



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μελέτη και σύγκριση μεθόδων μέτρησης ύψους ανάπτυξης  
φυτού»



**Φοιτητής**

ΜΥΡΙΑΝΑ-ΘΑΛΕΙΑ ΠΡΩΤΟΠΟΥΛΟΥ  
514330

**Επιβλέπων**

Δρ. Κυριάκος Τσιακμάκης

**Σεπτέμβριος 2023**

# Μελέτη και σύγκριση μεθόδων μέτρησης ύψους ανάπτυξης φυτού

Κωδικός: 23195

Φοιτητής: Πρωτοπούλου Μυριάννα-Θάλεια

Εισηγητής: Δρ Κυριάκος Τσιακμάκης

Ημερομηνία ανάληψης Π.Ε. 30-03-2023

Ημερομηνία περάτωσης Π.Ε. 06-09-2023

*Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως πτυχιακή εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.*

*Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Πρωτοπούλου Μυριάννα-Θάλεια που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.*

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.



## Περίληψη

Η εργασία αυτή αφορά συστήματα μέτρησης ύψους ανάπτυξης φυτού και στη συνέχεια εξετάζεται το έργο που υλοποιήθηκε για τη μέτρηση του ύψους ενός μικρού φυτού χρησιμοποιώντας μια κάμερα τοποθετημένη κάθετα. Τα δεδομένα μέτρησης μεταδίδονται μέσω του δικτύου σε έναν διακομιστή, όπου αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων και μπορούν να εξεταστούν.

« Study and comparison of methods for measuring plant growth height»

## **Abstract**

This work deals with micro-distance measurement systems and then the project implemented to measure the height of a small plant using a vertically mounted camera is reviewed. The measurement data is transmitted over the network to a server, where it is stored in a database and can be examined.

## **Ευχαριστίες**

Θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τον επιβλέπων κ. Τσιακμάκη για τη συνεχή καθοδήγηση.

# Περιεχόμενα

Περίληψη .....	iv
Abstract.....	v
Ευχαριστίες.....	vi
Περιεχόμενα.....	vii
Κατάλογος Σχημάτων .....	viii
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή.....	9
1.1 Εισαγωγή.....	9
1.2 Δομή της εργασίας .....	12
Κεφάλαιο 2ο: Συστήματα μέτρησης απόστασης .....	13
2.1 Μέτρηση απόστασης με λέιζερ .....	13
2.2 Μέτρηση απόστασης με υπέρηχους .....	15
2.3 Μέτρηση απόστασης με κάμερα .....	18
Κεφάλαιο 3ο: Μέτρηση ύψους φυτού με κάμερα.....	19
Κεφάλαιο 4ο: Τεχνολογίες και προγραμματιστικά περιβάλλοντα που χρησιμοποιήθηκαν .....	23
4.1 Raspberry .....	23
4.2 Camera .....	28
4.3 Python .....	31
4.3.1 OpenCV.....	37
4.4 Mysql .....	41
Κεφάλαιο 5ο: Το σύστημα μέτρησης ύψους με κάμερα.....	43
5.1 Μέθοδος μέτρησης.....	43
5.2 Αποστολή μετρήσεων στο server .....	51
5.2.1 Η βάση στον server .....	54
Κεφάλαιο 6ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης .....	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	58

## Κατάλογος Σχημάτων

Εικόνα 3.1: Raspberry Pi.....	25
Εικόνα 3.1: PHP 7 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Εικόνα 4.1: Εικόνα του φυτού 1 [].....	43
Εικόνα 4.2: Διάγραμμα ροής μέτρησης του ύψους του φυτού .....	44
Εικόνα 4.3: Φυτό 1 σε γκρι απόχρωση.....	45
Εικόνα 4.4: Φυτό 1 σε binary διαμόρφωση με threshold 130 .....	45
Εικόνα 4.5: Φυτό 1 σε binary διαμόρφωση με threshold 230 .....	46
Εικόνα 4.6: Εύρεση άνω-κάτω άκρου και απόστασης του Φυτού 1 .....	48
Εικόνα 4.7: Διάγραμμα ροής για τη ρύθμιση κάμερας και του περιβάλλοντος εργασίας.....	49
Εικόνα 4.8: Διάγραμμα ροής για βαθμονόμηση της κάμερας .....	50
Εικόνα 4.9: Αποστολή μετρήσεων στον server .....	52
Εικόνα 4.10: Λήψη μετρήσεων από τον server .....	53
Εικόνα 4.11: Η δομή του πίνακα sensors .....	55
Εικόνα 4.12: Το περιεχόμενο του πίνακα sensors.....	55

# Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

## 1.1 Εισαγωγή

Ένα σύστημα μέτρησης απόστασης είναι μια συσκευή ή ένα σύνολο συσκευών που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της απόστασης μεταξύ δύο σημείων. Τα συστήματα μέτρησης απόστασης χρησιμοποιούνται σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της τοπογραφίας, της πλοήγησης και της ρομποτικής.

Μια βασική εξέλιξη στη μετρολογία ακριβείας, οι συσκευές μέτρησης μικροαποστάσεων 2D παρέχουν στους ακαδημαϊκούς και τις επιχειρήσεις ένα ζωτικό εργαλείο για την απόκτηση ακρίβειας ναοκλίμακας σε ποικίλες εφαρμογές. Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούν τεχνολογία αιχμής για τον ακριβή υπολογισμό της απόστασης μεταξύ δύο σημείων σε μια επίπεδη επιφάνεια. Η συμβολομετρία λέιζερ ή οι μέθοδοι οπτικού τριγωνισμού βρίσκονται συχνά στην καρδιά των διαστάσεων συστημάτων μέτρησης μικροαποστάσεων. Για πολύ ακριβείς μετρήσεις απόστασης, η συμβολομετρία λέιζερ χωρίζει μια δέσμη λέιζερ και μετρά το μοτίβο παρεμβολής όταν οι ακτίνες επανενώνονται. Με τον οπτικό τριγωνισμό, η απόσταση μεταξύ του αισθητήρα και του σημείου στόχου υπολογίζεται μετρώντας τη γωνία ανάκλασης.

Η προσαρμοστικότητα των μικροσυσκευών μέτρησης απόστασης 2D είναι ένα από τα κύρια πλεονεκτήματά τους. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε βιομηχανίες όπως η μικροηλεκτρονική, η βιοτεχνολογία, η μηχανική ακριβείας και η παραγωγή ημιαγωγών. Αυτά τα συστήματα, για παράδειγμα, είναι απαραίτητα για την παραγωγή ημιαγωγών επειδή εγγυώνται την ακριβή ευθυγράμμιση των μικροσυστατικών σε γκοφρέτες πυριτίου, γεγονός που βελτιώνει την απόδοση του τσιπ και τους ρυθμούς απόδοσης. Είναι ζωτικής σημασίας για τον ποιοτικό έλεγχο στη μικροηλεκτρονική, καθώς ακόμη και το μικρότερο σφάλμα μπορεί να προκαλέσει σφάλματα κατά την κατασκευή μικροσκοπικών εξαρτημάτων και κυκλωμάτων. Επιπλέον, στη βιοτεχνολογία, αυτά τα συστήματα υποστηρίζουν βελτιώσεις στην ιατρική έρευνα και τη διάγνωση βοηθώντας στην ακριβή τοποθέτηση των καναλιών μικρορευστών και στον χειρισμό κυττάρων και νανοσωματιδίων.

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι συστημάτων μέτρησης απόστασης, το καθένα με τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα λέιζερ χρησιμοποιούν μια δέσμη λέιζερ για να μετρήσουν την απόσταση από ένα αντικείμενο. Είναι ακριβείς σε μεγάλες αποστάσεις, αλλά μπορεί να είναι ακριβά σε τιμή. Οι αισθητήρες απόστασης υπερήχων χρησιμοποιούν ηχητικά κύματα για να μετρήσουν την απόσταση από ένα αντικείμενο. Είναι λιγότερο ακριβείς από τους λέιζερ, αλλά είναι λιγότερο ακριβοί και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ευρύτερο φάσμα μετρήσεων. Οι επαγωγικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν ένα μαγνητικό πεδίο για να ανιχνεύσουν την παρουσία ενός αντικειμένου. Δεν είναι

τόσο ακριβή όσο άλλοι τύποι συστημάτων μέτρησης απόστασης, αλλά είναι πολύ φθηνά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα. Οι οπτικοί αισθητήρες απόστασης χρησιμοποιούν φως για να μετρήσουν την απόσταση από ένα αντικείμενο. Μπορούν να είναι ακριβή σε μεγάλες αποστάσεις, αλλά είναι επίσης πιο ακριβιά από άλλους τύπους συστημάτων μέτρησης απόστασης.

Τα συστήματα μέτρησης απόστασης που βασίζονται σε κάμερα έχουν γίνει μια βασική τεχνική πρόοδος με εφαρμογές σε διάφορους τομείς, όπως η ρομποτική, η αυτόνομη οδήγηση, η επαυξημένη πραγματικότητα και ο βιομηχανικός αυτοματισμός. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν εξελιγμένες μεθόδους υπολογιστικής όρασης για τον ακριβή υπολογισμό των διαχωρισμών μεταξύ αντικειμένων στο πραγματικό περιβάλλον. Μία από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές είναι η στερεοφωνική όραση, στην οποία οι εικόνες καταγράφονται από δύο κάμερες από ελαφρώς διαφορετικές γωνίες, προσομοιώνοντας το πώς το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται το βάθος. Αυτά τα συστήματα μπορούν να τριγωνοποιήσουν αποστάσεις και να παρέχουν ακριβείς χάρτες βάθους εξετάζοντας τις διαφορές στα αντίστοιχα σημεία μεταξύ των δύο εικόνων. Με τη χρήση αυτής της μεθόδου μπορούν να γίνουν τρισδιάστατες αναπαραστάσεις του περιβάλλοντος, διευκολύνοντας την ασφαλή και αποτελεσματική πλοήγηση ρομπότ και οχημάτων.

Η απεικόνιση χρόνου πτήσης (ToF) είναι μια κρίσιμη μέθοδος στη μέτρηση απόστασης με βάση την κάμερα. Ο χρόνος που χρειάζεται για να αναπηδήσει το φως από τα αντικείμενα και να επιστρέψει στον αισθητήρα μετράται από κάμερες ToF, οι οποίες εκπέμπουν παλμούς φωτός. Οι κάμερες ToF είναι ιδανικά κατάλληλες για εφαρμογές που απαιτούν γρήγορη και ακριβή αντίληψη βάθους, καθώς αυτά τα δεδομένα υποβάλλονται σε επεξεργασία για τον υπολογισμό ακριβών αποστάσεων. Χρησιμοποιούνται σε αξεσουάρ παιχνιδιών με ανίχνευση κίνησης και ενσωματώνονται όλο και περισσότερο σε smartphone για καλύτερη φωτογραφία και εμπειρίες επαυξημένης πραγματικότητας.

Τα συστήματα μέτρησης απόστασης που βασίζονται σε κάμερα έχουν πλέον πολύ μεγαλύτερες δυνατότητες λόγω της ανάπτυξης αλγορίθμων βαθιάς μάθησης. Ακόμη και σε θορυβώδεις και περίπλοκες ρυθμίσεις, τα συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (CNN) μπορούν να εκπαιδευτούν ώστε να αναγνωρίζουν και να εκτιμούν το βάθος των αντικειμένων στις φωτογραφίες. Μέσω της χρήσης καμερών που μπορούν να παρακολουθούν με ακρίβεια τις κινήσεις και τις χειρονομίες των χεριών σε πραγματικό χρόνο, αυτή η τεχνολογία έχει ανοίξει την πόρτα για πιο σύνθετες εφαρμογές όπως η αναγνώριση χειρονομιών. Η ακρίβεια και η προσαρμοστικότητα των συστημάτων μέτρησης απόστασης με κάμερες αναμένεται να αναπτυχθούν καθώς η τεχνολογία της κάμερας συνεχίζει να προχωρά και η υπολογιστική ισχύς αυξάνεται, δημιουργώντας νέες ευκαιρίες για καινοτομία σε διάφορους κλάδους.

Μια τεχνική τεχνολογίας αιχμής στους τομείς της γεωργίας και της βοτανικής είναι ένα σύστημα μέτρησης που βασίζεται σε κάμερα για την παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών. Αυτή η πρωτοποριακή συσκευή χρησιμοποιεί τεχνολογία απεικόνισης αιχμής για την παρακολούθηση και την ποσοτικοποίηση της ανάπτυξης των φυτών με την πάροδο του χρόνου, προσφέροντας ανεκτίμητες πληροφορίες για τον τρόπο ανάπτυξής τους. Σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον, όπως ένα εργαστήριο ή ένα θερμοκήπιο, όπου οι περιβαλλοντικές συνθήκες μπορούν να ρυθμιστούν με ακρίβεια, το σύστημα αποτελείται συνήθως από κάμερες υψηλής ανάλυσης τοποθετημένες στρατηγικά.

Η μη επεμβατικότητα των συστημάτων μέτρησης που βασίζονται σε κάμερα είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά τους. Οι παραδοσιακές τεχνικές μέτρησης της ανάπτυξης των φυτών συχνά συνεπάγονται άγγιγμα ή βλάβη των φυτών κατά τη συλλογή δεδομένων, γεγονός που μπορεί να βλάψει την ανάπτυξη και τη γενική υγεία τους. Οι λύσεις που βασίζονται σε κάμερα, από την άλλη πλευρά, επιτρέπουν συνεχή, μη καταστροφική παρακολούθηση. Σε τακτά χρονικά διαστήματα, αυτές οι κάμερες τραβούν φωτογραφίες των φυτών, οι οποίες στη συνέχεια επεξεργάζονται από εξειδικευμένο λογισμικό για να δώσουν σχετικές πληροφορίες ανάπτυξης. Προκειμένου να εξεταστούν πολλά στοιχεία της ανάπτυξης των φυτών, όπως το ύψος, η περιοχή των φύλλων, τα σχέδια διακλάδωσης, ακόμη και οι αποκρίσεις σε περιβαλλοντικά στοιχεία όπως το φως και η θερμοκρασία, οι ερευνητές μπορούν στη συνέχεια να αξιολογήσουν τα δεδομένα.

Τα συστήματα μέτρησης με κάμερες επιτρέπουν την αυτοματοποίηση και την επεκτασιμότητα. Οι κάμερες ελαχιστοποιούν σημαντικά την εργασία και τον χρόνο που απαιτείται για τη συλλογή δεδομένων, επειδή μπορεί να λειτουργούν συνεχώς και να καταγράφουν πληροφορίες από πολλές εγκαταστάσεις ταυτόχρονα. Οι μεγάλοι πληθυσμοί φυτών μπορούν εύκολα να παρακολουθούνται και οι μελέτες μπορούν να διεξαχθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια. Επιπλέον, αυτή η τεχνολογία καθιστά δυνατή την απομακρυσμένη παρακολούθηση των φυτών, η οποία είναι χρήσιμη για μακροχρόνιες μελέτες και κοινά ερευνητικά έργα, επειδή επιτρέπει την παρατήρηση σε πραγματικό χρόνο της ανάπτυξης των φυτών από οπουδήποτε στον κόσμο. Στην ουσία, τα εργαλεία μέτρησης που βασίζονται σε κάμερα έχουν αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο οι ερευνητές αναλύουν και κατανοούν την ανάπτυξη των φυτών, ανοίγοντας το δρόμο για την πρόοδο στη βιολογία των φυτών και τη βελτιστοποίηση των καλλιεργειών.

Στην εργασία αυτή γίνεται πρώτα μια αναφορά στα συστήματα μέτρησης αποστάσεων και στη συνέχεια αναλύεται το έργο που υλοποιήθηκε για μέτρηση του ύψους ενός μικρού φυτού με χρήση κάμερας που είναι τοποθετημένη σε κάθετη κατεύθυνση. Τα δεδομένα της μέτρησης αποστέλλονται μέσω δικτύου σε έναν server οποίος τα αποθηκεύει σε μια βάση δεδομένων και μπορούν να προβληθούν.

## **1.2 Δομή της εργασίας**

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται εισαγωγή της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανασκόπηση παρόμοιων συστημάτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται το σύστημα μέτρησης και αποστολής δεδομένων, τα διαγράμματα και η βάση που χρησιμοποιήθηκε.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας

ενώ στο τέλος της εργασίας παρατίθεται το παράρτημα με κώδικες που χρησιμοποιήθηκαν.

## Κεφάλαιο 2ο: Συστήματα μέτρησης απόστασης

### 2.1 Μέτρηση απόστασης με λέιζερ

Η μέτρηση μικροαποστάσεων με λέιζερ έχει γίνει μια απαραίτητη τεχνική σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής, της μετρολογίας και της έρευνας. Τα συστήματα μέτρησης απόστασης που βασίζονται σε λέιζερ προσφέρουν εξαιρετική ακρίβεια και αξιοπιστία, καθιστώντας τα κατάλληλα για εφαρμογές που απαιτούν ακρίβεια κάτω του μικρού. Η μέτρηση απόστασης με λέιζερ βασίζεται στις αρχές της συμβολομετρίας ή του χρόνου πτήσης (TOF). Στην συμβολομετρία, μια δέσμη λέιζερ χωρίζεται σε δύο μέρη, με το ένα μέρος να κατευθύνεται προς την επιφάνεια στόχο και το άλλο προς μια επιφάνεια αναφοράς. Στη συνέχεια οι δοκοί ανασυνδυάζονται και το σχέδιο παρεμβολής τους αναλύεται για να προσδιοριστεί η απόσταση. Στα συστήματα TOF, υπολογίζεται ο χρόνος που χρειάζεται ένας παλμός λέιζερ για να ταξιδέψει στον στόχο και πίσω και η απόσταση υπολογίζεται με βάση την ταχύτητα του φωτός. [1]

Τα συστήματα μέτρησης απόστασης που βασίζονται σε λέιζερ προσφέρουν εξαιρετική ακρίβεια, συχνά φθάνοντας σε επίπεδα κάτω του μμ. Η ακρίβεια αυτών των συστημάτων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το μήκος κύματος του λέιζερ, τη σταθερότητα των οπτικών εξαρτημάτων και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Χρησιμοποιούνται τεχνικές βαθμονόμησης και αντιστάθμισης για περαιτέρω βελτίωση της ακρίβειας.

