

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

## **Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών**  
**Ασφάλεια Υπολογιστών και Δικτύων**

### **Μεταπτυχιακή Διατριβή**



**Συστήματα Λήψης Αποφάσεων για την Αναγνώριση Προσώπου, με Εφαρμογή στην Ψηφιακή Δικανική (Digital Forensics), για Ελαφροβαρή Περιβάλλοντα Επιβολής του Νόμου (Lightweight Environments of Law Enforcement)**

**Δημήτριος Λίγδας**

**Επιβλέπων Καθηγητής**  
**Νικόλαος Σκλάβος**

**Ιούνιος 2021**

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

## **Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Συστήματα Λήψης Αποφάσεων για την Αναγνώριση Προσώπου, με  
Εφαρμογή στην Ψηφιακή Δικανική (Digital Forensics), για  
Ελαφροβαρή Περιβάλλοντα Επιβολής του Νόμου (Lightweight  
Environments of Law Enforcement)**

**Δημήτριος Λίγδας**

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**Νικόλαος Σκλάβος**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε  
προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση

μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών  
στην Ασφάλεια Υπολογιστών και Δικτύων

από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών  
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου

**Ιούνιος 2021**

## Περίληψη

Η παρούσα διατριβή έχει σκοπό την κάλυψη του φάσματος της αναγνώρισης προσώπου και την κατάδειξη της τέλεσης της σε συνθήκες δικανικής και σε περιπτώσεις ελέγχου καθώς και ασφάλειας. Η τεχνική του εντοπισμού και της αναγνώρισης προσώπου εφαρμόζεται μέσα από μια διαδικασία η οποία σκοπό έχει την απόδειξη ότι πλέον η τεχνολογία έχει συμβάλει στην ασφάλεια της καθημερινότητας. Τέλος θα γίνει ανασκόπηση και σύγκριση σχετικά με την τεχνοτροπία ώστε να υπάρχει μια σφαιρική άποψη γύρω απ το αντικείμενο αυτό.

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Κο Σκλάβο Νικόλαο για την αμέριστη βοήθεια του απ την αρχή της διατριβής. Για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε παρ' όλη την δύσκολη χρονική συγκυρία που υπήρχε. Επίσης την οικογένεια μου για την στήριξη και την υπομονή που μου έδειξαν. Τέλος την ΝΕΠΟΜΑΚ η οποία στάθηκε αρωγός παρέχοντας μου πλήρη υποτροφία σε συνεργασία με το Ανοιχτό Πανεπιστήμιο Κύπρου και έτσι οδηγήθηκα στην απόκτηση ενός μεταπτυχιακού τίτλου, ο οποίος μου ανοίγει νέους ορίζοντες.

# Αφιέρωση

Αυτή η διατριβή είναι αφιερωμένη στην οικογένεια μου η οποία ένιωσε περήφανη για μένα όταν ξεκίνησα για έναν μεταπτυχιακό τίτλο. Στη ΝΕΠΟΜΑΚ που μου έδωσε την ευκαιρία. Και στον πιο κοντινό μου άνθρωπο που πίστεψε σε μένα και ότι θα τα καταφέρω από την πρώτη στιγμή, την Μαρίνα.

# Περιεχόμενα

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

### Κεφάλαιο 1

#### Εισαγωγή

1.1 Σκοπός διατριβής .....	9
1.2 Εισαγωγή δικανική.....	9
1.3 Στόχος και κατευθύνσεις διατριβής.....	11

### Κεφάλαιο 2

2.1 Αναγνώριση Προσώπου .....	12
2.1.1 Τι είναι η αναγνώριση προσώπου;.....	12
2.1.2 Πως λειτουργεί η αναγνώριση;.....	13
2.1.3 Μπορεί η αναγνώριση προσώπου να εφαρμοστεί στη δικανική; .....	14
2.2 Internet of Things.....	15
2.2.1 Τι είναι το Internet of Things .....	15
2.2.2 Χαρακτηριστικά IoT.....	16
2.2.3 Το IoT και η αναγνώριση προσώπου.....	17
2.2.4 Ορισμοί σχετικά με το IoT.....	18

### Κεφάλαιο 3

3.1 Αλγόριθμοι αναγνώρισης προσώπου.....	19
3.1.1 Τι είναι οι αλγόριθμοι αναγνώριση προσώπου;.....	19
3.1.2 Ανάλυση τρόπου λειτουργίας αλγόριθμων αναγνώρισης προσώπου.....	19
3.1.3 Είδη αλγόριθμων αναγνώρισης προσώπου.....	20
3.2 Χρήση ανίχνευσης και αναγνώρισης προσώπου στην πραγματικότητα.....	25

### Κεφάλαιο 4

4.1 Μικροελεγκτές μονής πλακέτας και hardware.....	27
4.1.1 Μικροελεγκτές μονής πλακέτας.....	27
4.1.2 Μικροελεγκτής Arduino.....	29
4.1.3 Μικροελεγκτής Raspberry.....	31

## **Κεφάλαιο 5**

5.1 Python.....	34
5.2 Open CV .....	34
5.3 Raspbian.....	35
5.4 Database.....	36

## **ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ**

## **Κεφάλαιο 6**

6.1 Επιλογή Hardware.....	37
6.1.1 Raspberry Pi 4b.....	37
6.1.2 Camera Pi.....	41
6.1.3 Τελική κατασκευή.....	43
6.2 Επιλογή Software.....	45
6.2.1 Raspbian.....	45
6.2.2 Open CV.....	45
6.2.3 Επιλογή database.....	45
6.3 Αρχιτεκτονική Συστήματος.....	48

## **Κεφάλαιο 7**

7.1 Εκτέλεση Πειράματος.....	49
7.2 Αποτύπωση αποτελεσμάτων.....	58
7.3 Σύγκριση με άλλες έρευνες.....	61
7.4 Ανασκόπηση-Πρόταση για επέκταση της έρευνας.....	62
7.5 Απάντηση ερευνητικών ερωτημάτων.....	62
Βιβλιογραφία.....	64

## **Παράρτημα Α Εγκατάσταση Raspbian-OpenCV-εργαλείων συστήματος**

A.1	Εγκατάσταση Raspbian σε Raspberry 4.....	66
A.2	Εγκατάσταση OpenCV.....	67

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Σε μια κοινωνία που οι ανάγκες για προστασία των προσωπικών δεδομένων είναι τεράστια και ζωτικής σημασίας η τεχνολογία είναι αυτή που μπορεί να γίνει αυταπόδεικτο κομμάτι αυτού του παζλ. Οι τεχνολογίες και οι σύγχρονες απαιτήσεις των καιρών μπορούν να δώσουν λύσεις σε ζητήματα που αφορούν την ασφάλεια των κοινωνιών και των ανθρώπων που αποτελούν μέρος της κοινωνίας. Θα πρέπει να διαχωρίζεται όμως η ασφάλεια από την προστασία και την καταπάτηση των ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων οι οποία χωρίζεται από μία λεπτή γραμμή.

