της **βιοποικιλότητας** και την προστασία των οικοσυστημάτων (**Singh et al., 2022**).

6.2.2 Κοινωνική Διάσταση (S) και Γεωργία 4.0

Η Γεωργία 4.0 μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην **κοινωνική υπευθυνότητα** μέσω της βελτίωσης των **συνθηκών εργασίας** και της **ενίσχυσης της τοπικής οικονομίας**. Τα **έξυπνα γεωργικά συστήματα** μπορούν να μειώσουν τη χειρωνακτική εργασία και να βελτιώσουν την **ασφάλεια** των εργαζομένων στον αγροτικό τομέα.

- **Βελτίωση των συνθηκών εργασίας:** Η χρήση **αυτοματοποιημένων μηχανών** και **ρομποτικών συστημάτων** μειώνει την ανάγκη για σωματικά απαιτητική εργασία, μειώνοντας τους **κινδύνους τραυματισμών**. Οι εργαζόμενοι στον αγροτικό τομέα μπορούν να εκπαιδευτούν για την επίβλεψη και λειτουργία αυτών των τεχνολογιών, προωθώντας την **επαγγελματική ανάπτυξη**.
- **Προστασία των δικαιωμάτων των μικροκαλλιεργητών:** Μέσω της **τεχνολογίας blockchain**, η οποία χρησιμοποιείται για την **ιχνηλασιμότητα** των γεωργικών προϊόντων, διασφαλίζεται η διαφάνεια στις εμπορικές συναλλαγές και η δίκαιη αμοιβή των παραγωγών. Το **blockchain** εξασφαλίζει ότι οι μικροκαλλιεργητές λαμβάνουν την αμοιβή που τους αναλογεί, προωθώντας την **οικονομική ισότητα** στις αγροτικές κοινότητες (**Xiong et al., 2020**).

6.2.3 Διακυβέρνηση (G) και Γεωργία 4.0

Η χρήση τεχνολογιών όπως το **blockchain** ενισχύει τη **διαφάνεια** και τη **λογοδοσία** στον αγροτικό τομέα. Οι έξυπνες τεχνολογίες μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της **διοικητικής δομής** των αγροτικών επιχειρήσεων, ενισχύοντας τη **διαφάνεια** σε όλα τα στάδια της παραγωγής και της διανομής.

- **Blockchain για διαφάνεια:** Το blockchain εξασφαλίζει ότι κάθε συναλλαγή και κάθε στάδιο της παραγωγής και διανομής ενός γεωργικού προϊόντος είναι **αδιαμφισβήτητο** και καταγεγραμμένο. Οι καταναλωτές, οι έμποροι και οι παραγωγοί μπορούν να βλέπουν όλες τις πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή, την ποιότητα και τη διαδρομή των προϊόντων,

δημιουργώντας έτσι ένα σύστημα **υπεύθυνης διακυβέρνησης** στην αλυσίδα εφοδιασμού (Alobid et al., 2022).

- **Ενίσχυση της εταιρικής ηθικής:** Η ενσωμάτωση ESG κριτηρίων στις αγροτικές επιχειρήσεις ενισχύει την ανάγκη για **ηθική διοίκηση** και προάγει την αποφυγή πρακτικών διαφθοράς ή κατάχρησης εξουσίας.

6.3 Δείκτες ESG στη Γεωργία 4.0

Οι **δείκτες ESG** αποτελούν συγκεκριμένα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας επιχείρησης σε θέματα **περιβάλλοντος, κοινωνίας και διακυβέρνησης**. Στη γεωργία, αυτοί οι δείκτες μπορούν να περιλαμβάνουν:

- **Περιβαλλοντικοί Δείκτες (E):**
 - **Κατανάλωση νερού ανά εκτάριο:** Πόση ποσότητα νερού χρησιμοποιείται ανά μονάδα καλλιεργούμενης γης και πόσο βελτιώνεται η χρήση του με τις τεχνολογίες ακριβείας.
 - **Μείωση των εκπομπών CO2:** Παρακολούθηση και μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τη γεωργική παραγωγή.
 - **Απορρόφηση και διαχείριση αποβλήτων:** Μέθοδοι ανακύκλωσης ή μείωσης των αποβλήτων από τη γεωργική παραγωγή.
- **Κοινωνικοί Δείκτες (S):**
 - **Διασφάλιση συνθηκών εργασίας:** Εφαρμογή κανόνων για τη διασφάλιση της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων στον αγροτικό τομέα.
 - **Ενίσχυση τοπικών κοινοτήτων:** Προώθηση της αγροτικής ανάπτυξης και της οικονομικής βιωσιμότητας των αγροτικών κοινοτήτων.
- **Δείκτες Διακυβέρνησης (G):**
 - **Διαφάνεια και λογοδοσία:** Χρήση εργαλείων όπως το blockchain για την ενίσχυση της διαφάνειας στις συναλλαγές και την παροχή πληροφόρησης σε πραγματικό χρόνο για τα προϊόντα.
 - **Ηθική εταιρική διακυβέρνηση:** Δέσμευση της διοίκησης σε πρακτικές ηθικής επιχειρηματικότητας, με ελέγχους κατά της διαφθοράς και της εκμετάλλευσης.

6.4 Υπέρ και Κατά της Εφαρμογής του ESG στη Γεωργία 4.0

Η εφαρμογή του ESG στη γεωργία, ειδικά με την υποστήριξη της Γεωργίας 4.0, προσφέρει πολλά οφέλη, αλλά και ορισμένες προκλήσεις.

Υπέρ:

- **Προώθηση βιωσιμότητας:** Η εφαρμογή των τεχνολογιών της Γεωργίας 4.0 μειώνει το **περιβαλλοντικό αποτύπωμα** και προάγει τη **βιώσιμη διαχείριση των πόρων**.
- **Ενίσχυση της διαφάνειας:** Οι τεχνολογίες όπως το blockchain διασφαλίζουν την **διαφάνεια** και τη **λογοδοσία** στην αλυσίδα παραγωγής και εφοδιασμού.
- **Καλύτερη πρόσβαση σε χρηματοδότηση:** Οι επιχειρήσεις που υιοθετούν ESG κριτήρια είναι πιο πιθανό να λάβουν χρηματοδότηση από επενδυτές που αναζητούν **βιώσιμες επενδύσεις**.

Κατά:

- **Υψηλό κόστος υλοποίησης:** Η υιοθέτηση των τεχνολογιών της Γεωργίας 4.0 απαιτεί αρχικές επενδύσεις που μπορεί να είναι υψηλές, ειδικά για μικρομεσαίους παραγωγούς.
- **Έλλειψη τεχνογνωσίας:** Η εφαρμογή ESG κριτηρίων και έξυπνων τεχνολογιών απαιτεί εξειδικευμένη γνώση και εκπαίδευση, η οποία μπορεί να λείπει σε ορισμένες περιοχές.
- **Περιορισμένη πρόσβαση:** Σε φτωχότερες ή απομακρυσμένες αγροτικές κοινότητες, η πρόσβαση σε τεχνολογίες και υποδομές είναι περιορισμένη, γεγονός που δυσκολεύει την υιοθέτηση των πρακτικών ESG.

7. ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΞΕΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Η **Έξυπνη Γεωργία** παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του γεωργικού τομέα, βοηθώντας τους αγρότες να αντιμετωπίσουν τις σύγχρονες προκλήσεις που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή, την εξοικονόμηση πόρων και την ανάγκη για αυξημένη παραγωγή τροφίμων. Στην Ελλάδα, η εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, με ορισμένες περιοχές να παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα υιοθέτησης τεχνολογιών, ενώ άλλες περιοχές αντιμετωπίζουν προκλήσεις και δυσκολίες στην υλοποίησή της.



Ελληνικό οικοσύστημα αγροδιατροφής

7.1 Περιοχές όπου Εφαρμόζεται η Έξυπνη Γεωργία

Οι περιοχές όπου εφαρμόζεται η έξυπνη γεωργία στην Ελλάδα χαρακτηρίζονται από γεωργική παράδοση, υψηλή παραγωγικότητα και πρόσβαση σε χρηματοδοτικά προγράμματα και τεχνολογικές υποδομές. Περιφέρειες όπως η **Θεσσαλία**, η **Κρήτη**, η **Κεντρική Μακεδονία** και η **Πελοπόννησος** είναι μεταξύ των πρώτων που υιοθέτησαν τεχνολογίες ακριβείας για τη βελτίωση των γεωργικών πρακτικών τους.

7.1.1 Θεσσαλία

Η **Θεσσαλία**, με την πλούσια γεωργική παράδοση, αποτελεί μία από τις πρώτες περιοχές που υιοθέτησαν τις τεχνολογίες της γεωργίας ακριβείας στην Ελλάδα. Οι μεγάλες εκτάσεις καλλιέργειας, όπως σιτηρά και βαμβάκι, έχουν ωφεληθεί από τη χρήση **αισθητήρων εδάφους**, **συστημάτων GPS** και **συστημάτων τηλεμετρίας**, που βοηθούν στη βελτιστοποίηση της άρδευσης και της διαχείρισης των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους. Το πρόγραμμα **Gaiasense** είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα που εφαρμόζεται στην περιοχή και χρησιμοποιεί τεχνολογίες IoT για την παρακολούθηση των καλλιεργειών (**Ferrández-Pastor et al., 2016**).

7.1.2 Κρήτη

Η **Κρήτη**, με τη δυναμική της παραγωγή σε αμπέλια, ελαιόδεντρα και οπωροκηπευτικά, έχει υιοθετήσει τεχνολογίες **γεωργίας ακριβείας** για την καλύτερη διαχείριση των υδάτινων πόρων, οι οποίοι είναι ιδιαίτερα πολύτιμοι σε ένα ξηρό κλίμα. Οι **αισθητήρες υγρασίας** επιτρέπουν στους αγρότες να ελέγχουν σε πραγματικό χρόνο την υγρασία του εδάφους και να προσαρμόζουν τις ανάγκες άρδευσης, γεγονός που μειώνει τη σπατάλη νερού και εξασφαλίζει καλύτερες αποδόσεις στις καλλιέργειες (**Adow et al., 2022**).

7.1.3 Μακεδονία

Στην **Κεντρική Μακεδονία**, που φημίζεται για την παραγωγή φρούτων και λαχανικών, οι αγρότες έχουν ενσωματώσει **αισθητήρες εδάφους** και **drones** για την παρακολούθηση των καλλιεργειών τους. Η χρήση **drones** επιτρέπει την ταχύτατη και αποτελεσματική ανίχνευση ασθενειών ή προβλημάτων στις καλλιέργειες, ενώ ταυτόχρονα μειώνει το κόστος της παρακολούθησης των αγροτεμαχίων, συμβάλλοντας

στη βελτίωση της παραγωγικότητας (Balducci et al., 2018).

7.1.4 Πελοπόννησος

Στην **Πελοπόννησο**, η καλλιέργεια **ελαιόδεντρων** και **αμπελώνων** έχει επωφεληθεί σημαντικά από τις νέες τεχνολογίες που εφαρμόζονται στην **έξυπνη γεωργία**. Οι αγρότες στην περιοχή αυτή έχουν υιοθετήσει **αισθητήρες θερμοκρασίας** και **υγρασίας**, καθώς και συστήματα τηλεμετρίας, τα οποία τους επιτρέπουν να ελέγχουν και να ρυθμίζουν τις συνθήκες καλλιέργειας για τη βελτίωση της απόδοσης και της ποιότητας των προϊόντων τους (Boursianis et al., 2022).

7.2 Περιοχές όπου δεν Εφαρμόζεται: Προκλήσεις και Δυσκολίες

Παρά τις προσπάθειες για την επέκταση της έξυπνης γεωργίας, υπάρχουν πολλές περιοχές στην Ελλάδα όπου η εφαρμογή της παραμένει περιορισμένη. Οι λόγοι για αυτό συνδέονται κυρίως με οικονομικά, τεχνολογικά και κοινωνικά εμπόδια που δυσκολεύουν την υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών.

7.2.1 Μικρομεσαίες Γεωργικές Εκμεταλλεύσεις

Οι μικρομεσαίοι παραγωγοί στις απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές της χώρας αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας, κυρίως λόγω της έλλειψης χρηματοδότησης για την αγορά ακριβού εξοπλισμού, όπως αισθητήρες και drones. Το αρχικό κόστος επένδυσης είναι ιδιαίτερα υψηλό για αυτούς τους αγρότες, με αποτέλεσμα πολλοί από αυτούς να προτιμούν να συνεχίζουν να χρησιμοποιούν παραδοσιακές γεωργικές πρακτικές (Bogomolov et al., 2019).

7.2.2 Έλλειψη Υποδομών

Η **έλλειψη ευρυζωνικών δικτύων** και άλλων τεχνολογικών υποδομών αποτελεί έναν ακόμη λόγο για την περιορισμένη εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας σε πολλές αγροτικές περιοχές. Η σύνδεση των αισθητήρων IoT και η μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο είναι δύσκολη χωρίς την απαραίτητη τεχνολογική υποδομή, γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα των αγροτών να παρακολουθούν τις καλλιέργειές τους με ακρίβεια (Abbasi et al., 2022).

7.2.3 Έλλειψη Τεχνογνωσίας

Ένα από τα βασικά προβλήματα που εμποδίζουν την εξάπλωση της έξυπνης γεωργίας είναι η **έλλειψη εκπαίδευσης** και **τεχνογνωσίας** στους αγρότες. Πολλοί αγρότες δεν είναι εξοικειωμένοι με τις νέες τεχνολογίες και δεν γνωρίζουν πώς να τις χρησιμοποιήσουν για να βελτιώσουν την παραγωγή τους. Η ανάγκη για εξειδικευμένη εκπαίδευση είναι κρίσιμη για την επιτυχή εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών, αλλά συχνά οι σχετικές εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες είναι ελλιπείς (Eastwood et al., 2019).

7.3 Προγράμματα Υποστήριξης και Χρηματοδότησης

Η εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα υποστηρίζεται από διάφορα προγράμματα χρηματοδότησης και πρωτοβουλίες που έχουν στόχο να διευκολύνουν τους αγρότες στην υιοθέτηση καινοτόμων πρακτικών.

7.3.1 ΕΣΠΑ και Ευρωπαϊκή Χρηματοδότηση

Το **ΕΣΠΑ** και τα προγράμματα ευρωπαϊκής χρηματοδότησης προσφέρουν σημαντικές επιδοτήσεις για την αγορά και εγκατάσταση τεχνολογιών έξυπνης γεωργίας, όπως αισθητήρες IoT, συστήματα τηλεμετρίας και drones. Επιπλέον, μέσω των προγραμμάτων αυτών παρέχεται εκπαίδευση και τεχνική υποστήριξη στους αγρότες, ενισχύοντας έτσι την ικανότητά τους να εφαρμόσουν τις νέες τεχνολογίες στις καλλιέργειες (Eastwood et al., 2019).

7.3.2 Προγράμματα Gaiasense

Το πρόγραμμα **Gaiasense**, που αναπτύχθηκε στην Ελλάδα, αποτελεί ένα πρωτοπόρο παράδειγμα εφαρμογής της έξυπνης γεωργίας. Το πρόγραμμα συνδυάζει τεχνολογίες IoT με γεωργικές εφαρμογές, επιτρέποντας στους αγρότες να παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο τις καλλιέργειες τους και να βελτιώνουν τη διαχείριση των πόρων τους (Boursianis et al., 2022).

7.4 Εκπαίδευση και Ενημέρωση των Αγροτών

Η εκπαίδευση και η ενημέρωση των αγροτών είναι καθοριστικής σημασίας για την υιοθέτηση της έξυπνης γεωργίας. Η έλλειψη γνώσεων και δεξιοτήτων παραμένει ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια στην ευρεία εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στον αγροτικό τομέα.

7.4.1 Εκπαιδευτικά Προγράμματα

Προγράμματα κατάρτισης, όπως αυτά που προσφέρονται μέσω των γεωπονικών πανεπιστημίων και ερευνητικών ιδρυμάτων, προσφέρουν στους αγρότες τις απαραίτητες γνώσεις για τη χρήση τεχνολογιών ακριβείας, όπως τα **συστήματα GPS**, οι **αισθητήρες εδάφους** και τα **drones**. Η εκπαίδευση αυτή είναι κρίσιμη για την επίτευξη των στόχων της έξυπνης γεωργίας, καθώς οι αγρότες αποκτούν την ικανότητα να εφαρμόσουν και να διαχειριστούν τις νέες τεχνολογίες (Eastwood et al., 2019).

7.4.2 Ιδιωτική Πρωτοβουλία και Συνεργασίες

Πέρα από την εκπαίδευση που προσφέρεται από δημόσιους φορείς, οι συνεργασίες με **ιδιωτικές εταιρείες** τεχνολογίας προσφέρουν επίσης σημαντικές ευκαιρίες στους αγρότες. Οι εταιρείες αυτές παρέχουν λύσεις έξυπνης γεωργίας που είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες των Ελλήνων παραγωγών, ενώ συχνά συνοδεύουν τα προϊόντα τους με εκπαίδευση και υποστήριξη (Blok & Gremmen, 2018).

7.5 Υπέρ και Κατά της Εφαρμογής της Έξυπνης Γεωργίας στην Ελλάδα

Η έξυπνη γεωργία προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα για τους Έλληνες αγρότες, αλλά η εφαρμογή της συνοδεύεται και από ορισμένες προκλήσεις.

7.5.1 Υπέρ της Εφαρμογής

- **Αύξηση παραγωγικότητας:** Η εφαρμογή των τεχνολογιών της γεωργίας ακριβείας βοηθά τους αγρότες να **αυξήσουν την αποδοτικότητα** των καλλιεργειών τους, μειώνοντας τη χρήση πόρων και αυξάνοντας την παραγωγή τους (**Raj et al., 2021**).
- **Μείωση κόστους:** Η στοχευμένη χρήση νερού, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων συμβάλλει στη **μείωση του κόστους** παραγωγής, επιτρέποντας στους αγρότες να αυξήσουν τα κέρδη τους (**Boursianis et al., 2022**).
- **Προστασία του περιβάλλοντος:** Οι έξυπνες γεωργικές πρακτικές συμβάλλουν στη **μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων**, μειώνοντας τις εκπομπές CO₂ και τη ρύπανση των υδάτινων πόρων (**Ferrández-Pastor et al., 2016**).

7.5.2 Κατά της Εφαρμογής

- **Υψηλό κόστος επένδυσης:** Το αρχικό κόστος των τεχνολογιών έξυπνης γεωργίας είναι συχνά απαγορευτικό για τους μικρούς και μεσαίους παραγωγούς, που δεν διαθέτουν επαρκή χρηματοδότηση (**Eastwood et al., 2019**).
- **Τεχνολογικές προκλήσεις:** Η έλλειψη υποδομών ευρυζωνικότητας και εκπαίδευσης εμποδίζει την υιοθέτηση των τεχνολογιών σε πολλές περιοχές της χώρας (**Blok & Gremmen, 2018**).

8. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΛΕΜΟΥ ΚΑΙ

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΞΕΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ



Δυσκολίες στην αγροδιατροφή σε περιόδους κρίσης

Η γεωργία είναι ένας θεμελιώδης τομέας για την επιβίωση των κοινωνιών σε περιόδους πολέμου, εξασφαλίζοντας την **επισιτιστική ασφάλεια** και την **ανθεκτικότητα** των πληθυσμών. Κατά τη διάρκεια πολεμικών συγκρούσεων, οι γεωργικές υποδομές καταστρέφονται συχνά, η παραγωγή τροφίμων μειώνεται δραματικά και οι αλυσίδες εφοδιασμού διακόπτονται, προκαλώντας σοβαρές ελλείψεις. Σε αυτό το πλαίσιο, η **έξυπνη γεωργία** έχει τη δυνατότητα να προσφέρει λύσεις για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα και την **ευελιξία** των γεωργικών συστημάτων.

8.1 Η Σημασία της Γεωργίας σε Περιόδους Πολέμου: Ιστορικά Παραδείγματα

Η γεωργία έχει διαδραματίσει καίριο ρόλο σε πολεμικές συγκρούσεις στην ιστορία, επηρεάζοντας την **πολεμική ισχύ** των εθνών και τη δυνατότητα τους να επιβιώσουν. Στα παρακάτω παραδείγματα, η γεωργία είτε υποστηρίζει είτε υπονομεύει την ικανότητα επιβίωσης των πληθυσμών σε συνθήκες πολέμου.

8.1.1 Ο Β' Παγκόσμιος Πόλεμος και η Επιχείρηση “Γεωργική Διάσωση” στη Σοβιετική Ένωση

Κατά τη διάρκεια του **Β' Παγκοσμίου Πολέμου**, η γεωργία αποτέλεσε κρίσιμο παράγοντα για την επιβίωση των Σοβιετικών. Η **Επιχείρηση Μπαρμπάρσα** (1941), η γερμανική εισβολή στη Σοβιετική Ένωση, κατέστρεψε τεράστιες εκτάσεις καλλιεργήσιμης γης και οδήγησε στην απώλεια σημαντικών γεωργικών υποδομών. Ωστόσο, οι Σοβιετικοί αντέδρασαν μεταφέροντας μεγάλες γεωργικές περιοχές στα Ουράλια και τη Σιβηρία, σε μια προσπάθεια να διατηρήσουν την **παραγωγή τροφίμων** για τον στρατό και τον άμαχο πληθυσμό. Παρά τις προσπάθειες, οι **λιμοί** που προκλήθηκαν από την καταστροφή της γεωργίας στη Δυτική Σοβιετική Ένωση είχαν σοβαρές συνέπειες για τον πληθυσμό, οδηγώντας σε τεράστιες απώλειες ζωών (**Ferris et al., 2014**).

Η μεταφορά της γεωργικής παραγωγής αποτέλεσε καθοριστικό στρατηγικό βήμα για τη **διατήρηση της επισιτιστικής ασφάλειας**, με τις Σοβιετικές αρχές να επενδύουν στην αναδιάρθρωση της γεωργίας. Η επιτυχία αυτή επέτρεψε στη Σοβιετική Ένωση να συνεχίσει τον πόλεμο, παρά τις καταστροφές που υπέστησαν τα αγροκτήματα στις δυτικές περιοχές.

8.1.2 Η Ιστορική Σημασία της Γεωργίας στον Αμερικανικό Εμφύλιο Πόλεμο

Κατά τη διάρκεια του **Αμερικανικού Εμφυλίου Πολέμου** (1861-1865), η γεωργία ήταν ζωτικής σημασίας για την οικονομία και την ικανότητα πολέμου τόσο των Βορείων όσο και των Νοτίων. Στον Νότο, η καλλιέργεια βαμβακιού ήταν ο κύριος οικονομικός πόρος, αλλά η μονοκαλλιέργεια του βαμβακιού είχε αφήσει τους Νοτίους ευάλωτους σε **ελλείψεις τροφίμων**. Η καταστροφή των καλλιεργειών τροφίμων από τις δυνάμεις των Βορείων, μέσω της τακτικής της “καμένης γης” του στρατηγού Σέρμαν, αποδυνάμωσε σημαντικά τον Νότο, οδηγώντας σε **λιμούς** και ελλείψεις (**McPherson, 1988**).

Οι Βόρειοι, από την άλλη, είχαν ένα **πιο διαφοροποιημένο γεωργικό σύστημα** και ήταν σε θέση να διατηρήσουν την παραγωγή τροφίμων κατά τη διάρκεια του πολέμου. Το γεγονός αυτό έδωσε στους Βόρειους στρατιωτικό πλεονέκτημα, καθώς μπορούσαν να προμηθεύσουν τον στρατό τους με τα απαραίτητα τρόφιμα, ενώ ταυτόχρονα εξασφάλιζαν επάρκεια για τον άμαχο πληθυσμό (**McPherson, 1988**).

8.1.3 Ο Ρόλος της Γεωργίας στην Ελλάδα Κατά τη Διάρκεια της Κατοχής (1941-1944)

Η **γεωργία στην Ελλάδα** κατά τη διάρκεια της Κατοχής υπήρξε επίσης σημαντική για την επιβίωση του πληθυσμού. Η κατοχή της χώρας από τις δυνάμεις του Άξονα (Γερμανία, Ιταλία, Βουλγαρία) οδήγησε σε εκτεταμένες **κατασχέσεις τροφίμων** και καταστροφές αγροτικών περιοχών. Η παραγωγή τροφίμων περιορίστηκε δραματικά, οδηγώντας στον **μεγάλο λιμό της Αθήνας** το 1941-1942, κατά τη διάρκεια του οποίου πέθαναν χιλιάδες άνθρωποι λόγω των ελλείψεων (**Mazower, 1993**).

Η γεωργία σε πολλές ορεινές περιοχές, όμως, παρέμεινε ανθεκτική, καθώς οι αντιστασιακές δυνάμεις στην ελληνική ύπαιθρο κατάφεραν να οργανώσουν την παραγωγή τροφίμων, εξασφαλίζοντας την επιβίωση των τοπικών πληθυσμών. Αυτή η **αυτονομία στη γεωργία** βοήθησε στην **αντίσταση** κατά των κατακτητών, διατηρώντας τη δυνατότητα των αντιστασιακών ομάδων να δράσουν παρά τις δυσκολίες.

8.2 Ο Ρόλος της Έξυπνης Γεωργίας σε Περίοδο Πολέμου

Η Έξυπνη Γεωργία μπορεί να παίξει καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της **ανθεκτικότητας** της γεωργικής παραγωγής σε περιόδους πολέμου. Οι νέες τεχνολογίες, όπως το **Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)**, τα **συστήματα γεωργίας ακριβείας**, και η **τεχνητή νοημοσύνη**, μπορούν να βοηθήσουν στην καλύτερη διαχείριση των πόρων, ακόμα και σε συνθήκες έντονων **περιορισμών** λόγω καταστροφής υποδομών ή περιορισμένης πρόσβασης σε πρώτες ύλες.

8.2.1 Αυξημένη Παραγωγικότητα σε Περιορισμένους Πόρους

Η Έξυπνη Γεωργία επιτρέπει την **ακριβή χρήση** των διαθέσιμων πόρων, όπως το νερό, τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα, ελαχιστοποιώντας τη σπατάλη και διασφαλίζοντας ότι η παραγωγή μπορεί να συνεχιστεί ακόμη και με περιορισμένα αποθέματα. Οι **αισθητήρες εδάφους** και τα **συστήματα αυτόματης άρδευσης** διασφαλίζουν ότι οι καλλιέργειες λαμβάνουν ακριβώς την ποσότητα που χρειάζονται, μειώνοντας τις απώλειες από ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες που μπορεί να προκληθούν λόγω πολέμου (*Boursianis et al., 2022).

8.2.2 Ανθεκτικότητα στις Διακοπές της Αλυσίδας Εφοδιασμού

Οι διακοπές στην αλυσίδα εφοδιασμού είναι συνηθισμένες σε περιόδους πολέμου. Η Έξυπνη Γεωργία μπορεί να βοηθήσει στην **παρακολούθηση** και την **ιχνηλασιμότητα** των γεωργικών προϊόντων μέσω **τεχνολογιών blockchain**, διασφαλίζοντας ότι η παραγωγή και η διανομή τροφίμων είναι όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικές, παρά τις εξωτερικές διαταραχές. Το **blockchain** μπορεί να βελτιώσει τη διαφάνεια και να μειώσει τις απώλειες στη διανομή τροφίμων, κάτι που είναι κρίσιμο σε περιόδους πολέμου (Xiong et al., 2020).

8.2.3 Διαχείριση Κρίσεων με Τεχνητή Νοημοσύνη

Η χρήση **τεχνητής νοημοσύνης (AI)** στην Έξυπνη Γεωργία επιτρέπει την πρόβλεψη και διαχείριση των **ακραίων καιρικών φαινομένων** ή των καταστροφών που μπορεί να επηρεάσουν την παραγωγή. Τα συστήματα AI μπορούν να αναλύσουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να προτείνουν τις κατάλληλες **καλλιεργητικές πρακτικές** που θα βελτιστοποιήσουν την παραγωγή σε δύσκολες συνθήκες (Balducci et al., 2018).

8.3 Υπέρ και Κατά της Έξυπνης Γεωργίας σε Περίοδο Πολέμου

Η εφαρμογή της Έξυπνης Γεωργίας σε περίοδο πολέμου παρουσιάζει πλεονεκτήματα αλλά και προκλήσεις.

8.3.1 Υπέρ

- **Βελτιστοποίηση πόρων:** Η ακριβής χρήση πόρων βοηθά στην επιβίωση γεωργικών συστημάτων με περιορισμένες εισροές.
- **Ανθεκτικότητα:** Τα έξυπνα συστήματα βελτιώνουν την ανθεκτικότητα των καλλιεργειών σε δύσκολες συνθήκες.

- **Ιχνηλασιμότητα και διαφάνεια:** Το blockchain μπορεί να διασφαλίσει τη διαφάνεια στην αλυσίδα εφοδιασμού, μειώνοντας τις απώλειες τροφίμων.

8.3.2 Κατά

- **Υψηλό κόστος υλοποίησης:** Η Έξυπνη Γεωργία απαιτεί μεγάλες επενδύσεις σε τεχνολογία, οι οποίες μπορεί να μην είναι διαθέσιμες σε συνθήκες πολέμου.
- **Εξάρτηση από υποδομές:** Η χρήση έξυπνων τεχνολογιών εξαρτάται από την ύπαρξη υποδομών, όπως δίκτυα επικοινωνίας, που μπορεί να καταστραφούν σε περίοδο πολέμου (Eastwood et al., 2019).

9. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΈΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

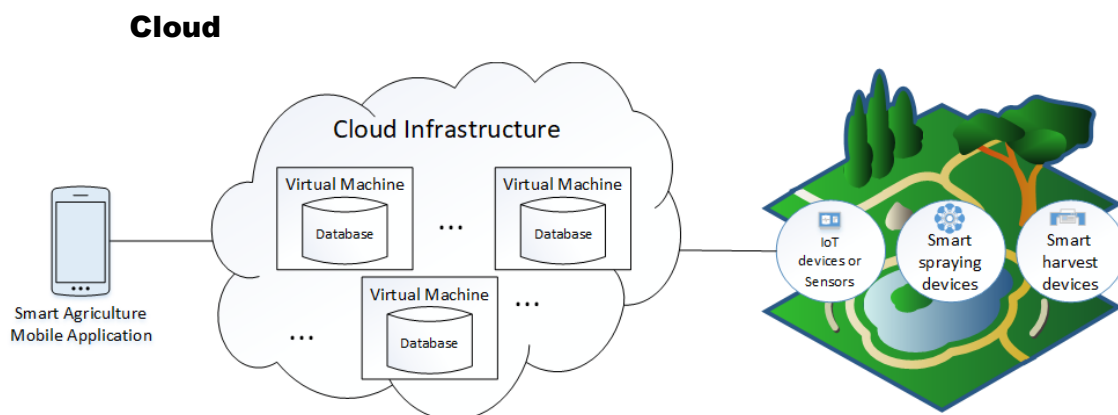
Η αρχιτεκτονική της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας βασίζεται σε ένα σύνθετο σύστημα τεχνολογιών που επιτρέπει την αυτοματοποίηση και τη διαχείριση γεωργικών διαδικασιών μέσω της χρήσης συσκευών IoT, αισθητήρων και έξυπνων συσκευών, όπως αυτά παρουσιάζονται μέσω ενός cloud περιβάλλοντος. Στόχος του συστήματος είναι να αυξήσει την αποδοτικότητα των γεωργικών δραστηριοτήτων, να μειώσει τις απώλειες και να επιτρέψει την καλύτερη διαχείριση των πόρων, όπως το νερό και τα γεωργικά προϊόντα.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε την αρχιτεκτονική της εφαρμογής, η οποία περιλαμβάνει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Διαχείριση χρηστών
- Εγγραφή και διαχείριση συσκευών IoT
- Παρακολούθηση γεωργικών δεδομένων
- Αυτοματοποιημένες διαδικασίες ψεκασμού και συγκομιδής

Θα αναλύσουμε καθένα από τα διαγράμματα που παρουσιάζουν τη λειτουργία της εφαρμογής, δίνοντας έμφαση στη διαδικασία που ακολουθείται από την εφαρμογή για τη συλλογή, την επεξεργασία και την αξιοποίηση των δεδομένων.

9.1 Ανάλυση Αρχιτεκτονικής Εφαρμογής Έξυπνης Γεωργίας: Υποδομή



Αυτό το διάγραμμα δείχνει την **υποδομή cloud** που χρησιμοποιείται στην εφαρμογή έξυπνης γεωργίας για τη διαχείριση συσκευών IoT, έξυπνων συστημάτων ψεκασμού και έξυπνων συστημάτων συγκομιδής. Η υποδομή αυτή βασίζεται σε **εικονικές μηχανές (virtual machines)**, οι οποίες επικοινωνούν με την εφαρμογή που χρησιμοποιούν οι αγρότες για την αυτοματοποίηση και παρακολούθηση των καλλιεργειών τους.

Στοιχεία που Περιλαμβάνονται στο Διάγραμμα

1. Smart Agriculture Mobile Application (Κινητή Εφαρμογή Έξυπνης Γεωργίας)

- **Τι είναι:** Είναι η βασική διεπαφή για τον χρήστη, δηλαδή τον αγρότη ή τον διαχειριστή. Μέσω αυτής της εφαρμογής, ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει τις έξυπνες συσκευές και τους αισθητήρες που βρίσκονται στις καλλιέργειες του.
- **Τι κάνει:** Επιτρέπει τη σύνδεση με το cloud και τη διαχείριση συσκευών όπως αισθητήρες IoT, έξυπνα συστήματα ψεκασμού και έξυπνες συσκευές συγκομιδής. Οι χρήστες μπορούν να προγραμματίζουν ενέργειες, να βλέπουν ειδοποιήσεις και να παρακολουθούν τις καλλιέργειες σε πραγματικό χρόνο.

2. Cloud Infrastructure (Υποδομή Cloud)

- **Τι είναι:** Είναι το κεντρικό σύστημα που φιλοξενεί τα δεδομένα και τη λογική της εφαρμογής. Αποτελείται από πολλαπλές **εικονικές μηχανές (virtual machines)**, καθεμία από τις οποίες έχει τη δική της βάση δεδομένων.
- **Τι κάνει:** Το cloud είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση των δεδομένων από τις IoT συσκευές και τις έξυπνες συσκευές στις καλλιέργειες. Στέλνει εντολές από την κινητή εφαρμογή στις συσκευές και συλλέγει δεδομένα από αυτές.
 - **Εικονικές Μηχανές (Virtual Machines):** Καθεμία έχει ενσωματωμένες βάσεις δεδομένων που αποθηκεύουν τα δεδομένα που συλλέγονται από τις καλλιέργειες, όπως υγρασία εδάφους, θερμοκρασία, κατάσταση συγκομιδής, κλπ.

- Οι εικονικές μηχανές επιτρέπουν την **απομακρυσμένη αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων**, εξασφαλίζοντας ότι οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες ανεξαρτήτως της τοποθεσίας τους.

3. IoT Devices or Sensors (Συσκευές IoT ή Αισθητήρες)

- **Τι είναι:** Αισθητήρες και συσκευές IoT που τοποθετούνται στα χωράφια για να παρακολουθούν κρίσιμους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία του εδάφους, το επίπεδο φωτός και άλλα δεδομένα περιβάλλοντος.
- **Τι κάνουν:** Συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και τα στέλνουν στο cloud, όπου αποθηκεύονται στις βάσεις δεδομένων. Αυτά τα δεδομένα αναλύονται και είναι διαθέσιμα στους χρήστες μέσω της εφαρμογής για λήψη αποφάσεων.

4. Smart Spraying Devices (Εξυπνες Συσκευές Ψεκασμού)

- **Τι είναι:** Ρομποτικές ή αυτόματες συσκευές που ψεκάζουν τις καλλιέργειες με βάση προγραμματισμένα χρονοδιαγράμματα ή δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες.
- **Τι κάνουν:** Μειώνουν την ανάγκη για χειροκίνητο ψεκασμό, εφαρμόζοντας φυτοφάρμακα ή άλλα προϊόντα στις καλλιέργειες μόνο όταν είναι απαραίτητο, αυξάνοντας την ακρίβεια και την αποδοτικότητα.

5. Smart Harvest Devices (Εξυπνες Συσκευές Συγκομιδής)

- **Τι είναι:** Αυτόματες συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη συγκομιδή των καλλιεργειών, προγραμματισμένες με βάση δεδομένα από τους αισθητήρες.
- **Τι κάνουν:** Η έξυπνη συγκομιδή επιτρέπει τη συλλογή των καλλιεργειών στην ιδανική στιγμή, βάσει παραμέτρων όπως η ωρίμανση, η ποιότητα των καρπών και οι συνθήκες περιβάλλοντος.

Διαδικασία Λειτουργίας

- **1. Επικοινωνία Κινητής Εφαρμογής με το Cloud:** Ο χρήστης μέσω της κινητής εφαρμογής στέλνει εντολές και αιτήματα για δεδομένα (όπως την κατάσταση των αισθητήρων ή την έναρξη συγκομιδής).
- **2. Διαχείριση από το Cloud:** Οι εικονικές μηχανές στο cloud λαμβάνουν αυτά τα αιτήματα, αποθηκεύουν τα δεδομένα των αισθητήρων και στέλνουν εντολές στις συσκευές ψεκασμού ή συγκομιδής.
- **3. Εκτέλεση από τις Έξυπνες Συσκευές:** Οι έξυπνες συσκευές εκτελούν τις εντολές, είτε πρόκειται για έναν αυτόματο ψεκασμό είτε για μια συγκομιδή, και τα αποτελέσματα αποστέλλονται πίσω στο cloud για αποθήκευση και ανάλυση.