Η μέτρηση μικροαποστάσεων με λέιζερ βρίσκει εφαρμογές σε βιομηχανίες όπως η κατασκευή ημιαγωγών, η αεροδιαστημική, η αυτοκινητοβιομηχανία και η επιστημονική έρευνα. Στην κατασκευή ημιαγωγών, για παράδειγμα, χρησιμοποιούνται συστήματα που βασίζονται σε λέιζερ για την εξασφάλιση της ακριβούς ευθυγράμμισης των εξαρτημάτων και τη μέτρηση των κρίσιμων διαστάσεων των μικροηλεκτρονικών συσκευών.

Η μέτρηση μικροαποστάσεων με λέιζερ είναι μια θεμελιώδης τεχνολογία με εκτεταμένες εφαρμογές σε διάφορους κλάδους. Η εξαιρετική ακρίβεια και ακρίβειά του το καθιστούν απαραίτητο για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ακρίβειας εξαρτημάτων και δομών μικροκλίμακας. Καθώς η τεχνολογία προχωρά, μπορούμε να περιμένουμε να αναδυθούν ακόμη πιο εξελιγμένα συστήματα μέτρησης απόστασης που βασίζονται σε λέιζερ, πιέζοντας περαιτέρω τα όρια του δυνατού στη μετρολογία μικροαποστάσεων.

Η μέτρηση της απόστασης με λέιζερ γίνεται συνήθως χρησιμοποιώντας μια συσκευή που ονομάζεται αποστασιόμετρο λέιζερ ή μετρητή απόστασης λέιζερ. Αυτές οι συσκευές λειτουργούν με βάση την αρχή της εκπομπής μιας ακτίνας λέιζερ προς έναν στόχο και της μέτρησης του χρόνου που χρειάζεται για να αναπηδήσει η ακτίνα λέιζερ πίσω στη συσκευή. Το λέιζερ εκπέμπει έναν παλμό φωτός λέιζερ προς τον στόχο. Η ακτίνα λέιζερ χτυπά το στόχο και αναπηδά προς το αποστασιόμετρο. Το

αποστασιόμετρο έχει ενσωματωμένο χρονόμετρο που μετρά το χρόνο που χρειάζεται για να ταξιδέψει ο παλμός λέιζερ στον στόχο και να επιστρέψει.

Γνωρίζοντας την ταχύτητα του φωτός, ο μετρητής αποστάσεων υπολογίζει την απόσταση από τον στόχο χρησιμοποιώντας τον τύπο: Απόσταση = (Ταχύτητα φωτός × Χρόνος) / 2. Επειδή ο παλμός λέιζερ πρέπει να ταξιδέψει στο στόχος και πίσω, διαιρείτε τη μέτρηση του χρόνου με το 2. Η υπολογισμένη απόσταση εμφανίζεται στη συνέχεια στην οθόνη του αποστασιομέτρου.

Αυτές οι συσκευές είναι γενικά εύχρηστες, φορητές και παρέχουν γρήγορες και ακριβείς μετρήσεις απόστασης, καθιστώντας τις πολύτιμα εργαλεία σε ένα ευρύ φάσμα πεδίων.

Η χρήση της τεχνολογίας λέιζερ για τη μέτρηση του ύψους των φυτών έχει γίνει ένα κρίσιμο όργανο στις σύγχρονες γεωργικές και περιβαλλοντικές μελέτες. Για τον ακριβή υπολογισμό της κατακόρυφης διάστασης μιας εγκατάστασης, χρησιμοποιείται αποστασιόμετρο λέιζερ ή εξοπλισμός LiDAR (Light Detection and Ranging). Μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται για να αναπηδήσει ο παλμός λέιζερ μετά την πρόσκρουση στο θόλο του φυτού χρησιμοποιώντας ένα από αυτά τα συστήματα, το ύψος μπορεί να προσδιοριστεί με εκπληκτική ακρίβεια. Με αυτήν τη μη επεμβατική τεχνική, δεν χρειάζεται πλέον να αγγίζετε απευθείας το φυτό, ελαχιστοποιώντας τις πιθανές ζημιές και προσφέροντας χρήσιμες πληροφορίες για την αξιολόγηση της ανάπτυξης και της υγείας των φυτών.

Η ταχύτητα και η αποτελεσματικότητα της συλλογής δεδομένων είναι δύο σημαντικά οφέλη από τη χρήση λέιζερ για τη μέτρηση του ύψους των φυτών. Μεγάλες εκτάσεις και πολυάριθμα φυτά μπορούν να ερευνηθούν άμεσα από επιστήμονες και αγρότες, παράγοντας μια πληθώρα πληροφοριών ύψους που μπορούν να καθοδηγήσουν αποφάσεις σχετικά με τη διαχείριση των καλλιεργειών, την άρδευση και τη λίπανση. Επιπλέον, υπάρχουν χρήσεις για μετρήσεις που βασίζονται σε λέιζερ εκτός των επίγειων. Για την παρακολούθηση του ύψους των φυτών σε ολόκληρα χωράφια, δάση ή οικοσυστήματα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με εναέρια drones που περιλαμβάνουν αισθητήρες LiDAR. Αυτό επιτρέπει μια πιο εμπειρισματομένη κατανόηση της δυναμικής της βλάστησης και βοηθά τις προσπάθειες διατήρησης.

Η μέτρηση ύψους φυτών με βάση το λέιζερ χρησιμοποιείται σε πολλά επιστημονικά πεδία, συμπεριλαμβανομένης της δασοκομίας, της οικολογίας και της κλιματικής έρευνας, εκτός από τις εφαρμογές της σε περιβαλλοντικές και γεωργικές μελέτες. Αυτές οι παρατηρήσεις μας βοηθούν να κατανοήσουμε πώς αντιδρούν διάφορα είδη σε μεταβαλλόμενους περιβαλλοντικούς παράγοντες και μπορούν ακόμη και να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση του τρόπου με τον οποίο η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τα πρότυπα ανάπτυξης των φυτών. Συνολικά, η τεχνολογία λέιζερ είναι ένα ζωτικό εργαλείο για ερευνητές, αγρότες και περιβαλλοντολόγους λόγω της ακρίβειας, της αποτελεσματικότητας και της ευελιξίας της, η οποία βελτιώνει την ικανότητά μας να παρακολουθούμε και να διαχειριζόμαστε τα φυτικά οικοσυστήματα με μεγαλύτερη ακρίβεια και κατανόηση.

## 2.2 Μέτρηση απόστασης με υπερήχους

Η μέτρηση απόστασης με υπερήχους είναι μια δημοφιλής και εξαιρετικά αποτελεσματική τεχνική που χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της ρομποτικής και του αυτοματισμού, καθώς και των αυτοκινητοβιομηχανιών και των βιομηχανικών διεργασιών. Τα ηχητικά κύματα χρησιμοποιούνται από αισθητήρες υπερήχων για τη μέτρηση του διαχωρισμού μεταξύ τους και ενός αντικειμένου. Παρόμοια με τον τρόπο που οι νυχτερίδες και τα δελφίνια χρησιμοποιούν την ηχοεντοπισμό για να βρουν το δρόμο τους, αυτή η τεχνολογία βασίζεται στην ίδια ιδέα. Οι αισθητήρες υπερήχων μπορούν να προσδιορίσουν την απόσταση με εξαιρετική ακρίβεια εκπέμποντας ένα ηχητικό κύμα υψηλής συχνότητας και μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται για να αναπηδήσει το κύμα μετά από σύγκρουση με ένα αντικείμενο. [2-3]

Η δυνατότητα μη επαφής των αισθητήρων υπερήχων τους καθιστά ένα από τα κύρια οφέλη για τη μέτρηση της απόστασης. Οι αισθητήρες υπερήχων δεν έρχονται σε φυσική επαφή με το αντικείμενο που παρακολουθούν, σε αντίθεση με τις συμβατικές τεχνικές που κάνουν, όπως οι μηχανικοί διακόπτες ή οι οπτικοί αισθητήρες. Αυτό τα καθιστά ιδανικά για καταστάσεις όπως αποστειρωμένα ή ευαίσθητα περιβάλλοντα όταν η αποφυγή της σωματικής επαφής είναι ζωτικής σημασίας.

Επιπλέον ευέλικτοι στο πεδίο μέτρησής τους είναι οι αισθητήρες υπερήχων. Είναι εξαιρετικά για μια ποικιλία εφαρμογών επειδή μπορούν συνήθως να μετρήσουν αποστάσεις από μερικά χιλιοστά έως αρκετά μέτρα. Οι αισθητήρες υπερήχων μπορούν να παρέχουν αξιόπιστες και ακριβείς μετρήσεις απόστασης, είτε χρειάζεται να ελέγξετε την ποσότητα του υγρού σε μια δεξαμενή, να εντοπίσετε πράγματα με τον τρόπο ενός ρομπότ ή να βοηθήσετε να παρκάρετε ένα αυτοκίνητο.

Οι αισθητήρες υπερήχων λειτουργούν με σχετικά απλό τρόπο. Ένα ηχητικό κύμα υψηλής συχνότητας, συχνά στο εύρος υπερήχων (πέρα από το εύρος της ανθρώπινης ακοής), εκπέμπεται από τον αισθητήρα. Το ηχητικό κύμα επιστρέφει στον δέκτη του αισθητήρα μετά από σύγκρουση με ένα αντικείμενο. Ο αισθητήρας μπορεί να προσδιορίσει την απόσταση χρησιμοποιώντας την ταχύτητα του ήχου στον αέρα για να υπολογίσει το χρόνο που χρειάζεται για να ταξιδέψει το ηχητικό κύμα στο αντικείμενο και πίσω. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένας μικροελεγκτής ή ένα εξειδικευμένο κύκλωμα επεξεργασίας σήματος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό αυτής της απόστασης.

Σε μια ποικιλία εφαρμογών, οι αισθητήρες υπερήχων παρέχουν έναν αξιόπιστο και χωρίς επαφή τρόπο μέτρησης αποστάσεων. Αποτελούν μια προτιμώμενη επιλογή για εφαρμογές που απαιτούν μέτρηση απόστασης λόγω της προσαρμοστικότητας, της ακρίβειας και της απλότητας της ενσωμάτωσής τους σε διαφορετικά συστήματα. Οι αισθητήρες υπερήχων είναι απαραίτητοι για να επιτρέπουν στην

τεχνολογία να αλληλεπιδρά με ακρίβεια και να ανταποκρίνεται στο περιβάλλον της, είτε πρόκειται για ρομπότ, για βιομηχανικούς αυτοματισμούς ή για συνηθισμένα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης.

Τα ηχητικά κύματα χρησιμοποιούνται από αισθητήρες υπερήχων για τη μέτρηση της απόστασης. Χρησιμοποιούνται συχνά στη ρομποτική, τον αυτοματισμό και άλλες εφαρμογές που απαιτούν μέτρηση απόστασης χωρίς επαφή.

Ένας μορφοτροπέας μέσα στον αισθητήρα μπορεί να εκπέμπει και να λαμβάνει υπερηχητικά κύματα.

Ο αισθητήρας εκπέμπει πρώτα ένα ηχητικό κύμα υψηλής συχνότητας, συχνά στην περιοχή υπερήχων (πάνω από το εύρος της ανθρώπινης ακοής, περίπου 20 kHz έως 65 kHz), για να ξεκινήσει η διαδικασία μέτρησης. Είναι σύνηθες να ακούμε ανθρώπους να αναφέρουν αυτό το ηχητικό κύμα ως «ring» ή «παλμός».

Το αντικείμενο-στόχος προσεγγίζεται από το υπερηχητικό κύμα καθώς κινείται στον αέρα αφού απελευθερωθεί. Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα, η οποία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της απόστασης αργότερα, είναι περίπου 343 μέτρα ανά δευτερόλεπτο (σε θερμοκρασία δωματίου).

Το ηχητικό κύμα ανακλάται από την επιφάνεια ενός αντικειμένου όταν ταξιδεύει μέσα από αυτό.

Είναι δυνατό να μετρήσετε με ακρίβεια πόσο χρόνο χρειάζεται για να ταξιδέψει το κύμα από τον αισθητήρα στο αντικείμενο και πίσω. Αυτή η περίοδος είναι γνωστή ως «χρόνος πτήσης».

Το ηχητικό κύμα λαμβάνεται από τον δέκτη του αισθητήρα όταν επιστρέφει.

Ο αισθητήρας διαθέτει χρονοδιακόπτη που παρακολουθεί τις ακριβείς ώρες που μεταδόθηκαν και λήφθηκαν ο παλμός και η ηχώ.

Ο αισθητήρας καθορίζει την απόσταση από το αντικείμενο χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο υπολογισμό χρησιμοποιώντας τον καταγεγραμμένο χρόνο πτήσης:

$$\text{Distance} = (\text{Time of Flight} \times \text{Speed of Sound}) / 2$$

Μόλις υπολογιστεί η απόσταση, συνήθως μετατρέπεται σε μια χρήσιμη μονάδα, όπως εκατοστά ή ίντσες. Για πρόσθετη επεξεργασία ή λήψη αποφάσεων, αυτά τα δεδομένα απόστασης μπορούν να μεταδοθούν σε μικροελεγκτή, υπολογιστή ή άλλο σύστημα ελέγχου. Προκειμένου να προσφέρονται μετρήσεις απόστασης σε πραγματικό χρόνο, μπορούν να ρυθμιστούν αισθητήρες υπερήχων ώστε να λειτουργούν συνεχώς ενώ παράγουν παλμούς σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Άλλες λειτουργίες που προσφέρουν ορισμένοι αισθητήρες περιλαμβάνουν το χειρισμό πολλών ηχών από διάφορα αντικείμενα στην οπτική περιοχή του αισθητήρα και το φιλτράρισμα των ψευδών ηχών.

Αν και υπάρχουν διάφορες εφαρμογές για αισθητήρες υπερήχων, μπορούν να επηρεαστούν από μεταβλητές όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και οι ιδιότητες ανάκλασης της επιφάνειας ενός αντικειμένου.

Θα μπορούσαν να είναι αναξιόπιστα σε καταστάσεις όπου υπάρχουν πολλές ακουστικές παρεμβολές, συγκεκριμένοι τύποι υλικών ή εξαιρετικά μαλακές επιφάνειες.

Οι αισθητήρες υπερήχων μετρούν την απόσταση από ένα αντικείμενο μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται για να φτάσουν τα ηχητικά κύματα σε αυτό και να επιστρέψουν. Είναι προσαρμόσιμα και συχνά χρησιμοποιούνται σε ποικίλα πεδία και εφαρμογές για την ανίχνευση εγγύτητας και την ανίχνευση αντικειμένων.

Στη κηπουρική, τη γεωργία και τη βοτανική μελέτη, η χρήση αισθητήρα υπερήχων για τη μέτρηση του ύψους ενός φυτού είναι μια χρήσιμη μέθοδος. Αυτή η μη επεμβατική τεχνική παρέχει ακριβή και τρέχοντα δεδομένα για την παρακολούθηση της ανάπτυξης και της ευημερίας των φυτών. Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ένας αισθητήρας υπερήχων εκπέμπει πρώτα ένα ηχητικό κύμα υψηλής συχνότητας, το οποίο στη συνέχεια αναπηδά από ένα αντικείμενο και επιστρέφει στον αισθητήρα. Μπορούμε να προσδιορίσουμε την απόσταση από τον αισθητήρα στο αντικείμενο, σε αυτό το παράδειγμα το ύψος του φυτού, προσδιορίζοντας πόσο χρόνο χρειάζεται για να αναπηδήσει το ηχητικό κύμα.

Εγκαταστήστε τον αισθητήρα υπερήχων σε κατάλληλο ύψος πάνω από το έδαφος, φροντίζοντας να είναι κατακόρυφο και στραμμένο προς το φυτό, για να μετρήσετε το ύψος του φυτού. Ένας ηχητικός παλμός εκπέμπεται από τον αισθητήρα και κατεβαίνει μέχρι να χτυπήσει στην κορυφή του φυτού. Ο χρόνος που απαιτείται για το ταξίδι μετ' επιστροφής σημειώνεται όταν αναπηδήσει πίσω στον αισθητήρα. Η απόσταση από τον αισθητήρα μέχρι το υψηλότερο σημείο της εγκατάστασης μπορεί να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας το χρόνο επί δύο και εφαρμόζοντας την ταχύτητα του ήχου. Αυτή η απόσταση αντιστοιχεί στο ύψος του φυτού τη συγκεκριμένη στιγμή.