Στην εποχή μας που το Internet Of Things δημιουργεί ολοένα και περισσότερες έξυπνες συσκευές, αυξάνεται και η ανταλλαγή μηνυμάτων μέσω οπτικοακουστικού υλικού. Πρόκειται για μια μετάβαση του τρόπου επικοινωνίας των ανθρώπων. Ο εντοπισμός και η αναγνώριση των προσώπων υπάγεται στην ανάπτυξη των συστημάτων επικοινωνίας και ασφάλειας. Στην αναγνώριση προσώπου σε ένα σύνολο έχουμε θετικά και αρνητικά. Στα θετικά εντάσσεται η ασφάλεια σε ένα σύστημα. Το access control δηλαδή που μπορεί να δώσει πρόσβαση σε μια ομάδα ατόμων ώστε να προστατεύεται ένα σύστημα. Επίσης ο εντοπισμός ενός ατόμου με σκοπό την απομόνωση ή την εύρεση του. Στα αρνητικά η υποκλοπή είναι νούμερο ένα στην κατηγορία. Υποκλοπή στοιχείων για εξαπάτηση και παράνομη χρήση. Ή παραποίηση στοιχείων για δολιοφθορά.

## 1.1 Σκοπός διατριβής

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να αναλυθούν οι μέθοδοι, αναγνώρισης, ανάλυσης και επεξεργασίας των χαρακτηριστικών προσώπων. Μέσα από ένα πραγματικό σύστημα και μια κατασκευή θα γίνει εξοικείωση σε ένα περιβάλλον με live αποτελέσματα. Θα μπορεί να γίνει εκμάθηση των πλεονεκτημάτων και τα μειονεκτήματα της διαδικασίας και θα υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης με άλλες μεθόδους. Τα βασικά βήματα της διατριβής θα επεξηγήσουν πως σε μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα τύπου raspberry pi4 με γλώσσα προγραμματισμού python μπορεί να εγκατασταθεί η απαραίτητη βιβλιοθήκη OpenCV και να τρέξει ο αλγόριθμος ανάλυσης και αναγνώρισης. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα θα πρέπει να αξιολογηθούν και να δώσουν ένα αποτέλεσμα που θα είναι συγκρίσιμο και θα συμβάλει σε επικείμενη έρευνα.

Η υλοποίηση γίνεται σε φορητή κατασκευή μικρού κόστους για να αναδείξει την τεχνοτροπία και την αρχή λειτουργίας της αναγνώρισης προσώπου.

## 1.2 Εισαγωγή στην δικανική

Με τον όρο δικανική καθιερώνεται μια διαδικασία κατά την οποία συλλέγονται τεκμήρια, αποδεικτικά στοιχεία και αιτίες. Η διαδικασία αυτή έχει κάποια βήματα τα οποία πρέπει να διενεργούνται ορθά και με μεθοδικότητα.

Τα 3 βήματα στην ψηφιακή δικανική είναι:

**Απόκτηση(Acquisition):** πρόκειται για την συλλογή δεδομένων και στοιχείων προς εξέταση. Το είδος των δεδομένων και ο τρόπος απόκτησης καθορίζεται απ την εκάστοτε έρευνα και τις ανάγκες που προκύπτουν. Τα δεδομένα μπορεί να είναι σε μέσα αποθήκευσης(σκληροί δίσκοι, USB storages, SSD), συσκευές τηλεφωνίας, φωτογραφικές μηχανές. Εφόσον επιτευχθεί η συλλογή προχωράει η διαδικασία της αντιγραφής τους με ειδικά εργαλεία για την συγκεκριμένη ενέργεια. Αυτό αποτρέπει τις περιπτώσεις τροποποίησης, επεξεργασίας και διαγραφής των χρήσιμων στοιχείων. Τέλος αφού τοποθετηθεί το αρχικό αρχείο σε ασφαλές σημείο θα γίνει μια ψηφιακή τροποποίηση με

κρυπτογράφηση. Αυτή συνήθως γίνεται με συναρτήσεις (md5, sha1-256) και στο τέλος της ανάλυσης πιστοποιεί την εγκυρότητα του αρχικού αρχείου με του αντιγράφου.

**Ανάλυση(Analysis):** Εφόσον το πρώτο βήμα ολοκληρωθεί ξεκινάει η διαδικασία ανάλυσης του αρχείου. Πλήρης εξέταση με ειδικά μέσα και εργαλεία με σκοπό την εύρεση αιτιών και αποδείξεων σε μια υπόθεση έρευνας. Η ανάλυση μπορεί να είναι για πληροφορίες που μπορούν να αναφέρουν κάποιο στίγμα στο χάρτη, ώρα ημερομηνία. Ψηφιακά αποτυπώματα, δεδομένα αποστολής και λήψης αρχείων. Βασικό στοιχείο στην έρευνα-ανάλυση είναι να υπάρχει συνοχή ώστε να ολοκληρωθεί η διαδικασία με το τελευταίο βήμα.

**Παρουσίαση:** Στο τελικό στάδιο τα αποτελέσματα της ανάλυσης και επεξεργασίας τοποθετούνται σε μία σειρά και παρουσιάζονται σε μορφή αναφοράς.

Άλλοι κλάδοι της ψηφιακής δικανικής είναι:

Δικανική δικτύων: αφορά τα στοιχεία που συλλέγονται από πληροφορίες δικτύων(κινήσεις δεδομένων, φορτία).

Δικανική κινητών συσκευών: σχετίζεται με τα δεδομένα που μπορούν να ληφθούν από συσκευές κινητής τηλεφωνίας, smart συσκευές(αφορά και tablet, GPS, pda).

Δικανική βάσεις δεδομένων: λήψη στοιχείων από βάσεις δεδομένων

Δικανική υπολογιστών: εύρεση δεδομένων από ηλεκτρονικές συσκευές από υπολογιστές(DVD ROM, HDD, ssd, USB).

## 1.3 Στόχος και κατευθύνσεις διατριβής

Στόχος της διατριβής αυτής είναι η μελέτη και ο σχεδιασμός αφενός σε θεωρητικό υπόβαθρο και αφετέρου σε πρακτικό ενός συστήματος αναγνώρισης. Το σύστημα θα είναι ικανό να κάνει άμεσο έλεγχο σε πραγματικό χρόνο με σκοπό την ελαχιστοποίηση του σφάλματος. Στον στόχο είναι η απάντηση κάποιων ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν μέσα από την εκτέλεση του πειράματος.

Στην διατριβή η αρχιτεκτονική του συστήματος βασίστηκε σε έναν αλγόριθμο ο οποίος επιλέχθηκε μετά από αρκετή έρευνα ώστε να αποφέρει ταχύτητα και το λιγότερο πιθανό σφάλμα. Στη συνέχεια η κατασκευή και το hardware επελέγησαν ανάμεσα σε αρκετές πλακέτες με βάση την δυνατότερη ισχύ επεξεργαστή, ανάλυση από κάμερα, ευκολία λογισμικού και σε αναλογία με το κόστος αγοράς.

