

## AI and IoT in Agriculture

Κυριακίδης Φώτιος, Νιάκα Μυρτώ, Πετρακίδου Φωτεινή Ηλιάνα

[ics20030@uom.edu.gr](mailto:ics20030@uom.edu.gr)

[iis21075@uom.edu.gr](mailto:iis21075@uom.edu.gr)

[iis21047@uom.edu.gr](mailto:iis21047@uom.edu.gr)

**Διδάσκων Καθηγητής:**  
**Κωνσταντίνος Ψάννης**  
[kpsannis@uom.edu.gr](mailto:kpsannis@uom.edu.gr)

### Περίληψη

Με τη συγχώνευση AI και IoT, η παρακάτω έρευνα προτείνει ένα “έξυπνο” σύστημα για την ανίχνευση παρασίτων και ασθενειών στον τομέα της “γεωργία ακριβείας”. Αξιοποιώντας δεδομένα από αισθητήρες, UAV και αλγόριθμους AI, όπως συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα, το σύστημα προσφέρει ανάλυση σε πραγματικό χρόνο, έγκαιρη αναγνώριση προβλημάτων και στοχευμένες παρεμβάσεις. Η χρήση των εν λόγω τεχνολογιών όχι μόνο επιτυγχάνει ακρίβεια και αποτελεσματικότητα, αλλά μειώνει επίσης τη χρήση φυτοφαρμάκων και βελτιστοποιεί την κατανομή των πόρων. Επιπλέον, οι εφαρμογές για κινητές συσκευές καθιστούν την τεχνολογία προσβάσιμη σε όλους τους αγρότες, ενώ η ενσωμάτωση στο cloud εξασφαλίζει επεκτασιμότητα για μεγάλες επιχειρήσεις. Αυτή η προσέγγιση έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στη γεωργία ενισχύοντας την υγεία των καλλιεργειών, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και διασφαλίζοντας την επισιτιστική ασφάλεια.

**Λέξεις κλειδιά:** *Artificial intelligence, Internet of things, Γεωργία ακριβείας, παράσιτα, ασθένειες φυτών*

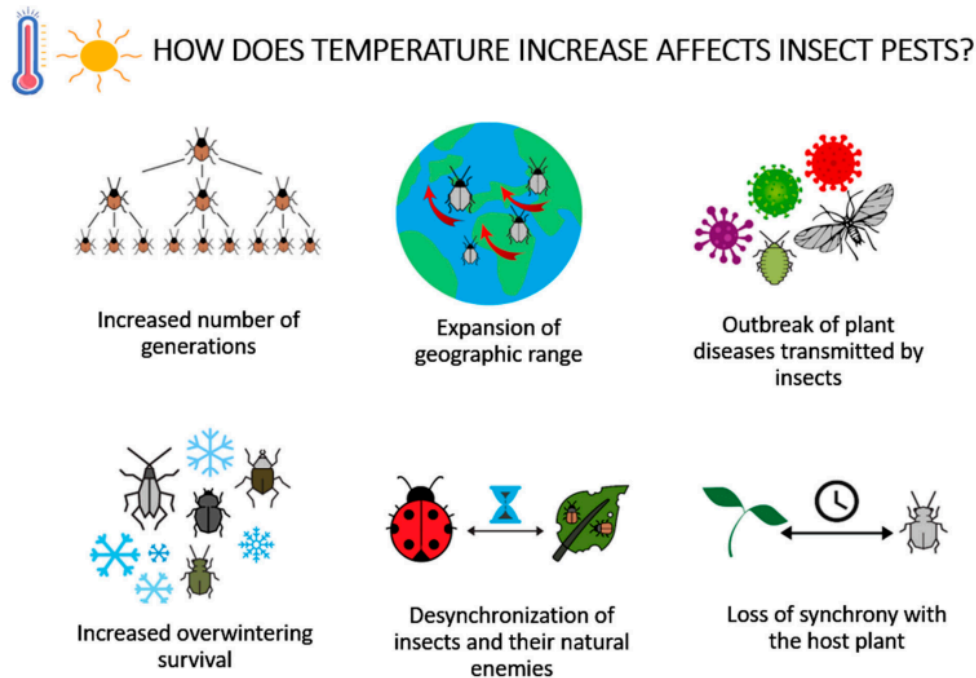
### 1. Εισαγωγή

Ο γεωργικός τομέας αποτελεί το θεμέλιο του ανθρώπινου πολιτισμού. Η σύγχρονη γεωργία βρίσκεται αντιμέτωπη με προκλήσεις που απειλούν τον ταχέως αναπτυσσόμενο παγκόσμιο πληθυσμό. Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις καιρικές συνθήκες και κατ'επέκταση τον πρωτογενή τομέα. Ακραία φαινόμενα όπως ξηρασίες, πλημμύρες και κλιμάκωση θερμοκρασιών, έχουν καταστροφικές επιπτώσεις για την γεωργική παραγωγή και μειώνουν την απόδοση των καλλιεργειών τόσο ποσοτικά, όσο και ποιοτικά σε παγκόσμια κλίμακα.