Προκειμένου να δημιουργηθούν προφίλ ανάπτυξης για συγκεκριμένα φυτά ή ολόκληρες καλλιέργειες, τα δεδομένα που συλλέγονται από τον αισθητήρα υπερήχων μπορούν να καταγραφούν με την πάροδο του χρόνου. Οι καλλιεργητές και οι ερευνητές μπορούν να αποφασίσουν με σύνεση για την άρδευση, τα συμπληρώματα διατροφής και τον έλεγχο των παρασίτων μετρώντας τακτικά το ύψος των φυτών, με αποτέλεσμα την καλύτερη δυνατή υγεία και παραγωγικότητα των φυτών. Επιπλέον, αυτή η τεχνολογία καθιστά δυνατή τη γεωργία ακριβείας και τον αυτοματισμό του θερμοκηπίου, γεγονός που συμβάλλει στην προώθηση βιώσιμων μεθόδων καλλιέργειας.

### 2.3 Μέτρηση απόστασης με κάμερα

Η χρήση καμερών για τη μέτρηση της ανάπτυξης των φυτών έχει γίνει μια εξελιγμένη και μη επεμβατική μέθοδος που έχει πολλά οφέλη τόσο για τη γεωργική όσο και για τη βοτανική έρευνα. Σε αυτή τη νέα μέθοδο, φωτογραφίες φυτών υψηλής ανάλυσης λαμβάνονται περιοδικά κατά τη διάρκεια του κύκλου ανάπτυξής τους χρησιμοποιώντας εργαλεία ψηφιακής απεικόνισης. Χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο λογισμικό, αυτές οι φωτογραφίες μπορούν στη συνέχεια να υποβληθούν σε επεξεργασία για να προκύψουν σημαντικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης, όπως το ύψος του φυτού, η επιφάνεια των φύλλων και η κάλυψη του θόλου. Τα συστήματα που βασίζονται σε κάμερα παρέχουν μια λύση συνεχούς παρακολούθησης που μειώνει την ανθρώπινη παρέμβαση και ενθαρρύνει τη συλλογή ακριβών δεδομένων, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις που περιλαμβάνουν τη φυσική μέτρηση και την ενόχληση των φυτών. [4-5]

Η μη επεμβατικότητα ενός αισθητήρα κάμερας για τη μέτρηση του ύψους των φυτών είναι ένα από τα κύρια πλεονεκτήματά του. Οι αισθητήρες κάμερας μπορούν να συλλέγουν δεδομένα από ασφαλή απόσταση χωρίς να θέσουν σε κίνδυνο το φυτό, σε αντίθεση με τις συμβατικές προσεγγίσεις που μπορεί να χρειαστούν για σωματική επαφή ή βλάβη του φυτού. Αυτό μειώνει την πίεση στο φυτό και εγγυάται ακριβείς και συνεπείς μετρήσεις σε βάθος χρόνου. Ένας μεγάλος αριθμός εφαρμογών στη γεωργία, την οικολογία και τη δασοκομία καθίσταται εφικτός από το γεγονός ότι οι αισθητήρες βίντεο μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορες συνθήκες και να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών τόσο σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα, όπως θερμοκήπια όσο και στην άγρια φύση.

Η συσκευή χρησιμοποιεί στρατηγικές ανάλυσης εικόνας για να μετρήσει με ακρίβεια το ύψος των φυτών με έναν αισθητήρα κάμερας. Για να ανιχνεύσει σημαντικές πτυχές του φυτού, όπως η βάση και η άκρη του στελέχους ή των φύλλων, το λογισμικό αναλύει συχνά τις εικόνες που έχουν καταγραφεί. Το λογισμικό μπορεί να υπολογίσει την απόσταση εικονοστοιχείων μεταξύ αυτών των θέσεων αναφοράς και να υπολογίσει το ύψος σε pixels της εγκατάστασης. Το σύστημα κάμερας πρέπει να γνωρίζει τις πραγματικές διαστάσεις του οπτικού του πεδίου και τις προδιαγραφές της κάμερας, προκειμένου να μεταφράσει αυτή τη μέτρηση pixels σε μια πραγματική μέτρηση, όπως εκατοστά ή ίντσες. Μπορούν να γίνουν ενημερωμένες επιλογές σε ποικίλα γεωργικά και οικολογικά πλαίσια, λόγω της ικανότητας του συστήματος να παρέχει ακριβείς και αξιόπιστες μετρήσεις ύψους φυτών μετά τη βαθμονόμηση αυτών των παραμέτρων.

## Κεφάλαιο 3ο: Μέτρηση ύψους φυτού με κάμερα

Προτιμάται τόσο οι ερευνητές όσο και οι χομπίστες να μετρούν το ύψος ενός φυτού χρησιμοποιώντας μια κάμερα, καθώς έχει διάφορα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές τεχνικές. Καταρχήν, οι κάμερες προσφέρουν μια μη παρεμβατική και καταστροφική μέθοδο μέτρησης. Οι κάμερες επιτρέπουν την αξιολόγηση του ύψους χωρίς να προκαλούν τραυματισμό, σε αντίθεση με τις χειροκίνητες διαδικασίες που μπορεί να περιλαμβάνουν κοπή ή βλάβη του φυτού. Αυτή η μη επεμβατική τεχνική είναι βασική για τη μακροπρόθεσμη υγεία και ευρωστία του φυτού, καθιστώντας το ιδιαίτερα χρήσιμο για έρευνα ή σε βοτανικούς κήπους όπου είναι σημαντικό να διατηρηθούν τα φυτικά δείγματα.

Η μέτρηση ύψους γίνεται πιο ακριβής και ακριβής χάρη στις κάμερες. Οι σύγχρονες κάμερες μπορούν να τραβήξουν λεπτομερείς φωτογραφίες του φυτού από διάφορες γωνίες χάρη στους βελτιωμένους φακούς και το λογισμικό επεξεργασίας εικόνας, το οποίο επιτρέπει ακριβείς υπολογισμούς ύψους. Εκτός από το ότι είναι πιο ακριβείς από τις χειροκίνητες προσεγγίσεις, αυτές οι μετρήσεις είναι επίσης λιγότερο επιρρεπείς σε ανθρώπινο λάθος. Είναι πιο απλό για τους ερευνητές να μελετούν την ανάπτυξη των φυτών διαχρονικά και να εντοπίζουν μικρές αλλαγές όταν μπορούν να βασίζονται σε συνεπή και επαναλαμβανόμενα δεδομένα.

Η χρήση καμερών για μέτρηση ύψους είναι πιο αποτελεσματική και λιγότερο χρονοβόρα από τις παραδοσιακές τεχνικές. Η ρύθμιση μιας κάμερας για τη λήψη εικόνων ενός φυτού απαιτεί μόνο ένα κλάσμα του χρόνου σε σύγκριση με τη φυσική μέτρηση κάθε φυτού ξεχωριστά. Επιπλέον, οι κάμερες μπορούν να παρακολουθούν πολλά φυτά ταυτόχρονα, καθιστώντας το μια επεκτάσιμη και οικονομικά αποδοτική λύση για μελέτες μεγάλης κλίμακας ή προγράμματα αναπαραγωγής φυτών. Αυτή η αποτελεσματικότητα είναι ένα πολύτιμο πλεονέκτημα τόσο για τους ερευνητές όσο και για τους κηπουρούς, επιτρέποντάς τους να αφιερώνουν περισσότερο χρόνο στην ανάλυση δεδομένων και σε άλλες βασικές εργασίες.

Στην εργασία [6] εξετάζεται η χρησιμότητα των διαφόρων τεχνικών απεικόνισης, συμπεριλαμβανομένης της οπτικής οδού, για τη μέτρηση της ανάπτυξης των φυτών για τα σπορόφυτα καλαμποκιού και τα φύλλα του φασολιού. Χρησιμοποιείται μια κάμερα εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας, η οποία επιτρέπει σε κάποιον να μετράει το οπτικό φως στο φως και στο σκοτάδι. Για τα σπορόφυτα καλαμποκιού έχουν χρησιμοποιήσει οπτική οδό για να λάβουν την ταχύτητα τρισεδιάστατης εικόνας ως μέτρο της απόδοσης ανάπτυξης. Προτείνουν δύο νέες μετρήσεις ανάπτυξης για τη μέτρηση της ανάπτυξης, η μία βασίζεται στην επιμήκυνση του στελέχους/φύλλου και η άλλη βασίζεται στην αλλαγή της επιφάνειας του στελέχους/φύλλου. Αυτές οι μετρήσεις εξετάζονται με τη μέτρηση της ανάπτυξης δενδρυλλίων καλαμποκιού κάτω από διάφορους συνδυασμούς θερμοκρασιών ρίζας (θερμή ή ψυχρή)

και υπό διάφορες συνθήκες φωτισμού (από ανοιχτό έως σκοτάδι). Για τα φύλλα φασολιών από καστέλαιο χρησιμοποιούν τον οπτικό αλγόριθμο του Horn και του Schunck για να υπολογίσουν την global συνεπή περιοχή για ένα κινούμενο, αναπτυσσόμενο φύλλο.

Στην εργασία [7] αναφέρεται ότι: το smartphone χρησιμοποιείται ενεργά σε πολλά ερευνητικά πεδία, κυρίως σε ιατρικές και διαγνωστικές εφαρμογές. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες έχουν αναπτυχθεί συστήματα βασισμένα σε smartphone για εφαρμογές γεωργίας, περιβάλλοντος και τροφίμων. Ο σκοπός αυτής της ανασκόπησης είναι να συνοψίσει τις ερευνητικές περιπτώσεις που χρησιμοποιούν κάμερες smartphone στη γεωργία, το περιβάλλον και τα τρόφιμα. Μέθοδοι: Αυτή η ανασκόπηση εισάγει δεκαεπτά ερευνητικές περιπτώσεις που χρησιμοποίησαν κάμερες smartphone σε εφαρμογές γεωργίας, τροφίμων, νερού και εδάφους. Αυτά ταξινομήθηκαν ως συστήματα που περιλαμβάνουν «έξυπνη κάμερα μόνο» και «κάμερα smartphone με οπτικά αξεσουάρ». Αποτελέσματα: Η ανίχνευση παθογόνων που μεταδίδονται από τα τρόφιμα, η ανάλυση της ποιότητας των τροφίμων, η παρακολούθηση της ποιότητας και της ασφάλειας του νερού, η συλλογή πληροφοριών σχετικά με την ανάπτυξη ή τη ζημιά των φυτών, η αναγνώριση ζιζανίων και η μέτρηση της απώλειας εδάφους μετά τη βροχή παρουσιάστηκαν για το σύστημα smartphone-camera-only. Η μέτρηση της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων και του νερού, ο φαινοτυπικός προσδιορισμός των σπόρων και οι ταξινομήσεις εδάφους παρουσιάστηκαν για την κάμερα smartphone με οπτικά αξεσουάρ. Συμπεράσματα: Οι κάμερες smartphone εφαρμόστηκαν σε διάφορες περιοχές για διάφορους σκοπούς. Η χρήση καμερών smartphone έχει πλεονεκτήματα όσον αφορά την απεικόνιση υψηλής ανάλυσης, τον χειροκίνητο ή αυτόματο έλεγχο έκθεσης και εστίασης, την ευκολία χρήσης, τη φορητότητα, την αποθήκευση εικόνας και το πιο σημαντικό, τον προγραμματισμό. Οι μελέτες που συζητήθηκαν επιτεύχθηκαν με βελτιώσεις ευαισθησίας των CCD (συσκευές συζευγμένες με φόρτιση) και CMOS (συμπληρωματικό μεταλλικό οξειδίο-ημιαγωγό) σε κάμερες smartphone και βελτιωμένη υπολογιστική ισχύ του smartphone, αντίστοιχα. Ένα σύστημα που βασίζεται σε κάμερα smartphone μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ευκολία, χαμηλό κόστος, σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και επί τόπου. Αυτό το άρθρο ανασκόπησης παρουσιάζει τις εφαρμογές και τις δυνατότητες του smartphone και της κάμερας smartphone που χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς στη γεωργία, το περιβάλλον και τα τρόφιμα.

Στην εργασία [8] αναφέρεται η επιθυμία για καλύτερη κατανόηση των οικοσυστημάτων και της δυναμικής των διεργασιών στη φύση τονίζει την ανάγκη για παρατήρηση αυτών των διαδικασιών σε υψηλότερες χρονικές και χωρικές αναλύσεις. Σε σχέση με αυτό, η μέτρηση των αλλαγών στην εξωτερική δομή και φυτομορφολογία των φυτών παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Στους τομείς της περιβαλλοντικής έρευνας και της γεωργίας, μια φθηνή και εφαρμόσιμη στο πεδίο τεχνική επιτόπιας απεικόνισης για την εξαγωγή τρισδιάστατων πληροφοριών σχετικά με τα φυτά και τη βλάστηση θα

αντιπροσώπευε σημαντική βελτίωση σε σχέση με τις υπάρχουσες στρατηγικές παρακολούθησης. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για την παρακολούθηση της δυναμικής ανάπτυξης των φυτών, λόγω της συχνά αναφερόμενης έλλειψης μορφολογικών πληροφοριών. Για το σκοπό αυτό, μια καινοτόμος κάμερα φωτός πεδίου χαμηλού κόστους, η Lytro LF (Light-Field), αξιολογήθηκε σε ένα μακροπρόθεσμο πείραμα πεδίου. Το πείραμα έδειξε ότι η κάμερα είναι κατάλληλη για την παρακολούθηση της δυναμικής ανάπτυξης των φυτών και των χαρακτηριστικών των φυτών ενώ είναι ανοσία στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτό αντιπροσωπεύει μια καθοριστική συμβολή για μια ποικιλία εφαρμογών παρακολούθησης και μοντελοποίησης, καθώς και για την επικύρωση δεδομένων τηλεπισκόπησης. Αυτό επιβεβαιώνει και υποστηρίζει έντονα την υπόθεση ότι η κάμερα φωτός πεδίου που παρουσιάζεται σε αυτή τη μελέτη έχει τη δυνατότητα να είναι ένα ελαφρύ και εύχρηστο εργαλείο μέτρησης για επιτόπου περιβαλλοντική παρακολούθηση και σκοπούς τηλεπισκόπησης.

Στην εργασία [9] αναπτύχθηκε ένα σύστημα όρασης υπολογιστή με κάμερα CCD και συσκευή υπέρυθρου φωτισμού για τη διεξαγωγή τρισδιάστατων αναλύσεων ανάπτυξης φυτών χωρίς επαφή. Η συσκευή υπέρυθρου φωτισμού σχεδιάστηκε για να λαμβάνει εικόνες φυτών στο σκοτάδι εκθέτοντας φυτά σε μήκη κύματος 800 nm και άνω. Αναπτύχθηκαν αλγόριθμοι επεξεργασίας για την εξαγωγή περιγραμμάτων φυτών, την ανίχνευση θέσεων κόμβων και την παραγωγή λεπτών γραμμών από εικόνες. Το σύστημα ήταν ικανό να επιλύει διαφορές ενδιάμεσης εικόνας 5% ενός pixel, ή 0,025 mm.

Στο άρθρο [10] ένα σύστημα εκτίμησης της κατανομής περιεκτικότητας σε άζωτο των φυτών ρυζιού στον ορυζώνα συζητείται για μια καλλιέργεια ακριβείας χρησιμοποιώντας τις εγγύς εικόνες τηλεπισκόπησης. Αυτές οι εικόνες λαμβάνονται σε ένα στάδιο σχηματισμού πανικού και σε στάδιο διαίρεσης μείωσης από ένα όριο του ορυζώνα χρησιμοποιώντας ψηφιακή κάμερα RGB. Αυτές οι εικόνες παντοτινής όψης μετατρέπονται σε κάτοψη μιας παράλληλης προβολής για να διευκολύνουν τη χαρτογράφηση. Στις παράλληλες προβαλλόμενες εικόνες, τα επίπεδα φωτεινότητας RGB έχουν σημαντική συσχέτιση με την περιεκτικότητα σε άζωτο ακόμη και σε διαφορετικό χρόνο και διαφορετική κατεύθυνση. Η χρήση δορυφορικών εικόνων είναι ακατάλληλη για τα αντικείμενά μας, λόγω της περιόδου των βροχών, της συνεφιασμένης καλοκαιρινής περιόδου, του μεγάλου διαστήματος της δορυφορικής εικόνας και ούτω καθεξής

Όπως αναφέρεται στην εργασία [11] στη φυτοεπιστήμη, οι θεμελιώδεις πληροφορίες για την έρευνα και τις σχετικές εφαρμογές προέρχονται από τη μέτρηση των χαρακτηριστικών των φυτών. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για εφαρμογές στη μοντελοποίηση ανάπτυξης φυτών και στον έλεγχο του κλίματος σε θερμοκήπια ή εργοστάσια φυτών. Οι τυπικές, άμεσες μέθοδοι μέτρησης είναι γενικά απλές και αξιόπιστες, αλλά είναι χρονοβόρες και επίπονες. Αντίθετα, οι μέθοδοι που βασίζονται στην όραση είναι

μη καταστροφικές και ένας αποτελεσματικός τρόπος για την περιγραφή των εξωτερικών χαρακτηριστικών των φυτών και της ανάπτυξης των φυτών. Σε αυτή τη μελέτη, ένα σύστημα στερεοφωνικής όρασης, χρησιμοποιώντας δύο κάμερες εκτός ραφίου με παράλληλους οπτικούς άξονες, ενσωμάτωσε έναν αλγόριθμο επεξεργασίας εικόνας που αναπτύχθηκε μόνος του για την παρακολούθηση της ανάπτυξης του μαρουλιού της Βοστώνης σε ένα εργοστάσιο φυτών. Το σύστημα τοποθετήθηκε σε συρόμενη ράγα για να επεκτείνει το οπτικό πεδίο των κλινών φύτευσης. Οι εικόνες καταγράφονταν συνεχώς για να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά των φυτών και να κατασκευαστούν πανοραμικές εικόνες. Οι αλγόριθμοι επεξεργασίας εικόνας, που υπολόγιζαν γεωμετρικά χαρακτηριστικά, όπως η προβαλλόμενη επιφάνεια φύλλων, το ύψος του φυτού, ο όγκος και οι διάμετροι αναπτύχθηκαν και ενσωματώθηκαν στο αυτοματοποιημένο σύστημα μέτρησης. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν οι καμπύλες ανάπτυξης των φυτών από υπολογισμούς των δεδομένων χαρακτηριστικών του φυτού. Αυτό το αυτοματοποιημένο σύστημα που βασίζεται στην όραση έδειξε πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα όταν τέθηκε σε εφαρμογή.