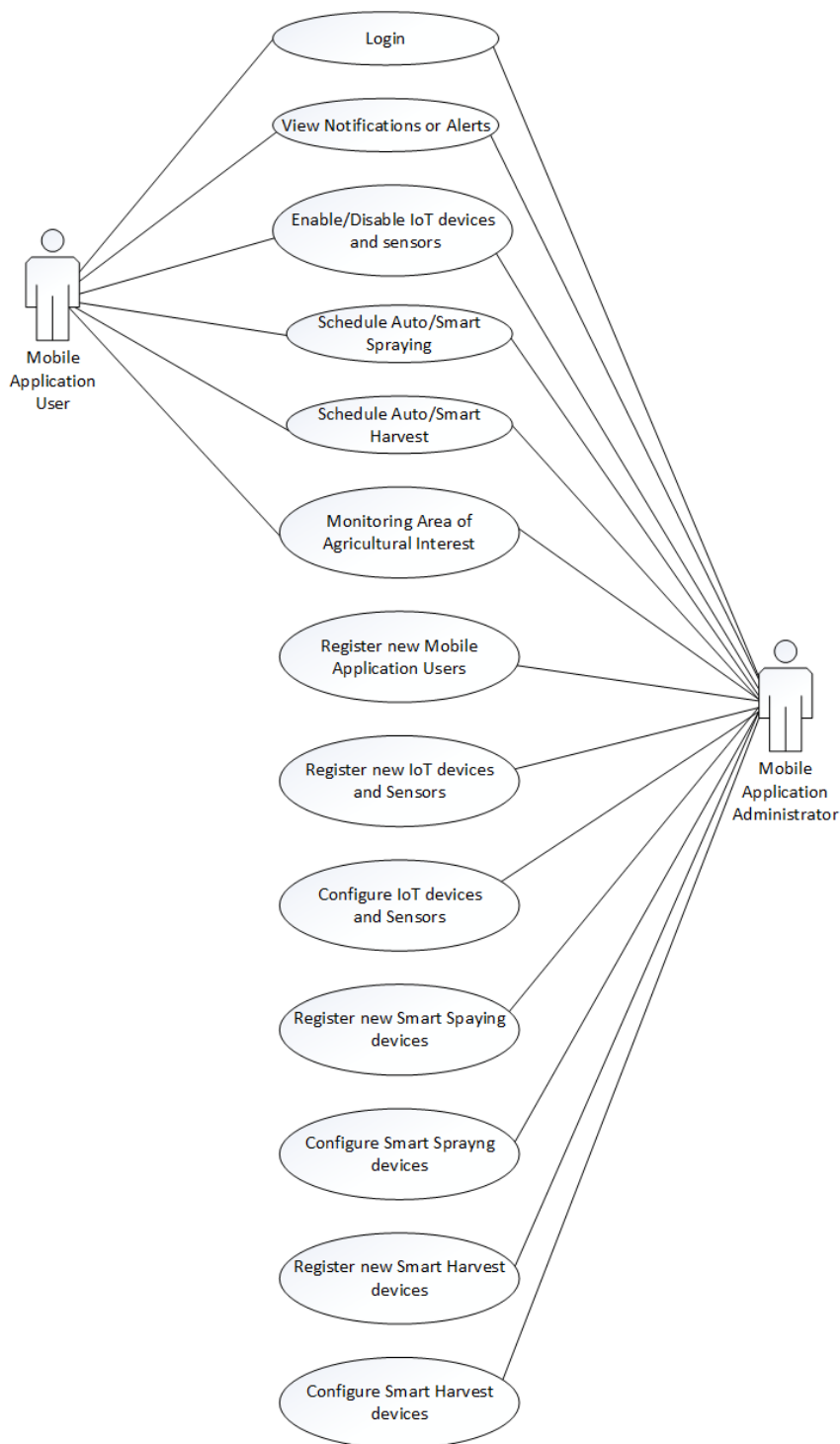
Οφέλη και Συμπεράσματα

- **Αυτοματοποίηση και Ακρίβεια:** Αυτή η αρχιτεκτονική προσφέρει **αυτοματοποίηση** στη διαχείριση των καλλιεργειών, μειώνοντας το χρόνο και την εργασία που απαιτείται για τον ψεκασμό και τη συγκομιδή.
- **Απομακρυσμένη Διαχείριση:** Η χρήση του cloud εξασφαλίζει ότι οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται τις καλλιέργειες τους από οπουδήποτε, αρκεί να έχουν πρόσβαση στην εφαρμογή.
- **Αποδοτικότητα Πόρων:** Οι έξυπνες συσκευές βοηθούν στη μείωση της υπερβολικής κατανάλωσης πόρων όπως το νερό και τα φυτοφάρμακα, βελτιώνοντας την **αποδοτικότητα** και μειώνοντας το κόστος παραγωγής.

Αυτή η αρχιτεκτονική είναι θεμελιώδης για τη σύγχρονη γεωργία ακριβείας, επιτρέποντας στους αγρότες να κάνουν χρήση των πιο πρόσφατων τεχνολογιών για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της βιωσιμότητας των καλλιεργειών τους.

9.2 Διαχείριση Χρηστών και Συσκευών IoT στην Εφαρμογή Έξυπνης Γεωργίας

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τις κύριες λειτουργίες των δύο βασικών ρόλων στην εφαρμογή: **Χρήστης Εφαρμογής (Mobile Application User)** και **Διαχειριστής Εφαρμογής (Mobile Application Administrator)**. Ο κάθε ρόλος έχει διαφορετικά δικαιώματα και δυνατότητες στο σύστημα, το οποίο επιτρέπει την αποτελεσματική διαχείριση των γεωργικών διαδικασιών και την παρακολούθηση των συσκευών IoT.



Ανάλυση των Ρόλων και των Δυνατοτήτων

1. Χρήστης Εφαρμογής (Mobile Application User)

Ο χρήστης της εφαρμογής, όπως ένας αγρότης, έχει πρόσβαση σε βασικές λειτουργίες για την παρακολούθηση και διαχείριση των καλλιεργειών του μέσω του συστήματος IoT. Οι λειτουργίες που διατίθενται στον χρήστη περιλαμβάνουν:

- **Login:** Ο χρήστης εισέρχεται στο σύστημα χρησιμοποιώντας τα διαπιστευτήριά του (όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης).
- **View Notifications or Alerts:** Εμφάνιση ειδοποιήσεων και κρίσιμων προειδοποιήσεων (alerts) από το σύστημα για προβλήματα ή συμβάντα που αφορούν τις καλλιέργειες, όπως αλλαγές στις καιρικές συνθήκες ή ανάγκη για άρδευση.
- **Enable/Disable IoT devices and sensors:** Ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιεί ή να απενεργοποιεί τις συσκευές IoT, όπως αισθητήρες εδάφους ή καιρικές συνθήκες, ανάλογα με τις ανάγκες του.
- **Schedule Auto/Smart Spraying:** Προγραμματισμός αυτόματου ψεκασμού ανάλογα με δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες (π.χ. υγρασία εδάφους) ή με βάση προγραμματισμένες ενέργειες.
- **Schedule Auto/Smart Harvest:** Προγραμματισμός αυτόματης συγκομιδής με βάση τις κατάλληλες συνθήκες καλλιέργειας, όπως η ωρίμανση των καρπών ή άλλοι παράγοντες που παρακολουθούνται από τους αισθητήρες.
- **Monitoring Area of Agricultural Interest:** Παρακολούθηση της κατάστασης των καλλιεργειών σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, με χρήση αισθητήρων και IoT δεδομένων που αναλύονται σε πραγματικό χρόνο.

Αυτός ο ρόλος παρέχει στον χρήστη μια **απλοποιημένη διαχείριση** της γεωργικής παραγωγής, δίνοντάς του τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά με το σύστημα χωρίς να έχει βαθιές τεχνικές γνώσεις.

2. Διαχειριστής Εφαρμογής (Mobile Application Administrator)

Ο διαχειριστής της εφαρμογής έχει πιο προχωρημένες λειτουργίες και δυνατότητες, οι οποίες του επιτρέπουν να διαχειρίζεται το σύστημα σε βάθος. Ο διαχειριστής είναι υπεύθυνος για την εγκατάσταση και τη διαχείριση των συσκευών IoT και των άλλων συστημάτων:

- **Register new Mobile Application Users:** Ο διαχειριστής μπορεί να εγγράψει νέους χρήστες στο σύστημα, καθορίζοντας τα δικαιώματά τους και τις δυνατότητες που θα έχουν στην εφαρμογή.
- **Register new IoT Devices and Sensors:** Ο διαχειριστής καταχωρεί νέες συσκευές IoT, όπως αισθητήρες εδάφους ή καιρού, ορίζοντας τις γεωγραφικές τους συντεταγμένες και τις παραμέτρους λειτουργίας τους.
- **Configure IoT Devices and Sensors:** Ο διαχειριστής μπορεί να παραμετροποιήσει τις συσκευές IoT ώστε να λειτουργούν με συγκεκριμένους τρόπους, ανάλογα με τις ανάγκες της καλλιέργειας.
- **Register new Smart Spraying Devices:** Καταχώρηση νέων συσκευών ψεκασμού στο σύστημα.
- **Configure Smart Spraying Devices:** Παραμετροποίηση των συσκευών ψεκασμού για τον έλεγχο του χρόνου, της ποσότητας και του είδους των ψεκαστικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν.

- **Register new Smart Harvest Devices:** Εγγραφή νέων συσκευών συγκομιδής, όπως αυτόματες μηχανές συγκομιδής.
- **Configure Smart Harvest Devices:** Ρυθμίσεις για τις συσκευές συγκομιδής, καθορίζοντας παραμέτρους όπως τον τύπο της καλλιέργειας, την ιδανική στιγμή για συγκομιδή και τη γεωγραφική περιοχή.

Αυτός ο ρόλος είναι κρίσιμος για τη **συντήρηση και την παραμετροποίηση** του συστήματος, διασφαλίζοντας ότι οι συσκευές λειτουργούν σωστά και προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες ανάγκες της παραγωγής.

Δυνατότητες της Εφαρμογής

Το διάγραμμα δείχνει ότι η εφαρμογή επιτρέπει **αποκεντρωμένη διαχείριση** του συστήματος, όπου ο διαχειριστής έχει τον έλεγχο της καταχώρησης συσκευών και χρηστών, ενώ ο απλός χρήστης μπορεί να εκτελεί απλοποιημένες ενέργειες, όπως παρακολούθηση και προγραμματισμό λειτουργιών.

Κεντρικά Χαρακτηριστικά:

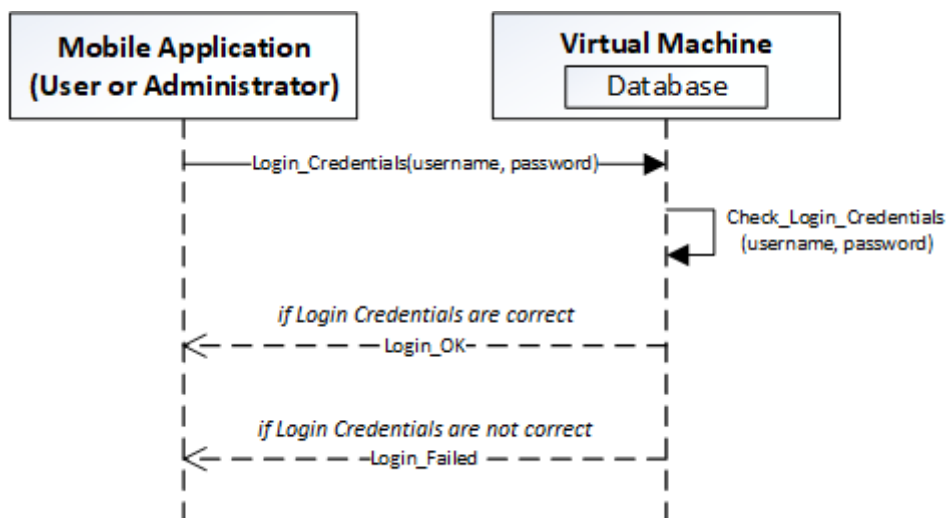
- **Διαχωρισμός ρόλων:** Ο κάθε ρόλος έχει συγκεκριμένα δικαιώματα, καθιστώντας το σύστημα πιο ευέλικτο και ασφαλές.
- **Αυτοματοποίηση εργασιών:** Μέσω της εφαρμογής, οι χρήστες μπορούν να προγραμματίσουν αυτόματα συστήματα για ψεκασμό και συγκομιδή, μειώνοντας την ανάγκη για φυσική παρουσία.
- **Παρακολούθηση και έλεγχος:** Η δυνατότητα παρακολούθησης και ελέγχου των συσκευών IoT σε πραγματικό χρόνο είναι σημαντική για την εξοικονόμηση πόρων και την έγκαιρη λήψη αποφάσεων.

Συμπέρασμα

Η αρχιτεκτονική διαχείρισης χρηστών και συσκευών στην εφαρμογή έξυπνης γεωργίας προσφέρει μια σαφή διαχωριστική γραμμή μεταξύ των ρόλων του απλού χρήστη και του διαχειριστή. Αυτό επιτρέπει τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των γεωργικών εργασιών και τη βελτίωση της αποδοτικότητας, ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζεται ότι οι χρήστες μπορούν να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες της **έξυπνης γεωργίας** χωρίς να απαιτείται βαθιά γνώση τεχνολογίας.

9.3 Διαδικασία Σύνδεσης (Login Process)

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη διαδικασία σύνδεσης (login) στην εφαρμογή έξυπνης γεωργίας, είτε από έναν απλό χρήστη είτε από τον διαχειριστή. Αυτή η διαδικασία είναι κρίσιμη για την **ασφάλεια** και την **προστασία των δεδομένων** της εφαρμογής. Ακολουθούν τα βήματα της διαδικασίας σύνδεσης με υποενοποιημένη ανάλυση.



9.3.1 Εισαγωγή Διαπιστευτηρίων (Login Credentials)

- **Τι συμβαίνει:** Ο χρήστης ή ο διαχειριστής εισάγει το όνομα χρήστη (**username**) και τον κωδικό πρόσβασης (**password**) στην εφαρμογή.
- **Σκοπός:** Να γίνει έλεγχος της ταυτότητας για να διασφαλιστεί ότι ο χρήστης έχει εξουσιοδότηση να έχει πρόσβαση στο σύστημα.
- **Ποιος το κάνει:** Αυτό το βήμα εκτελείται είτε από έναν χρήστη είτε από έναν διαχειριστή της εφαρμογής.

9.3.2 Αποστολή Διαπιστευτηρίων στη Βάση Δεδομένων

- **Τι συμβαίνει:** Τα διαπιστευτήρια του χρήστη αποστέλλονται στη **βάση δεδομένων** που είναι φιλοξενημένη σε μια **εικονική μηχανή (Virtual Machine)**. Η βάση δεδομένων είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση των στοιχείων των χρηστών και τον έλεγχο της ορθότητας των στοιχείων σύνδεσης.
- **Σκοπός:** Η επικοινωνία μεταξύ της εφαρμογής και του εξυπηρετητή επιτρέπει την επαλήθευση των στοιχείων που εισήγαγε ο χρήστης.
- **Ποιος το κάνει:** Η εφαρμογή στέλνει αυτόματα τα στοιχεία μόλις ο χρήστης επιλέξει τη σύνδεση.

9.3.3 Έλεγχος Διαπιστευτηρίων (Check Login Credentials)

- **Τι συμβαίνει:** Ο εξυπηρετητής (virtual machine) ελέγχει αν τα στοιχεία σύνδεσης (όνομα χρήστη και κωδικός πρόσβασης) είναι καταχωρημένα στη βάση δεδομένων και αν είναι σωστά.
 - Αν τα στοιχεία είναι σωστά, το σύστημα επιτρέπει στον χρήστη να συνδεθεί (Login_OK).
 - Αν τα στοιχεία είναι λανθασμένα, το σύστημα απορρίπτει τη σύνδεση (Login_Failed).
- **Σκοπός:** Να διασφαλιστεί ότι μόνο εξουσιοδοτημένοι χρήστες μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση στο σύστημα.
- **Ποιος το κάνει:** Ο εξυπηρετητής εκτελεί αυτόματα αυτόν τον έλεγχο.

9.3.4 Αποτελέσματα Σύνδεσης (Login Results)

- **Login_OK:** Αν τα διαπιστευτήρια είναι σωστά, το σύστημα επιτρέπει στον χρήστη να έχει πρόσβαση στις λειτουργίες της εφαρμογής.
 - Ο χρήστης μεταφέρεται στην κύρια οθόνη της εφαρμογής και μπορεί να διαχειριστεί τις καλλιέργειες ή τις συσκευές του.
- **Login_Failed:** Αν τα διαπιστευτήρια είναι λανθασμένα, το σύστημα απορρίπτει τη σύνδεση και ενημερώνει τον χρήστη ότι τα στοιχεία σύνδεσης είναι λανθασμένα.
 - Ο χρήστης καλείται να εισάγει ξανά τα διαπιστευτήρια ή να επαναφέρει τον κωδικό πρόσβασης εάν είναι απαραίτητο.

9.3.5 Σημασία της Διαδικασίας Σύνδεσης

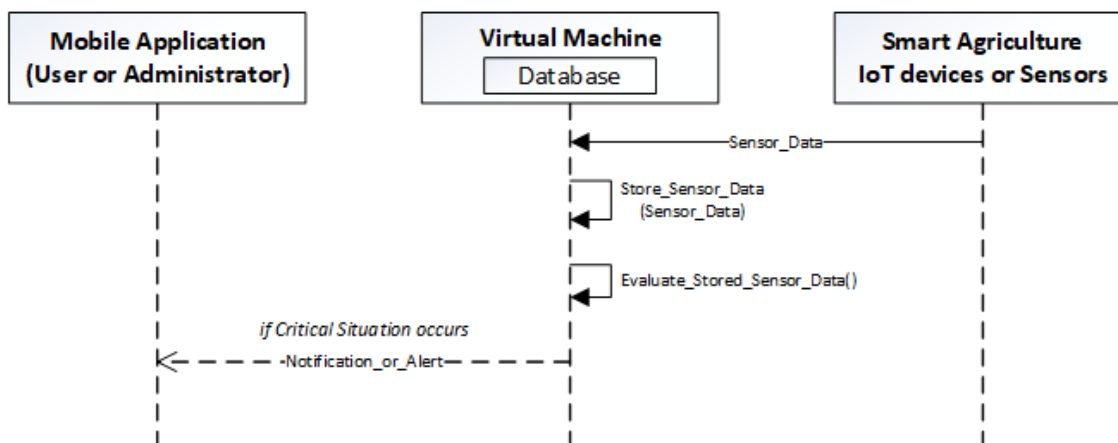
Η διαδικασία σύνδεσης είναι θεμελιώδης για τη **διασφάλιση της ασφάλειας** της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας. Μέσω της επαλήθευσης των στοιχείων σύνδεσης, η εφαρμογή προστατεύει τα δεδομένα που συλλέγονται από τις συσκευές IoT και τα συστήματα ψεκασμού/συγκομιδής από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

Επιπλέον, αυτή η διαδικασία προσφέρει στους αγρότες και στους διαχειριστές ένα **ασφαλές περιβάλλον εργασίας** που προστατεύει την ακεραιότητα των πληροφοριών που είναι αποθηκευμένες στη βάση δεδομένων, επιτρέποντας την ομαλή διαχείριση των καλλιεργειών τους.