Σαφώς και για το κομμάτι της ασφάλειας σε χώρους με μεγάλη κίνηση δεν βασίζεται σε μια κατασκευή σαν της εργασίας, Σε αυτήν την περίπτωση η απαιτήσεις είναι πολύ περισσότερες και χρειάζονται απαιτητικά συστήματα με μεγάλα κόστη και πολυπλοκότερη λογισμική διαδικασία.

# Κεφάλαιο 2

## 2.1 Αναγνώριση Προσώπου

### 2.1.1 Τι είναι η αναγνώριση προσώπου;

Η αναγνώριση προσώπου είναι μία τεχνολογία η οποία χρησιμοποιεί βιομετρικά εργαλεία ή λεπτομέρειες που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση και την εξακρίβωση προσώπων. Ένα σύστημα αναγνώρισης προσώπου χρησιμοποιεί βιομετρικά στοιχεία για την αντιστοίχιση χαρακτηριστικών προσώπου από φωτογραφία ή video. Συγκρίνει τις πληροφορίες με μια βάση δεδομένων με γνωστά πρόσωπα για να βρει αντιστοιχία.

Σε γενικές γραμμές, πρόκειται κυρίως για μια τεχνολογία παρακολούθησης και ασφάλειας που έχει σχεδιαστεί για να διευκολύνει ή να ελέγξει την πρόσβαση που χρησιμοποιούν οι κυβερνήσεις, οι υπηρεσίες επιβολής του νόμου και το εμπόριο. Το λογισμικό αναγνώρισης προσώπων έχει αμέτρητες εφαρμογές στις καταναλωτικές αγορές, καθώς και στις βιομηχανίες ασφάλειας και επιτήρησης. Η αναγνώριση προσώπου μπορεί να βοηθήσει στην επαλήθευση της προσωπικής ταυτότητας, αλλά εγείρει επίσης ζητήματα ιδιωτικότητας.<sup>[1]</sup>

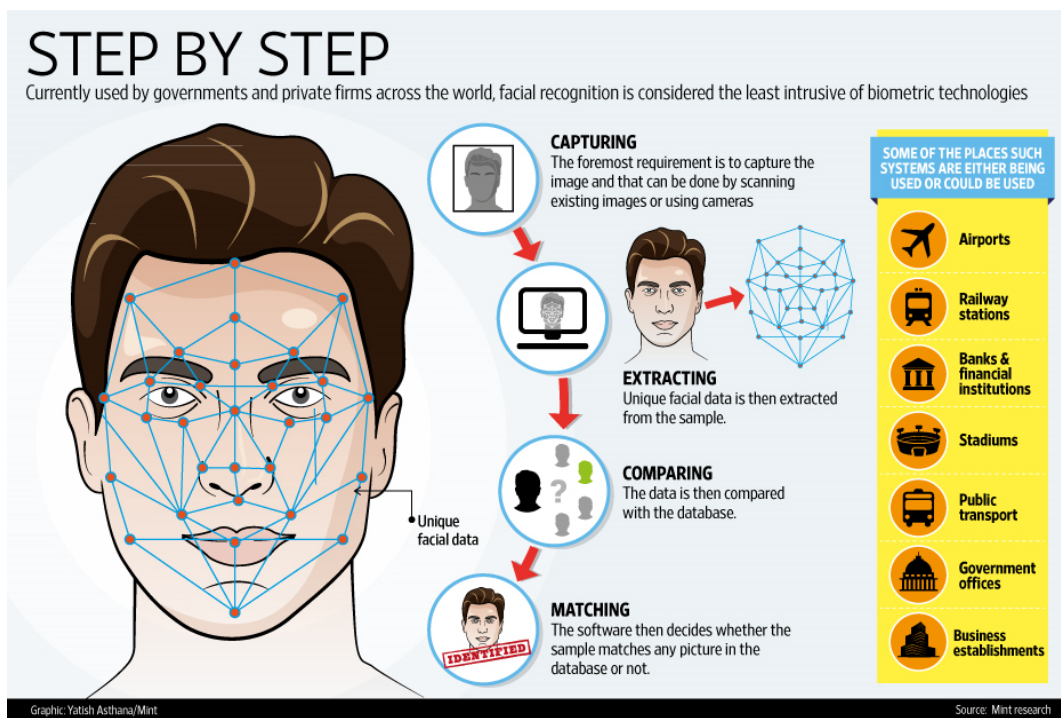


Εικόνα 1: Αναγνώριση προσώπου

## 2.1.2 Πως λειτουργεί η αναγνώριση;

Στο πολύ βασικό επίπεδο, τα μοντέλα αναγνώρισης προσώπου ακολουθούν τα εξής βήματα:

- Μια εικόνα εισόδου τροφοδοτείται με τον αλγόριθμο.
- Ο αλγόριθμος δημιουργεί μια ενσωμάτωση προσώπου για την εικόνα εισόδου.
- Ο αλγόριθμος συγκρίνει την ενσωμάτωση της εικόνας εισόδου με τις ενσωματώσεις γνωστών προσώπων στη βάση δεδομένων.<sup>[2]</sup>



Εικόνα 2: Λειτουργία αναγνώρισης προσώπου

### **2.1.3 Μπορεί η αναγνώριση προσώπου να εφαρμοστεί στη δικανική;**

Η ηλεκτρονική αναγνώριση προσώπου είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία, η οποία εισάγεται από τις υπηρεσίες επιβολής του νόμου σε όλο τον κόσμο προκειμένου να εντοπίζονται τα πρόσωπα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Το Σύστημα Αναγνώρισης Προσώπων της INTERPOL περιέχει εικόνες προσώπου που έχουν ληφθεί από περισσότερες από 160 χώρες, γεγονός που το καθιστά μοναδική παγκόσμια εγκληματική βάση δεδομένων. Σε συνδυασμό με μια αυτοματοποιημένη εφαρμογή βιομετρικού λογισμικού, το σύστημα αυτό είναι ικανό να αναγνωρίζει ή να επαληθεύει ένα άτομο συγκρίνοντας και αναλύοντας μοτίβα, σχήματα και αναλογίες των χαρακτηριστικών και περιγραμμάτων του προσώπου του. Σε αντίθεση με τα δακτυλικά αποτυπώματα και το DNA, τα οποία δεν αλλάζουν κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου, η αναγνώριση του προσώπου πρέπει να λαμβάνει υπόψη διάφορους παράγοντες, όπως:

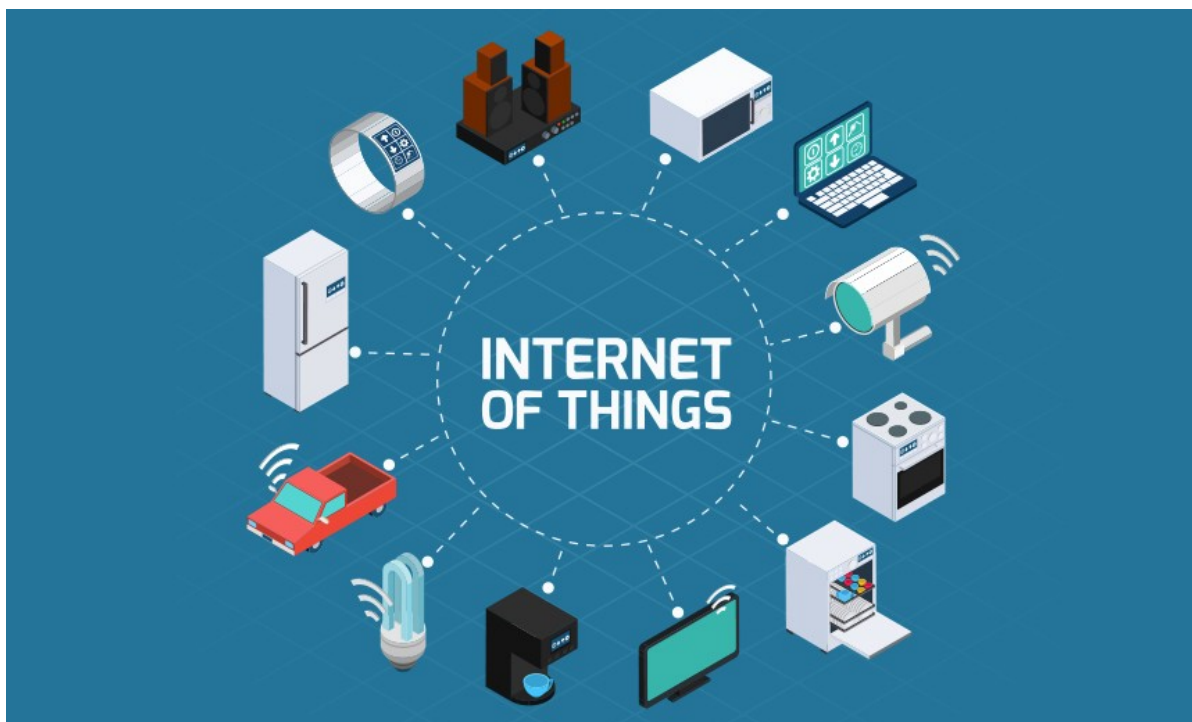
- Γήρανση
- Πλαστική χειρουργική
- Καλλυντικά
- Επιπτώσεις της χρήσης ναρκωτικών ή του καπνίσματος

Η εργασία με εικόνες καλής ποιότητας είναι επίσης ζωτικής σημασίας. Οι εικόνες χαμηλής ή μεσαίας ποιότητας ενδέχεται να μην είναι αναζητήσιμες στο σύστημα. Η λειτουργία της βασίζεται ως εξής. Όταν μια εικόνα προσώπου εισάγεται στο σύστημα, κωδικοποιείται αυτόματα από έναν αλγόριθμο και συγκρίνεται με τα προφίλ που είναι ήδη αποθηκευμένα στο σύστημα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα έναν κατάλογο "υποψηφίων" με τους πιθανότερους αγώνες.

## 2.2 Internet of Things

### 2.2.1 Τι είναι το Internet of Things;

Το Internet of Things είναι ένα αναδυόμενο θέμα τεχνικής, κοινωνικής και οικονομικής σημασίας. Τα καταναλωτικά προϊόντα, τα ανθεκτικά αγαθά, τα αυτοκίνητα και τα φορτηγά, τα βιομηχανικά και βοηθητικά εξαρτήματα, οι αισθητήρες και άλλα καθημερινά αντικείμενα συνδυάζονται με συνδεσιμότητα στο Διαδίκτυο και ισχυρές δυνατότητες ανάλυσης δεδομένων που υπόσχονται να μεταμορφώσουν τον τρόπο που εργαζόμαστε, ζούμε και παίζουμε. Οι προβλέψεις για τον αντίκτυπο της IoT στο Διαδίκτυο και την οικονομία είναι εντυπωσιακές, με κάποιους να προβλέπουν 100 δισεκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές IoT και παγκόσμιο οικονομικό αντίκτυπο άνω των 11 τρισεκατομμυρίων δολαρίων μέχρι το 2025.<sup>[3]</sup>



## Εικόνα 3: Internet of Things

### 2.2.2 Χαρακτηριστικά IoT

Χαρακτηριστικά του IoT σε μικρές συσκευές:

- **Συνδεσιμότητα** - Η συνδεσιμότητα είναι μια σημαντική απαίτηση της υποδομής IoT. Το IoT πρέπει να συνδέεται με την υποδομή IoT. Οποιοσδήποτε, οπουδήποτε, οποιαδήποτε στιγμή μπορεί να συνδεθεί πρέπει να είναι εγγυημένη ανά πάσα στιγμή. Χωρίς σύνδεση, τίποτα δεν έχει νόημα.
- **Ευφυΐα και ταυτότητα** - Η εξαγωγή γνώσεων από τα δεδομένα που παράγονται είναι πολύ σημαντική. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας παράγει δεδομένα, τα οποία όμως θα είναι χρήσιμα μόνο αν ερμηνεύονται σωστά. Κάθε συσκευή IoT έχει μια μοναδική ταυτότητα. Αυτή η αναγνώριση είναι χρήσιμη για την παρακολούθηση του εξοπλισμού και μερικές φορές για την υποβολή ερωτημάτων για την κατάστασή του.
- **Δυνατότητα κλιμάκωσης** - Ο αριθμός των στοιχείων που συνδέονται με τη ζώνη IoT αυξάνεται μέρα με τη μέρα. Συνεπώς, ένα σύστημα IoT θα πρέπει να είναι σε θέση να χειρίζεται τη μαζική επέκταση. Τα δεδομένα που παράγονται ως αποτέλεσμα είναι τεράστια και πρέπει να αντιμετωπίζονται κατάλληλα.
- **Δυναμική και αυτόματη προσαρμογή (πολυπλοκότητα)** - Οι συσκευές IoT πρέπει να προσαρμόζονται δυναμικά στα μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα και σενάρια. Ας υποθέσουμε ότι μια κάμερα προορίζεται για την παρακολούθηση. Θα πρέπει να είναι προσαρμόσιμη στην εργασία σε διαφορετικές συνθήκες και διαφορετικές ελαφρές καταστάσεις (πρωί, απόγευμα, βράδυ).
- **Αρχιτεκτονική** - Η αρχιτεκτονική IoT δεν μπορεί να είναι ομοιογενής στη φύση. Θα πρέπει να είναι υβριδική, υποστηρίζοντας διαφορετικούς κατασκευαστές « προϊόντα για να λειτουργήσει στο δίκτυο IoT. Το IoT δεν ανήκει σε κανένα μηχανικό υποκατάστημα. Το IoT είναι μια πραγματικότητα όταν συγκεντρώνονται πολλοί τομείς. Ασφάλεια Υπάρχει κίνδυνος τα ευαίσθητα προσωπικά στοιχεία των χρηστών να εκτεθούν όταν όλες οι συσκευές του είναι συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο. Αυτό μπορεί να προκαλέσει απώλεια για τον χρήστη. Επομένως, η ασφάλεια των δεδομένων