## Κεφάλαιο 4ο: Τεχνολογίες και προγραμματιστικά περιβάλλοντα που χρησιμοποιήθηκαν

### 4.1 Raspberry

Από την πρώτη του κυκλοφορία το 2012, το Raspberry Pi έχει αυξηθεί πάρα πολύ σε δημοτικότητα. Είναι ένας υπέροχος υπολογιστής μονής πλακέτας. Αυτό το μικρό αλλά ικανό gadget, που δημιουργήθηκε από το Ίδρυμα Raspberry Pi, είχε σημαντική επιρροή στους τομείς της τεχνολογίας, της εκπαίδευσης και των λάτρεις των DIY. Το Raspberry Pi έχει χρησιμοποιηθεί σε αμέτρητα έργα, αίθουσες διδασκαλίας, ακόμη και βιομηχανικές εφαρμογές χάρη στο μικρό του μέγεθος, το χαμηλό κόστος και την ευελιξία του. [12]

Το Raspberry Pi είναι ένας υπολογιστής system-on-a-chip (SoC) που έχει περίπου το μέγεθος μιας πιστωτικής κάρτας. Γενικά υπάρχουν ακροδέκτες CPU, RAM, θύρες USB, έξοδο HDMI και GPIO (Είσοδος/Έξοδος γενικής χρήσης). Το υλικό του Raspberry Pi είναι βασικό, αλλά αρκετό για μια ποικιλία εφαρμογών, από την επεξεργασία κειμένου και την περιήγηση στον Ιστό μέχρι τη διαχείριση έργων υλικού και τη λειτουργία αποκλειστικών διακομιστών.

Η χαμηλή τιμή του είναι ένα από τα πιο δελεαστικά χαρακτηριστικά του Raspberry Pi. Έχει εκδημοκρατίσει την πρόσβαση στην πληροφορική και την τεχνολογική εκπαίδευση με μοντέλα που ξεκινούν από \$5 έως \$55. Λόγω της προσβασιμότητάς του, έχει γίνει η τέλεια πλατφόρμα για τη διδασκαλία προγραμματισμού, ηλεκτρονικών και επιστήμης υπολογιστών στις τάξεις και μεταξύ των ενθουσιωδών. Το οικοσύστημά του με πρόσθετα και λογισμικό ανοιχτού κώδικα επεκτείνει τις δυνατότητές του ακόμη περισσότερο.

Το λειτουργικό σύστημα Linux, δηλαδή το Raspberry Pi OS (τώρα ονομάζεται Raspbian), είναι το θεμέλιο του οικοσυστήματος λογισμικού για το Raspberry Pi. Το Raspberry Pi μπορεί να προσαρμοστεί από τους χρήστες ώστε να λειτουργεί ως κέντρο πολυμέσων, διακομιστής ιστού, ρετρό κονσόλα παιχνιδιών, ελεγκτής ρομποτικής και πολλά άλλα εγκαθιστώντας ένα ευρύ φάσμα λογισμικού και εφαρμογών. Επειδή το Raspberry Pi Foundation είναι ένας οργανισμός με γνώμονα την κοινότητα, πολλοί διαδικτυακοί πόροι και πρωτοβουλίες έχουν αυξηθεί ως αποτέλεσμα.

Το Raspberry Pi έχει βρει μια θέση στις επιχειρήσεις και στο Internet of Things (IoT) εκτός από την εκπαίδευση και τα προσωπικά έργα. Είναι χρήσιμο για εφαρμογές όπως ο οικιακός αυτοματισμός, τα συστήματα παρακολούθησης και ο βιομηχανικός έλεγχος λόγω του μικροσκοπικού συντελεστή μορφής και της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Τα χαρακτηριστικά του Raspberry Pi έχουν χρησιμοποιηθεί

από επιχειρήσεις και μηχανικούς για την παροχή λύσεων χαμηλού κόστους για μια σειρά από προβλήματα του πραγματικού κόσμου.

Το Raspberry Pi διαθέτει επιλογές δικτύωσης Wi-Fi και Ethernet, καθιστώντας εύκολη τη σύνδεση σε δίκτυα και στο διαδίκτυο. Οι ακίδες και οι συνδέσεις GPIO του επιτρέπουν την εύκολη ενσωμάτωση σε έργα Internet of Things. Το Raspberry Pi μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ο εγκέφαλος ενός έργου από προγραμματιστές για να δημιουργήσουν εύκολα έξυπνα gadget, αισθητήρες και συστήματα οικιακού αυτοματισμού.

Μια ακμάζουσα κοινότητα ενθουσιωδών που μοιράζονται τις ιδέες, τα έργα και τις λύσεις τους έχει επίσης πυροδοτηθεί από το Raspberry Pi. Τόσο οι αρχάριοι όσο και οι ειδικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Raspberry Pi λόγω της ποσότητας των πληροφοριών και των μαθημάτων που είναι διαθέσιμα σε διαδικτυακά φόρουμ, ιστολόγια και κανάλια YouTube που είναι αφιερωμένα σε αυτό. Αυτό το πνεύμα συνεργασίας και κοινότητας ήταν ζωτικής σημασίας για τη συνεχή επιτυχία του Raspberry Pi.

Το Raspberry Pi έχει περάσει από πολλές επαναλήψεις όλα αυτά τα χρόνια, καθεμία με περισσότερες λειτουργίες και δυνατότητες. Η συνάφειά του σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο ψηφιακό περιβάλλον έχει διασφαλιστεί από αυτές τις βελτιώσεις. Το Raspberry Pi έχει εξελιχθεί σε ένα ζωτικό εργαλείο που επιτρέπει σε ανθρώπους και οργανισμούς να αξιοποιήσουν τη δύναμη των υπολογιστών με εφευρετικούς και δημιουργικούς τρόπους, είτε πρόκειται για μάθηση, πειραματισμό ή εφαρμογή πρακτικών λύσεων.

Η επαναστατική πλατφόρμα γνωστή ως Raspberry Pi έφερε επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι προσεγγίζουν την τεχνολογία, την εκπαίδευση και την καινοτομία. Από φοιτητές και ερασιτέχνες έως στελέχη επιχειρήσεων, είναι πλέον διαθέσιμο σε ένα ευρύ κοινό χάρη στο μικρό του μέγεθος, το χαμηλό κόστος και την ευελιξία του. Το Raspberry Pi συνεχίζει να προωθεί την καινοτομία και να προωθεί τις τεχνολογικές εξελίξεις σε διάφορους κλάδους χάρη σε ένα ισχυρό οικοσύστημα λογισμικού και μια φιλόξενη κοινότητα. Είναι προφανές ότι το Raspberry Pi θα συνεχίσει να είναι ένα ουσιαστικό εργαλείο για άτομα που θέλουν να εξερευνήσουν τις ουσιαστικά απεριόριστες δυνατότητες των υπολογιστών, όσο η τεχνολογία προχωρά.

Το Raspberry Pi 4 Model B είναι η πιο πρόσφατη έκδοση του χαμηλού κόστους υπολογιστή Raspberry Pi. Το Pi δεν είναι σαν την τυπική συσκευή σας. Στη φθηνότερη μορφή του, δεν έχει θήκη και είναι απλώς μια ηλεκτρονική πλακέτα μεγέθους πιστωτικής κάρτας -- του τύπου που μπορεί να βρείτε μέσα σε έναν υπολογιστή ή φορητό υπολογιστή, αλλά πολύ μικρότερη.

Κοστίζει μόλις 40€, αν και ίσως θέλετε να επιλέξετε την έκδοση 60€ με τα 4 GB μνήμης RAM για την καλύτερη συνολική απόδοση.

Το Raspberry Pi 4 μπορεί να κάνει ένα εκπληκτικό ποσό. Οι ερασιτέχνες λάτρεις της τεχνολογίας χρησιμοποιούν πίνακες Pi ως κέντρα πολυμέσων, διακομιστές αρχείων, ρετρό κονσόλες παιχνιδιών, δρομολογητές και προγράμματα αποκλεισμού διαφημίσεων σε επίπεδο δικτύου, για αρχή. Ωστόσο, αυτό είναι απλώς μια γεύση του τι είναι δυνατό. Υπάρχουν εκατοντάδες έργα εκεί έξω, όπου οι άνθρωποι έχουν χρησιμοποιήσει το Pi για να κατασκευάσουν tablet, φορητούς υπολογιστές, τηλέφωνα, ρομπότ, έξυπνους καθρέφτες, για να τραβήξουν φωτογραφίες στην άκρη του διαστήματος, για να εκτελέσουν πειράματα στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό -- και αυτό είναι χωρίς αναφορά οι πιο εκκεντρικές δημιουργίες -- φακελάκι τσαγιού dunker κανείς;

Με το Pi 4 να είναι ταχύτερο, ικανό να αποκωδικοποιεί βίντεο 4K, να επωφελείται από ταχύτερη αποθήκευση μέσω USB 3.0 και ταχύτερες συνδέσεις δικτύου μέσω πραγματικού Gigabit Ethernet, η πόρτα είναι ανοιχτή σε πολλές νέες χρήσεις. Είναι επίσης το πρώτο Pi που υποστηρίζει δύο οθόνες σε μία -- έως και διπλές οθόνες 4K@30 -- ένα όφελος για τα δημιουργικά που θέλουν περισσότερο χώρο στην επιφάνεια εργασίας.



Εικόνα 4.1: Raspberry Pi

Ένα πράγμα που πρέπει να θυμάστε είναι ότι στη φθηνότερη μορφή του, το Pi είναι απλώς ένας γυμνός πίνακας. Θα χρειαστείτε επίσης τροφοδοτικό, οθόνη ή τηλεόραση, καλώδια για σύνδεση στην οθόνη - συνήθως ένα καλώδιο micro HDMI -- και ποντίκι και πληκτρολόγιο.

Αφού συνδέσετε όλα τα καλώδια, ο ευκολότερος τρόπος για να ξεκινήσουν οι νέοι χρήστες στο Pi είναι να πραγματοποιήσουν λήψη του προγράμματος εγκατάστασης NOOBS (Νέο Λογισμικό Out-Of-Box). Αφού ολοκληρωθεί η λήψη, ακολουθήστε τις οδηγίες εδώ και θα σας καθοδηγήσει στον τρόπο εγκατάστασης ενός λειτουργικού συστήματος στο Pi. Το πρόγραμμα εγκατάστασης σας επιτρέπει να εγκαταστήσετε διάφορα λειτουργικά συστήματα, αν και μια καλή επιλογή για τους πρώτους χρήστες είναι το επίσημο λειτουργικό σύστημα, το οποίο ονομάζεται Raspbian.

Η εμφάνιση και η αίσθηση του Raspbian θα πρέπει να είναι οικεία σε κάθε πρόσφατο χρήστη επιτραπέζιου υπολογιστή. Το λειτουργικό σύστημα, το οποίο βελτιώνεται συνεχώς, είχε αρκετές γραφικές αναθεωρήσεις, με πιο πρόσφατη τη διεπαφή του μινιμαλιστική εμφάνιση, και περιλαμβάνει ένα βελτιστοποιημένο πρόγραμμα περιήγησης ιστού, μια σουίτα γραφείου, εργαλεία προγραμματισμού, εκπαιδευτικά παιχνίδια και άλλο λογισμικό.

Το τετραπύρηνo Raspberry Pi 4 Model B είναι ταχύτερο και πιο ικανό από τον προκάτοχό του, το Raspberry Pi 3 Model B+. Για όσους ενδιαφέρονται για σημεία αναφοράς, η CPU του Pi 4 - ο κύριος επεξεργαστής της πλακέτας - προσφέρει δύο έως τρεις φορές την απόδοση του επεξεργαστή του Pi 3 σε ορισμένα σημεία αναφοράς.

Σε αντίθεση με τον προκάτοχό του, η νέα πλακέτα είναι σε θέση να αναπαράγει βίντεο 4K στα 60 καρέ ανά δευτερόλεπτο, ενισχύοντας τα διαπιστευτήρια του κέντρου πολυμέσων του Pi. Αυτό δεν σημαίνει, ωστόσο, ότι όλα τα βίντεο θα αναπαράγονται ομαλά και η υποστήριξη αυτής της επιτάχυνσης υλικού για βίντεο με κωδικοποίηση H.265 είναι επί του παρόντος μια εργασία σε εξέλιξη στα διάφορα λειτουργικά συστήματα του Pi, επομένως αυτό είναι περισσότερο μια πιθανή μελλοντική λειτουργία παρά κάτι διαθέσιμο σήμερα.

Το Pi 4 υποστηρίζει επίσης ασύρματο internet από το κουτί, με ενσωματωμένο Wi-Fi και Bluetooth.

Η πιο πρόσφατη πλακέτα μπορεί επίσης να εκκινήσει απευθείας από σκληρό δίσκο συνδεδεμένο με USB ή μονάδα στυλό και, μετά από μελλοντική ενημέρωση υλικολογισμικού, θα υποστηρίξει την εκκίνηση από σύστημα αρχείων συνδεδεμένο στο δίκτυο, χρησιμοποιώντας PXE. Η χρήση μιας μονάδας συνδεδεμένης στο δίκτυο είναι χρήσιμη για την απομακρυσμένη ενημέρωση ενός Pi και για την κοινή χρήση μιας εικόνας λειτουργικού συστήματος μεταξύ μηχανημάτων.

Το Pi μπορεί να λειτουργήσει ως επιτραπέζιος υπολογιστής προϋπολογισμού και με την κυκλοφορία του Pi 4 δεν λειτούργησε ποτέ καλύτερα. Το μεγαλύτερο όφελος για καθημερινή χρήση -- εφαρμογές γραφείου, περιήγηση στο web, πρόσβαση σε διαδικτυακές υπηρεσίες -- είναι η πρόσθετη μνήμη.

Με 4 GB RAM, το Pi 4 δεν αντιμετωπίζει πλέον βαριές ιστοσελίδες και εφαρμογές και είναι σε θέση να εναλλάσσεται μεταξύ πλήρεις διαδικτυακές υπηρεσίες όπως το G Suite της Google και οι σημερινοί ιστότοποι με JavaScript χωρίς καθυστέρηση. Από πολλές απόψεις, μοιάζει ελάχιστα διαφορετικό από

έναν υπολογιστή που κοστίζει πολλαπλάσια της τιμής -- χάρη στις βελτιωμένες προδιαγραφές και την ελαφριά αλλά ικανή επιφάνεια εργασίας Raspbian.

Προφανώς δεν πρόκειται να είναι το ίδιο με ένα φορητό υπολογιστή προηγμένης τεχνολογίας, καθώς εξακολουθείτε να μιλάτε για τη λειτουργία ενός υπολογιστή σε έναν επεξεργαστή στόχευσης κινητού, αλλά όπως αναφέρθηκε η απόδοση είναι αρκετά καλή που δεν υπάρχουν παράπονα.

Με τη σταδιακή μετάβαση από το λογισμικό στις διαδικτυακές υπηρεσίες, το πρόγραμμα περιήγησης είναι ολοένα και περισσότερο η μόνη εφαρμογή που χρειάζεται ένας υπολογιστής για να τρέξει, και σε αυτό το μέτωπο το Pi 4 υπερέρχει, χάρη στην επιπλέον μνήμη και τη δουλειά του Raspberry Pi Foundation για τη βελτιστοποίηση του προεπιλεγμένου προγράμματος περιήγησης Chromium του Raspbian. .

Στην πραγματικότητα, τις εβδομάδες μετά την κυκλοφορία του Pi 4, οι περιοχές που λείπουν από την επιφάνεια εργασίας Raspbian τείνουν να σχετίζονται με την αναπαραγωγή βίντεο, αν και αυτό πρόκειται να αντιμετωπιστεί από μια μελλοντική ενημέρωση λογισμικού και συνεχίζονται οι εργασίες για τη βελτίωση της αναπαραγωγής 4K σε λειτουργικά συστήματα κέντρου πολυμέσων όπως το LibreELEC.

Ωστόσο, το Pi λειτουργεί επίσης καλά ως thin-client, όπως διαπίστωσα όταν δοκίμασα τις δυνατότητές του όταν το εκτελούσα ως thin client για Windows 10, με την απόδοση να είναι σχεδόν αδιάκριτη από την εκτέλεση ενός σύγχρονου υπολογιστή με Windows 10, εκτός από το πολύ αργό μεταφορά δεδομένων σε USB sticks. Αυτό βασίστηκε σε ένα Pi 3, επομένως ένα Pi 4 με το πραγματικό Gigabit Ethernet του θα πρέπει να λειτουργεί ακόμα καλύτερα ως thin client.