9.4 Διαχείριση Κρίσιμων Καταστάσεων και Ειδοποιήσεων μέσω Δεδομένων Αισθητήρων

Αυτό το διάγραμμα παρουσιάζει τη διαδικασία διαχείρισης δεδομένων από αισθητήρες IoT στην εφαρμογή έξυπνης γεωργίας. Η διαδικασία περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων από αισθητήρες, την αποθήκευση και την αξιολόγηση των

δεδομένων σε μια εικονική μηχανή (virtual machine), και την αποστολή ειδοποιήσεων στους χρήστες σε περίπτωση κρίσιμης κατάστασης. Ακολουθεί η ανάλυση των υποενοτήτων:



9.4.1 Συλλογή Δεδομένων από Αισθητήρες (Sensor Data Collection)

- **Τι συμβαίνει:** Οι συσκευές IoT ή οι αισθητήρες στις καλλιέργειες συλλέγουν δεδομένα, όπως η υγρασία του εδάφους, η θερμοκρασία, οι περιβαλλοντικές συνθήκες ή άλλες κρίσιμες παραμέτρους για την καλλιέργεια.
- **Σκοπός:** Η συλλογή αυτών των δεδομένων είναι απαραίτητη για την παρακολούθηση της κατάστασης των καλλιεργειών σε πραγματικό χρόνο και την αυτοματοποίηση κρίσιμων εργασιών, όπως η άρδευση ή ο νεκασμός.
- **Ποιος το κάνει:** Τα δεδομένα συλλέγονται αυτόματα από τους αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στις καλλιέργειες.

9.4.2 Αποθήκευση Δεδομένων (Store Sensor Data)

- **Τι συμβαίνει:** Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες αποστέλλονται στη **βάση δεδομένων** (Database) που φιλοξενείται σε μια εικονική μηχανή (virtual machine). Εκεί αποθηκεύονται για να είναι διαθέσιμα για περαιτέρω ανάλυση.
- **Σκοπός:** Η αποθήκευση των δεδομένων επιτρέπει τη διατήρηση ιστορικών δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάλυση τάσεων ή για τη βελτιστοποίηση των γεωργικών πρακτικών.
- **Ποιος το κάνει:** Η διαδικασία αποθήκευσης εκτελείται αυτόματα από το σύστημα μόλις τα δεδομένα παραληφθούν από τους αισθητήρες.

9.4.3 Αξιολόγηση Δεδομένων (Evaluate Sensor Data)

- **Τι συμβαίνει:** Μόλις τα δεδομένα αποθηκευτούν, το σύστημα τα αξιολογεί για να εντοπίσει κρίσιμες καταστάσεις ή συνθήκες που απαιτούν άμεση δράση (π.χ. εξαιρετικά χαμηλή υγρασία, κίνδυνος ξηρασίας, καταιγίδα).
- **Σκοπός:** Η ανάλυση αυτών των δεδομένων επιτρέπει τη **λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο**, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα της παραγωγής και προλαμβάνοντας προβλήματα.
- **Ποιος το κάνει:** Η εικονική μηχανή αξιολογεί τα δεδομένα αυτόματα, χωρίς την παρέμβαση του χρήστη.

9.4.4 Ειδοποίηση Κρίσιμης Κατάστασης (Critical Situation Alert)

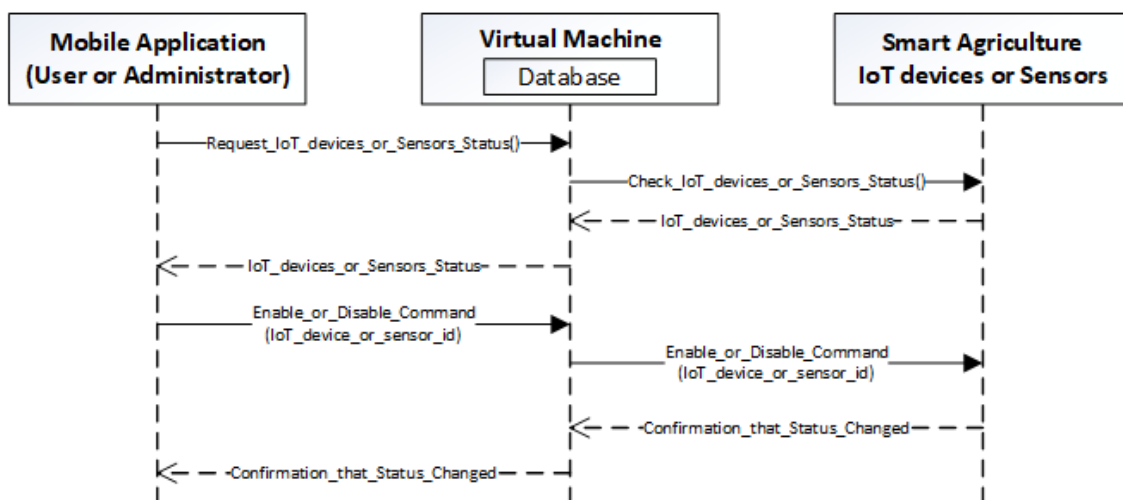
- **Τι συμβαίνει:** Αν η ανάλυση των δεδομένων δείξει ότι υπάρχει κρίσιμη κατάσταση, όπως μια επερχόμενη καταιγίδα ή η ανάγκη για άρδευση λόγω χαμηλής υγρασίας, το σύστημα στέλνει μια **ειδοποίηση** (notification) ή **alert** στον χρήστη ή τον διαχειριστή της εφαρμογής.
- **Σκοπός:** Η άμεση ειδοποίηση του χρήστη επιτρέπει την γρήγορη αντίδραση σε προβλήματα, όπως το να ενεργοποιήσει την άρδευση ή να πάρει μέτρα προστασίας για τις καλλιέργειες.
- **Ποιος το κάνει:** Η ειδοποίηση αποστέλλεται αυτόματα στον χρήστη μέσω της εφαρμογής.

9.4.5 Σημασία της Διαχείρισης Κρίσιμων Καταστάσεων

Η διαχείριση δεδομένων από αισθητήρες IoT και η γρήγορη αντίδραση σε κρίσιμες καταστάσεις είναι θεμελιώδης για τη βελτίωση της απόδοσης της έξυπνης γεωργίας. Οι **αισθητήρες IoT** επιτρέπουν την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, και το σύστημα μπορεί να παρέμβει άμεσα σε καταστάσεις που θα μπορούσαν να προκαλέσουν προβλήματα στην καλλιέργεια. Η δυνατότητα άμεσης αποστολής ειδοποιήσεων επιτρέπει στους αγρότες να ανταποκρίνονται γρήγορα και να αποφεύγουν μεγαλύτερες απώλειες.

9.5 Έλεγχος και Διαχείριση Συσκευών IoT στην Έξυπνη Γεωργία

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη διαδικασία **ελέγχου της κατάστασης και ενεργοποίησης/απενεργοποίησης** συσκευών IoT ή αισθητήρων μέσω της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας. Ο χρήστης ή ο διαχειριστής μπορεί να ζητήσει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση των συσκευών, να τις ενεργοποιήσει ή να τις απενεργοποιήσει, και να λάβει επιβεβαίωση για τις ενέργειές του.



9.5.1 Αίτημα Κατάστασης Συσκευών IoT (Request IoT Devices or Sensors Status)

- **Τι συμβαίνει:** Ο χρήστης ή ο διαχειριστής της εφαρμογής στέλνει ένα αίτημα για την κατάσταση των συσκευών IoT ή των αισθητήρων που είναι συνδεδεμένοι με το σύστημα έξυπνης γεωργίας.
- **Σκοπός:** Η δυνατότητα παρακολούθησης της κατάστασης των συσκευών IoT σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στους χρήστες να γνωρίζουν αν οι συσκευές λειτουργούν κανονικά ή αν χρειάζονται παρέμβαση.
- **Ποιος το κάνει:** Ο χρήστης ή ο διαχειριστής μπορεί να στείλει αυτό το αίτημα από την κινητή εφαρμογή.

9.5.2 Έλεγχος Κατάστασης από τη Βάση Δεδομένων (Check IoT Devices or Sensors Status)

- **Τι συμβαίνει:** Το αίτημα για την κατάσταση των συσκευών IoT αποστέλλεται στην **βάση δεδομένων** (Virtual Machine), όπου αποθηκεύονται οι πληροφορίες σχετικά με τις συσκευές.
 - Η βάση δεδομένων ελέγχει αν η συσκευή είναι ενεργοποιημένη, αν λειτουργεί κανονικά, ή αν έχει αποσυνδεθεί από το δίκτυο.
- **Σκοπός:** Η επικοινωνία μεταξύ της εφαρμογής και της βάσης δεδομένων επιτρέπει τον **απομακρυσμένο έλεγχο** της κατάστασης των συσκευών χωρίς φυσική πρόσβαση στις καλλιέργειες.
- **Ποιος το κάνει:** Ο έλεγχος εκτελείται αυτόματα από τη βάση δεδομένων μόλις ληφθεί το αίτημα από την εφαρμογή.

9.5.3 Επιστροφή Πληροφορίας Κατάστασης (IoT Devices or Sensors Status)

- **Τι συμβαίνει:** Αφού ελεγχθεί η κατάσταση της συσκευής από τη βάση δεδομένων, η πληροφορία αποστέλλεται πίσω στην εφαρμογή για να ενημερωθεί ο χρήστης ή ο διαχειριστής σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση της συσκευής.
- **Σκοπός:** Ο χρήστης ή ο διαχειριστής μπορεί να δει αν οι συσκευές IoT ή οι αισθητήρες λειτουργούν σωστά, αν έχουν απενεργοποιηθεί ή αν παρουσιάζουν κάποιο πρόβλημα.
- **Ποιος το κάνει:** Η βάση δεδομένων επιστρέφει την πληροφορία στο σύστημα της εφαρμογής, το οποίο ενημερώνει τον χρήστη.

9.5.4 Αποστολή Εντολής Ενεργοποίησης ή Απενεργοποίησης (Enable or Disable IoT Devices or Sensors)

- **Τι συμβαίνει:** Αν ο χρήστης επιθυμεί να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει μια συσκευή IoT, μπορεί να στείλει την κατάλληλη εντολή μέσω της εφαρμογής. Η εντολή αυτή αποστέλλεται στη βάση δεδομένων και από εκεί στη συσκευή που βρίσκεται στο πεδίο (καλλιέργεια).
- **Σκοπός:** Η δυνατότητα ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης των συσκευών εξ αποστάσεως επιτρέπει τη **βέλτιστη διαχείριση** των πόρων και των συσκευών, ανάλογα με τις ανάγκες των καλλιεργειών σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.
- **Ποιος το κάνει:** Ο χρήστης ή ο διαχειριστής στέλνει την εντολή μέσω της εφαρμογής.

9.5.5 Ενεργοποίηση ή Απενεργοποίηση Συσκευής (IoT Devices Status Changed)

- **Τι συμβαίνει:** Η συσκευή IoT λαμβάνει την εντολή ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης και αλλάζει την κατάσταση της ανάλογα με την εντολή που δόθηκε.
 - Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας υγρασίας μπορεί να ενεργοποιηθεί για να ξεκινήσει την παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους, ή μια συσκευή ποτίσματος μπορεί να απενεργοποιηθεί για να σταματήσει την παροχή νερού.
- **Σκοπός:** Η δυνατότητα απομακρυσμένης διαχείρισης των συσκευών IoT εξασφαλίζει ότι οι αγρότες έχουν **πλήρη έλεγχο** των καλλιεργειών τους από απόσταση.
- **Ποιος το κάνει:** Η συσκευή IoT εκτελεί την εντολή που της έχει αποσταλεί.

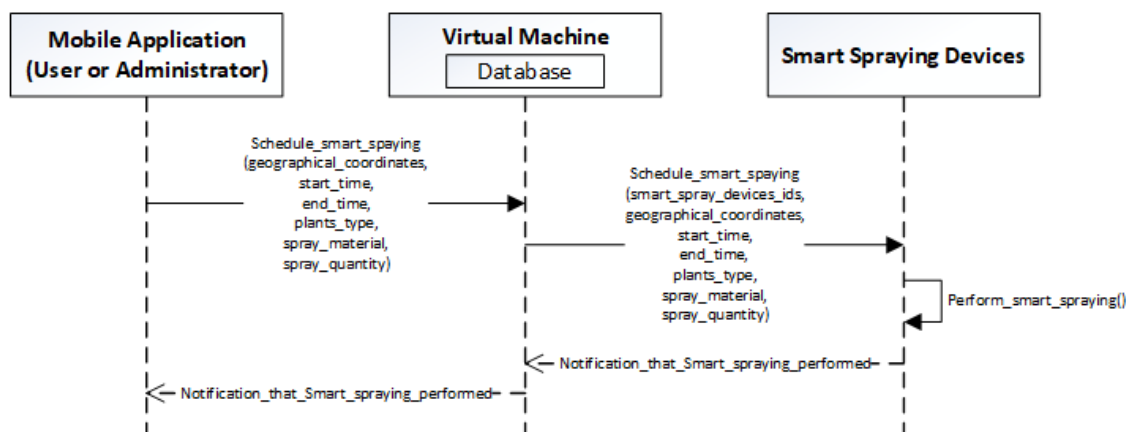
9.5.6 Επιβεβαίωση Αλλαγής Κατάστασης (Confirmation that Status Changed)

- **Τι συμβαίνει:** Μόλις ολοκληρωθεί η εντολή ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης, η συσκευή στέλνει επιβεβαίωση ότι η κατάσταση της έχει αλλάξει, και αυτή η επιβεβαίωση αποστέλλεται πίσω στον χρήστη ή τον διαχειριστή μέσω της εφαρμογής.
- **Σκοπός:** Η επιβεβαίωση αυτή είναι σημαντική για να γνωρίζει ο χρήστης ότι η ενέργεια που ζήτησε έχει εκτελεστεί επιτυχώς.
- **Ποιος το κάνει:** Η συσκευή IoT στέλνει την επιβεβαίωση στη βάση δεδομένων, η οποία με τη σειρά της ενημερώνει την εφαρμογή.

9.5.7 Σημασία της Διαχείρισης Συσκευών IoT

Η δυνατότητα **απομακρυσμένου ελέγχου** και παρακολούθησης των συσκευών IoT μέσω της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας είναι ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της σύγχρονης γεωργίας ακριβείας. Η διαχείριση των συσκευών σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στους αγρότες να βελτιστοποιούν τη χρήση πόρων (νερό, φυτοφάρμακα κλπ.) και να αντιδρούν άμεσα σε αλλαγές περιβαλλοντικών συνθηκών.

9.6 Διαδικασία Προγραμματισμού Έξυπνου Ψεκασμού (Smart Spraying)



Το παρακάτω διάγραμμα περιγράφει τη διαδικασία προγραμματισμού και εκτέλεσης **έξυπνου ψεκασμού** μέσω της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τον καθορισμό παραμέτρων ψεκασμού, την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων, και την αυτόματη εκτέλεση του ψεκασμού από τις συσκευές. Ακολουθεί ανάλυση με τις υποενότητες:

9.6.1 Προγραμματισμός Έξυπνου Ψεκασμού (Schedule Smart Spraying)

- **Τι συμβαίνει:** Ο χρήστης ή ο διαχειριστής της εφαρμογής εισάγει τις παραμέτρους για τον ψεκασμό. Αυτές οι παράμετροι περιλαμβάνουν:

- **Γεωγραφικές συντεταγμένες (geographical coordinates):** Η τοποθεσία όπου θα εκτελεστεί ο ψεκασμός.
 - **Χρονικό διάστημα (start time, end time):** Το χρονικό πλαίσιο εντός του οποίου θα πραγματοποιηθεί ο ψεκασμός.
 - **Τύπος φυτών (plants type):** Το είδος των καλλιεργειών που θα ψεκαστούν.
 - **Υλικό ψεκασμού (spray material):** Το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για τον ψεκασμό (π.χ. φυτοφάρμακα, λιπάσματα).
 - **Ποσότητα ψεκασμού (spray quantity):** Η ποσότητα του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για τον ψεκασμό.
- **Σκοπός:** Ο προγραμματισμός του ψεκασμού εξασφαλίζει την ακρίβεια και τη βέλτιστη χρήση των πόρων, μειώνοντας τη σπατάλη υλικών και διασφαλίζοντας ότι οι καλλιέργειες θα ψεκαστούν την κατάλληλη στιγμή.
 - **Ποιος το κάνει:** Ο χρήστης ή ο διαχειριστής της εφαρμογής μπορεί να προγραμματίσει τον ψεκασμό μέσω του συστήματος.

9.6.2 Αποστολή Εντολής στη Βάση Δεδομένων (Send Command to Virtual Machine)

- **Τι συμβαίνει:** Οι παράμετροι ψεκασμού που εισήγαγε ο χρήστης αποστέλλονται στην **βάση δεδομένων** (Virtual Machine). Η βάση δεδομένων αποθηκεύει τις πληροφορίες αυτές και τις στέλνει στις συσκευές ψεκασμού την κατάλληλη στιγμή.
- **Σκοπός:** Η αποστολή των παραμέτρων στη βάση δεδομένων διασφαλίζει ότι το σύστημα έχει αποθηκεύσει τις πληροφορίες του ψεκασμού και μπορεί να τις εκτελέσει αυτόματα, χωρίς την ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση από τον χρήστη.
- **Ποιος το κάνει:** Η εφαρμογή στέλνει τις πληροφορίες στη βάση δεδομένων μόλις ο χρήστης προγραμματίσει τον ψεκασμό.