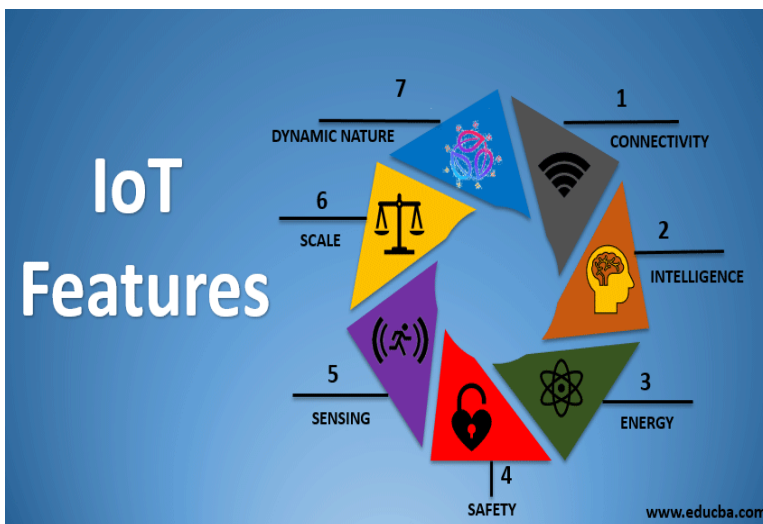
είναι η μεγαλύτερη πρόκληση. Εξάλλου, ο εξοπλισμός είναι τεράστιος. Τα δίκτυα IoT ενδέχεται επίσης να διατρέχουν κίνδυνο. Ως εκ τούτου, η ασφάλεια του εξοπλισμού είναι επίσης κρίσιμη.

### 2.2.3 Το IoT και η αναγνώριση προσώπου

Σήμερα, το πεδίο του συστήματος ασφαλείας αποτελεί έναν πολύ σημαντικό τομέα στην έξυπνες πόλεις, γραφεία και σπίτια. Παρόμοια, τα έξυπνα συστήματα μπορεί να εμπλέκονται με το IoT. Το IoT μπορεί να εφαρμόζεται σε έξυπνες πόλεις για να δώσει διάφορα οφέλη που ενίσχυση των πολιτών. Με άλλα λόγια, μπορούν να κατασκευαστούν έξυπνα σπίτια με χρήση του IoT. Έχει την ικανότητα να ελέγχει και να αυτοματοποιεί ακριβή πράγματα όπως φώτα, πόρτες, ψυγεία, κατανεμημένα πολυμέσα, παράθυρα και αρδευτικά συστήματα. Στην αναγνώριση προσώπου μπορεί να πιστοποιεί την αδειοδότηση στον ιδιοκτήτη της οικίας. Επίσης η παρούσα εργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια περίπτωση όπου ένας χώρος θα ανιχνεύει ύπαρξη προσώπου και θα στέλνει ενημέρωση.

Το IoT γίνεται δημοφιλές σε πολλές πλευρές της ζωής, όπως έξυπνη ασφάλεια, έξυπνες πόλεις, υγειονομική περίθαλψη, έξυπνες μεταφορές, έξυπνα δίκτυα και διαδικτυακές επιχειρήσεις. Η αντικειμενικότητα της χρησιμοποίησης Το IoT είναι η κοινή χρήση

πληροφοριών και γνώσεων με όλους τους χρήστες σε ολόκληρο τον κόσμο.



Εικόνα 4: Χαρακτηριστικά IoT

## 2.2.4 Ορισμοί σχετικά με το IoT

Ορισμοί IoT: Ο όρος Internet of Things γενικά αναφέρεται σε σενάρια όπου η συνδεσιμότητα και η υπολογιστική ικανότητα του δικτύου επεκτείνεται σε αντικείμενα, αισθητήρες και καθημερινά αντικείμενα που κανονικά δεν θεωρούνται υπολογιστές, επιτρέποντας στις συσκευές αυτές να παράγουν, να ανταλλάσσουν και να καταναλώνουν δεδομένα με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. Ωστόσο, δεν υπάρχει ενιαίος, καθολικός ορισμός.<sup>[3][10]</sup>

Τεχνολογίες ενεργοποίησης: Η έννοια του συνδυασμού υπολογιστών, αισθητήρων και δικτύων για την παρακολούθηση και τον έλεγχο συσκευών υπάρχει εδώ και δεκαετίες. Ωστόσο, η πρόσφατη συρροή αρκετών τάσεων της αγοράς τεχνολογίας φέρνει το Διαδίκτυο των πραγμάτων πιο κοντά στην ευρέως διαδεδομένη πραγματικότητα. Σε αυτές περιλαμβάνονται η πανταχού παρούσα συνδεσιμότητα, η ευρεία υιοθέτηση της δικτύωσης βάσει IP, η οικονομία της πληροφορικής, η ελαχιστοποίηση, η πρόοδος στην ανάλυση δεδομένων και η αύξηση της υπολογιστικής νέφους.

Μοντέλα συνδεσιμότητας: Οι υλοποιήσεις IoT χρησιμοποιούν διαφορετικά μοντέλα τεχνικών επικοινωνιών, καθένα με τα δικά του χαρακτηριστικά. Τέσσερα κοινά μοντέλα επικοινωνίας που περιγράφονται από το Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής του Internet περιλαμβάνουν: Κοινή χρήση δεδομένων από συσκευή σε συσκευή, από συσκευή σε cloud, από συσκευή σε πύλη και από πίσω. Αυτά τα μοντέλα επισημαίνουν την ευελιξία με τους τρόπους με τους οποίους οι συσκευές IoT μπορούν να συνδεθούν και να παράσχουν αξία στο χρήστη.<sup>[3]</sup>

Δυνατότητες μετασχηματισμού: Εάν οι προβλέψεις και οι τάσεις προς την IoT γίνουν πραγματικότητα, μπορεί να αναγκάσει την αλλαγή του τρόπου σκέψης σχετικά με τις επιπτώσεις και τα θέματα σε έναν κόσμο όπου η πιο κοινή αλληλεπίδραση με το Διαδίκτυο προέρχεται από παθητική δέσμευση με συνδεδεμένα αντικείμενα αντί για ενεργό δέσμευση με περιεχόμενο. Η πιθανή υλοποίηση αυτού του αποτελέσματος-έναν "υπερσυνδεδεμένος κόσμος"- είναι απόδειξη του γενικού σκοπού της ίδιας της αρχιτεκτονικής του Διαδικτύου, η οποία δεν θέτει εγγενείς περιορισμούς στις εφαρμογές ή τις υπηρεσίες που μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία.<sup>[3][7]</sup>

# Κεφάλαιο 3

## 3.1 Αλγόριθμοι αναγνώρισης προσώπου

### 3.1.1 Τι είναι οι αλγόριθμοι αναγνώριση προσώπου;

Πρόκειται για διαδικασία κατά την οποία η βάση λειτουργίας της για την εκάστοτε αναγνώριση είναι καθορισμένη εξαρχής. Ο κάθε αλγόριθμος έχει δημιουργηθεί ώστε να λαμβάνει συγκεκριμένα στοιχεία από κάθε πρόσωπο και αναλαμβάνει να αποσυμπιέσει-επεξεργαστεί-συγκρίνει με δικό του τρόπο κάθε φορά. Παρακάτω θα γίνει ανάλυση για τον τρόπο σύγκρισης καθώς και παραδείγματα αλγόριθμων.