Το Pi μπορεί να τρέξει μια μεγάλη γκάμα συστημάτων, όπως το επίσημο Raspbian OS, το Ubuntu Mate, το Snappy Ubuntu Core, τα κέντρα πολυμέσων OSMC και LibreElec που βασίζονται στο Kodi, το Risc OS που δεν βασίζεται στο Linux (ένα για τους λάτρεις των υπολογιστών Acorn της δεκαετίας του 1990). Μπορεί επίσης να εκτελεί Windows 10 IoT Core, το οποίο είναι πολύ διαφορετικό από την έκδοση για υπολογιστές των Windows, όπως περιγράφεται παρακάτω.

ΠΟΙΕΣ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΟΥ RASPBERRY PI 4;

System-on-a-chip: Broadcom BCM2711

CPU: Τετραπύρηνος επεξεργαστής 1,5 GHz Arm Cortex-A72

GPU: VideoCore VI

Μνήμη: 1/2/4 GB LPDDR4 RAM

Συνδεσιμότητα: 802.11ac Wi-Fi / Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet

Βίντεο και ήχος: 2 x micro-HDMI θύρες που υποστηρίζουν οθόνες 4K@60Hz μέσω HDMI 2.0, θύρα οθόνης MIPI DSI, θύρα κάμερας MIPI CSI, 4 pole stereo έξοδο και composite video port

Θύρες: 2 x USB 3.0, 2 x USB 2.0

Ισχύς: 5V/3A μέσω USB-C, 5V μέσω κεφαλίδας GPIO

Επεκτασιμότητα: Κεφαλίδα GPIO 40 ακίδων

[<https://www.zdnet.com/article/what-is-the-raspberry-pi-4-everything-you-need-to-know-about-the-tiny-low-cost-computer/>]

## 4.2 Camera

Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες χρήσεις του Raspberry Pi, που έχει αλλάξει εντελώς τον κόσμο των ηλεκτρονικών και υπολογιστών, είναι στον τομέα της φωτογραφίας και της δημιουργίας ταινιών. Οι χομπίστες και οι χάκερ μπορούν να κατασκευάσουν προσαρμόσιμα και οικονομικά συστήματα κάμερας για ποικίλες χρήσεις, συνδέοντας ένα Raspberry Pi με μια μονάδα κάμερας. Αυτές οι ρυθμίσεις είναι μικρές, προσαρμόσιμες και παρέχουν μια ποικιλία επιλογών. [13]

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης ενός Raspberry Pi ως βάσης για ένα σύστημα κάμερας είναι η φορητότητα και το μικρό του μέγεθος. Το μικρό μέγεθος και το μικρό βάρος του Raspberry Pi το καθιστούν ιδανικό για φορητά συστήματα κάμερας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες ρυθμίσεις. Η κάμερα Raspberry Pi παρέχει ευελιξία και ευκολία για μια ποικιλία εργασιών, όπως η εγγραφή ταινιών με χρονική καθυστέρηση της φύσης, η παρακολούθηση ενός συστήματος ασφαλείας στο σπίτι και η επιστημονική έρευνα.

Ένα άλλο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό της κάμερας Raspberry Pi είναι η ευελιξία της. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν από μια σειρά μονάδων κάμερας, καθεμία προσαρμοσμένη στις συγκεκριμένες απαιτήσεις. Για παράδειγμα, η μονάδα Raspberry Pi HQ Camera υψηλής ποιότητας μπορεί να τραβήξει εκπληκτικές ακίνητες εικόνες και βίντεο 1080p, καθιστώντας την κατάλληλη για τους λάτρεις της φωτογραφίας και τους κινηματογραφιστές. Αντίθετα, η μονάδα κάμερας NoIR, η οποία δεν διαθέτει φίλτρο υπερύθρων, είναι εξαιρετική για εφαρμογές νυχτερινής όρασης και χαμηλού φωτισμού.

Η συμβατότητα του Raspberry Pi με μια πληθώρα εργαλείων λογισμικού και βιβλιοθηκών προσθέτει άλλο ένα επίπεδο ελκυστικότητας. Οι χρήστες μπορούν να αξιοποιήσουν δημοφιλείς γλώσσες προγραμματισμού όπως η Python για να ελέγχουν και να αυτοματοποιούν τις ρυθμίσεις της κάμεράς τους, ανοίγοντας ατελείωτες δυνατότητες προσαρμογής. Από την ανίχνευση κίνησης έως την επεξεργασία εικόνας και την αναγνώριση προσώπου, το οικοσύστημα λογισμικού του Raspberry Pi δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να εξερευνήσουν τη δημιουργικότητά τους και να λύσουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου.

Μια ισχυρή και οικονομικά προσιτή μέθοδος για να εξερευνήσετε τον κόσμο της φωτογραφίας και της βιντεοσκόπησης είναι η χρήση ενός Raspberry Pi και μιας μονάδας κάμερας μαζί. Για τους λάτρεις, τους εκπαιδευτικούς και τους επαγγελματίες, είναι η τέλεια λύση χάρη στο μικρό του μέγεθος, την προσαρμοστικότητα και τη διαλειτουργικότητα με ένα ευρύ φάσμα εργαλείων λογισμικού. Η κάμερα Raspberry Pi επιτρέπει στους ανθρώπους να συνειδητοποιούν εύκολα τις δημιουργικές τους φιλοδοξίες, είτε πρόκειται για φωτογράφιση πανέμορφων τοπίων είτε για επιστημονικές έρευνες.

Η χρήση μιας κάμερας και ενός προσωπικού υπολογιστή (PC) για τη μέτρηση μικροαποστάσεων έχει γίνει μια τεχνολογία αιχμής με πολλές χρήσεις. Χρησιμοποιώντας τη δύναμη των σύγχρονων ψηφιακών εικόνων, αυτή η πρωτοποριακή μέθοδος επιτυγχάνει επίπεδα ακρίβειας μέτρησης απόστασης που δεν είχαν ξανακούσει στο παρελθόν. Ερευνητές και μηχανικοί μπορούν τώρα να εξερευνήσουν ανεξερεύνητες περιοχές ακρίβειας μετρήσεων χρησιμοποιώντας φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης και προηγμένους αλγόριθμους.

Η ικανότητα απόκτησης ακρίβειας σε επίπεδο νανοκλίμακα κατά τη μέτρηση μικροαποστάσεων με κάμερα και υπολογιστή είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Οι ισχυροί υπολογιστές επεξεργάζονται τις πληροφορίες από κάμερες υψηλής ανάλυσης που μπορούν να καταγράψουν μικρές λεπτομέρειες για να υπολογίσουν αποστάσεις με εκπληκτική ακρίβεια. Αυτό το επίπεδο ακρίβειας είναι ζωτικής σημασίας σε μια ποικιλία βιομηχανιών, όπως η ναυτεχνολογία, η παραγωγή ημιαγωγών και τα ιατρικά διαγνωστικά, όπου ακόμη και τα πιο μικρά σφάλματα μπορούν να έχουν μεγάλα αποτελέσματα.

Συνήθως, κατά τη μέτρηση μικροαποστάσεων, μια φωτογραφική μηχανή —η οποία θα μπορούσε να είναι μια συμβατική ψηφιακή φωτογραφική μηχανή ή ένα εξειδικευμένο σύστημα απεικόνισης— χρησιμοποιείται για τη λήψη φωτογραφιών του αντικειμένου ενδιαφέροντος. Οι φωτογραφίες στη συνέχεια μεταφορτώνονται στον υπολογιστή, όπου εξελιγμένο λογισμικό τις αναλύει και προσδιορίζει

τις αποστάσεις χρησιμοποιώντας γνωστές μεθόδους οπτικής και επεξεργασίας εικόνας. Αυτή η μέθοδος ελαχιστοποιεί την πιθανότητα μόλυνσης ή βλάβης σε ευαίσθητα δείγματα, ενώ παρέχει επίσης μεγαλύτερη ακρίβεια και επιτρέπει μετρήσεις χωρίς επαφή.

Αξιοσημείωτη είναι επίσης η προσαρμοστικότητα των συσκευών μέτρησης μικρο-απόστασης που βασίζονται σε κάμερα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βιομηχανικούς και επιστημονικούς σκοπούς, προσφέροντας ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διασφάλιση της ποιότητας, τη διερεύνηση και την ανάπτυξη. Αυτή η τεχνική αναδεικνύει νέες δυνατότητες για έρευνα και ανάπτυξη, είτε πρόκειται για εξέταση βιολογικών δειγμάτων σε κυτταρικό επίπεδο είτε για αξιολόγηση στοιχείων μικροηλεκτρονικής.

Με τη δύναμη του μικροελεγκτή ESP32 και ενός αισθητήρα κάμερας σε συνδυασμό στη μονάδα κάμερας ESP32, οι προγραμματιστές μπορούν να δημιουργήσουν ευέλικτες εφαρμογές IoT (Internet of Things) με ενσωματωμένες δυνατότητες λήψης εικόνας και βίντεο. Αυτή η μικρή και προσιτή μονάδα έχει αυξηθεί σε δημοτικότητα καθώς μπορεί να ενσωματώσει οπτικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε μια ποικιλία έργων.

Η ευελιξία της μονάδας κάμερας ESP32 είναι ένα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Υποστηρίζει μια σειρά αισθητήρων κάμερας, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να επιλέξουν αυτόν που ικανοποιεί καλύτερα τις ανάγκες των έργων τους. Η μονάδα κάμερας ESP32 μπορεί να ανταποκριθεί σε μια σειρά απαιτήσεων, είτε πρόκειται για κάμερα χαμηλής ανάλυσης για άμεση λήψη φωτογραφιών είτε για κάμερα υψηλής ευκρίνειας για ροή βίντεο σε βάθος. Λόγω της ευελιξίας του, είναι μια εξαιρετική επιλογή για ρομποτική, οικιακό αυτοματισμό, ακόμη και συστήματα επιτήρησης.

Επιπλέον, επειδή η μονάδα κάμερας ESP32 είναι ενσωματωμένη στον μικροελεγκτή ESP32, οι προγραμματιστές έχουν πρόσβαση σε όλα τα εξελιγμένα χαρακτηριστικά αυτού του τσιπ. Το ESP32 παρέχει τα εργαλεία που απαιτούνται για την αποτελεσματική επεξεργασία, ανάλυση και μεταφορά των αποκτηθέντων οπτικών δεδομένων χάρη στον επεξεργαστή διπλού πυρήνα, τη σύνδεση Wi-Fi και Bluetooth και ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων εισόδου/εξόδου. Είναι το τέλειο θεμέλιο για τη δημιουργία έξυπνων συσκευών Internet of Things (IoT) που πρέπει να επικοινωνούν και να επεξεργάζονται εικόνες σε πραγματικό χρόνο.

Η μονάδα κάμερας ESP32 επωφελείται επίσης από ένα ζωντανό οικοσύστημα ανάπτυξης και ισχυρή υποστήριξη της κοινότητας. Οι προγραμματιστές μπορούν να ξεκινήσουν τα έργα τους πιο γρήγορα χάρη σε βιβλιοθήκες και πλαίσια που κάνουν την εκκίνηση της κάμερας, την επεξεργασία εικόνας και τη ροή απλή. Η απήχηση του ESP32 τόσο στους αρχάριους όσο και στους έμπειρους προγραμματιστές διευρύνεται περαιτέρω λόγω της διαλειτουργικότητάς του με γνωστές γλώσσες προγραμματισμού όπως η Python και το Arduino IDE.

Η μονάδα κάμερας ESP32 παρέχει έναν προσιτό και προσαρμόσιμο τρόπο για να παρέχει στα έργα Internet of Things (IoT) τη δυνατότητα λήψης εικόνων και βίντεο. Η προσαρμοστικότητά του, η

ενσωμάτωσή του με τον μικροελεγκτή ESP32 και το ισχυρό οικοσύστημα ανάπτυξης το καθιστούν κορυφαία επιλογή για άτομα και εταιρείες που επιθυμούν να αναπτύξουν δημιουργικές και αισθητικά ελκυστικές λύσεις IoT. Η μονάδα κάμερας ESP32 προσφέρει τις δυνατότητες που απαιτούνται για να γίνει πραγματικότητα η έμπνευση, είτε πρόκειται για απομακρυσμένη παρακολούθηση, ανίχνευση αντικειμένων ή ευφάνταστα έργα τέχνης.

### 4.3 Python

Μια ευέλικτη και δημοφιλής γλώσσα προγραμματισμού που διακρίνεται για την αναγνωσιμότητα και την απλότητά της είναι η Python. Αναπτύχθηκε από τον Guido van Rossum και διατέθηκε αρχικά το 1991. Έκτοτε, είναι εξαιρετικά δημοφιλής μεταξύ προγραμματιστών, δασκάλων και εταιρειών. Η Python είναι μια φανταστική επιλογή τόσο για αρχάριους όσο και για έμπειρους προγραμματιστές, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να αναπτύξουν αποτελεσματικό και διατηρήσιμο κώδικα χάρη στη σαφή και απλή σύνταξη. [14]

Η τεράστια τυπική βιβλιοθήκη της Python, η οποία προσφέρει μια ποικιλία λειτουργικών μονάδων και πακέτων για τη διεκπεραίωση διαφορετικών εργασιών, από την ανάπτυξη ιστού έως την ανάλυση δεδομένων και τη μηχανική μάθηση, είναι μια από τις πιο χαρακτηριστικές της ιδιότητες. Οι σύνθετες εργασίες προγραμματισμού γίνονται πιο απλές χάρη σε αυτό το ισχυρό οικοσύστημα εργαλείων και βιβλιοθηκών, μειώνοντας τον χρόνο και την προσπάθεια ανάπτυξης. Η Python είναι ευέλικτη σε πολλούς τομείς εφαρμογών επειδή υποστηρίζει μια ποικιλία παραδειγμάτων προγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένου αντικειμενοστρεφούς, λειτουργικού και διαδικαστικού προγραμματισμού.

Το παράδειγμα ανάπτυξης με γνώμονα την κοινότητα της Python ενθαρρύνει τη συνεργασία και τη δημιουργικότητα. Το Python Software Foundation (PSF) είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της εξέλιξης της γλώσσας και βοηθά σε αυτήν μέσω επιχορηγήσεων, συνεδρίων και άλλων δραστηριοτήτων. Η φύση ανοιχτού κώδικα της Python ενθαρρύνει τις συνεισφορές από προγραμματιστές σε όλο τον κόσμο, με αποτέλεσμα συνεχείς ενημερώσεις και νέες δυνατότητες. Η συμβατότητα μεταξύ πλατφορμών του κώδικα Python διασφαλίζει ότι μπορεί να λειτουργήσει σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, ενθαρρύνοντας την υιοθέτησή του σε μια ποικιλία εφαρμογών.

Στους τομείς της επιστήμης δεδομένων και της τεχνητής νοημοσύνης, η Python χρησιμοποιείται ευρέως. Η Python είναι πλέον η γλώσσα επιλογής για εργασίες μηχανικής μάθησης και ανάλυσης δεδομένων χάρη σε βιβλιοθήκες όπως το TensorFlow, τα panda και το NumPy. Οι επιστήμονες δεδομένων μπορούν να αναλύουν και να τροποποιούν αποτελεσματικά δεδομένα χάρη στην απλότητα και τη χρησιμότητά τους, και το τεράστιο οικοσύστημα των πλαισίων μηχανικής μάθησης διευκολύνει τη δημιουργία εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης αιχμής.

Η Python έχει εδραιώσει τη θέση της ως μία από τις πιο αγαπημένες γλώσσες προγραμματισμού στον κόσμο, χάρη σε έναν νικηφόρο συνδυασμό αναγνωσιμότητας, προσαρμοστικότητας και μιας ζωντανής κοινότητας. Η Python είναι μια κορυφαία επιλογή για προγραμματιστές σε ένα ευρύ φάσμα τομέων χάρη στην ευελιξία και τις ισχυρές βιβλιοθήκες της, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάπτυξη ιστού, επιστημονική έρευνα, ανάλυση δεδομένων ή τεχνητή νοημοσύνη. Η Python θα συνεχίσει να αποτελεί σημαντικό μέρος του προγραμματιστικού περιβάλλοντος για πολλά ακόμα χρόνια χάρη στη συνεχή επέκταση και προσαρμοστικότητά της.

Η Python είναι μια από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες γλώσσες προγραμματισμού στον κόσμο λόγω της σαφήνειας και της προσαρμοστικότητάς της. Η απλότητά του όσον αφορά τη σύνταξη και την αναγνωσιμότητα κώδικα είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του. Η Python δίνει έμφαση στη σύνταξη σαφούς, συνοπτικού κώδικα, ορίζοντας μπλοκ κώδικα με εσοχή και όχι στην πιο συμβατική χρήση αγκύλων ή αγκύλων. Η ελκυστικότητα της Python αυξάνεται από αυτήν την προσέγγιση που εστιάζει στην αναγνωσιμότητα, η οποία όχι μόνο κάνει τον κώδικα Python πιο απλό στην κατανόηση αλλά ενθαρρύνει επίσης τη συνεργασία προγραμματιστών.

Η τεράστια τυπική βιβλιοθήκη της Python είναι ένα άλλο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό. Με την εκτεταμένη βιβλιοθήκη λειτουργιών και πακέτων, η Python είναι σε θέση να εκτελεί ένα ευρύ φάσμα εργασιών, όπως χειρισμό δεδομένων, δικτύωση, ανάπτυξη ιστού και άλλες εργασίες. Με λιγότερη ανάγκη να εφεύρουμε ξανά τον τροχό χάρη σε αυτήν την ολοκληρωμένη βιβλιοθήκη, τα έργα των προγραμματιστών είναι πιο παραγωγικά και αποδοτικά.