9.6.3 Εκτέλεση Έξυπνου Ψεκασμού από τις Συσκευές (Perform Smart Spraying)

- **Τι συμβαίνει:** Οι συσκευές **έξυπνου ψεκασμού** λαμβάνουν τις εντολές από τη βάση δεδομένων και εκτελούν τον ψεκασμό με βάση τις παραμέτρους που έχουν καθοριστεί. Η διαδικασία του ψεκασμού περιλαμβάνει την ακριβή εφαρμογή του υλικού στις καλλιέργειες, ανάλογα με τις συνθήκες που έχουν παρακολουθηθεί από τους αισθητήρες IoT.
- **Σκοπός:** Η αυτοματοποιημένη εκτέλεση του ψεκασμού διασφαλίζει ότι οι καλλιέργειες λαμβάνουν τα κατάλληλα υλικά την κατάλληλη στιγμή, βελτιώνοντας την παραγωγικότητα και μειώνοντας τη σπατάλη πόρων.

- **Ποιος το κάνει:** Οι συσκευές ψεκασμού που είναι συνδεδεμένες με το σύστημα IoT εκτελούν τον ψεκασμό αυτόματα.

9.6.4 Ειδοποίηση Ολοκλήρωσης Ψεκασμού (Notification that Smart Spraying Performed)

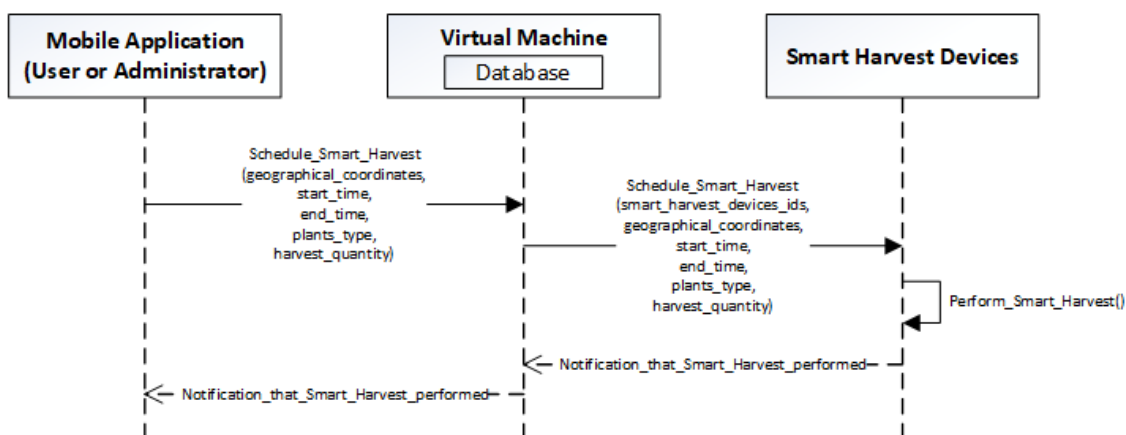
- **Τι συμβαίνει:** Μετά την ολοκλήρωση του ψεκασμού, οι συσκευές αποστέλλουν μια ειδοποίηση στη βάση δεδομένων, η οποία με τη σειρά της ενημερώνει την εφαρμογή. Ο χρήστης ή ο διαχειριστής λαμβάνει μια ειδοποίηση ότι ο ψεκασμός πραγματοποιήθηκε επιτυχώς.
- **Σκοπός:** Η ειδοποίηση δίνει στον χρήστη τη σιγουριά ότι η διαδικασία ολοκληρώθηκε χωρίς προβλήματα και ότι οι καλλιέργειες έχουν ψεκαστεί σωστά.
- **Ποιος το κάνει:** Οι συσκευές ψεκασμού στέλνουν την ειδοποίηση στη βάση δεδομένων, και αυτή με τη σειρά της ενημερώνει την εφαρμογή.

9.6.5 Σημασία της Διαδικασίας Έξυπνου Ψεκασμού

Ο **έξυπνος ψεκασμός** είναι μία από τις πιο σημαντικές εφαρμογές της έξυπνης γεωργίας, καθώς επιτρέπει την **ακριβή διαχείριση των πόρων**. Χάρη στη χρήση αισθητήρων IoT και έξυπνων συσκευών ψεκασμού, οι αγρότες μπορούν να εξοικονομήσουν υλικά (π.χ. φυτοφάρμακα), να μειώσουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και να βελτιώσουν την ποιότητα της παραγωγής.

9.7 Διαδικασία Προγραμματισμού Έξυπνης Συγκομιδής (Smart Harvest)

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη διαδικασία προγραμματισμού και εκτέλεσης **έξυπνης συγκομιδής** μέσω της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας. Η έξυπνη συγκομιδή περιλαμβάνει τη χρήση συσκευών που μπορούν να συγκομίσουν αυτόματα τις καλλιέργειες με βάση παραμέτρους που ορίζονται από τον χρήστη ή τον διαχειριστή. Η διαδικασία περιλαμβάνει τον καθορισμό των παραμέτρων συγκομιδής, την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων και την αυτόματη εκτέλεση της συγκομιδής από τις συσκευές. Ακολουθεί ανάλυση των βημάτων:



9.7.1 Προγραμματισμός Έξυπνης Συγκομιδής (Schedule Smart Harvest)

- **Τι συμβαίνει:** Ο χρήστης ή ο διαχειριστής της εφαρμογής καθορίζει τις παραμέτρους για την έξυπνη συγκομιδή. Αυτές οι παράμετροι περιλαμβάνουν:
 - **Γεωγραφικές συντεταγμένες (geographical coordinates):** Η τοποθεσία στην οποία θα πραγματοποιηθεί η συγκομιδή.
 - **Χρονικό διάστημα (start time, end time):** Το χρονικό πλαίσιο κατά το οποίο θα εκτελεστεί η συγκομιδή.
 - **Τύπος φυτών (plants type):** Το είδος των καλλιεργειών που θα συγκομιστούν.
 - **Ποσότητα συγκομιδής (harvest quantity):** Η ποσότητα των φυτών ή των καρπών που θα συγκομιστούν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.
- **Σκοπός:** Ο προγραμματισμός της συγκομιδής επιτρέπει στους αγρότες να συλλέγουν τα προϊόντα τους την κατάλληλη στιγμή, αυξάνοντας την αποδοτικότητα και τη βελτιστοποίηση της παραγωγής.
- **Ποιος το κάνει:** Ο χρήστης ή ο διαχειριστής της εφαρμογής καθορίζει και προγραμματίζει τις παραμέτρους της συγκομιδής.

9.7.2 Αποστολή Εντολής στη Βάση Δεδομένων (Send Command to Virtual Machine)

- **Τι συμβαίνει:** Οι καθορισμένες παράμετροι συγκομιδής αποστέλλονται στην **βάση δεδομένων** (Virtual Machine). Η βάση δεδομένων αποθηκεύει τις πληροφορίες και προγραμματίζει την έξυπνη συγκομιδή για την καθορισμένη χρονική στιγμή.
- **Σκοπός:** Η αποθήκευση των παραμέτρων στη βάση δεδομένων εξασφαλίζει ότι το σύστημα μπορεί να εκτελέσει αυτόματα τη συγκομιδή χωρίς να απαιτείται φυσική παρουσία του χρήστη ή του διαχειριστή.
- **Ποιος το κάνει:** Η εφαρμογή στέλνει τις παραμέτρους στη βάση δεδομένων μόλις ο χρήστης προγραμματίσει την έξυπνη συγκομιδή.

9.7.3 Εκτέλεση Έξυπνης Συγκομιδής από τις Συσκευές (Perform Smart Harvest)

- **Τι συμβαίνει:** Οι **έξυπνες συσκευές συγκομιδής** λαμβάνουν τις εντολές από τη βάση δεδομένων και πραγματοποιούν τη συγκομιδή με βάση τις καθορισμένες παραμέτρους. Η έξυπνη συγκομιδή περιλαμβάνει την αυτόματη συλλογή των καρπών ή φυτών με ακρίβεια και αποδοτικότητα.

- **Σκοπός:** Η αυτοματοποιημένη εκτέλεση της συγκομιδής επιτρέπει τη συλλογή των προϊόντων την κατάλληλη στιγμή, μεγιστοποιώντας την παραγωγικότητα και μειώνοντας τη χειρωνακτική εργασία.
- **Πιος το κάνει:** Οι συσκευές έξυπνης συγκομιδής που είναι συνδεδεμένες με το σύστημα IoT εκτελούν αυτόματα τη συγκομιδή.

9.7.4 Ειδοποίηση Ολοκλήρωσης Συγκομιδής (Notification that Smart Harvest Performed)

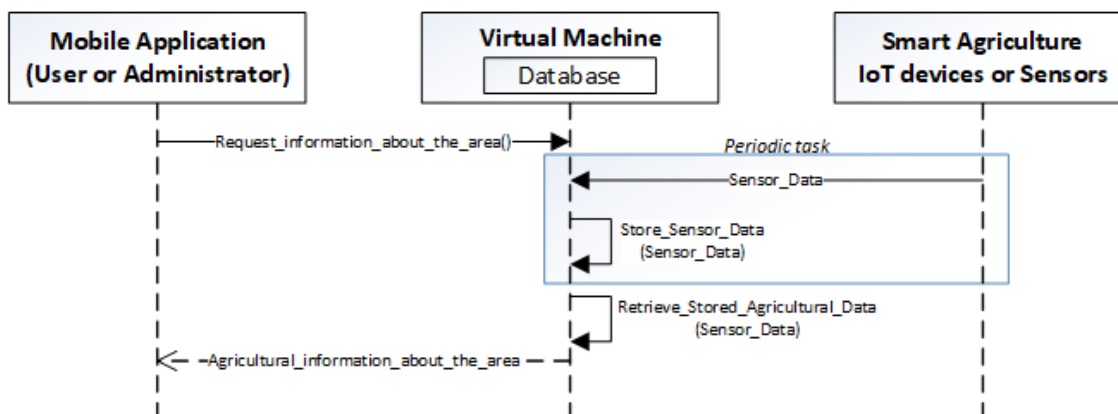
- **Τι συμβαίνει:** Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία συγκομιδής, οι συσκευές αποστέλλουν μια ειδοποίηση στη βάση δεδομένων, η οποία με τη σειρά της ενημερώνει την εφαρμογή. Ο χρήστης ή ο διαχειριστής λαμβάνει μια ειδοποίηση ότι η έξυπνη συγκομιδή πραγματοποιήθηκε επιτυχώς.
- **Σκοπός:** Η ειδοποίηση αυτή δίνει στον χρήστη τη βεβαιότητα ότι η διαδικασία συγκομιδής ολοκληρώθηκε επιτυχώς, χωρίς προβλήματα.
- **Πιος το κάνει:** Οι συσκευές συγκομιδής στέλνουν την ειδοποίηση στη βάση δεδομένων, η οποία με τη σειρά της ενημερώνει την εφαρμογή.

9.7.5 Σημασία της Έξυπνης Συγκομιδής

Η **έξυπνη συγκομιδή** είναι μια καινοτόμος διαδικασία που χρησιμοποιεί **συσκευές αυτοματοποιημένης συλλογής** προϊόντων. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει στους αγρότες να συλλέγουν τα προϊόντα τους την ιδανική στιγμή, μειώνοντας το κόστος εργασίας και αυξάνοντας την αποδοτικότητα. Οι παραδοσιακές διαδικασίες συγκομιδής συχνά βασίζονται σε χειρωνακτική εργασία, η οποία είναι αργή και κοστοβόρα. Η έξυπνη συγκομιδή εξαλείφει αυτή την ανάγκη και παρέχει **ακρίβεια** και **αυτοματοποίηση**, κάτι που είναι απαραίτητο για τη σύγχρονη γεωργία ακριβείας.

9.8 Συλλογή και Ανάκτηση Αγροτικών Δεδομένων από Αισθητήρες (Sensor Data Collection and Retrieval)

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη διαδικασία συλλογής και ανάκτησης δεδομένων από **συσκευές IoT ή αισθητήρες** που βρίσκονται σε καλλιέργειες μέσω της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας. Οι συσκευές συλλέγουν δεδομένα για τις καλλιέργειες και τα αποθηκεύουν στη βάση δεδομένων, ενώ ο χρήστης ή ο διαχειριστής μπορεί να ανακτήσει αυτά τα δεδομένα για να παρακολουθεί την κατάσταση των καλλιεργειών σε πραγματικό χρόνο. Ακολουθεί ανάλυση των βημάτων:



9.8.1 Αίτημα Πληροφοριών για την Περιοχή (Request Information about the Area)

- **Τι συμβαίνει:** Ο χρήστης ή ο διαχειριστής στέλνει αίτημα για **αγροτικές πληροφορίες** σχετικά με την περιοχή που παρακολουθείται από τις συσκευές IoT ή τους αισθητήρες.
- **Σκοπός:** Ο χρήστης μπορεί να ζητήσει πληροφορίες όπως η υγρασία του εδάφους, η θερμοκρασία, η κατάσταση της καλλιέργειας ή άλλες κρίσιμες παράμετροι.
- **Ποιος το κάνει:** Το αίτημα μπορεί να γίνει από τον χρήστη ή τον διαχειριστή μέσω της κινητής εφαρμογής.

9.8.2 Συλλογή Δεδομένων Αισθητήρων (Periodic Task - Sensor Data Collection)

- **Τι συμβαίνει:** Οι συσκευές IoT ή οι αισθητήρες που βρίσκονται τοποθετημένοι στην περιοχή παρακολουθούν συνεχώς τις καλλιέργειες και συλλέγουν δεδομένα σε **περιοδικά διαστήματα**. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν πληροφορίες όπως:
 - Θερμοκρασία αέρα και εδάφους.
 - Υγρασία του εδάφους.
 - Άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες που επηρεάζουν την καλλιέργεια.
- **Σκοπός:** Η συνεχής παρακολούθηση της κατάστασης των καλλιεργειών είναι κρίσιμη για τη **βελτιστοποίηση της παραγωγής** και την **πρόληψη προβλημάτων** όπως η ξηρασία ή οι ασθένειες.
- **Ποιος το κάνει:** Οι συσκευές IoT ή οι αισθητήρες εκτελούν αυτόματα τη συλλογή δεδομένων.

9.8.3 Αποθήκευση Δεδομένων Αισθητήρων (Store Sensor Data)

- **Τι συμβαίνει:** Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες αποστέλλονται στη **βάση δεδομένων** (Virtual Machine), όπου αποθηκεύονται για να είναι διαθέσιμα για ανάλυση και ανάκτηση από τον χρήστη ή τον διαχειριστή.
- **Σκοπός:** Η αποθήκευση των δεδομένων επιτρέπει την **ιστορική καταγραφή** των παραμέτρων των καλλιεργειών, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση τάσεων και τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων.
- **Ποιος το κάνει:** Η βάση δεδομένων αποθηκεύει αυτόματα τα δεδομένα που παραλαμβάνονται από τους αισθητήρες.

9.8.4 Ανάκτηση Αποθηκευμένων Αγροτικών Δεδομένων (Retrieve Stored Agricultural Data)

- **Τι συμβαίνει:** Ο χρήστης ή ο διαχειριστής μπορεί να στείλει αίτημα στη βάση δεδομένων για την ανάκτηση των **αποθηκευμένων δεδομένων** των αισθητήρων. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης των καλλιεργειών.
- **Σκοπός:** Η δυνατότητα ανάκτησης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στους αγρότες να παρακολουθούν τις συνθήκες της καλλιέργειας και να λαμβάνουν αποφάσεις για τις επόμενες δράσεις, όπως η άρδευση ή ο ψεκασμός.
- **Ποιος το κάνει:** Η εφαρμογή ανακτά τα δεδομένα από τη βάση και τα εμφανίζει στον χρήστη ή τον διαχειριστή για περαιτέρω αξιολόγηση.

9.8.5 Ενημέρωση Χρήστη για την Κατάσταση των Καλλιεργειών (Agricultural Information about the Area)

- **Τι συμβαίνει:** Μετά την ανάκτηση των δεδομένων από τη βάση, η εφαρμογή εμφανίζει τις πληροφορίες στον χρήστη ή τον διαχειριστή, παρέχοντας μια **ολοκληρωμένη εικόνα** της κατάστασης των καλλιεργειών.
- **Σκοπός:** Η ενημέρωση αυτή επιτρέπει στους αγρότες να γνωρίζουν τις πραγματικές συνθήκες που επικρατούν στις καλλιέργειες και να προβούν στις κατάλληλες ενέργειες για να **βελτιστοποιήσουν την παραγωγή**.
- **Ποιος το κάνει:** Η εφαρμογή ενημερώνει τον χρήστη ή τον διαχειριστή για τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί και αποθηκευτεί.

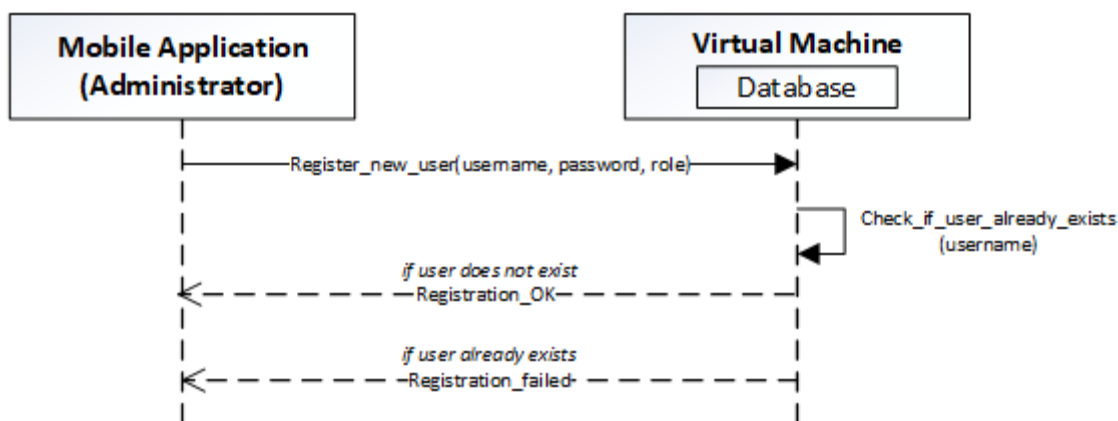
9.8.6 Σημασία της Συλλογής και Ανάκτησης Δεδομένων από Αισθητήρες

Η συλλογή και η ανάκτηση δεδομένων από συσκευές IoT είναι θεμελιώδης για τη **γεωργία ακριβείας**. Μέσω της συνεχούς παρακολούθησης των καλλιεργειών, οι αγρότες μπορούν να έχουν μια ακριβή και σε πραγματικό χρόνο εικόνα των παραμέτρων που επηρεάζουν την απόδοση των καλλιεργειών. Αυτό τους επιτρέπει να λαμβάνουν **τεκμηριωμένες αποφάσεις** σχετικά με την άρδευση,

τον ψεκασμό και άλλες αγροτικές πρακτικές, εξοικονομώντας πόρους και μεγιστοποιώντας την αποδοτικότητα.