#### 1.1 Το πρόβλημα

Φυσικό και μεγαλύτερο “εχθρό” της φυτικής παραγωγής, αποτελούσε ανέκαθεν η επίμονη παρουσία παρασίτων και ασθενειών. Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει την ισορροπία μεταξύ φυτών, παρασίτων και παθογόνων με πολλούς σημαντικούς τρόπους: Οι υψηλότερες θερμοκρασίες επιτρέπουν στα παράσιτα και τα παθογόνα να επεκτείνουν το εύρος τους, εκθέτοντας φυτά που δεν είχαν επηρεαστεί προηγουμένως σε νέες απειλές. Οι περιβαλλοντικές αλλαγές αποδυναμώνουν το ανοσοποιητικό σύστημα των φυτών, καθιστώντας τα πιο ευαίσθητα τόσο σε υπάρχοντα όσο και σε νέα παθογόνα. Οι θερμότερες θερμοκρασίες και οι πιο ήπιοι χειμώνες ενισχύουν τους πληθυσμούς των παρασίτων επιταχύνοντας την ανάπτυξή τους και αυξάνοντας τα ποσοστά επιβίωσης. Μερικά παράσιτα μπορούν να προσαρμοστούν καλύτερα στα μεταβαλλόμενα κλίματα από τους ξενιστές των φυτών τους, δίνοντάς τους ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Τα παράσιτα και οι ασθένειες εξακολουθούν να αποτελούν την κύρια αιτία των γεωργικών απωλειών, με δυνατότητα μείωσης των αποδόσεων έως

και 40%, σύμφωνα με εκτιμήσεις του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO). Οι παραδοσιακές μέθοδοι ελέγχου παρασίτων και ασθενειών, που συχνά βασίζονται σε φυτοφάρμακα ευρέος φάσματος, γίνονται λιγότερο αποτελεσματικές λόγω της εμφάνισης ανθεκτικών στελεχών. Επιπλέον, η υπερβολική χρήση φυτοφαρμάκων μπορεί να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας να αναπτυχθούν νέες, στοχευμένες στρατηγικές για την ανίχνευση και τον μετριασμό των παρασίτων και ασθενειών των φυτών, ώστε να διασφαλιστεί η βιώσιμη και ασφαλής παραγωγή τροφίμων.



*Εικόνα 1: Η επίδραση των αλλαγών θερμοκρασίας στα παράσιτα*

## 1.2 Η Λύση

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και το Internet of Things (IoT) προσφέρουν μια πολλά υποσχόμενη λύση σε αυτές τις προκλήσεις. Η τεχνητή νοημοσύνη, με την ικανότητά της να μαθαίνει από εκτεταμένα σύνολα δεδομένων και να εντοπίζει πολύπλοκα μοτίβα, έχει τη δυνατότητα να αυτοματοποιεί την ανίχνευση ασθενειών και παρασίτων με υψηλή ακρίβεια. Το IoT, ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων συσκευών που συλλέγει και μεταδίδει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών και της υγείας των καλλιεργειών. Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και του IoT σε συστήματα έξυπνης γεωργίας δημιουργεί ένα ισχυρό πλαίσιο για την προληπτική διαχείριση ασθενειών και παρασίτων. Αυτό το έγγραφο θα διερευνήσει την εφαρμογή των τεχνολογιών AI και IoT στην ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων με στόχο μελλοντικά να καταστεί δυνατή, η πρόληψη, η ανίχνευση και η αντιμετώπιση ασθενειών και παρασίτων παγκοσμίως.

## 1.3 Χρήσιμοι Ορισμοί

- Τα συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα ή CNNs έχουν σχεδιαστεί για την αναγνώριση και ταξινόμηση εικόνων. Η βασική ιδιότητά τους είναι ότι μπορούν να εντοπίζουν χαρακτηριστικά εικόνων όπως φωτεινά ή σκοτεινά σημεία (ή συγκεκριμένο χρώμα), τις ακμές σε διάφορους προσανατολισμούς, πρότυπα κ.α.
- Τα δέντρα απόφασης ή Decision Trees (DTs) είναι ένας τύπος αλγορίθμου μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιείται για την κατηγοριοποίηση και την παλινδρόμηση.