Η Python επαινείται για τη συμβατότητα μεταξύ πλατφορμών επίσης. Είναι η τέλεια επιλογή για προγραμματισμό πολλαπλών πλατφορμών επειδή τρέχει καλά σε μια ποικιλία λειτουργικών συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των Windows, macOS και Linux. Λόγω της ευελιξίας της, η Python είναι μια εξαιρετική γλώσσα τόσο για επιτραπέζιους υπολογιστές όσο και για έργα που βασίζονται στον ιστό, επειδή διασφαλίζει ότι οι εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ένα ευρύ κοινό.

Επιπλέον, επειδή η Python είναι μια ερμηνευμένη γλώσσα, οι προγραμματιστές μπορούν να γράφουν και να εκτελούν κώδικα χωρίς να τον μεταγλωττίζουν ρητά. Ως αποτέλεσμα, οι προγραμματιστές μπορούν να επικεντρωθούν στην κωδικοποίηση και τη δοκιμή αντί για την αντιμετώπιση προβλημάτων μεταγλώττισης, απλοποιώντας τη διαδικασία ανάπτυξης. Η φήμη της Python ως ανώτερης γλώσσας για γρήγορη δημιουργία πρωτοτύπων και ανάπτυξη ενισχύεται εν μέρει από το γεγονός ότι είναι μια ερμηνευτική γλώσσα.

Η Python επαινείται για την υποστηρικτική και ενεργή κοινότητά της. Η κοινότητα της Python φημίζεται για τη διαφάνεια και την εξυπηρετικότητά της, γεγονός που καθιστά απλό για τους προγραμματιστές να επιλύουν προβλήματα, να ανταλλάσσουν ιδέες και να έχουν πρόσβαση σε πληθώρα πόρων, συμπεριλαμβανομένων βιβλιοθηκών, πλαισίων και εκπαιδευτικού υλικού.

Ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη και την επέκταση της γλώσσας, αυτή η δεκτική κοινότητα διασφαλίζει ότι η Python συνεχίζει να είναι ένα δυναμικό και ενεργό εργαλείο για προγραμματιστές σε όλο τον κόσμο.

Ακολουθούν τρία απλά παραδείγματα κώδικα Python:

1.

```
def print_hello_world():  
    print("Hello, World!")  
  
# Call the function to execute the code.  
print_hello_world()
```

Αυτός ο κώδικας ορίζει μια συνάρτηση `print_hello_world()` που εκτυπώνει "Hello, World!" όταν καλείται.

2.

```
def add_numbers(num1, num2):  
    result = num1 + num2  
    return result  
  
# Get input from the user.  
num1 = float(input("Enter the first number: "))  
num2 = float(input("Enter the second number: "))  
  
# Call the function to perform the addition and display the result.  
sum_result = add_numbers(num1, num2)
```

```
print(f"The sum of {num1} and {num2} is {sum_result}.")
```

Αυτός ο κώδικας ορίζει μια συνάρτηση `add_numbers()` που παίρνει δύο αριθμούς ως είσοδο, υπολογίζει το άθροισμά τους και επιστρέφει το αποτέλεσμα.

3.

```
def check_even_odd(number):  
    if number % 2 == 0:  
        return "Even"  
    else:  
        return "Odd"  
  
num = int(input("Enter a number: "))  
  
result = check_even_odd(num)  
  
print(f"The number {num} is {result}.")
```

Αυτός ο κώδικας ορίζει μια συνάρτηση `check_even_odd()` που ελέγχει αν ένας αριθμός είναι άρτιος ή μονός και επιστρέφει το αποτέλεσμα.

Θα περιγράψουμε δύο απλά παραδείγματα κώδικα εκμάθησης Python για επικοινωνία διακομιστή-πελάτη:

1.

### **Simple TCP Server and Client Communication:**

#### **Server (server.py):**

```
import socket  
  
def main():
```

```
server_ip = "127.0.0.1"
server_port = 12345

server_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
server_socket.bind((server_ip, server_port))
server_socket.listen(1)

print(f"Server listening on {server_ip}:{server_port}")

client_socket, client_address = server_socket.accept()
print(f"Connection from {client_address}")

data = client_socket.recv(1024)
print(f"Received data: {data.decode()}")

client_socket.close()
server_socket.close()

if __name__ == "__main__":
    main()
```

### **Client (client.py):**

```
import socket

def main():
    server_ip = "127.0.0.1"
    server_port = 12345
```

```
client_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
client_socket.connect((server_ip, server_port))

message = "Hello, Server!"
client_socket.send(message.encode())

client_socket.close()

if __name__ == "__main__":
    main()
```

2.

### **Simple HTTP Server and Client Communication (using Flask):**

#### **Server (http\_server.py):**

```
from flask import Flask, request

app = Flask(__name__)

@app.route("/", methods=["GET"])
def index():
    return "Hello from the server!"

if __name__ == "__main__":
    app.run(host="0.0.0.0", port=12345)
```

### Client (http\_client.py):

```
import requests

def main():

    server_url = "http://127.0.0.1:12345"

    response = requests.get(server_url)

    print(f"Server response: {response.text}")

if __name__ == "__main__":

    main()
```

### 4.3.1 OpenCV

Το OpenCV, ή Open Source Computer Vision Library, είναι μια βιβλιοθήκη λογισμικού ανοιχτού κώδικα όρασης υπολογιστή και μηχανικής εκμάθησης που είναι ταυτόχρονα ισχυρή και ευέλικτη. Αρχικά αναπτύχθηκε από την Intel, αυτή η βιβλιοθήκη τώρα διατηρείται από μια κοινότητα προγραμματιστών και έχει γίνει ένα κοινό εργαλείο σε διάφορους τομείς, όπως η ρομποτική, η επεξεργασία εικόνας και η όραση υπολογιστή. [15]

Το OpenCV προσφέρει ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων και εργαλείων ανάλυσης εικόνας και βίντεο, καθιστώντας το πολύτιμο πόρο για ερευνητές και μηχανικούς. Οι δυνατότητές του εκτείνονται από την απλή επεξεργασία και φιλτράρισμα εικόνων έως πιο σύνθετες λειτουργίες όπως η ανίχνευση αντικειμένων, η παρακολούθηση χαρακτηριστικών και η ανακατασκευή 3D. Λόγω της

προσαρμοστικότητάς του, το OpenCV έχει γίνει ζωτικής σημασίας σε τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη, η αυτοκινητοβιομηχανία και η επαυξημένη πραγματικότητα.

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του OpenCV είναι η συμβατότητά του μεταξύ πλατφορμών. Είναι συμβατό με μεγάλο αριθμό λειτουργικών συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των Windows, macOS και πολλών εκδόσεων Linux, καθιστώντας το διαθέσιμο σε ένα μεγάλο φάσμα χρηστών. Υποστηρίζει επίσης μια ποικιλία γλωσσών προγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένων των C++, Python και Java, γεγονός που βελτιώνει ακόμη περισσότερο την προσβασιμότητα και τη χρηστικότητά του.

Επειδή το OpenCV είναι ανοιχτού κώδικα, οι προγραμματιστές μπορούν να προσαρμόσουν και να επεκτείνουν τις δυνατότητές του για να ανταποκριθούν στις δικές τους απαιτήσεις. Αυτή η συλλογική προσέγγιση οδήγησε σε μια μεγάλη κοινότητα συνεργατών και ένα ακμάζον οικοσύστημα πρόσθετων βιβλιοθηκών και εργαλείων που χτίστηκαν πάνω από το OpenCV.

Το OpenCV είναι ένα κρίσιμο εργαλείο στην υπολογιστική όραση και την επεξεργασία εικόνας. Λόγω του τεράστιου συνόλου χαρακτηριστικών του, της συμβατότητας μεταξύ πλατφορμών και της φύσης ανοιχτού κώδικα, έχει γίνει σημαντική πηγή για επαγγελματίες και ερευνητές σε όλο τον κόσμο, προωθώντας την καινοτομία και τις καινοτομίες σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών.

Το OpenCV (Open Source Computer Vision Library) είναι μια ισχυρή βιβλιοθήκη λογισμικού υπολογιστικής όρασης και μηχανικής εκμάθησης ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιείται ευρέως στην ανάλυση εικόνας και βίντεο. Όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την Python, το OpenCV προσφέρει ένα ολοκληρωμένο σύνολο εργαλείων για επεξεργασία εικόνας, εφαρμογές όρασης υπολογιστή και πολλά άλλα. Τα χαρακτηριστικά του OpenCV το καθιστούν βιώσιμη επιλογή για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της ανίχνευσης αντικειμένων, της αναγνώρισης εικόνας και, σε αυτή την περίπτωση, της μέτρησης απόστασης.

Για τη μέτρηση αποστάσεων σε Python με OpenCV, συνήθως γίνονται πολλαπλά βήματα. Πρώτα και κύρια, το OpenCV χρησιμοποιείται για τη φόρτωση και την επεξεργασία εικόνων ή καρέ βίντεο. Στη συνέχεια, τα αντικείμενα ενδιαφέροντος στις φωτογραφίες αναγνωρίζονται χρησιμοποιώντας τεχνικές ανίχνευσης αντικειμένων ή εξαγωγής χαρακτηριστικών. Αυτά τα στοιχεία μπορεί να είναι δείκτες, δείκτες ή οποιαδήποτε αναγνωρίσιμα χαρακτηριστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σημεία αναφοράς για τη μέτρηση της απόστασης.

Μετά από αυτό, το OpenCV παρέχει λειτουργίες για τον προσδιορισμό των αποστάσεων μεταξύ αυτών των θέσεων αναφοράς. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση μαθηματικών τύπων ή αλγορίθμων που εκμεταλλεύονται τις γνωστές ιδιότητες των αντικειμένων ή των δεικτών. Για παράδειγμα, εάν το μέγεθος ενός αντικειμένου αναφοράς στην εικόνα είναι γνωστό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των αποστάσεων από άλλα αντικείμενα με βάση τα σχετικά μεγέθη τους στην εικόνα.

Επιπλέον, το OpenCV περιλαμβάνει εργαλεία βαθμονόμησης κάμερας, τα οποία απαιτούνται για τη σωστή μέτρηση απόστασης. Η βαθμονόμηση της κάμερας συνεπάγεται τον καθορισμό των εγγενών ιδιοτήτων της, όπως το μήκος εστίασης και οι συντελεστές παραμόρφωσης, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη μετατροπή των συντεταγμένων pixel σε μετρήσεις πραγματικού κόσμου.

Το OpenCV μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εμφάνιση ή τον σχολιασμό φωτογραφιών με εκτιμώμενες αποστάσεις, καθιστώντας το χρήσιμο εργαλείο για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών όπως ρομπότ, επαυξημένη πραγματικότητα και συστήματα επιτήρησης.

Το OpenCV και η Python συνεργάζονται καλά για τη μέτρηση αποστάσεων σε φωτογραφίες και ταινίες. Περιλαμβάνει μια ισχυρή εργαλειοθήκη για επεξεργασία εικόνας, ανίχνευση αντικειμένων και βαθμονόμηση κάμερας. Το OpenCV προσφέρει ακριβείς μετρήσεις απόστασης αναγνωρίζοντας τοποθεσίες αναφοράς και αξιοποιώντας μαθηματικές προσεγγίσεις, καθιστώντας το ένα ζωτικό εργαλείο στην όραση υπολογιστών και σε συναφείς τομείς.

Παρακάτω είναι δύο παραδείγματα με python και OpenCV

#### **Φιλτράρισμα εικόνας με OpenCV:**

```
import cv2

import numpy as np

# Φορτώστε μια εικόνα από ένα αρχείο
image = cv2.imread('input.jpg')

# Ορισμός πυρήνα για εξομάλυνση εικόνας (π.χ. Gaussian blur)
kernel_size = (5, 5)
sigma_x = 0
filtered_image = cv2.GaussianBlur(image, kernel_size, sigma_x)

# Εμφάνιση των αρχικών και φιλτραρισμένων εικόνων
cv2.imshow('Original Image', image)
cv2.imshow('Filtered Image', filtered_image)
```

```
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()
```

Σε αυτό το παράδειγμα κώδικα, το OpenCV χρησιμοποιείται για την ανάγνωση μιας εικόνας από ένα αρχείο και την εφαρμογή Gaussian blur σε αυτό για εξομάλυνση της εικόνας. Στη συνέχεια, οι πρωτότυπες και οι φιλτραρισμένες εικόνες εμφανίζονται χρησιμοποιώντας τη λειτουργία imshow του OpenCV.

### Ανίχνευση αντικειμένων με OpenCV:

```
import cv2

# Φορτώστε τον προεκπαιδευμένο ταξινομητή Haar Cascade για ανίχνευση προσώπου
face_cascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')

# Αρχικοποιήστε την κάμερα web
cap = cv2.VideoCapture(0)

while True:
    # Διαβάστε ένα πλαίσιο από την κάμερα web
    ret, frame = cap.read()

    # Μετατρέψτε το πλαίσιο σε κλίμακα του γκρι για ανίχνευση προσώπου
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

    # Εντοπίστε πρόσωπα στο κάδρο
    faces = face_cascade.detectMultiScale(gray, scaleFactor=1.3, minNeighbors=5)

    # Σχεδιάστε ορθογώνια γύρω από τα εντοπισμένα πρόσωπα
```

```
for (x, y, w, h) in faces:
    cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), (0, 255, 0), 2)

# Εμφανίστε το πλαίσιο με τα πρόσωπα που έχουν εντοπιστεί
cv2.imshow('Face Detection', frame)

if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
    break

# Απελευθερώστε την κάμερα web και κλείστε το παράθυρο OpenCV
cap.release()

cv2.destroyAllWindows()
```

Σε αυτό το παράδειγμα κώδικα, το OpenCV χρησιμοποιείται για ανίχνευση προσώπου σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας έναν προεκπαιδευμένο ταξινομητή Haar Cascade. Καταγράφει καρέ από την κάμερα web, τα μετατρέπει σε κλίμακα του γκρι και, στη συνέχεια, ανιχνεύει πρόσωπα μέσα στα καρέ. Τα πρόσωπα που έχουν εντοπιστεί σκιαγραφούνται με ορθογώνια και το επεξεργασμένο πλαίσιο εμφανίζεται σε πραγματικό χρόνο. Μπορείτε να βγείτε από το πρόγραμμα πατώντας το πλήκτρο 'q'.

#### 4.4 Mysql

Η MySQL είναι ένα πολύ γνωστό σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων ανοιχτού κώδικα (RDBMS) που διακρίνεται για την επεκτασιμότητα, την ανθεκτικότητα και την ευκολία χρήσης του. Δημιουργήθηκε από την MySQL AB και επί του παρόντος ανήκει στην Oracle Corporation. Η MySQL είναι ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιείται συνήθως σε διαδικτυακές εφαρμογές, συστήματα διαχείρισης περιεχομένου, πλατφόρμες ηλεκτρονικού εμπορίου και άλλες εφαρμογές που βασίζονται σε δεδομένα.

Η ευελιξία της MySQL στην υποστήριξη διαφορετικών μορφών δεδομένων και μηχανών αποθήκευσης είναι ένα από τα κύρια πλεονεκτήματά της. Ανάλογα με τις ανάγκες τους, οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν από τα InnoDB, MyISAM και άλλα. Λόγω της ευελιξίας του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για

ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, από απλή αποθήκευση δεδομένων έως περίπλοκες καταστάσεις υψηλής συναλλαγής.

Η MySQL χειρίζεται και ανακτά δεδομένα χρησιμοποιώντας μια δομημένη γλώσσα ερωτημάτων (SQL). Αυτή η τυπική υποστήριξη SQL διασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα με ένα ευρύ φάσμα γλωσσών προγραμματισμού, καθιστώντας τη διαθέσιμη σε προγραμματιστές που εργάζονται σε διάφορες τεχνολογικές στοίβες. Υποστηρίζονται επίσης προηγμένες λειτουργίες, όπως αποθηκευμένες διαδικασίες, ενεργοποιητές και προβολές, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να σχεδιάζουν εξελιγμένες εφαρμογές.

Ένα άλλο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό της MySQL είναι η επεκτασιμότητα της. Με τη δυνατότητα αναπαραγωγής, ομαδοποίησης και κοινής χρήσης, μπορεί να χειριστεί με επιτυχία την επέκταση του φόρτου εργασίας και τα μεγάλα σύνολα δεδομένων. Η MySQL διαθέτει επίσης μια μεγάλη και ενεργή κοινότητα χρηστών και προγραμματιστών που συμβάλλει στη συνεχή βελτίωσή της. Επειδή σε αυτήν τη μεθοδολογία ανάπτυξης που βασίζεται στην κοινότητα, έχουν συμβεί τακτικές ενημερώσεις, ενημερώσεις κώδικα σφαλμάτων και η διαθεσιμότητα πολλών προσθηκών και επεκτάσεων.

Η MySQL είναι ένα ισχυρό και προσαρμόσιμο σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων με μακρά ιστορία στην τεχνολογία βάσεων δεδομένων. Ο συνδυασμός ευελιξίας, απόδοσης και υποστήριξης της κοινότητας το έχει ανεβάσει στην κορυφή της λίστας επιλογών για προγραμματιστές και επιχειρήσεις που αναζητούν αξιόπιστες λύσεις αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων για τις εφαρμογές τους.