9.9 Διαδικασία Εγγραφής Νέου Χρήστη στην Εφαρμογή (User Registration Process)

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη διαδικασία εγγραφής νέου χρήστη μέσω της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τη δημιουργία νέου λογαριασμού για τον χρήστη, τον έλεγχο διαθεσιμότητας του ονόματος χρήστη (username), και την επιβεβαίωση εγγραφής ή απόρριψης σε περίπτωση που ο χρήστης υπάρχει ήδη στη βάση δεδομένων. Ακολουθεί ανάλυση των βημάτων:



9.9.1 Εγγραφή Νέου Χρήστη (Register New User)

- **Τι συμβαίνει:** Ο διαχειριστής της εφαρμογής εισάγει τις απαραίτητες πληροφορίες για την εγγραφή ενός νέου χρήστη. Αυτές οι πληροφορίες περιλαμβάνουν:
 - **Όνομα χρήστη (username):** Το μοναδικό όνομα με το οποίο θα συνδέεται ο χρήστης.
 - **Κωδικός πρόσβασης (password):** Ο κωδικός που θα χρησιμοποιεί ο χρήστης για την πρόσβαση στην εφαρμογή.
 - **Ρόλος χρήστη (role):** Ο ρόλος που θα έχει ο χρήστης στην εφαρμογή (π.χ. χρήστης ή διαχειριστής).
- **Σκοπός:** Η εγγραφή νέων χρηστών είναι απαραίτητη για την επέκταση της εφαρμογής και την παροχή πρόσβασης σε περισσότερους αγρότες ή διαχειριστές.

- **Ποιος το κάνει:** Ο διαχειριστής της εφαρμογής έχει την αρμοδιότητα να εγγράφει νέους χρήστες μέσω της εφαρμογής.

9.9.2 Έλεγχος Διαθεσιμότητας Ονόματος Χρήστη (Check if Username Already Exists)

- **Τι συμβαίνει:** Η βάση δεδομένων λαμβάνει το αίτημα εγγραφής και ελέγχει αν το όνομα χρήστη που εισήχθη είναι ήδη καταχωρημένο στη βάση.
 - Αν το όνομα χρήστη **υπάρχει ήδη**, η εγγραφή αποτυγχάνει και ο διαχειριστής ενημερώνεται.
 - Αν το όνομα χρήστη **δεν υπάρχει**, η εγγραφή μπορεί να συνεχιστεί.
- **Σκοπός:** Ο έλεγχος διαθεσιμότητας ονόματος χρήστη είναι απαραίτητος για να εξασφαλιστεί ότι κάθε χρήστης έχει **μοναδικό όνομα** και δεν υπάρχει σύγχυση στη διαχείριση των λογαριασμών.
- **Ποιος το κάνει:** Η βάση δεδομένων πραγματοποιεί αυτόματα τον έλεγχο διαθεσιμότητας του ονόματος χρήστη.

9.9.3 Επιτυχής Εγγραφή (Registration OK)

- **Τι συμβαίνει:** Αν το όνομα χρήστη είναι διαθέσιμο, η βάση δεδομένων αποθηκεύει τις πληροφορίες του νέου χρήστη και στέλνει επιβεβαίωση επιτυχούς εγγραφής στον διαχειριστή.
- **Σκοπός:** Η επιτυχής εγγραφή επιτρέπει στον νέο χρήστη να αποκτήσει πρόσβαση στην εφαρμογή και να χρησιμοποιήσει τα εργαλεία της για τη διαχείριση των αγροτικών δραστηριοτήτων.
- **Ποιος το κάνει:** Η βάση δεδομένων ολοκληρώνει την εγγραφή και ενημερώνει την εφαρμογή για την επιτυχία της διαδικασίας.

9.9.4 Αποτυχία Εγγραφής (Registration Failed)

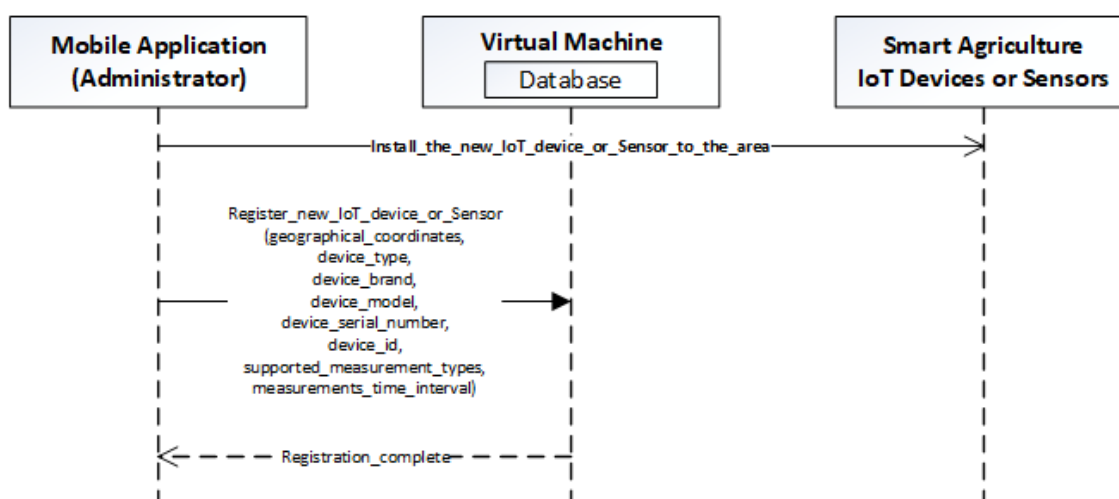
- **Τι συμβαίνει:** Αν το όνομα χρήστη υπάρχει ήδη, η βάση δεδομένων ενημερώνει την εφαρμογή ότι η εγγραφή απέτυχε. Ο διαχειριστής λαμβάνει ειδοποίηση ότι το όνομα χρήστη είναι κατειλημμένο και πρέπει να επιλεγεί άλλο όνομα.
- **Σκοπός:** Η αποτυχία εγγραφής διασφαλίζει ότι δεν θα υπάρχουν **διπλοί λογαριασμοί** με το ίδιο όνομα χρήστη στο σύστημα.
- **Ποιος το κάνει:** Η βάση δεδομένων ενημερώνει την εφαρμογή και στέλνει ειδοποίηση στον διαχειριστή για την αποτυχία της εγγραφής.

9.9.5 Σημασία της Διαδικασίας Εγγραφής Νέων Χρηστών

Η εγγραφή νέων χρηστών είναι απαραίτητη για τη **διεύρυνση της χρήσης** της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας. Επιτρέπει σε νέους αγρότες ή διαχειριστές να αποκτούν πρόσβαση στο σύστημα και να χρησιμοποιούν τα εργαλεία διαχείρισης καλλιεργειών που προσφέρει. Ο έλεγχος μοναδικότητας του ονόματος χρήστη εξασφαλίζει ότι οι λογαριασμοί είναι **μοναδικοί** και προστατευμένοι.

9.10 Διαδικασία Καταχώρησης Νέων Συσκευών IoT ή Αισθητήρων (Registering New IoT Devices or Sensors)

Το παρακάτω διάγραμμα περιγράφει τη διαδικασία καταχώρησης νέων **συσκευών IoT ή αισθητήρων** μέσω της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει στον διαχειριστή να προσθέσει νέες συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και την καταγραφή δεδομένων από τις καλλιέργειες. Ακολουθεί ανάλυση των βημάτων:



9.10.1 Εγκατάσταση Νέας Συσκευής IoT ή Αισθητήρα (Install the New IoT Device or Sensor)

- **Τι συμβαίνει:** Πριν από την καταχώρηση, η νέα συσκευή IoT ή ο αισθητήρας εγκαθίσταται στην επιθυμητή γεωγραφική περιοχή (αγρόκτημα ή καλλιέργεια) για να μπορέσει να ξεκινήσει τη λειτουργία της.
- **Σκοπός:** Η φυσική εγκατάσταση των συσκευών IoT είναι απαραίτητη για τη δυνατότητα παρακολούθησης των καλλιεργειών και την αυτόματη συλλογή δεδομένων που αφορούν τις περιβαλλοντικές συνθήκες.
- **Ποιος το κάνει:** Ο διαχειριστής της εφαρμογής ή κάποιος τεχνικός εγκαθιστά τις συσκευές στην καθορισμένη περιοχή.

9.10.2 Καταχώρηση Νέας Συσκευής ή Αισθητήρα (Register New IoT Device or Sensor)

- **Τι συμβαίνει:** Ο διαχειριστής της εφαρμογής καταχωρεί τα δεδομένα της νέας συσκευής ή του αισθητήρα στην εφαρμογή, παρέχοντας πληροφορίες όπως:
 - **Γεωγραφικές συντεταγμένες (geographical coordinates):** Το ακριβές σημείο όπου έχει τοποθετηθεί η συσκευή.
 - **Τύπος συσκευής (device type):** Καθορίζει αν η συσκευή είναι αισθητήρας ή κάποιος άλλος τύπος συσκευής IoT.
 - **Μάρκα συσκευής (device brand) και Μοντέλο συσκευής (device model):** Αναφέρονται στις τεχνικές προδιαγραφές της συσκευής.
 - **Αριθμός σειράς (device serial number):** Ένας μοναδικός αριθμός για την ταυτοποίηση της συσκευής.
 - **ID συσκευής (device ID):** Ένας μοναδικός κωδικός ταυτοποίησης της συσκευής στο σύστημα.
 - **Τύποι μετρήσεων που υποστηρίζονται (supported measurement types):** Οι κατηγορίες δεδομένων που μπορεί να συλλέξει η συσκευή (π.χ. υγρασία, θερμοκρασία).
 - **Διάστημα μετρήσεων (measurements time interval):** Το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε κάθε συλλογή δεδομένων.
- **Σκοπός:** Η καταχώρηση των συσκευών επιτρέπει τη διασύνδεση των συσκευών με το σύστημα της έξυπνης γεωργίας και τη διαχείριση των δεδομένων που αυτές συλλέγουν.
- **Ποιος το κάνει:** Ο διαχειριστής της εφαρμογής καταχωρεί τις νέες συσκευές IoT ή τους αισθητήρες στο σύστημα.

9.10.3 Αποστολή Δεδομένων στη Βάση Δεδομένων (Send Data to Virtual Machine)

- **Τι συμβαίνει:** Τα δεδομένα της νέας συσκευής αποστέλλονται στη βάση δεδομένων (Virtual Machine), όπου αποθηκεύονται για μελλοντική χρήση. Η βάση δεδομένων ενημερώνεται με όλες τις πληροφορίες για τη νέα συσκευή και ενεργοποιεί τη λειτουργία της.
- **Σκοπός:** Η αποστολή των δεδομένων διασφαλίζει ότι η νέα συσκευή έχει καταχωρηθεί επιτυχώς και είναι έτοιμη να ξεκινήσει τη λειτουργία της.
- **Ποιος το κάνει:** Η εφαρμογή αποστέλλει αυτόματα τα δεδομένα της συσκευής στη βάση δεδομένων μόλις ο διαχειριστής ολοκληρώσει την καταχώρηση.

9.10.4 Ολοκλήρωση Καταχώρησης Συσκευής (Registration Complete)

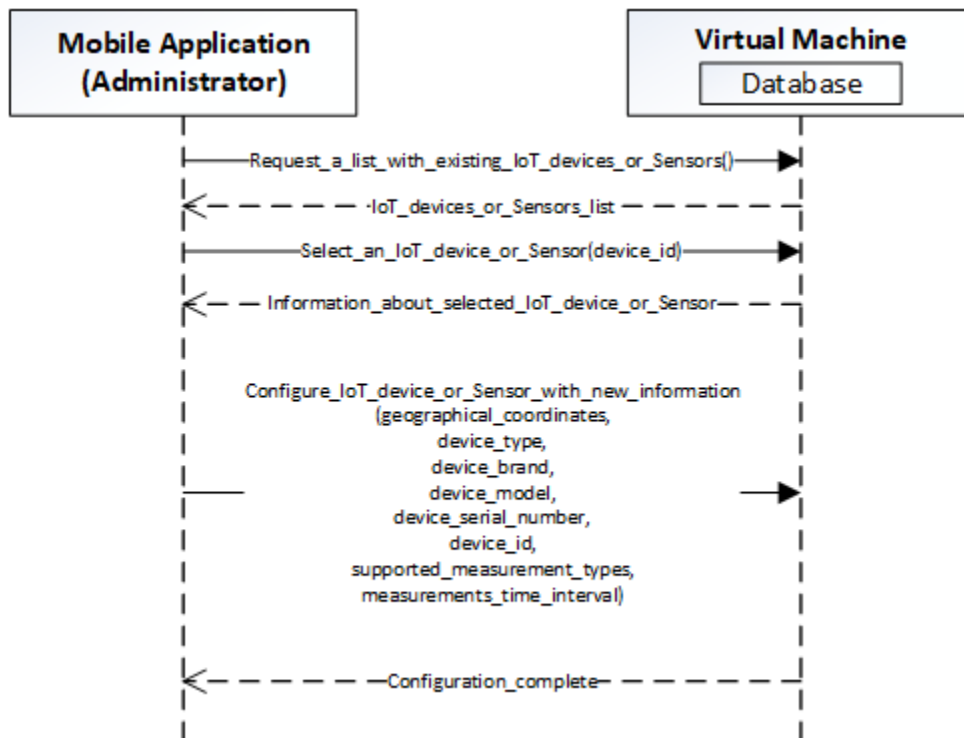
- **Τι συμβαίνει:** Η βάση δεδομένων επιβεβαιώνει την επιτυχή καταχώρηση της συσκευής ή του αισθητήρα και ενημερώνει τον διαχειριστή ότι η συσκευή είναι πλέον ενεργή και λειτουργική.
- **Σκοπός:** Η επιβεβαίωση αυτή εξασφαλίζει ότι η συσκευή έχει καταχωρηθεί σωστά και ότι μπορεί να ξεκινήσει να συλλέγει και να αποστέλλει δεδομένα σχετικά με τις καλλιέργειες.
- **Πιος το κάνει:** Η βάση δεδομένων στέλνει την επιβεβαίωση στην εφαρμογή, η οποία με τη σειρά της ενημερώνει τον διαχειριστή για την ολοκλήρωση της διαδικασίας.

9.10.5 Σημασία της Διαδικασίας Καταχώρησης Συσκευών IoT

Η καταχώρηση νέων συσκευών IoT και αισθητήρων είναι **κρίσιμη για τη λειτουργία της έξυπνης γεωργίας**. Μέσω αυτής της διαδικασίας, οι συσκευές μπορούν να ενσωματωθούν στο σύστημα παρακολούθησης και να συλλέγουν τα απαραίτητα δεδομένα που αφορούν τις καλλιέργειες. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για τη λήψη **τεκμηριωμένων αποφάσεων** που αφορούν τη διαχείριση των καλλιεργειών, όπως η άρδευση, η λίπανση και ο ψεκασμός.

9.11 Διαδικασία Διαμόρφωσης Συσκευών IoT ή Αισθητήρων (IoT Device or Sensor Configuration)

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τη διαδικασία **διαμόρφωσης** συσκευών IoT ή αισθητήρων μέσω της εφαρμογής **έξυπνης γεωργίας**. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει στον διαχειριστή να **επεξεργάζεται τις ρυθμίσεις** των ήδη καταχωρημένων συσκευών, αλλάζοντας παραμέτρους όπως οι γεωγραφικές συντεταγμένες, το χρονικό διάστημα μετρήσεων και άλλες τεχνικές πληροφορίες.



9.11.1 Αίτημα Λίστας Εγγεγραμμένων Συσκευών IoT (Request a List with Existing IoT Devices or Sensors)

- **Τι συμβαίνει:** Ο διαχειριστής της εφαρμογής ζητά από τη βάση δεδομένων να εμφανίσει μια λίστα με όλες τις συσκευές IoT ή τους αισθητήρες που είναι καταχωρημένοι στο σύστημα.
- **Σκοπός:** Ο διαχειριστής πρέπει να γνωρίζει ποιες συσκευές είναι ήδη καταχωρημένες ώστε να μπορεί να επιλέξει ποια συσκευή ή αισθητήρα επιθυμεί να διαμορφώσει.
- **Ποιος το κάνει:** Ο διαχειριστής στέλνει το αίτημα μέσω της εφαρμογής.

9.11.2 Λήψη Λίστας Συσκευών IoT ή Αισθητήρων (Receive IoT Devices or Sensors List)

- **Τι συμβαίνει:** Η βάση δεδομένων απαντά με μια πλήρη λίστα όλων των καταχωρημένων συσκευών IoT ή αισθητήρων που υπάρχουν στο σύστημα.
- **Σκοπός:** Η λίστα δίνει στον διαχειριστή μια συνολική εικόνα όλων των συσκευών που μπορούν να επιλεγούν για διαμόρφωση.
- **Ποιος το κάνει:** Η βάση δεδομένων αποστέλλει τη λίστα στη διαχειριστική εφαρμογή.

9.11.3 Επιλογή Συσκευής IoT ή Αισθητήρα (Select an IoT Device or Sensor)

- **Τι συμβαίνει:** Ο διαχειριστής επιλέγει μια συγκεκριμένη συσκευή ή αισθητήρα από τη λίστα για να πραγματοποιήσει αλλαγές στις ρυθμίσεις της.
- **Σκοπός:** Η επιλογή επιτρέπει τη **στοχευμένη διαμόρφωση** των συσκευών που απαιτούν αλλαγές στις ρυθμίσεις τους.
- **Ποιος το κάνει:** Ο διαχειριστής της εφαρμογής επιλέγει τη συσκευή ή τον αισθητήρα.

9.11.4 Ανάκτηση Πληροφοριών για την Επιλεγμένη Συσκευή (Information about Selected IoT Device or Sensor)

- **Τι συμβαίνει:** Μόλις επιλεγεί η συσκευή, η εφαρμογή ανακτά τις υπάρχουσες ρυθμίσεις και πληροφορίες που σχετίζονται με τη συσκευή από τη βάση δεδομένων.
- **Σκοπός:** Η ανάκτηση αυτών των πληροφοριών επιτρέπει στον διαχειριστή να γνωρίζει την τρέχουσα διαμόρφωση της συσκευής προτού κάνει αλλαγές.
- **Ποιος το κάνει:** Η βάση δεδομένων στέλνει τις πληροφορίες στη διαχειριστική εφαρμογή.