- Η βαθιά μάθηση ή Deep Learning, είναι το υποσύνολο των μεθόδων μηχανικής μάθησης που βασίζονται σε νευρωνικά δίκτυα με εκμάθηση αναπαράστασης.
- Η αρχιτεκτονική υπολογιστών άκρων ή Edge Computing, χρησιμοποιεί τις συσκευές στην περιφέρεια ή στην «άκρη» του δικτύου για την αποθήκευση και την επεξεργασία δεδομένων. Στοχεύει στη βελτίωση της αποθήκευσης δεδομένων και μειώνει ο καθυστέρηση πρόσβασης στα δεδομένα.
- Η μεταφορά δεδομένων ή transfer learning, είναι μια τεχνική στην μηχανική μάθηση όπου ένα μοντέλο που έχει εκπαιδευτεί για μια συγκεκριμένη εργασία επαναχρησιμοποιείται ως το σημείο εκκίνησης για ένα μοντέλο σε μια δεύτερη, διαφορετική αλλά συναφή εργασία.

## **2. Επισκόπηση υφιστάμενων ερευνών**

### **2.1 An Effective Deep Neural Network in Edge Computing Enabled Internet of Things for Plant Diseases Monitoring**

Ο κύριος στόχος του άρθρου είναι να αναπτύξει ένα σύστημα που μπορεί να εντοπίζει αυτόματα ασθένειες ορχιδέας χρησιμοποιώντας βαθιά μάθηση σε ένα περιβάλλον Internet of Things (IoT). Οι εικόνες φύλλων ορχιδέας σε πραγματικό χρόνο καταγράφονται χρησιμοποιώντας κάμερες σε ένα πλαίσιο IoT. Η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται με τη χρήση των παρακάτω τεχνολογιών:

Χρησιμοποιήθηκε Edge Computing ώστε τα χαρακτηριστικά χαμηλού επιπέδου (χρώμα, υφή, σχήματα) να εξάγονται από εικόνες. Αυτά τα χαρακτηριστικά χαμηλού επιπέδου συνδυάζονται στη συνέχεια με δίκτυα βαθιάς εκμάθησης για να δημιουργήσουν χαρακτηριστικά υψηλού επιπέδου. Καθώς και Cloud Computing (Deep Learning Network) και για την ακρίβεια ένα Συνελικτικό Νευρωνικό Δίκτυο (CNN) χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή χαρακτηριστικών υψηλού επιπέδου από εικόνες. Τα χαρακτηριστικά παγκόσμιας και τοπικής εικόνας ενσωματώνονται για την αναγνώριση της νόσου και διακρίνονται σε δυο δίκτυα εκμάθησης: Το δίκτυο εκμάθησης χαρακτηριστικών εστιάζει στα χαρακτηριστικά της νόσου και το δίκτυο εκμάθησης τύπων ταξινομεί συγκεκριμένους τύπους ασθενειών.

### **2.2 Disease and pest infection detection in coconut tree through deep learning techniques**

Αυτή η έρευνα διερευνά τη χρήση της βαθιάς μάθησης για τον εντοπισμό ασθενειών και προσβολών από παράσιτα σε δέντρα καρύδας. Προτείνει ένα αυτοματοποιημένο σύστημα για την ανίχνευση ασθενειών καρύδας χρησιμοποιώντας τεχνικές επεξεργασίας εικόνας και βαθιάς μάθησης. Κατά την διεξαγωγή της εν λόγω έρευνας, συλλέχθηκαν εικόνες υγιών και άρρωστων δέντρων καρύδας από αγροκτήματα στην Ινδία. Το σύνολο δεδομένων περιλαμβάνει εικόνες με αιμορραγία στελέχους, προσβολή των φύλλων και προσβολή από Red Palm Weevil (RPW). Οι εικόνες υπέστησαν προεπεξεργασία όπως αλλαγή μεγέθους και κανονικοποίηση. Στη συνέχεια αξιολογήθηκαν τρεις αλγόριθμοι τμηματοποίησης (Thresholding, Watershed, K-means clustering) για τον εντοπισμό μολυσμένων περιοχών. Διαπιστώθηκε ότι η συσταδοποίηση K-means είχε την καλύτερη απόδοση. Έπειτα αναπτύχθηκε ένα προσαρμοσμένο δισδιάστατο συνελικτικό νευρωνικό δίκτυο (CNN) για ταξινόμηση ασθενειών το οποίο διερεύνησε την αποτελεσματικότητα των προεκπαιδευμένων μοντέλων βαθιάς μάθησης (VGG16, VGG19, InceptionV3, κ.λπ.) χρησιμοποιώντας τη μεταφορά μάθησης. Κατασκευάστηκε επίσης μια διαδικτυακή εφαρμογή χρησιμοποιώντας το Flask για να επιτρέπει στους χρήστες να ανεβάζουν εικόνες για ανίχνευση ασθενειών σε πραγματικό χρόνο. Το

κύριο συμπέρασμα που αντλήθηκε από την εν λόγω έρευνα ήταν πως το προσαρμοσμένο CNN με τμηματοποίηση K-means πέτυχε την υψηλότερη ακρίβεια.