## Κεφάλαιο 5ο: Το σύστημα μέτρησης ύψους με κάμερα

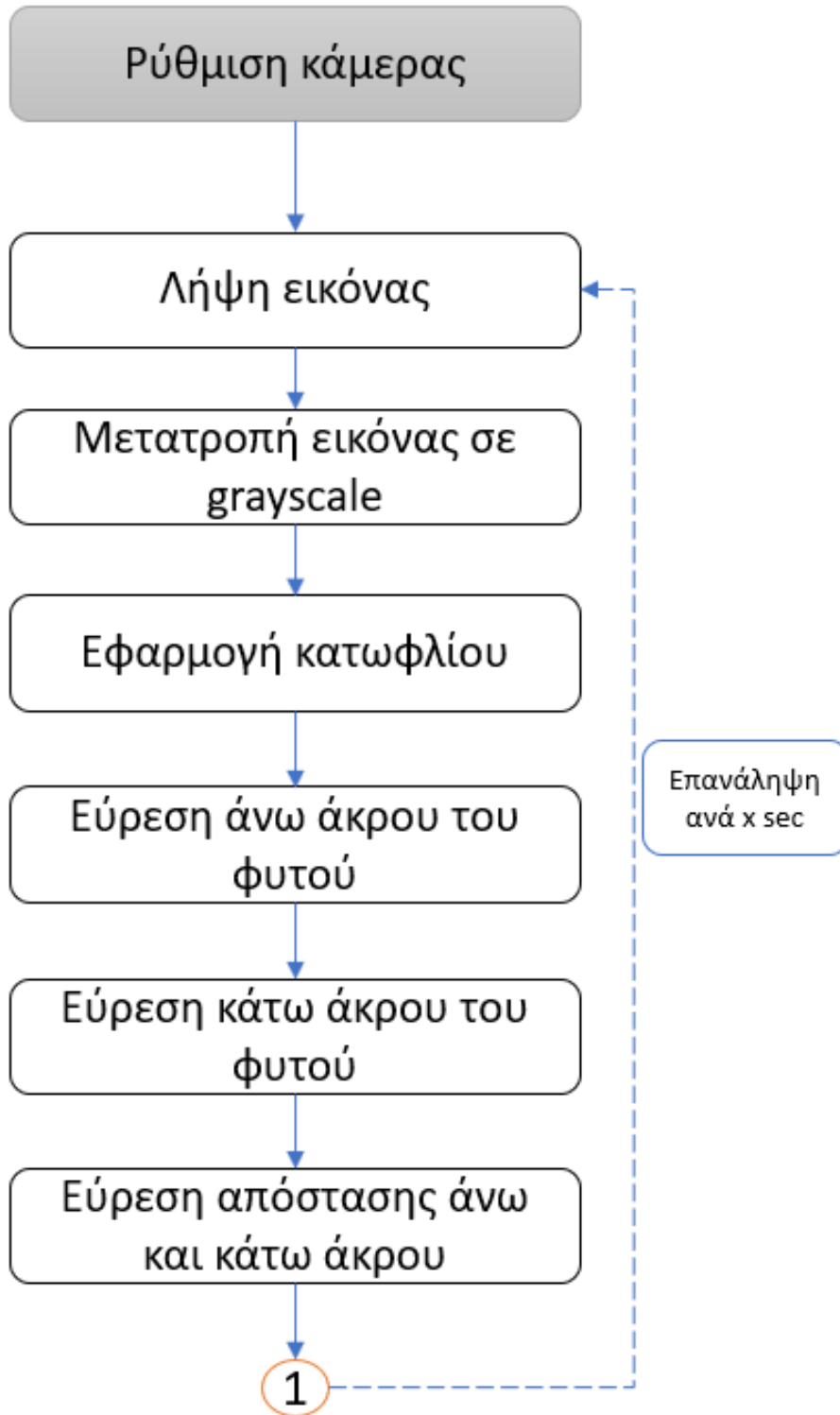
### 5.1 Μέθοδος μέτρησης

Αρχικά θα χρησιμοποιήσουμε μια έτοιμη εικόνα ενός φυτού για να εξηγήσουμε τη διαδικασία μέτρησης του ύψους του φυτού. Το φυτό φαίνεται στην Εικόνα 4.1.



Εικόνα 5.1: Εικόνα του φυτού 1 []

Η μέθοδος που ακολουθήσαμε φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 5.2: Διάγραμμα ροής μέτρησης του ύψους του φυτού

Αρχικά .....

Στην Εικόνα 4.3 φαίνεται το φυτό 1 σε γκρι απόχρωση.



Εικόνα 5.3: Φυτό 1 σε γκρι απόχρωση

Στην Εικόνα 4.4 φαίνεται το φυτό 1 σε binary διαμόρφωση με threshold 130.



Εικόνα 5.4: Φυτό 1 σε binary διαμόρφωση με threshold 130

Στην Εικόνα 4.5 φαίνεται το φυτό 1 σε binary διαμόρφωση με threshold 230.



Εικόνα 5.5: Φυτό 1 σε binary διαμόρφωση με threshold 230

### Εύρεση του πάνω άκρου

```
for y in range(height):
    for x in range(width):
        # Get the pixel color at the current position
        pixel_color = binary[x, y]

        x1 = x;
        y1 = y;
        # Check if the pixel is black (assuming black is represented as (0, 0, 0))
        if pixel_color == 0:
            print(f"First black pixel found at coordinates (x={x}, y={y})")
            break
        else:
            continue # Only executed if the inner loop did NOT break
    break # Break the outer loop when the first black pixel is found
```

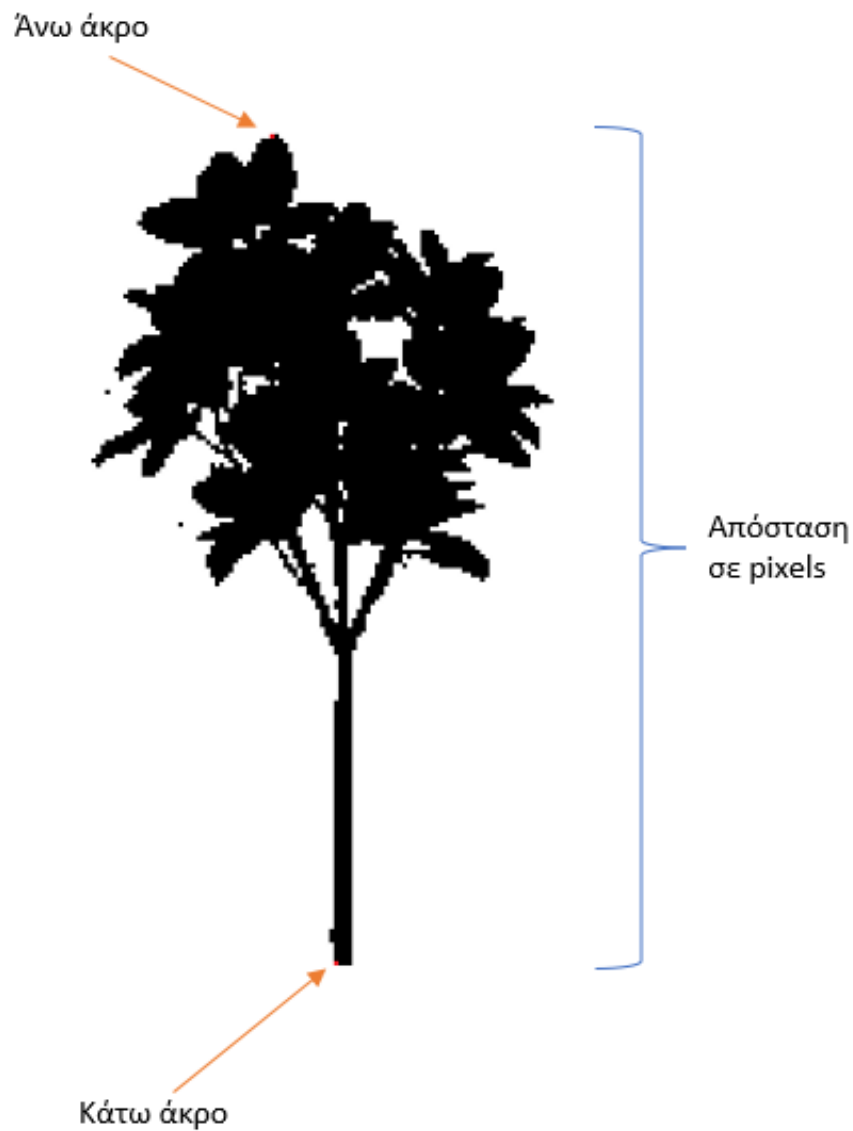
## Εύρεση του κάτω άκρου

```
for y in range(height-1, 0, -1):
    for x in range(width-1, 0, -1):
        # Get the pixel color at the current position
        pixel_color = binary[x, y]

        x2 = x;
        y2 = y;

        # Check if the pixel is black (assuming black is represented as (0, 0, 0))
        if pixel_color == 0:
            print(f"Last black pixel found at coordinates (x={x}, y={y})")
            break
        else:
            continue # Only executed if the inner loop did NOT break
    break # Break the outer loop when the first black pixel is found
```

Και οι δύο αλγόριθμοι αναζητούν με την μέθοδο της αναζήτησης το πρώτο μαύρο pixel από αριστερά προς δεξιά, αντίστοιχα από πάνω και από κάτω.



Εικόνα 5.6: Εύρεση άνω-κάτω άκρου και απόστασης του Φυτού 1

Η απόσταση υπολογίζεται με τον κώδικα:

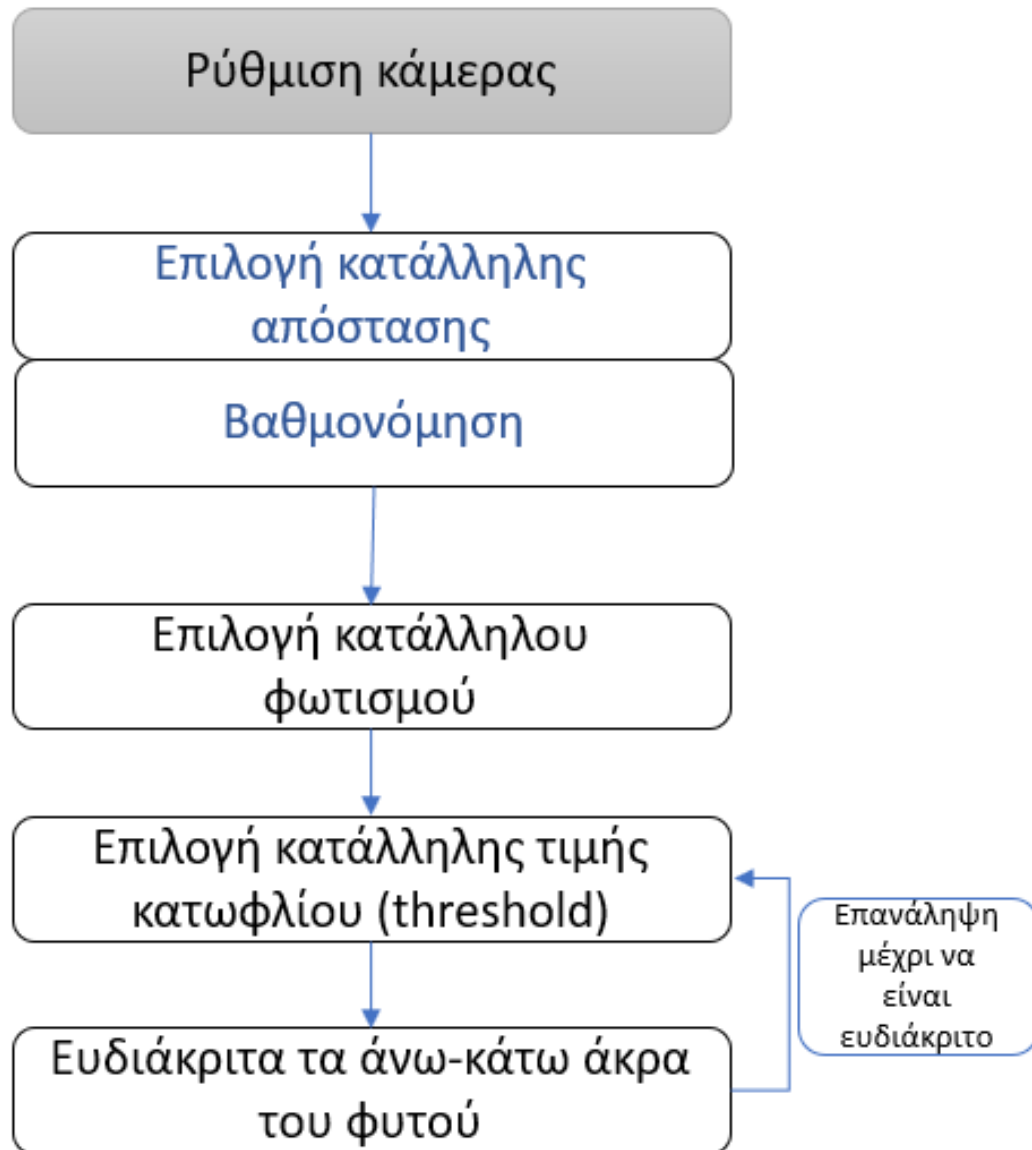
Ο πρώτος υπολογισμός είναι η απόσταση μεταξύ των  $y$  συντεταγμένων.

$$\text{ipsos} = y2 - y1$$

Η δεύτερη είναι Ευκλείδεια απόσταση που σημαίνει ότι θα υπάρχει διαφορά από τον κάθετο προσδιορισμό-μέτρηση του ύψους του φυτού.

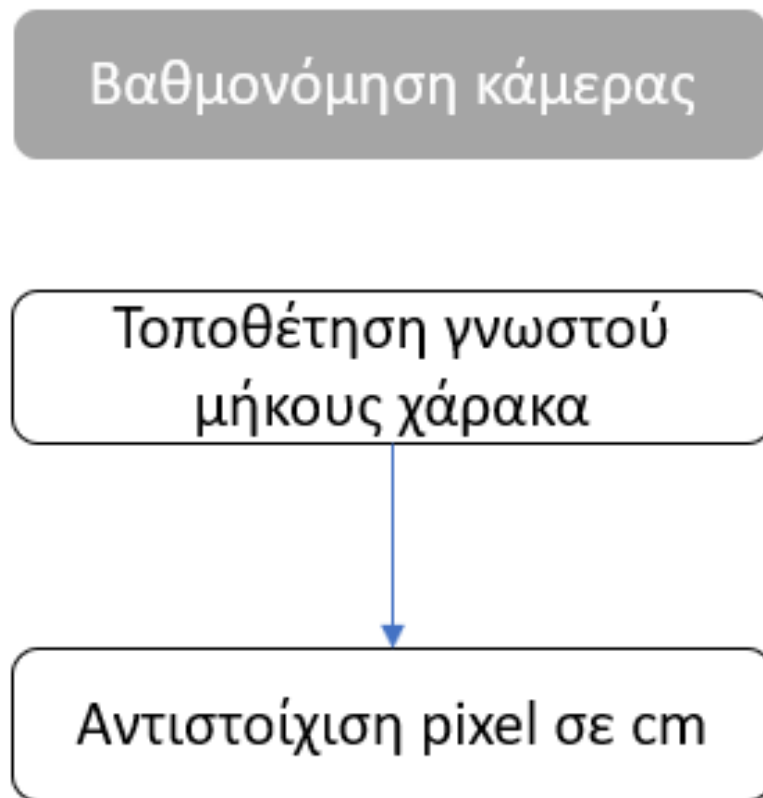
$\text{pixel\_distance} = \text{np.sqrt}((x2 - x1)**2 + (y2 - y1)**2)$

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο ρυθμίζεται η κάμερα, με την επιλογή του κατάλληλου φωτισμού και βαθμονόμηση της κάμερας. Επίσης χρειάζεται η επιλογή κατάλληλης τιμής κατωφλίου ώστε να είναι ευδιάκριτα τα πάνω-κάτω άκρα του φυτού.



Εικόνα 5.7: Διάγραμμα ροής για τη ρύθμιση κάμερας και του περιβάλλοντος εργασίας

Η βαθμονόμηση της κάμερας πραγματοποιείται με την τοποθέτηση γνωστού μήκους χάρακα δίπλα στο φυτό ώστε να γίνει η αντιστοίχιση pixel σε cm, όπως παρουσιάζεται διαγραμματικά στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 5.8: Διάγραμμα ροής για βαθμονόμηση της κάμερας

Η βαθμονόμηση της κάμερας έγινε με τον εξής τρόπο:

Χρησιμοποιώντας ένα γνωστό αντικείμενο καθορισμένου μεγέθους, όπως ένα χάρακα ή ένα μοτίβο σκακιέρας, τοποθετημένο στο οπτικό πεδίο της κάμερας, μπορεί κανείς να βαθμονομήσει μια κάμερα μετρώντας τις εγγενείς παραμέτρους της, όπως η εστιακή της απόσταση και το οπτικό κέντρο. Για πολλές εφαρμογές υπολογιστικής όρασης και γραφικών υπολογιστών, συμπεριλαμβανομένης της τρισδιάστατης ανακατασκευής, της παρακολούθησης αντικειμένων και της επαυξημένης πραγματικότητας, αυτή η βαθμονόμηση είναι ζωτικής σημασίας.

Ρύθμιση:

Τοποθετήστε την κάμερα σε μια σταθερή επιφάνεια ή τοποθετήστε την σε τρίποδο παράλληλα και δίπλα στο φυτό κατά μήκος.