9.11.5 Διαμόρφωση Συσκευής IoT με Νέες Πληροφορίες (Configure IoT Device with New Information)

- **Τι συμβαίνει:** Ο διαχειριστής εισάγει τις νέες πληροφορίες ή τις ρυθμίσεις που πρέπει να εφαρμοστούν στη συσκευή. Οι ρυθμίσεις αυτές περιλαμβάνουν:
 - **Γεωγραφικές συντεταγμένες (geographical coordinates):** Το σημείο στο οποίο βρίσκεται η συσκευή.
 - **Τύπος συσκευής (device type):** Αν είναι αισθητήρας ή άλλος τύπος IoT συσκευής.
 - **Μάρκα και μοντέλο (device brand, device model):** Τεχνικές πληροφορίες της συσκευής.
 - **Σειριακός αριθμός (device serial number) και ID συσκευής (device ID):** Ταυτοποίηση της συσκευής.
 - **Τύποι μετρήσεων (supported measurement types):** Τι είδους δεδομένα συλλέγει η συσκευή.
 - **Χρονικά διαστήματα μετρήσεων (measurements time interval):** Συχνότητα καταγραφής δεδομένων από τον αισθητήρα.
- **Σκοπός:** Η διαμόρφωση των παραμέτρων διασφαλίζει ότι η συσκευή λειτουργεί με τις **κατάλληλες ρυθμίσεις** για τις απαιτήσεις της καλλιέργειας.

- **Ποιος το κάνει:** Ο διαχειριστής διαμορφώνει τις νέες παραμέτρους για τη συσκευή ή τον αισθητήρα.

9.11.6 Ολοκλήρωση Διαμόρφωσης Συσκευής (Configuration Complete)

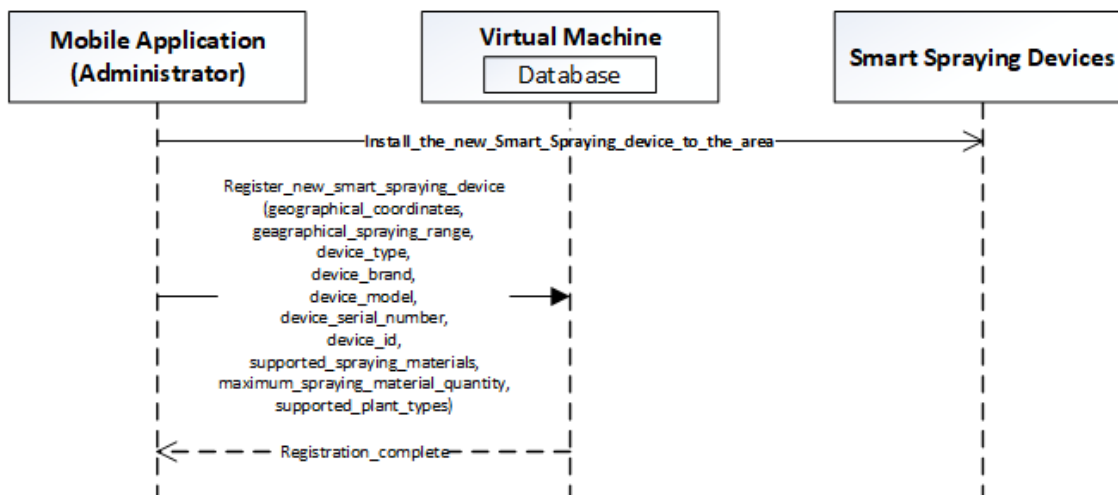
- **Τι συμβαίνει:** Αφού ολοκληρωθούν οι ρυθμίσεις, η βάση δεδομένων ενημερώνει την εφαρμογή ότι η διαμόρφωση της συσκευής ολοκληρώθηκε με επιτυχία.
- **Σκοπός:** Η επιβεβαίωση εξασφαλίζει ότι οι νέες ρυθμίσεις έχουν αποθηκευτεί και ότι η συσκευή μπορεί να ξεκινήσει να λειτουργεί με τα νέα δεδομένα.
- **Ποιος το κάνει:** Η βάση δεδομένων στέλνει επιβεβαίωση στην εφαρμογή και ενημερώνει τον διαχειριστή.

9.11.7 Σημασία της Διαδικασίας Διαμόρφωσης Συσκευών IoT

Η διαδικασία διαμόρφωσης των συσκευών IoT επιτρέπει στον διαχειριστή να προσαρμόζει τις παραμέτρους λειτουργίας των συσκευών με βάση τις ανάγκες της καλλιέργειας. Μέσω αυτής της δυνατότητας, οι συσκευές μπορούν να προσαρμόζονται σε **μεταβαλλόμενες συνθήκες** και να παρακολουθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα δεδομένα που χρειάζεται ο αγρότης.

9.12 Διαδικασία Καταχώρησης Νέων Έξυπνων Συσκευών Ψεκασμού (Registering New Smart Spraying Devices)

Το παρακάτω διάγραμμα περιγράφει τη διαδικασία καταχώρησης νέων **έξυπνων συσκευών ψεκασμού** στην εφαρμογή **έξυπνης γεωργίας**. Μέσω αυτής της διαδικασίας, ο διαχειριστής μπορεί να προσθέσει νέες συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν για τον **αυτόματο ψεκασμό** των καλλιεργειών με φυτοφάρμακα ή άλλα υλικά.



9.12.1 Εγκατάσταση Νέας Συσκευής Ψεκασμού (Install the New Smart Spraying Device)

- **Τι συμβαίνει:** Πριν από την καταχώρηση, η νέα συσκευή ψεκασμού εγκαθίσταται στην επιθυμητή γεωγραφική περιοχή, δηλαδή στην έκταση όπου θα πραγματοποιούνται οι εργασίες ψεκασμού.
- **Σκοπός:** Η φυσική εγκατάσταση των συσκευών ψεκασμού είναι απαραίτητη για την ορθολογική χρήση των ψεκαστικών υλικών και την ακριβή κάλυψη των καλλιεργειών.
- **Ποιος το κάνει:** Ο διαχειριστής της εφαρμογής ή κάποιος τεχνικός εγκαθιστά τη συσκευή ψεκασμού στη συγκεκριμένη καλλιέργεια.

9.12.2 Καταχώρηση Νέας Συσκευής Ψεκασμού (Register New Smart Spraying Device)

- **Τι συμβαίνει:** Ο διαχειριστής εισάγει τις απαραίτητες πληροφορίες για την καταχώρηση της νέας συσκευής ψεκασμού. Αυτές περιλαμβάνουν:
 - **Γεωγραφικές συντεταγμένες (geographical coordinates):** Η ακριβής τοποθεσία εγκατάστασης της συσκευής ψεκασμού.
 - **Ακτίνα ψεκασμού (geographical spraying range):** Η μέγιστη απόσταση ή περιοχή που καλύπτει η συσκευή κατά τον ψεκασμό.
 - **Μάρκα και μοντέλο συσκευής (device brand and model):** Οι τεχνικές προδιαγραφές της συσκευής.
 - **Αριθμός σειράς (device serial number) και ID συσκευής (device ID):** Μοναδικά στοιχεία ταυτοποίησης της συσκευής.
 - **Υποστηριζόμενα υλικά ψεκασμού (supported spraying materials):** Τα υλικά που μπορεί να ψεκάσει η συσκευή (π.χ. φυτοφάρμακα, λιπάσματα).
 - **Μέγιστη ποσότητα ψεκαστικού υλικού (maximum spraying material quantity):** Η μέγιστη ποσότητα υλικού που μπορεί να διαχειριστεί η συσκευή σε μία διαδικασία ψεκασμού.
 - **Υποστηριζόμενοι τύποι καλλιεργειών (supported plant types):** Οι καλλιέργειες που υποστηρίζονται για τον ψεκασμό.
- **Σκοπός:** Η καταχώρηση διασφαλίζει ότι η συσκευή ψεκασμού θα λειτουργήσει σύμφωνα με τις **απαιτήσεις της καλλιέργειας** και τα διαθέσιμα υλικά.
- **Ποιος το κάνει:** Ο διαχειριστής της εφαρμογής εισάγει όλες τις σχετικές πληροφορίες για τη νέα συσκευή.

9.12.3 Αποστολή Δεδομένων στη Βάση Δεδομένων (Send Data to Virtual Machine)

- **Τι συμβαίνει:** Τα δεδομένα της νέας συσκευής ψεκασμού αποστέλλονται στη βάση δεδομένων, όπου καταχωρούνται όλες οι πληροφορίες σχετικά με τις δυνατότητες και τις ρυθμίσεις της συσκευής.
- **Σκοπός:** Η αποστολή των δεδομένων διασφαλίζει ότι η συσκευή είναι συνδεδεμένη με το σύστημα έξυπνης γεωργίας και μπορεί να λειτουργεί βάσει των εισαχθέντων πληροφοριών.
- **Ποιος το κάνει:** Η εφαρμογή αποστέλλει αυτόματα τα δεδομένα στη βάση δεδομένων μετά την καταχώρηση.

9.12.4 Ολοκλήρωση Καταχώρησης Συσκευής Ψεκασμού (Registration Complete)

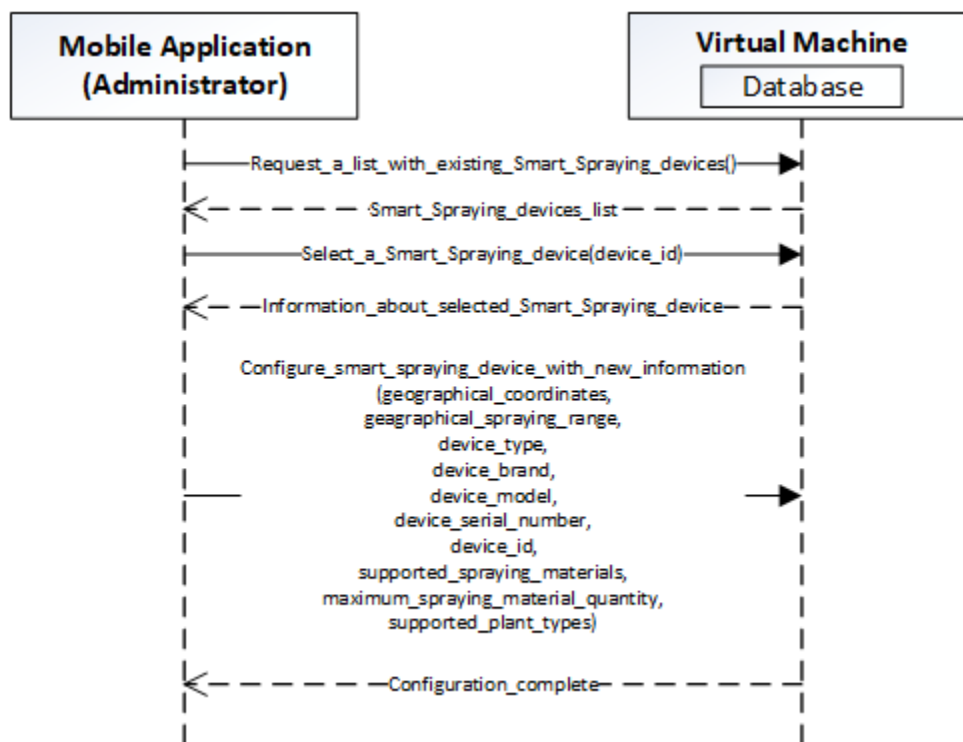
- **Τι συμβαίνει:** Μετά την καταχώρηση, η βάση δεδομένων επιβεβαιώνει την επιτυχία της διαδικασίας και ενημερώνει τον διαχειριστή ότι η συσκευή ψεκασμού είναι έτοιμη για χρήση.
- **Σκοπός:** Η επιβεβαίωση ολοκλήρωσης διασφαλίζει ότι η συσκευή είναι πλήρως λειτουργική και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτόματες διαδικασίες ψεκασμού στις καλλιέργειες.
- **Ποιος το κάνει:** Η βάση δεδομένων στέλνει την επιβεβαίωση στον διαχειριστή μέσω της εφαρμογής.

9.12.5 Σημασία της Καταχώρησης Συσκευών Έξυπνου Ψεκασμού

Η καταχώρηση έξυπνων συσκευών ψεκασμού εξασφαλίζει τη **βελτιστοποίηση** της διαδικασίας ψεκασμού στις καλλιέργειες, επιτρέποντας τη σωστή διαχείριση των φυτοφαρμάκων και άλλων υλικών με βάση τις συγκεκριμένες ανάγκες της καλλιέργειας. Η αυτόματη διαχείριση της διαδικασίας ψεκασμού μειώνει την υπερκατανάλωση υλικών και βελτιώνει τη συνολική αποδοτικότητα.

9.13 Διαμόρφωση Έξυπνων Συσκευών Ψεκασμού (Smart Spraying Device Configuration)

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τη διαδικασία **διαμόρφωσης των έξυπνων συσκευών ψεκασμού** μέσω της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει στον διαχειριστή να **τροποποιεί τις ρυθμίσεις** των συσκευών ψεκασμού, προσαρμόζοντας τις παραμέτρους τους σύμφωνα με τις ανάγκες των καλλιεργειών.



9.13.1 Αίτημα Λίστας Συσκευών Ψεκασμού (Request a List with Existing Smart Spraying Devices)

Ο διαχειριστής της εφαρμογής ζητά μια λίστα με όλες τις καταχωρημένες έξυπνες συσκευές ψεκασμού. Η λίστα εμφανίζει τις διαθέσιμες συσκευές που μπορούν να επιλεγούν για διαμόρφωση.

9.13.2 Λήψη Λίστας Συσκευών Ψεκασμού (Receive Smart Spraying Devices List)

Η βάση δεδομένων αποστέλλει τη λίστα με όλες τις καταχωρημένες συσκευές ψεκασμού στο σύστημα. Αυτή η λίστα επιτρέπει στον διαχειριστή να επιλέξει τη συσκευή που επιθυμεί να διαμορφώσει.

9.13.3 Επιλογή Συσκευής Ψεκασμού (Select a Smart Spraying Device)

Ο διαχειριστής επιλέγει μια συγκεκριμένη συσκευή ψεκασμού από τη λίστα. Αυτή η επιλογή επιτρέπει τη **στοχευμένη διαμόρφωση** της επιλεγμένης συσκευής.

9.13.4 Ανάκτηση Πληροφοριών Συσκευής (Retrieve Information about Selected Smart Spraying Device)

Η βάση δεδομένων παρέχει στον διαχειριστή τις πληροφορίες σχετικά με τη συγκεκριμένη συσκευή, όπως οι τρέχουσες ρυθμίσεις και δυνατότητες ψεκασμού.

9.13.5 Διαμόρφωση Συσκευής με Νέα Πληροφορίες (Configure Smart Spraying Device with New

Information)

Ο διαχειριστής μπορεί να τροποποιήσει τις παραμέτρους της συσκευής, όπως:

- **Γεωγραφικές συντεταγμένες:** Τοποθεσία ψεκασμού.
- **Ακτίνα ψεκασμού:** Η μέγιστη περιοχή κάλυψης του ψεκασμού.
- **Μάρκα και μοντέλο:** Οι τεχνικές πληροφορίες της συσκευής.
- **Τύπος υλικού ψεκασμού:** Ποια υλικά μπορεί να ψεκάσει.
- **Μέγιστη ποσότητα ψεκαστικού υλικού:** Η μέγιστη ποσότητα υλικού για μια διαδικασία ψεκασμού.
- **Τύποι καλλιεργειών:** Οι καλλιέργειες που υποστηρίζονται για ψεκασμό.

9.13.6 Ολοκλήρωση Διαμόρφωσης (Configuration Complete)

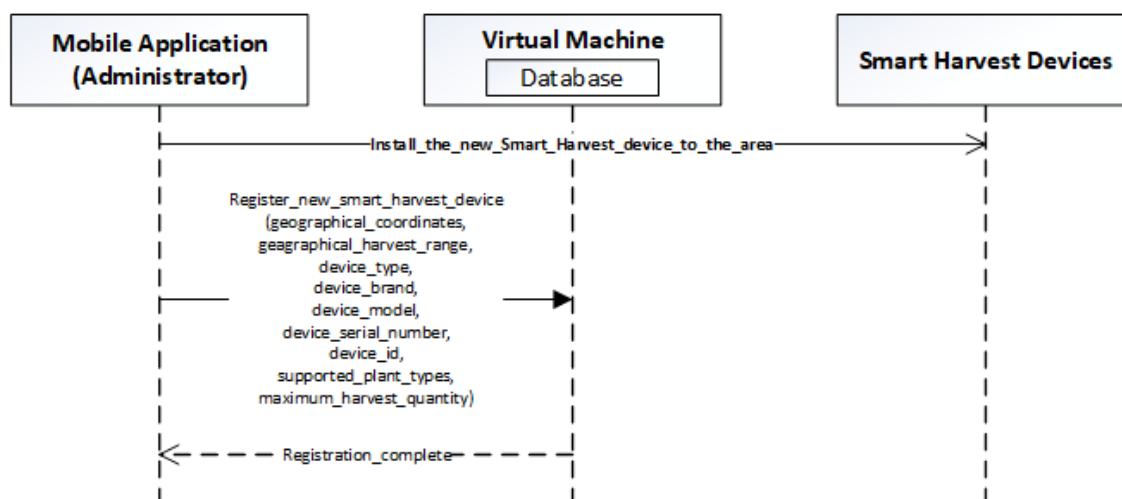
Η βάση δεδομένων ενημερώνει την εφαρμογή για την επιτυχή διαμόρφωση της συσκευής ψεκασμού, και η συσκευή είναι πλέον έτοιμη να λειτουργήσει με τις νέες ρυθμίσεις.

9.13.7 Σημασία της Διαδικασίας Διαμόρφωσης Συσκευών Ψεκασμού

Η δυνατότητα διαμόρφωσης επιτρέπει στον διαχειριστή να **προσαρμόζει τις συσκευές ψεκασμού** στις απαιτήσεις των καλλιεργειών, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα και εξασφαλίζοντας ότι το υλικό ψεκασμού χρησιμοποιείται σωστά.

9.14 Καταχώρηση Νέων Έξυπνων Συσκευών Συγκομιδής (Registering New Smart Harvest Devices)

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη διαδικασία καταχώρησης νέων **έξυπνων συσκευών συγκομιδής** στην εφαρμογή έξυπνης γεωργίας. Αυτές οι συσκευές επιτρέπουν την **αυτόματη συγκομιδή** των καλλιεργειών σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα και περιοχές, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα της συγκομιδής.



9.14.1 Εγκατάσταση Νέας Συσκευής Συγκομιδής (Install the New Smart Harvest Device)

Η νέα συσκευή συγκομιδής εγκαθίσταται στην καθορισμένη γεωγραφική περιοχή όπου θα εκτελούνται οι λειτουργίες συγκομιδής. Αυτό επιτρέπει την κάλυψη της περιοχής βάσει των καθορισμένων αναγκών συγκομιδής.