### ***2.3 AI-Enabled Crop Management Framework for Pest Detection Using Visual Sensor Data***

Ο κύριος στόχος της έρευνας είναι η ανάπτυξη ενός μοντέλου για την ανίχνευση παρασίτων χρησιμοποιώντας τεχνολογία Deep Learning και UAV. Ένα προσαρμοσμένο μοντέλο βαθιάς εκμάθησης που ονομάζεται YOLOv5s, χρησιμοποιείται για ταξινόμηση παρασίτων χρησιμοποιώντας οπτικά δεδομένα που καταγράφονται από UAV. Το μοντέλο είναι προσαρμοσμένο για εργασίες ανίχνευσης γεωργικών παρασίτων και ενσωματώνει ενότητες Μερικού Δικτύου Cross-Stage (CSP) για βελτιωμένη αναγνώριση παρασίτων. Το πλαίσιο επιτρέπει την ανίχνευση παρασίτων σε πραγματικό χρόνο, εκτεταμένη κάλυψη πεδίου και μειώνει την εξάρτηση από μεθόδους χειροκίνητου εντοπισμού. Αρχικά, δημιουργείται ένα σύνολο δεδομένων που περιέχει εικόνες με πέντε παράσιτα στόχους (μυρμήγκια, ακρίδες, φοίνικες, ζούφια, σφήκες) και διεξάγεται σχολαστικός σχολιασμός για τη θέση και τον τύπο των παρασίτων σε κάθε εικόνα. Η αρχιτεκτονική YOLOv5s έχει τροποποιηθεί για βελτιστοποιημένη ανίχνευση παρασίτων και στη συνέχεια το τροποποιημένο μοντέλο εκπαιδεύεται στο προετοιμασμένο σύνολο δεδομένων εικόνων παρασίτων. Αποτέλεσμα της εν λόγω έρευνας είναι πως το προσαρμοσμένο μοντέλο YOLOv5s επιτυγχάνει υψηλή ακρίβεια με μέση ακρίβεια 96,0%, ανάκληση 93,0% και mAP(mean average precision) 95,0%. Επισημαίνεται βέβαια, πως παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες, η ποιότητα της εικόνας και οι διακυμάνσεις της εμφάνισης των παρασίτων ενδέχεται να επηρεάσουν την ακρίβεια του μοντέλου. Επιπλέον, η εκπαίδευση μοντέλων Deep Learning απαιτεί μεγάλες ποσότητες δεδομένων και οι υπολογιστικοί πόροι που απαιτούνται για την εκπαίδευση και τη λειτουργία του μοντέλου μπορεί να είναι περιοριστικοί παράγοντες για ορισμένες φάρμες.

### ***2.4 Advancements in Plant Pest Detection: Leveraging Convolutional Neural Networks for Smart Agriculture***

Η έρευνα αφορά στην ανάπτυξη ενός πλαισίου που βασίζεται στο Συνελκτικό Νευρωνικό Δίκτυο (CNN) για την ανίχνευση παρασίτων σε φύλλα τομάτας, καθώς οι παραδοσιακές μέθοδοι είναι χρονοβόρες. Χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο MobileNetV2, μια προεκπαιδευμένη αρχιτεκτονική CNN γνωστή για την αποτελεσματικότητά της. Αξιοποιήθηκε το σύνολο δεδομένων Plant Village, το οποίο περιέχει εικόνες υγιών και προσβεβλημένων από παράσιτα φύλλων τομάτας. Το προεκπαιδευμένο μοντέλο MobileNetV2 έχει ρυθμίζεται με ακρίβεια χρησιμοποιώντας το σύνολο δεδομένων φύλλων ντομάτας για ανίχνευση παρασίτων. Η έρευνα είχα θετικά αποτελέσματα καθώς το προτεινόμενο μοντέλο πέτυχε εντυπωσιακή ακρίβεια 93,99% στην ανίχνευση παρασίτων, ξεπερνώντας τις παραδοσιακές μεθόδους και ορισμένα άλλα προεκπαιδευμένα μοντέλα CNN (όπως το GoogleNet και το VGG16) όσον αφορά την ταχύτητα επεξεργασίας.