Βεβαιωθείτε ότι η κάμερα είναι οριζόντια και στραμμένη προς τον χάρακα χωρίς καμία κλίση.

Τοποθετήστε τον χάρακα οριζόντια ή κάθετα στο οπτικό πεδίο της κάμερας. Βεβαιωθείτε ότι είναι καλά φωτισμένο και ότι δεν υπάρχουν εμπόδια.

Ρυθμίστε την κάμερά σας στη χειροκίνητη λειτουργία (M) για να έχετε τον πλήρη έλεγχο των ρυθμίσεων έκθεσης.

Ρυθμίστε την ταχύτητα κλείστρου για να επιτύχετε τη σωστή έκθεση. Μπορεί να απαιτείται μικρότερη ταχύτητα κλείστρου ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού.

Τραβήξτε μια εικόνα υψηλής ποιότητας του χάρακα, διασφαλίζοντας ότι ολόκληρο το μήκος του χάρακα είναι ορατό στο πλαίσιο.

Ανοίξτε την εικόνα που έχετε επιλέξει και μετρήστε την απόσταση μεταξύ δύο γνωστών σημείων στον χάρακα. Αυτή η απόσταση πρέπει να είναι σε πραγματικές μονάδες (π.χ. εκατοστά).

Χρησιμοποιώντας τη μετρούμενη απόσταση και την απόσταση pixel μεταξύ των ίδιων δύο σημείων της εικόνας, μπορείτε να υπολογίσετε την εστιακή απόσταση της κάμερας χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

Εστιακή απόσταση (mm) = (Μετρημένη απόσταση (mm) \* Απόσταση pixel) / Απόσταση χάρακα (pixel)

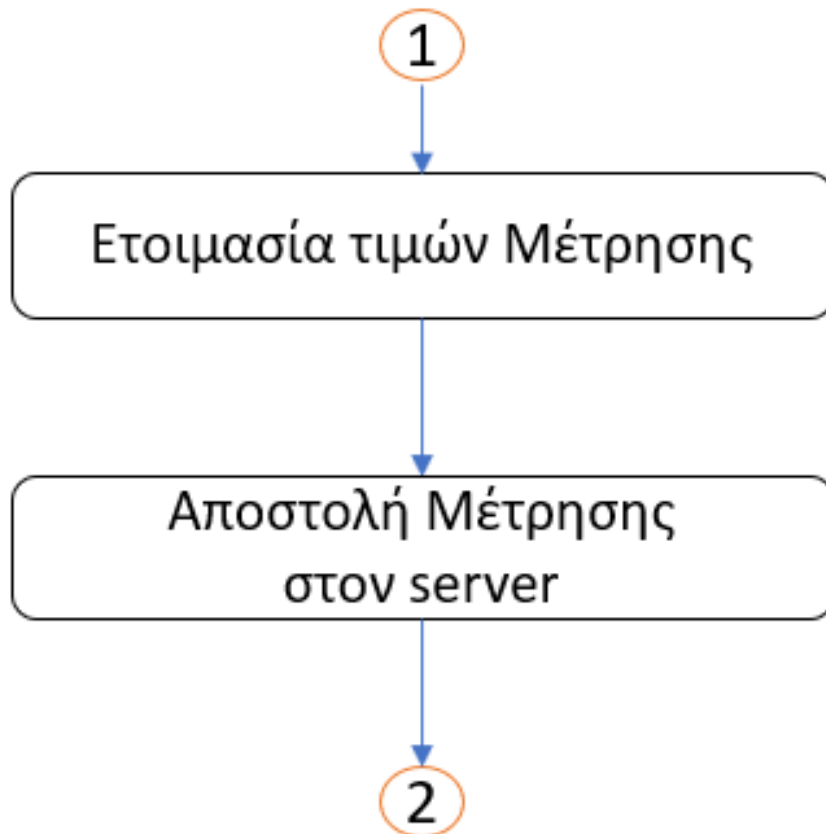
Μπορείτε να βρείτε την απόσταση του χάρακα (σε χιλιοστά) μετατρέποντας τα σημάδια του χάρακα σε χιλιοστά με βάση τη μέτρησή σας.

Σημειώστε την υπολογιζόμενη εστιακή απόσταση. Αυτή είναι μια από τις εγγενείς παραμέτρους της κάμερας που έχετε καθορίσει.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια, επαναλάβετε τη διαδικασία με διαφορετικούς προσανατολισμούς χάρακα (οριζόντια και κάθετα) και αποστάσεις από την κάμερα.

## 5.2 Αποστολή μετρήσεων στο server

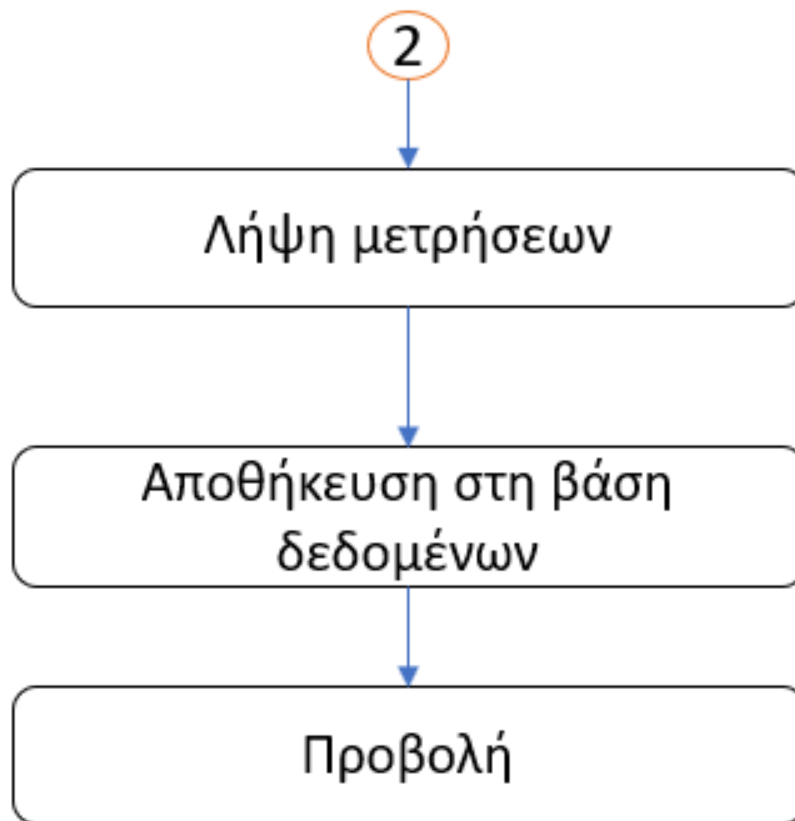
Καθώς λαμβάνεται η μέτρηση του ύψους του φυτού ανά κάποιο χρονικό διάστημα τότε αποστέλλεται σε έναν εξυπηρετή-server που έχει υλοποιηθεί με python, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.9 και ο κώδικας παρουσιάζεται παρακάτω.



Εικόνα 5.9: Αποστολή μετρήσεων στον server

```
import requests  
result = requests.get("http://localhost:5000/sendvalue/?device =B34&field1=87")  
print(result)
```

Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τον server αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων και μπορούν να προβληθούν.



Εικόνα 5.10: Λήψη μετρήσεων από τον server

```
from flask import Flask
from flask import request,jsonify
import mysql.connector
import json

app = Flask(__name__)

@app.route('/addvalue/', methods=['GET'])
def addvalue():
    # http://localhost:5000/sendvalue/?device =B34&field1=87
    device = request.args.get("device")
    field1 = request.args.get("field1")
```

```

if device == "B34":
    mydb = mysql.connector.connect(
        host="localhost",
        user="root",
        password="",
        database="camera"
    )

    mycursor = mydb.cursor()

    sql = "INSERT INTO sensors (device, field1) VALUES (%s, %s)"
    val = (device, field1)

    mycursor.execute(sql, val)

    mydb.commit()

    print(mycursor.lastrowid)

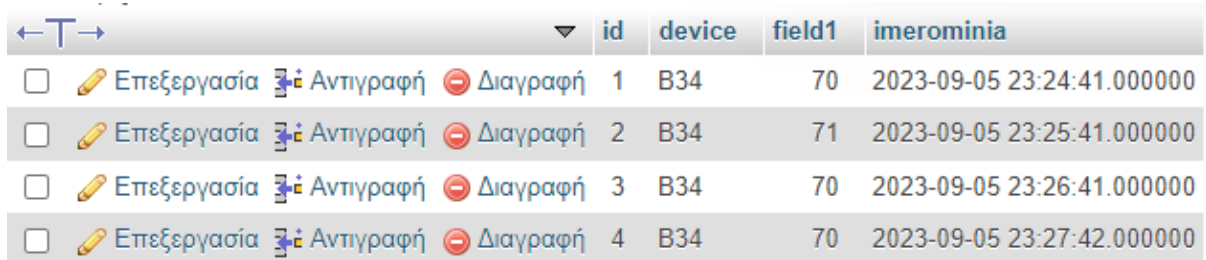
return "ok"













```

### 5.2.1 Η βάση στον server

#	Όνομα	Τύπος	Σύνθεση	Χαρακτηριστικά	Κενό	Προεπιλογή	Σχόλια	Πρόσθετα
<input type="checkbox"/> 1	id 	int(11)			Όχι	Καμία		AUTO_INCREMENT
<input type="checkbox"/> 2	device	varchar(10)	utf8mb4_general_ci		Όχι	Καμία		
<input type="checkbox"/> 3	field1	float			Ναι	NULL		
<input type="checkbox"/> 4	imerominia	datetime			Ναι	current_timestamp()		

Εικόνα 5.11: Η δομή του πίνακα sensors



				id	device	field1	imerominia			
<input type="checkbox"/>		Επεξεργασία		Αντιγραφή		Διαγραφή	1	B34	70	2023-09-05 23:24:41.000000
<input type="checkbox"/>		Επεξεργασία		Αντιγραφή		Διαγραφή	2	B34	71	2023-09-05 23:25:41.000000
<input type="checkbox"/>		Επεξεργασία		Αντιγραφή		Διαγραφή	3	B34	70	2023-09-05 23:26:41.000000
<input type="checkbox"/>		Επεξεργασία		Αντιγραφή		Διαγραφή	4	B34	70	2023-09-05 23:27:42.000000

Εικόνα 5.12: Το περιεχόμενο του πίνακα sensors

## **Κεφάλαιο 6ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης**

Τα συστήματα μέτρησης που βασίζονται σε κάμερα αποφέρουν οφέλη αυτοματισμού και επεκτασιμότητας. Μειώνουν σημαντικά την εργασία και τον χρόνο που απαιτείται για τη συλλογή δεδομένων λειτουργώντας συνεχώς και συλλέγοντας πληροφορίες από πολλές τοποθεσίες ταυτόχρονα. Αυτό καθιστά εύκολη την παρακολούθηση μεγάλων πληθυσμών φυτών και τη διεξαγωγή μελετών υψηλής ακρίβειας. Επιπλέον, αυτή η τεχνολογία διευκολύνει την απομακρυσμένη παρακολούθηση των φυτών, καθιστώντας την πολύτιμη για εκτεταμένες ερευνητικές προσπάθειες και συνεργατικά έργα, καθώς επιτρέπει την παρατήρηση της ανάπτυξης των φυτών σε πραγματικό χρόνο από οποιαδήποτε τοποθεσία σε όλο τον κόσμο. Ουσιαστικά, τα εργαλεία μέτρησης που βασίζονται σε κάμερα έχουν φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο οι ερευνητές αναλύουν και κατανοούν την ανάπτυξη των φυτών, ανοίγοντας την πόρτα στις εξελίξεις στη βιολογία των φυτών και στη βελτιστοποίηση των καλλιεργειών.

Σε αυτή τη μελέτη, συζητάμε πρώτα τα συστήματα μέτρησης απόστασης, ακολουθούμενη από μια εις βάθος ανάλυση ενός έργου που σχεδιάστηκε για τη μέτρηση του ύψους μικρών φυτών χρησιμοποιώντας μια κατακόρυφα τοποθετημένη κάμερα. Τα δεδομένα μέτρησης μεταδίδονται μέσω ενός δικτύου σε έναν διακομιστή, όπου αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων και μπορούν να προσπελαστούν για προβολή

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Weltz, M. A., Ritchie, J. C., & Fox, H. D. (1994). Comparison of laser and field measurements of vegetation height and canopy cover. *Water Resources Research*, 30(5), 1311-1319.
- [2] Gordon, A. G. (1963). The use of ultrasound in agriculture. *Ultrasonics*, 1(2), 70-77.
- [3] Teixeira da Silva, J. A., & Dobránszki, J. (2014). Sonication and ultrasound: impact on plant growth and development. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 117, 131-143.
- [4] Fahlgren, N., Gehan, M. A., & Baxter, I. (2015). Lights, camera, action: high-throughput plant phenotyping is ready for a close-up. *Current opinion in plant biology*, 24, 93-99.
- [5] Teng, X., Zhou, G., Wu, Y., Huang, C., Dong, W., & Xu, S. (2021). Three-dimensional reconstruction method of rapeseed plants in the whole growth period using RGB-D camera. *Sensors*, 21(14), 4628.
- [6] Aboelela, A., Liptay, A., & Barron, J. L. (2005). Plant growth measurement techniques using near-infrared imagery. *International journal of robotics and automation*, 20(1), 42-49.]
- [7] Kwon, O., & Park, T. (2017). Applications of smartphone cameras in agriculture, environment, and food: A review.
- [8] Schima, R., Mollenhauer, H., Grenzdörffer, G., Merbach, I., Lausch, A., Dietrich, P., & Bumberger, J. (2016). Imagine all the plants: Evaluation of a light-field camera for on-site crop growth monitoring. *Remote Sensing*, 8(10), 823.]
- [9] Shimizu, H., & Heins, R. D. (1995). Computer-vision-based system for plant growth analysis. *Transactions of the ASAE*, 38(3), 959-964.]
- [10] MATSUDA, M., OZAWA, S., HOSAKA, Y., KANEDA, K., & YAMASHITA, H. (2003). Estimation of Plant Growth in Paddy Field based on Proximal Remote Sensing Measurement of Leaf Nitrogen Contents by using Digital Camera. *Journal of The Remote Sensing Society of Japan*, 23(5), 506-515
- [11] Yeh, Y. H. F., Lai, T. C., Liu, T. Y., Liu, C. C., Chung, W. C., & Lin, T. T. (2014). An automated growth measurement system for leafy vegetables. *Biosystems Engineering*, 117, 43-50.
- [12] Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M., & Sahin, F. (2006). Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. *Scientia horticultrae*, 111(1), 38-43.
- [13] Paturkar, A., Gupta, G. S., & Bailey, D. (2020). Non-destructive and cost-effective 3D plant growth monitoring system in outdoor conditions. *Multimedia Tools and Applications*, 79, 34955-34971.
- [14] Python, W. (2021). Python. *Python Releases for Windows*, 24.
- [15] Yeh, Y. H. F., Lai, T. C., Liu, T. Y., Liu, C. C., Chung, W. C., & Lin, T. T. (2014). An automated growth measurement system for leafy vegetables. *Biosystems Engineering*, 117, 43-50.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Στο παράρτημα αυτό αναφέρονται τα βασικά κομμάτια του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε.

```
import cv2
import numpy as np

image = cv2.imread('plant61.jpg')

# Convert the image to grayscale for easier processing
gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

# Apply thresholding to separate the plant from the background
#_, binary = cv2.threshold(gray, 128, 255, cv2.THRESH_BINARY)
_, binary = cv2.threshold(gray, 128, 255, cv2.THRESH_BINARY)
# Find Canny edges
#binary = cv2.Canny(gray, 128, 200)

# Find contours in the binary image
#contours, _ = cv2.findContours(binary, cv2.RETR_TREE, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

# Find the largest contour (assuming it represents the plant)
#largest_contour = max(contours, key=cv2.contourArea)

# Calculate the perimeter (length) of the contour
# Loop through each pixel from top to bottom

# Get the width and height of the image
dimensions = binary.shape
height = binary.shape[0]
width = binary.shape[1]
print(height)
print(width)
print(binary[100,100])

for y in range(height):
    for x in range(width):
        # Get the pixel color at the current position
        pixel_color = binary[x, y]

        x1 = x;
        y1 = y;
        # Check if the pixel is black (assuming black is represented as (0, 0, 0))
        if pixel_color == 0:
            print(f"First black pixel found at coordinates (x={x}, y={y})")
            break
    else:
        continue # Only executed if the inner loop did NOT break
```

```

        break # Break the outer loop when the first black pixel is found

for y in range(height-1, 0, -1):
    for x in range(width-1, 0, -1):
        # Get the pixel color at the current position
        pixel_color = binary[x, y]

        x2 = x;
        y2 = y;

        # Check if the pixel is black (assuming black is represented as (0, 0, 0))
        if pixel_color == 0:
            print(f"Last black pixel found at coordinates (x={x}, y={y})")
            break
        else:
            continue # Only executed if the inner loop did NOT break
    break # Break the outer loop when the first black pixel is found

# Define the real-world distance corresponding to the pixel distance
real_world_distance = 3 # Replace with the actual distance in your calibration

# Calculate the pixel distance
pixel_distance = np.sqrt((x2 - x1)**2 + (y2 - y1)**2)

# Calculate the real-world distance
real_distance = (pixel_distance / real_world_distance)

print(pixel_distance)
print(real_distance)

cv2.imshow('Plant Measurement', binary)
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()

```