### 3.1.2 Ανάλυση τρόπου λειτουργίας αλγόριθμων αναγνώρισης προσώπου

Ο τρόπος λειτουργίας βασίζεται σε μια απλή μεθοδολογία.

Ανίχνευση-Συλλογή-Ανάλυση-Σύγκριση<sup>[6]</sup>

Αρχικά η ανίχνευση εντοπίζει ένα πρόσωπο από βίντεο ή εικόνα. Αφού το απομονώσει ο αλγόριθμος αναλύει τα γεωμετρικά στοιχεία του. Οι βασικοί παράγοντες περιλαμβάνουν την απόσταση μεταξύ των ματιών σας και την απόσταση από το μέτωπο στο πηγούνι. Στη συνέχεια ο αλγόριθμος θα αποθηκεύσει σε μια βάση δεδομένων ένα αρχείο με κωδικοποιημένα τα χαρακτηριστικά. Τέλος κατά την εκτέλεση του προγράμματος ο αλγόριθμος θα ανατρέξει στην βάση δεδομένων να συγκρίνει την πληροφορία που έλαβε ή λαμβάνει στην είσοδο και θα εξάγει το αποτέλεσμα της σύγκρισης.<sup>[6]</sup>

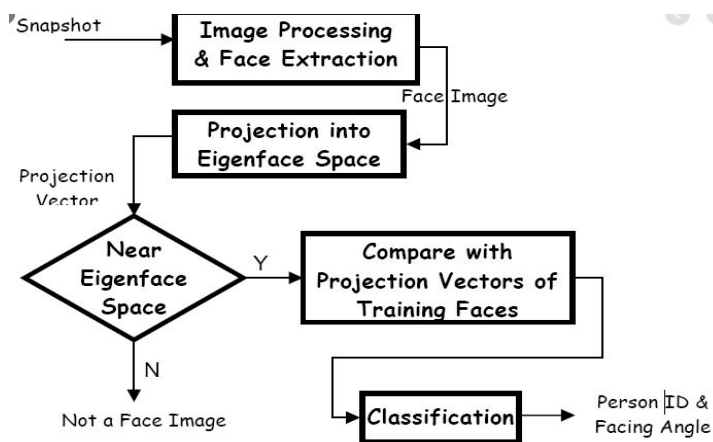
### 3.1.3 Είδη αλγορίθμων αναγνώρισης προσώπου

Υπάρχουν αρκετοί αλγόριθμοι αναγνώρισης προσώπου. [4][5]

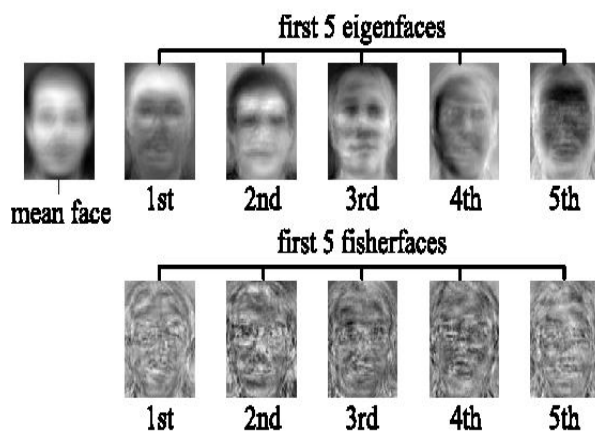
Θα γίνει ανάλυση των βασικότερων.

#### 1. Eigen faces - Fisher faces (PCA)

Δημιουργείται μια σειρά από προσόψεις μέσω μιας διαδικασίας μαθηματικής εκτέλεσης που κάνει ανάλυση στοιχείων σε μια σειρά εικόνων από διαφορετικά πρόσωπα. Η δημιουργία της πρόσοψης αυτής προκύπτει συνεπώς από την ανάλυση πολλών εικόνων προσώπων.



Εικόνα 5: Eigen faces - Fisher faces



Εικόνα 6: Eigen faces - Fisher faces

## 2. Viola & Jones

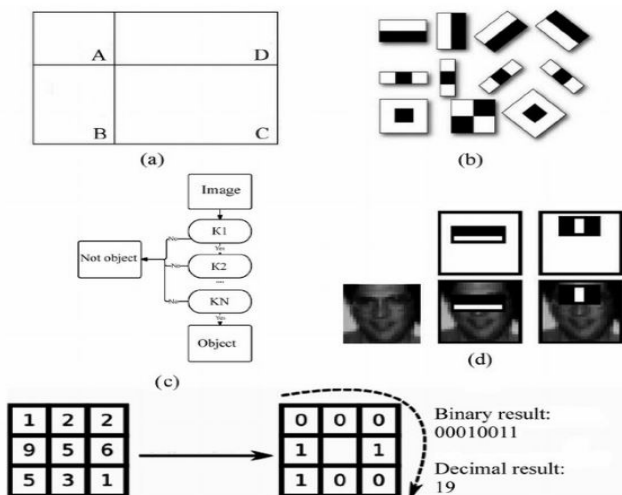
Πρόκειται για αλγόριθμο ισχυρό με υψηλό ρυθμός ανίχνευσης. Ο αλγόριθμος αυτός είναι και ο αλγόριθμος που θα χρησιμοποιηθεί στην διατριβή. Κάνει ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο. Για πρακτικές εφαρμογές, πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία τουλάχιστον 2 πλαίσια ανά δευτερόλεπτο. Στόχος είναι η διάκριση προσώπων από μη πρόσωπα (η ανίχνευση είναι το πρώτο βήμα στη διαδικασία αναγνώρισης). [4][18]

Ο αλγόριθμος έχει τέσσερα στάδια:

- Επιλογή δυνατότητας haar
- Δημιουργία ολοκληρωμένης εικόνας
- Εκπαίδευση Adaboost
- Διαδοχικοί κατηγοριοποιητές

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος κατατάσσεται απ τους πλέον αποτελεσματικών κυρίως για τα 2 χαρακτηριστικά του:

- Αξιοπιστία και υψηλά ποσοστά ανίχνευσης
- Εκτέλεση σε πραγματικό χρόνο, επεξεργασία τουλάχιστον 2pictures/per second.