### ***2.5 Enhancing Pest Detection: Assessing Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae) Damage Intensity in Field Images through Advanced Machine Learning***

Κύριος στόχος της έρευνας είναι η ανάπτυξη μιας νέας μεθόδου για τον εντοπισμό της ασθένειας “Tuta absoluta”, στα φύλλα τομάτας χρησιμοποιώντας μηχανική μάθηση. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν έναν αλγόριθμο Decision Trees (DTs) για να ταξινομήσουν pixel σε εικόνες φύλλων ντομάτας, εντοπίζοντας περιοχές με και χωρίς βλάβες που δημιουργήθηκαν από το παράσιτο. Η συγκεκριμένη έρευνα υποστηρίζει πως τα DTs μπορούν να χειριστούν πολύπλοκα και αδιάκριτα σχήματα όπως στοές σε φύλλα, δυνητικά ξεπερνώντας τους περιορισμούς των Συνελκτικών Νευρωνικών Δικτύων (CNN) σε τέτοιες περιπτώσεις. Η επιλεγμένη μέθοδος εξαλείφει την ανάγκη

για μη αυτόματη αφαίρεση φόντου, απλοποιώντας τη διαδικασία. Όσον αφορά την μεθοδολογία της έρευνας, αρχικά συλλέχθηκαν εικόνες από φύλλα ντομάτας με και χωρίς ζημιά Tuta absoluta από ένα χωράφι. Οι εικόνες ηρθαν σε μια μορφή όπου κάθε pixel αντιπροσωπεύεται από μια αριθμητική τιμή. Οι τιμές για τις υγιείς περιοχές φύλλων, στοές, το έδαφος, τα ζιζάνια και τους μίσχους εκχωρήθηκαν με βάση την ένταση του χρώματός τους. Έπειτα, ο αλγόριθμος DTs εκπαιδεύτηκε χρησιμοποιώντας τις τιμές των εικονοστοιχείων από τις εικόνες για να διαφοροποιήσει τα υγιή φύλλα και τις στοές με βάση την ένταση του χρώματος και τις χωρικές σχέσεις. Το μοντέλο μπόρεσε να υπολογίσει το ποσοστό της φυλλικής επιφάνειας που επηρεάστηκε από το παράσιτο υπολογίζοντας την αναλογία των εικονοστοιχείων που αντιπροσωπεύουν στοές προς τα υγιή εικονοστοιχεία φύλλων. Τέλος, το μοντέλο μπόρεσε να προσδιορίσει την ένταση βλάβης Tuta absoluta (ποσοστό της επιφάνειας των φύλλων που επηρεάστηκε) σε δοκιμαστικές εικόνες πετυχαίνοντας υψηλή ακρίβεια.

## **2.6 AI-powered banana diseases and pest detection**

Η μελέτη είχε ως στόχο την ανάπτυξη ενός συστήματος AI χρησιμοποιώντας βαθιά συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (DCNN) για τον εντοπισμό ασθενειών και παρασίτων σε φυτά μπανάνας. Αυτό το σύστημα στοχεύει να στηρίξει τους παραγωγούς μπανάνας, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η μελέτη χρησιμοποίησε βαθιά συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (DCNN) για ανάλυση εικόνας και μια προσέγγιση εκμάθησης μεταφοράς για την επανεκπαίδευση υπαρχουσών αρχιτεκτονικών CNN για την ανίχνευση ασθενειών της μπανάνας και παρασίτων. Ο τρόπος απόκτησης των δεδομένων της εν λόγω έρευνας είναι ο εξής: Μεγάλα σύνολα δεδομένων εικόνων φυτών μπανάνας που είχαν ελεγχθεί εκ των προτέρων με συμπτώματα ασθένειας και παρασίτων συλλέχθηκαν από διάφορες τοποθεσίες στην Αφρική και τη Νότια Ινδία. Οι εικόνες πιθανότατα απαθανάτισαν διάφορα μέρη του φυτού (φύλλα, μίσχοι, καρποί) για να εκπαιδεύσουν μοντέλα για συγκεκριμένες περιοχές. Στη συνέχεια δοκιμάστηκαν τρεις διαφορετικές αρχιτεκτονικές DCNN και από αυτά, αναπτύχθηκαν έξι διαφορετικά μοντέλα που επικεντρώνονται σε 18 κατηγορίες ασθενειών και παρασίτων. Η μελέτη πέτυχε υψηλή ακρίβεια (μεταξύ 70% και 99%) στην ανίχνευση διαφόρων ασθενειών και παρασίτων χρησιμοποιώντας διαφορετικά μοντέλα DCNN, υποδεικνύοντας τις δυνατότητες του συστήματος AI ως πολύτιμο εργαλείο για την έγκαιρη ανίχνευση αυτών των απειλών.