9.14.2 Καταχώρηση Νέας Συσκευής Συγκομιδής (Register New Smart Harvest Device)

Ο διαχειριστής εισάγει τις απαραίτητες πληροφορίες για τη νέα συσκευή συγκομιδής, όπως:

- **Γεωγραφικές συντεταγμένες:** Το σημείο εγκατάστασης της συσκευής.
- **Ακτίνα συγκομιδής:** Η μέγιστη περιοχή που καλύπτει η συσκευή κατά τη συγκομιδή.
- **Τύπος συσκευής, μάρκα, μοντέλο:** Τεχνικά χαρακτηριστικά της συσκευής.
- **Σειριακός αριθμός και ID συσκευής:** Μοναδικές ταυτοποιήσεις της συσκευής.
- **Υποστηριζόμενοι τύποι καλλιεργειών:** Οι καλλιέργειες για τις οποίες προορίζεται η συγκομιδή.
- **Μέγιστη ποσότητα συγκομιδής:** Η μέγιστη ποσότητα που μπορεί να διαχειριστεί η συσκευή κατά τη συγκομιδή.

Αποστολή Δεδομένων στη Βάση Δεδομένων (Send Data to Virtual Machine)

Τα δεδομένα της νέας συσκευής συγκομιδής αποστέλλονται στη βάση δεδομένων (Virtual Machine) για αποθήκευση και διαχείριση. Αυτό επιτρέπει στη συσκευή να ενσωματωθεί πλήρως στο σύστημα και να είναι έτοιμη να ξεκινήσει τη λειτουργία της.

Ολοκλήρωση Καταχώρησης Συσκευής (Registration Complete)

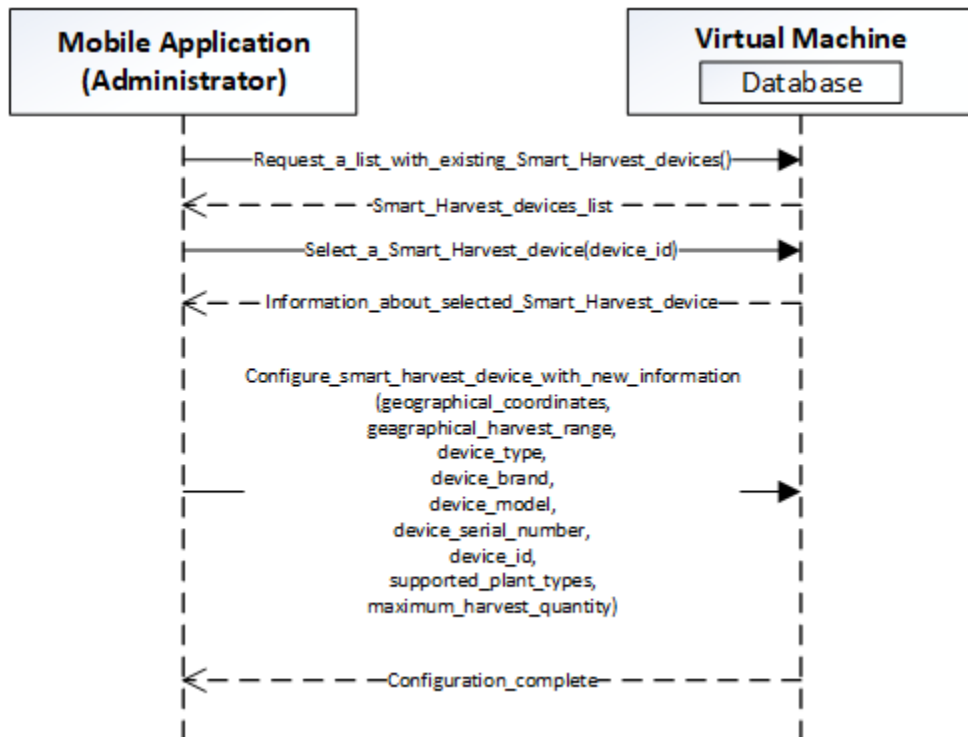
Η βάση δεδομένων επιβεβαιώνει την επιτυχή καταχώρηση της συσκευής και ενημερώνει τον διαχειριστή ότι η συσκευή είναι πλέον λειτουργική και έτοιμη για συγκομιδή.

9.14.5 Σημασία της Καταχώρησης Συσκευών Έξυπνης Συγκομιδής

Η καταχώρηση συσκευών συγκομιδής επιτρέπει τη βελτιστοποίηση των εργασιών συγκομιδής, μειώνοντας το ανθρώπινο κόστος και αυξάνοντας την αποδοτικότητα της καλλιέργειας. Με την ενσωμάτωση έξυπνων συσκευών συγκομιδής, οι αγρότες μπορούν να προγραμματίζουν την αυτόματη συλλογή των προϊόντων σε ιδανικά χρονικά διαστήματα, διασφαλίζοντας την ποιότητα και τη φρεσκάδα των προϊόντων.

9.15 Διαμόρφωση Έξυπνων Συσκευών Συγκομιδής (Smart Harvest Device Configuration)

Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τη διαδικασία διαμόρφωσης των έξυπνων συσκευών συγκομιδής μέσω της εφαρμογής έξυπνης γεωργίας. Μέσω αυτής της διαδικασίας, ο διαχειριστής μπορεί να τροποποιήσει τις παραμέτρους λειτουργίας των συσκευών συγκομιδής, προσαρμόζοντας τις ρυθμίσεις στις ανάγκες των καλλιεργειών.



9.15.1 Αίτημα Λίστας Συσκευών Συγκομιδής (Request a List with Existing Smart Harvest Devices)

Ο διαχειριστής στέλνει αίτημα στη βάση δεδομένων για να λάβει λίστα με όλες τις εγγεγραμμένες έξυπνες συσκευές συγκομιδής.

9.15.2 Λήψη Λίστας Συσκευών Συγκομιδής (Receive Smart Harvest Devices List)

Η βάση δεδομένων επιστρέφει τη λίστα με τις διαθέσιμες συσκευές συγκομιδής, δίνοντας στον διαχειριστή επιλογές για διαμόρφωση.

9.15.3 Επιλογή Συσκευής Συγκομιδής (Select a Smart Harvest Device)

Ο διαχειριστής επιλέγει μια συγκεκριμένη συσκευή συγκομιδής από τη λίστα για να προβεί σε αλλαγές ρυθμίσεων.

9.15.4 Ανάκτηση Πληροφοριών Συσκευής (Retrieve Information about Selected Smart Harvest Device)

Η βάση δεδομένων αποστέλλει τις πληροφορίες της επιλεγμένης συσκευής, περιλαμβάνοντας τις τρέχουσες ρυθμίσεις της.

9.15.5 Διαμόρφωση Συσκευής με Νέα Πληροφορίες (Configure Smart Harvest Device with New Information)

Ο διαχειριστής τροποποιεί τις ρυθμίσεις της συσκευής συγκομιδής, όπως:

- **Γεωγραφικές συντεταγμένες:** Η τοποθεσία της συσκευής.
- **Ακτίνα συγκομιδής:** Η περιοχή που καλύπτει η συσκευή κατά τη συγκομιδή.
- **Τύπος συσκευής, μάρκα, μοντέλο:** Τεχνικά χαρακτηριστικά της συσκευής.
- **Σειριακός αριθμός και ID:** Ταυτοποιητικά στοιχεία της συσκευής.
- **Υποστηριζόμενοι τύποι καλλιέργειών:** Οι καλλιέργειες που μπορεί να συγκομίσει η συσκευή.
- **Μέγιστη ποσότητα συγκομιδής:** Η ποσότητα που μπορεί να διαχειριστεί η συσκευή.

9.15.6 Ολοκλήρωση Διαμόρφωσης (Configuration Complete)

Η βάση δεδομένων ενημερώνει για την επιτυχή διαμόρφωση της συσκευής, ολοκληρώνοντας τη διαδικασία.

9.15.7 Σημασία της Διαδικασίας Διαμόρφωσης Συσκευών Συγκομιδής

Η διαμόρφωση των συσκευών συγκομιδής επιτρέπει τη βελτιστοποίηση των εργασιών συγκομιδής, εξασφαλίζοντας την ορθολογική χρήση της τεχνολογίας και τη **βελτίωση της παραγωγικότητας** των καλλιεργειών μέσω της έξυπνης διαχείρισης της συγκομιδής.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια ολοκληρωμένη ανάλυση της Έξυπνης Γεωργίας και των τεχνολογιών που την υποστηρίζουν, ενώ ταυτόχρονα αναδεικνύει τα σημαντικά οφέλη που προσφέρει τόσο στους αγρότες όσο και στην ευρύτερη κοινωνία. Μέσα από τη διερεύνηση των τεχνολογικών εργαλείων της Γεωργίας 4.0, όπως το **Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)**, η **Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)**, οι **αισθητήρες**, τα **drones** και η **ρομποτική**, καταδείχθηκε πώς αυτές οι καινοτομίες μπορούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητα της παραγωγής, να μειώσουν τη χρήση φυσικών πόρων και να προσφέρουν μια περισσότερο βιώσιμη προσέγγιση στη γεωργία.

Η εργασία αυτή έχει ιδιαίτερη χρησιμότητα για επαγγελματίες του γεωργικού τομέα, καθώς τους προσφέρει μια εις βάθος κατανόηση των τρόπων με τους οποίους μπορούν να αξιοποιήσουν τις νέες τεχνολογίες για να βελτιώσουν τη δουλειά τους. Οι αγρότες μπορούν να ενισχύσουν την παραγωγικότητά τους και να αυξήσουν τα κέρδη τους μέσω της εφαρμογής της Έξυπνης Γεωργίας, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων. Η έξυπνη διαχείριση των καλλιεργειών με τεχνολογίες ακριβείας οδηγεί σε **εξοικονόμηση νερού, ενέργειας και λίπανσης**, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές πιέσεις και συμβάλλοντας στη διατήρηση του οικοσυστήματος.

Για τους **ακαδημαϊκούς** και τους **ερευνητές**, η εργασία αυτή παρέχει μια πηγή κατανόησης των πολυδιάστατων πτυχών της Έξυπνης Γεωργίας και των επιπτώσεών της. Οι αναλύσεις και τα συμπεράσματα που προκύπτουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για περαιτέρω έρευνα και καινοτομία στον αγροτικό τομέα, καθώς και για την ανάπτυξη νέων λύσεων που θα συμβάλουν στη βελτίωση των γεωργικών πρακτικών και των τεχνολογικών εργαλείων που τις υποστηρίζουν.

Η Έξυπνη Γεωργία αναδεικνύεται ως εξαιρετικά σημαντική για την **οικονομία**, αφού προσφέρει στους αγρότες τη δυνατότητα να παράγουν περισσότερο με λιγότερα, αυξάνοντας τα κέρδη και ενισχύοντας την ανταγωνιστικότητά τους στην παγκόσμια αγορά. Το blockchain, η χρήση αισθητήρων και τα εργαλεία γεωργίας ακριβείας προσφέρουν διαφάνεια και ακριβή παρακολούθηση της αλυσίδας εφοδιασμού, κάτι που αυξάνει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών και μειώνει τις απώλειες κατά τη μεταφορά των προϊόντων. Επιπλέον, η σύνδεση της Έξυπνης Γεωργίας με τα **κριτήρια ESG (Environmental, Social, Governance)** την καθιστά ακόμα πιο σημαντική, καθώς οι επιχειρήσεις και οι παραγωγοί καλούνται να ενσωματώσουν τη βιώσιμη ανάπτυξη στις διαδικασίες τους, κάτι που είναι πλέον απαραίτητο τόσο για την οικονομική όσο και για την περιβαλλοντική επιβίωσή τους.

Αναγνωρίζεται επίσης η σημασία της Έξυπνης Γεωργίας σε περιόδους κρίσης, όπως πολεμικές συρράξεις ή φυσικές καταστροφές. Η τεχνολογία επιτρέπει στους αγρότες να ανταποκρίνονται άμεσα σε κρίσιμες συνθήκες, όπως απώλειες καλλιεργειών ή έλλειψη πόρων, διασφαλίζοντας την **αυτάρκεια τροφίμων** και την ανθεκτικότητα των γεωργικών συστημάτων. Αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό για την **εθνική ασφάλεια** και την οικονομική σταθερότητα, αφού η γεωργία αποτελεί τον πυλώνα επιβίωσης μιας χώρας σε τέτοιες καταστάσεις.

Ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα της εργασίας αυτής είναι η ανάλυση της αρχιτεκτονικής μιας εφαρμογής για κινητά που σχεδιάστηκε για την υποστήριξη της Έξυπνης Γεωργίας. Η εφαρμογή αυτή επιτρέπει στους αγρότες να **παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο** τα δεδομένα των καλλιεργειών, να **αυτοματοποιούν διαδικασίες** όπως η συγκομιδή και ο ψεκασμός, και να **διαχειρίζονται τις IoT συσκευές** τους. Η χρήση τέτοιων εργαλείων επιτρέπει στους παραγωγούς να έχουν **ακριβή και έγκαιρη**

πληροφόρηση, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει πλήρη **διαφάνεια** και **ιχνηλασιμότητα** σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Αυτή η τεχνολογία προωθεί την ορθολογική διαχείριση των πόρων και τη μείωση των απωλειών, κάτι που τελικά οδηγεί σε **μείωση του κόστους παραγωγής** και **βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων**.

Συνολικά, η εργασία αυτή αποδεικνύει ότι η Έξυπνη Γεωργία δεν είναι απλώς μια τεχνολογική εξέλιξη, αλλά ένα ολοκληρωμένο εργαλείο για την **ενίσχυση της παραγωγής**, την **οικονομική ανάπτυξη** και τη **διατήρηση του περιβάλλοντος**. Οι **επαγγελματίες της γεωργίας** και οι **ερευνητές** έχουν πλέον στη διάθεσή τους μια σειρά από καινοτόμες λύσεις που μπορούν να αλλάξουν ριζικά τον τρόπο παραγωγής, κάνοντας τη γεωργία πιο αποδοτική, βιώσιμη και ανθεκτική σε μελλοντικές προκλήσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. **Abbasi, R. (2022).** *Agriculture 4.0 is helping farmers do more with less.* <https://doi.org/10.54377/BD6E-DB1B>.
2. **Abbasi, R., Martinez, P., & Ahmad, R. (2022).** *The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0.* *Smart Agricultural Technology*, 2. <https://doi.org/10.1016/J.ATECH.2022.100042>.
3. **Abioye, E. A., Abidin, M. S. Z., Mahmud, M. S. A., Buyamin, S., Ishak, M. H. I., Rahman, M. K. I. A., Otuoze, A. O., Onotu, P., & Ramli, M. S. A. (2020).** *A review on monitoring and advanced control strategies for precision irrigation.* *Computers and Electronics in Agriculture*, 173. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2020.105441>.
4. **Adow, A. H., Shrivastava, M. K., Mahdi, H. F., Zahra, M. M. A., Verma, D., Doohan, N. V., & Jalali, A. (2022).** *Analysis of Agriculture and Food Supply Chain through Blockchain and IoT with Light Weight Cluster Head.* *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 11. <https://doi.org/10.1155/2022/1296993>.
5. **Albiero, D., Paulo, R. L. de, Junior, J. C. F., Santos, J. da S. G., & Melo, R. P. (2021).** *Agriculture 4.0: a terminological introduction.* *Revista Ciência Agronômica*, 51(5), e20207737. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200083>.
6. **Almadani, B., & Mostafa, S. M. (2021).** *IIoT based multimodal communication model for agriculture and agro-industries.* *IEEE Access*, 9, 10070–10088. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050391>.
7. **Alobid, M., Abujudeh, S., & Szücs, I. (2022).** *The Role of Blockchain in Revolutionizing the Agricultural Sector.* *Sustainability (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/SU14074313>.
8. **Arvanitis, K. G., & Symeonaki, E. G. (2020).** *Agriculture 4.0: The Role of Innovative Smart Technologies Towards Sustainable Farm Management.* *The Open Agriculture Journal*, 14(1), 130–135. <https://doi.org/10.2174/1874331502014010130>.

9. **Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Diamantoulakis, P., Liopa-Tsakalidi, A., Barouchas, P., Salahas, G., Karagiannidis, G., Wan, S., & Goudos, S. K. (2022).** *Internet of Things (IoT) and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in smart farming: A comprehensive review. Internet of Things (Netherlands), 18.*
<https://doi.org/10.1016/J.IOT.2020.100187>.
10. **Belaud, J. P., Prioux, N., Vialle, C., & Sablayrolles, C. (2019).** *Big data for agri-food 4.0: Application to sustainability management for by-products supply chain. Computers in Industry, 111,* 41–50. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2019.06.006>.
11. **Blok, V., & Gremmen, B. (2018).** *Agricultural technologies as living machines: Toward a biomimetic conceptualization of smart farming technologies. Ethics, Policy and Environment, 21(2),* 246–263. <https://doi.org/10.1080/21550085.2018.1509491>.
12. **Braun, A. T., Colangelo, E., & Steckel, T. (2018).** *Farming in the Era of Industrie 4.0. Procedia CIRP, 72,* 979–984. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2018.03.176>.
13. **Cisternas, I., Velásquez, I., Caro, A., & Rodríguez, A. (2020).** *Systematic literature review of implementations of precision agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 176.*
<https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2020.105626>.
14. **Davenport, L. (2019).** *GENETIC ENGINEERING FOR CROP IMPROVEMENT.* (1st ed., Vol. 1). CALLISTO REFERENCE.
15. **Eastwood, C., Klerkx, L., Ayre, M., & Dela Rue, B. (2019).** *Managing Socio-Ethical Challenges in the Development of Smart Farming: From a Fragmented to a Comprehensive Approach for Responsible Research and Innovation. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 32(5–6),* 741–768. <https://doi.org/10.1007/S10806-017-9704-5>.

Γενικές Πηγές Αναζήτησης και Επιστημονικές Βάσεις Δεδομένων

1. **ScienceDirect:** Χρησιμοποιήθηκε για την αναζήτηση ακαδημαϊκών άρθρων, εικόνων και ερευνών που σχετίζονται με τη Γεωργία 4.0, τη γεωργία ακριβείας, την τεχνολογία IoT και το blockchain. Στο ScienceDirect πραγματοποιήθηκαν αναζητήσεις με λέξεις-κλειδιά όπως *Smart Agriculture, Agriculture 4.0, IoT in farming, Blockchain in agriculture* κ.ά.
2. **IEEE Xplore:** Βασική πηγή για αναζήτηση τεχνολογικών καινοτομιών, με εστίαση σε δημοσιεύσεις που αφορούν το IoT, την τεχνητή νοημοσύνη και τη ρομποτική στην αγροτική παραγωγή.
3. **Google Scholar:** Χρησιμοποιήθηκε για την αναζήτηση βιβλιογραφίας, ακαδημαϊκών ερευνών και αναφορών σε σχέση με τη βιώσιμη γεωργία, το ESG, και τις τεχνολογικές λύσεις της Έξυπνης Γεωργίας.