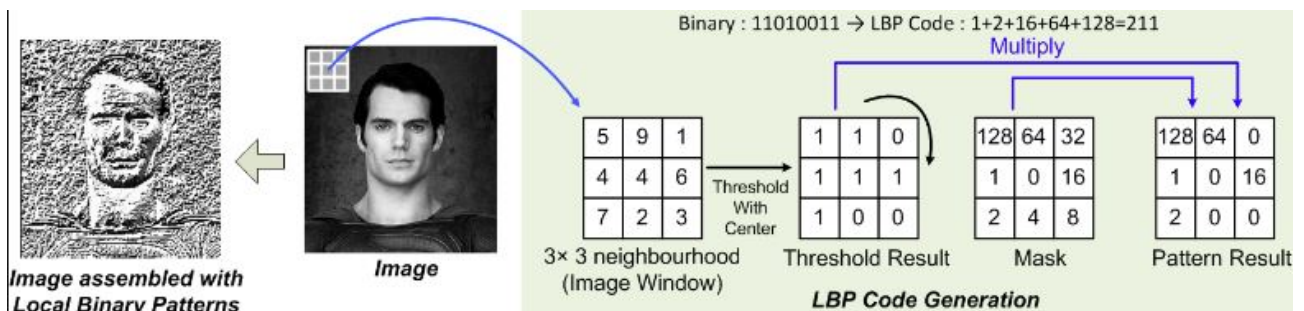


Εικόνα 7: Viola & Jones

### 3. Local Binary Patterns Histograms(LBPH)

Το διάνυσμα χαρακτηριστικών LBP, στην απλούστερη μορφή του, δημιουργείται με τον ακόλουθο τρόπο:

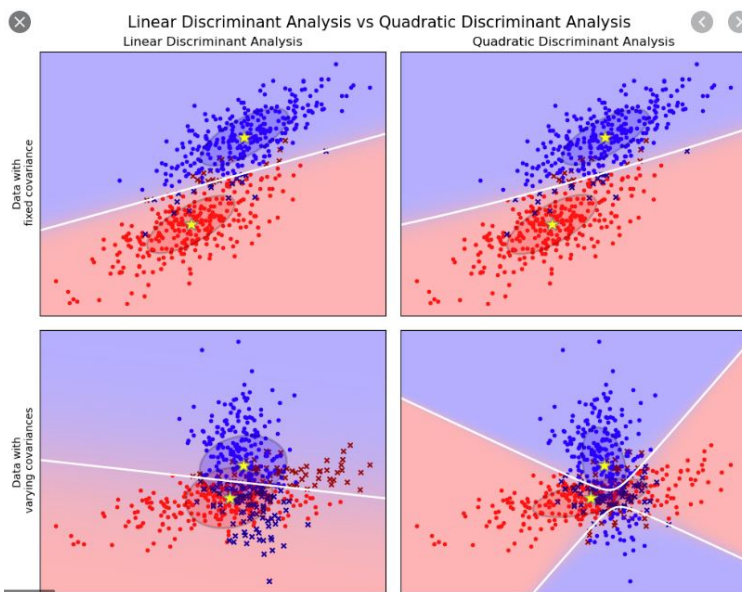
Διαιρεί το παράθυρο που εξετάζει σε κελιά (πχ. 16x16 pixels για κάθε κελί). Για κάθε pixel σε ένα κελί, συγκρίνει το pixel με κάθε ένα από τους 8 γείτονές του (στην αριστερή κορυφή, στην αριστερή μέση, στην αριστερή, στην αριστερή, στη δεξιά, στην κορυφή, κ.λπ.). Ακολουθεί τα pixel κατά μήκος ενός κύκλου, δηλαδή δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα. Όπου η τιμή του κεντρικού pixel είναι μεγαλύτερη από την τιμή του γειτονικού, απαντάει "0". Αλλιώς απαντάει "1". Αυτό δίνει έναν 8ψήφιο δυαδικό αριθμό (ο οποίος συνήθως μετατρέπεται σε δεκαδικό για ευκολία). Υπολογίζει το ιστόγραμμα, πάνω από το κελί, της συχνότητας εμφάνισης κάθε "αριθμού" (δηλαδή, κάθε συνδυασμός των οποίων τα pixel είναι μικρότερα και μεγαλύτερα από το κέντρο). Αυτό το ιστόγραμμα μπορεί να θεωρηθεί ως διάνυσμα 256 διαστάσεων.



Εικόνα 8: Local Binary Patterns Histograms(LBPH).

### 4. Linear Discriminant Analysis (LDA)

Η Linear Discriminant Analysis (LDA), είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιεί τα στατιστικά στοιχεία, την αναγνώριση μοτίβων και άλλα πεδία, για την εύρεση ενός γραμμικού συνδυασμού χαρακτηριστικών που χαρακτηρίζουν ή διαχωρίζουν δύο ή περισσότερες κατηγορίες αντικειμένων ή συμβάντων. Ο συνδυασμός που προκύπτει μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γραμμικός ταξινομητής ή πιο συχνά για τη μείωση της διάστασης πριν από τη μεταγενέστερη ταξινόμηση.

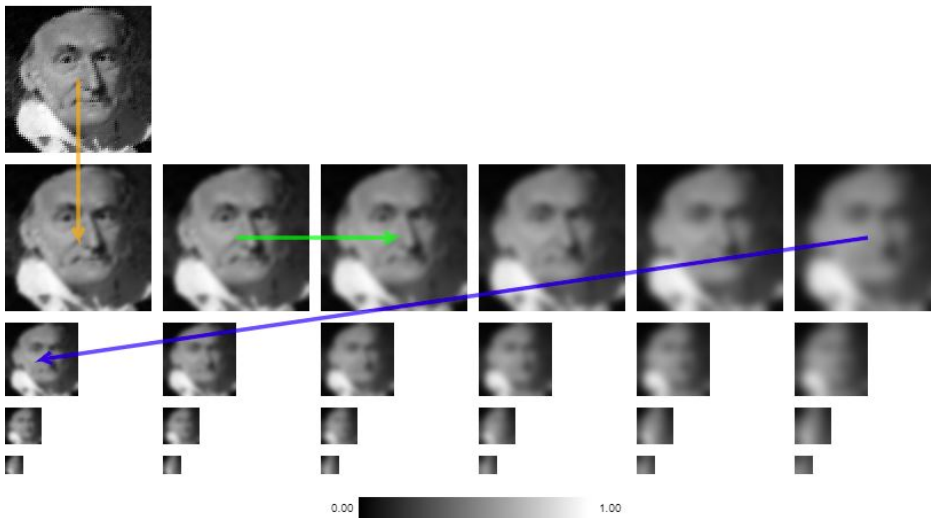


**Εικόνα 9: Linear Discriminant Analysis (LDA)**

## 5. Scale-invariant feature transform (SIFT)

Ο Scale-invariant feature transform είναι ένας αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την περιγραφή τοπικών χαρακτηριστικών σε ψηφιακές εικόνες. Εντοπίζει ορισμένα βασικά σημεία και στη συνέχεια τα παρέχει με ποσοτικές πληροφορίες (τους λεγόμενους περιγραφείς) που μπορούν, για παράδειγμα, να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση αντικειμένων. Οι περιγραφείς υποτίθεται ότι είναι άκαμπτοι απέναντι σε

διάφορους μετασχηματισμούς που μπορεί να κάνουν τις εικόνες να φαίνονται διαφορετικές, αν και αντιπροσωπεύουν τα ίδια αντικείμενα.