## **3. Μεθοδολογία**

Αυτή η ανασκόπηση εξέτασε διάφορες ερευνητικές προσπάθειες που διερευνούν τις δυνατότητες της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) για την ανίχνευση ασθενειών και παρασίτων στον γεωργικό τομέα. Σε αυτό το πλαίσιο, θέτουμε μια πρωτοποριακή μεθοδολογία που ενσωματώνει αυτές τις προσεγγίσεις για να δώσει μια πιο ολοκληρωμένη και αποτελεσματική λύση. Ακολουθούν αναλυτικά τα βήματα που προτείνουμε και οι τεχνολογίες που επιλέχθηκαν με σκοπό την υλοποίηση των βημάτων αυτών:

- Συλλογή δεδομένων: Αναπτύσσουμε στρατηγικά ένα δίκτυο αισθητήρων IoT σε όλο το πεδίο καλλιέργειας για τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, με παραμέτρους όπως η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους. Επιπλέον, χρησιμοποιούμε μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) εξοπλισμένα με κάμερες υψηλής ανάλυσης για τη λήψη εικόνων σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- Προεπεξεργασία δεδομένων: Για να προετοιμάσουμε δεδομένα και εικόνες αισθητήρων για ανάλυση, εκτελούμε βήματα προεπεξεργασίας όπως αλλαγή μεγέθους, κανονικοποίηση και τμηματοποίηση εικόνας. Επιπλέον, χρησιμοποιούμε έναν αλγόριθμο τμηματοποίησης K-means, για τον εντοπισμό μολυσμένων περιοχών. Η χρήση clustering, επιταχύνει την διαδικασία προετοιμασίας των δεδομένων.
- Επεξεργασία δεδομένων: Χρησιμοποιούμε την τεχνολογία Edge Computing για γρήγορη πρόσβαση στα datasets και ελαχιστοποίηση των χρόνων αναμονής. Κατα την διαδικασία

εκπαίδευσης των μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης που θα χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση, χρησιμοποιούνται Deep Learning αλλά και Transfer Learning, το οποίο απλοποιεί την διαδικασία εκπαίδευσης και μειώνει σημαντικά την διάρκεια.

- **Ανάλυση Δεδομένων:** Αξιοποιούμε τα Συνελκτικά Νευρωνικά Δίκτυα (CNN) για εργασίες γενικής αναγνώρισης ασθενειών και παρασίτων. Επιπλέον, χρησιμοποιούμε Δέντρα Αποφάσεων (DTs) για τον εντοπισμό πολύπλοκων μοτίβων. Τέλος, ενσωματώνουμε τα εκπαιδευμένα μοντέλα στο cloud για να επιτευχθεί ανάλυση σε πραγματικό χρόνο.
- **Υποστήριξη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο:** Η συνεχής συλλογή και ανάλυση δεδομένων επιτρέπει την παρακολούθηση της υγείας των καλλιεργειών σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας τον έγκαιρο εντοπισμό πιθανών ζητημάτων. Με βάση την ανάλυση δεδομένων και εικόνων με τα οποία τροφοδοτείται, το μοντέλο δημιουργεί επιτόπου ειδοποιήσεις και συστάσεις για στοχευμένες παρεμβάσεις. Αυτές οι πληροφορίες μεταδίδονται στη συνέχεια σε αγρότες ή αυτοματοποιημένο γεωργικό εξοπλισμό για άμεση δράση.
- **Δημιουργία detection app:** Ανάπτυξη διαδικτυακής εφαρμογής που θα επιτρέπει στους γεωργούς να ανεβάζουν εικόνες για ανίχνευση ασθενειών σε πραγματικό χρόνο.

#### **4. Αποτελέσματα**

Η προσέγγισή μας, αναλύει τις δυνατότητες του AI και του IoT, όταν συνδυάζονται στρατηγικά, να φέρουν επανάσταση στον εντοπισμό ασθενειών και παρασίτων. Αξιοποιώντας τη βαθιά μάθηση (Deep Learning), και τους εναλλακτικούς αλγόριθμους μηχανικής μάθησης CNN (Convolutional Neural Networks ) και DTs (Decision Trees), μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα ολοκληρωμένο και αποτελεσματικό σύστημα για παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και προληπτική διαχείριση της υγείας των καλλιεργειών. Εκτενέστερα, η προσέγγισή μας διασφαλίζει:

- **Ακρίβεια και αποτελεσματικότητα:** Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης εξασφαλίζουν την ακριβή και αποτελεσματική αναγνώριση ασθενειών και παρασίτων, μειώνοντας σημαντικά τα περιθώρια λάθους της χειροκίνητης επιθεώρησης.
- **Στοχευμένες παρεμβάσεις:** Οι ειδοποιήσεις και οι συστάσεις σε πραγματικό χρόνο καθοδηγούν στοχευμένες παρεμβάσεις, ελαχιστοποιώντας τη χρήση φυτοφαρμάκων και βελτιστοποιώντας την κατανομή των πόρων.
- **Βελτίωση της έγκαιρης ανίχνευσης:** Η τεχνητή νοημοσύνη έχει τη δυνατότητα να αναλύει εικόνες πολύ πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ακρίβεια από την παραδοσιακή οπτική επιθεώρηση από εκπαιδευμένο προσωπικό, επιτρέποντας στους αγρότες να εντοπίζουν προβλήματα προτού προκαλέσουν σημαντική ζημιά.
- **Αύξηση της προσβασιμότητας:** Τα εργαλεία που τροφοδοτούνται με τεχνητή νοημοσύνη θα μπορούσαν να αναπτυχθούν μέσω εφαρμογών για κινητά, καθιστώντας την αναγνώριση ασθενειών και παρασίτων προσβάσιμη σε οποιονδήποτε διαθέτει smartphone, ειδικά για αγρότες μικρής κλίμακας σε απομακρυσμένες περιοχές.
- **Επεκτασιμότητα:** Η ενσωμάτωση στο cloud επιτρέπει την επεκτασιμότητα για τη διαχείριση γεωργικών εργασιών μεγάλης κλίμακας.



## 5. Σύγκριση με υφιστάμενες έρευνες

Σε σύγκριση με τις μελέτες που εξετάσαμε, η έρευνά μας ξεχωρίζει σε πολλές βασικές μεθοδολογικές πτυχές. Ενώ οι περισσότερες μελέτες χρησιμοποιούν κυρίως κάμερες ή UAV για τη συλλογή δεδομένων, προτείνουμε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που συνδυάζει δεδομένα αισθητήρων και εικόνες UAV. Αυτή η συνδυασμένη στρατηγική παρέχει μια πληρέστερη κατανόηση της υγείας των φυτών, καθώς λαμβάνει υπόψη τόσο οπτικές ενδείξεις όσο και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Επιπλέον, ενώ ορισμένες μελέτες χρησιμοποιούν Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα (CNN) για την ανίχνευση ασθενειών και παρασίτων, προτείνουμε μια πιο προσαρμόσιμη προσέγγιση. Υποστηρίζουμε τη χρήση είτε των CNN είτε των Δέντρων Αποφάσεων (DTs) με βάση τη συγκεκριμένη εργασία. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει την επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης για διαφορετικές προκλήσεις ανίχνευσης ασθενειών και παρασίτων.

Τέλος, η ανάλυση σε πραγματικό χρόνο μέσω της ενσωμάτωσης στο cloud είναι ένα βασικό πλεονέκτημα της έρευνάς μας, που ευθυγραμμίζεται με την εστίαση στην έγκαιρη λήψη αποφάσεων και την προστασία των σοδειών. Αυτή η ανάλυση σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει την άμεση ανταπόκριση και στοχευμένες παρεμβάσεις, βελτιώνοντας τελικά την υγεία και την απόδοση των καλλιεργειών. Ακολουθεί μια ανάλυση των βασικών μετρήσεων για σύγκριση και στη συνέχεια ο πίνακας σύγκρισης των υφιστάμενων ερευνών μεταξύ τους αλλά και με τη δική μας έρευνα:

Μετρικές	Περιγραφή
Είδος Καλλιέργειας	Τα είδη καλλιέργειας που επικεντρώνεται η έρευνα (π.χ. ορχιδέες, ντομάτες).
Συλλογή Δεδομένων	Πώς συλλέγονται τα δεδομένα εικόνας για την εκπαίδευση και τη δοκιμή των μοντέλων (π.χ. εικόνες πεδίου, υπάρχοντα σύνολα δεδομένων).
Επεξεργασία Δεδομένων	Τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία των δεδομένων εικόνας για ανάλυση (π.χ. εξαγωγή χαρακτηριστικών, ενίσχυση).
Μοντέλο AI	Ο τύπος του μοντέλου μηχανικής μάθησης ή βαθιάς μάθησης που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση παρασίτων/ασθενειών (π.χ. CNN, δέντρα αποφάσεων).
Αξιολόγηση	Μετρικές που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της απόδοσης του μοντέλου (π.χ. ακρίβεια, precision, recall, mAP).

Πίνακας 1: Ανάλυση Μετρικών

Έρευνα	Είδος Καλλιέργειας	Συλλογή Δεδομένων	Επεξεργασία Δεδομένων	Μοντέλο AI	Αξιολόγηση
Yao-Hong Tsai (2024)	Ορχιδέες	Εικόνες από IoT κάμερες	Edge computing, deep learning (CNN), attribute learning	Convolutional Neural Network (CNN)	Accuracy, mAP

Piyush (2021)	Καρύδες	Hand-collected images	Segmentation (K-means), transfer learning	Custom-designed 2D-CNN, pre-trained models	Accuracy, Cohen's Kappa
Asma Khan (2024)	Διάφορες Καλλιέργειες	Εικόνες από UAVs	Δεν προσδιορίζεται πως έγινε η εκπαίδευση του μοντέλου	Modified YOLOv5s	Precision, Recall, mAP
Gopalakrishnan Nagaraj (2024)	Ντομάτες	Plant Village Dataset	Transfer learning, data augmentation	MobileNetV2 (pre-trained CNN)	Accuracy
Hilal Erdoğan (2024)	Ντομάτες	Εικόνες από χωράφια (camera)	Μετατροπή σε pixel values	Decision Trees (DTs)	Accuracy, Precision, Damage intensity estimation
Selvaraj et al. (2019)	Μπανάνες	Εικόνες από Ανατολική Αφρική & Ινδία(camera)	Annotation, augmentation, transfer learning	Deep Convolutional Neural Networks (DCNNs)	Accuracy >90%, mAP
Η δική μας έρευνα (Our Research)	-	IoT αισθητήρες & UAVs	Edge και cloud computing, Segmentation (K-means), transfer learning	Deep learning (CNN), Decision Trees, pre-trained models	-

**Πίνακας 2:** Σύγκριση Ερευνών

## 6. Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Συμπερασματικά, η έρευνά μας προσφέρει μια νέα και ολοκληρωμένη προσέγγιση για την ανίχνευση ασθενειών και παρασίτων στη γεωργία συνδυάζοντας την απόκτηση δεδομένων με πολλούς αισθητήρες, την ευέλικτη επιλογή μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης, την αποτελεσματική κατανομημένη επεξεργασία και την ανάλυση σε πραγματικό χρόνο. Συνεχίζοντας να εξερευνούμε τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης και του IoT, μπορούμε να συμβάλουμε σε έναν πιο βιώσιμο, αποδοτικό και παραγωγικό γεωργικό τομέα που θα διασφαλίζει την επισιτιστική ασφάλεια για τον αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό.

## 7. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Το μέλλον της ανίχνευσης παρασίτων και ασθενειών των γεωργικών καλλιεργειών φαίνεται πολλά υποσχόμενο, με την έρευνα να δείχνει ότι η τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα σοδειών. Η χρήση μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης σε συνδυασμό με αισθητήρες IoT και μεγάλα δεδομένα μπορεί να επιτρέψει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, την καλύτερη λήψη αποφάσεων και ενδεχομένως ακόμη και τον αυτοματοποιημένο έλεγχο παρασίτων με χρήση ρομποτικής. Η συνεργασία με χρήση τυποποιημένων συνόλων δεδομένων και μετρήσεων αξιολόγησης θα επιταχύνει την πρόοδο, αλλά πρέπει επίσης να εξετάσουμε την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και να διασφαλίσουμε ότι αυτές οι εξελίξεις ωφελούν τους μικροκαλλιεργητές για να επιτύχουν μια πραγματικά βιώσιμη γεωργία.



## 8. Βιβλιογραφία

1. Bütüner, A. K., Şahin, Y. S., Erdinç, A., Erdoğan, H., & Lewis, E. (2024). Enhancing Pest Detection: Assessing *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Damage Intensity in Field Images through Advanced Machine Learning. *Journal of Agricultural Sciences*, 30(1), 99-107. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.1308406>
2. Khan, A., Malebary, S. J., Dang, L. M., Binzagr, F., Song, H. K., & Moon, H. (2024). AI-Enabled Crop Management Framework for Pest Detection Using Visual Sensor Data. *Plants*, 13(5), 653. <https://doi.org/10.3390/plants13050653>
3. Nagaraj, G., Sungeetha, D., Tiwari, M., Ahuja, V., Varma, A. K., & Agarwal, P. (2024). Advancements in Plant Pests Detection: Leveraging Convolutional Neural Networks for Smart Agriculture. *Engineering Proceedings*, 59(1), 201. <https://doi.org/10.3390/engproc2023059201>
4. Selvaraj, M. G., Vergara, A., Ruiz, H., Safari, N., Elayabalan, S., Ocimati, W., & Blomme, G. (2019). AI-powered banana diseases and pest detection. *Plant methods*, 15, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0475-z>
5. Singh, P., Verma, A., & Alex, J. S. R. (2021). Disease and pest infection detection in coconut tree through deep learning techniques. *Computers and electronics in agriculture*, 182, 105986. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.105986>
6. Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, 12(5), 440. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>
7. Subedi, B., Poudel, A., & Aryal, S. (2023). The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100733. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100733>
8. Tsai, Y. H., & Hsu, T. C. (2024). An Effective Deep Neural Network in Edge Computing Enabled Internet of Things for Plant Diseases Monitoring. In *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision* (pp. 695-699). <https://doi.org/10.1109/WACVW60836.2024.00081>