**Εικόνα 10: Scale-invariant feature transform SIFT**

### 6. Histogram of Oriented Gradients (HOG)

Ο HOG είναι μια περιγραφή χαρακτηριστικών που χρησιμοποιείται στην οπτική απεικόνιση υπολογιστή και στην επεξεργασία εικόνας με σκοπό την ανίχνευση αντικειμένων. Η τεχνική μετρά τις εμφανίσεις του προσανατολισμού νεγκραντέ σε τοπικά τμήματα μιας εικόνας. Αυτή η μέθοδος είναι παρόμοια με εκείνη των ιστογραμμάτων προσανατολισμού άκρων, περιγραφών μετασχηματισμού χαρακτηριστικών χωρίς κλίμακα και πλαισίων σχήματος, αλλά διαφέρει ως προς το ότι υπολογίζεται σε ένα πυκνό πλέγμα κελιών με ομοιόμορφες αποστάσεις και χρησιμοποιεί επικαλυπτόμενη ομαλοποίηση της τοπικής αντίθεσης για βελτιωμένη ακρίβεια.<sup>[8]</sup>

### 3.2 Χρήση ανίχνευσης και αναγνώρισης προσώπου στην πραγματικότητα

#### Ασφάλεια-Επιβολή του Νόμου

Γίνεται χρήση σχετικά με την καταπολέμηση του εγκλήματος και της τρομοκρατίας. Τα οφέλη των συστημάτων αναγνώρισης προσώπων για την αστυνόμευση είναι προφανή: ανίχνευση και πρόληψη της εγκληματικότητας. Η αναγνώριση προσώπου χρησιμοποιείται κατά την έκδοση εγγράφων ταυτότητας και, πιο συχνά, σε συνδυασμό με άλλες βιομετρικές τεχνολογίες, όπως τα δακτυλικά αποτυπώματα (πρόληψη της απάτης ταυτότητας και της κλοπής ταυτότητας). Σε συνοριακούς ελέγχους χρησιμοποιείται αγώνας για τη σύγκριση του πορτραίτου σε ψηφιοποιημένο βιομετρικό διαβατήριο με το πρόσωπο του κατόχου. Η χρήση βιομετρικών προσώπων μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε αστυνομικούς ελέγχους, αν και η χρήση τους ελέγχεται αυστηρά στην Ευρώπη.

Παραδείγματα:

#### 1.Εύρεση αγνοουμένων παιδιών και αποπροσανατολισμένων ενηλίκων

Αναγνώριση προσώπου Τα συστήματα CCTV μπορούν να επιταχύνουν σημαντικά τις προσπάθειες των παρόχων, επιτρέποντάς τους να προσθέσουν μια φωτογραφία αναφοράς που παρέχεται από τους γονείς του αγνοούμενου παιδιού και να την ταιριάξουν με προηγούμενες εμφανίσεις εκείνου του προσώπου που καταγράφεται σε βίντεο. Η αστυνομία μπορεί να χρησιμοποιήσει την αναγνώριση προσώπου για να αναζητήσει ακολουθίες βίντεο (π.χ. ανάλυση βίντεο) για την εκτιμώμενη τοποθεσία και ώρα που το παιδί έχει δηλωθεί ως αγνοούμενο.

Οι αστυνομικοί μπορούν να καταλάβουν καλύτερα τις κινήσεις του παιδιού προτού εξαφανιστούν και να εντοπίσουν το σημείο όπου εθεάθη για τελευταία φορά. Μια ειδοποίηση σε πραγματικό χρόνο μπορεί να ενεργοποιήσει συναγερμό κάθε φορά που υπάρχει ταύτιση. Η αστυνομία μπορεί να επιβεβαιώσει την ακρίβειά της και να κάνει ό,τι είναι απαραίτητο για να ανακτήσει τα αγνοούμενα παιδιά. Η ίδια διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί για τους αποπροσανατολισμένους ενήλικες (π.χ. με άνοια, αμνησία, επιληψία ή νόσο Αλτσχάιμερ).

#### 2.Αναγνώριση και εύρεση παιδιών που έχουν υποστεί εκμετάλλευση

Η απομόνωση των εμφανίσεων συγκεκριμένων ατόμων σε μια σειρά βίντεο είναι κρίσιμη. Μπορεί να επιταχύνει τις θέσεις των ερευνητών και σε υποθέσεις παιδικής εκμετάλλευσης.

Η ανάλυση βίντεο μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία χρονολογιών, στην παρακολούθηση δραστηριότητας σε ένα χάρτη, στην αποκάλυψη λεπτομερειών και στην ανακάλυψη μη προφανών συνδέσεων μεταξύ των παικτών σε μια υπόθεση.

### 3.Αναγνώριση και παρακολούθηση εγκληματιών

Αναγνώριση προσώπου Η τηλεόραση CCTV μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψει στην αστυνομία να εντοπίζει και να εντοπίζει εγκληματίες του παρελθόντος, ύποπτοι για διάπραξη πρόσθετης παράβασης. Η αστυνομία μπορεί επίσης να λάβει προληπτικά μέτρα.

Χρησιμοποιώντας μια εικόνα ενός γνωστού εγκληματία από ένα βίντεο ή μια εξωτερική εικόνα (ή μια βάση δεδομένων), οι τελεστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το για να ανιχνεύσουν αντιστοιχίες σε ζωντανό βίντεο και να αντιδράσουν πριν να είναι πολύ αργά.

### 4.Υποστήριξη και επιτάχυνση των ερευνών

Τα συστήματα CCTV αναγνώρισης προσώπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υποστηρίξουν ερευνητές που αναζητούν στοιχεία βίντεο μετά από συμβάν.

Η ικανότητα απομόνωσης των υπόπτων και των ατόμων είναι κρίσιμη για την επίσπευση της αναθεώρησης των αποδεικτικών στοιχείων βίντεο από τους ερευνητές για σχετικές λεπτομέρειες. Μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα πώς εξελίχθηκαν οι καταστάσεις.

### **Υγεία**

Στον τομέα αυτό έχουν σημειωθεί σημαντικές πρόοδοι.

Χάρη στη βαθιά μάθηση και την ανάλυση του προσώπου, είναι ήδη δυνατόν: η παρακολούθηση της χρήσης ενός φαρμάκου με μεγαλύτερη ακρίβεια, ανίχνευση γενετικών ασθενειών, υποστήριξη διαδικασιών διαχείρισης του πόνου.

### **Λιανική πώληση και αγορά**

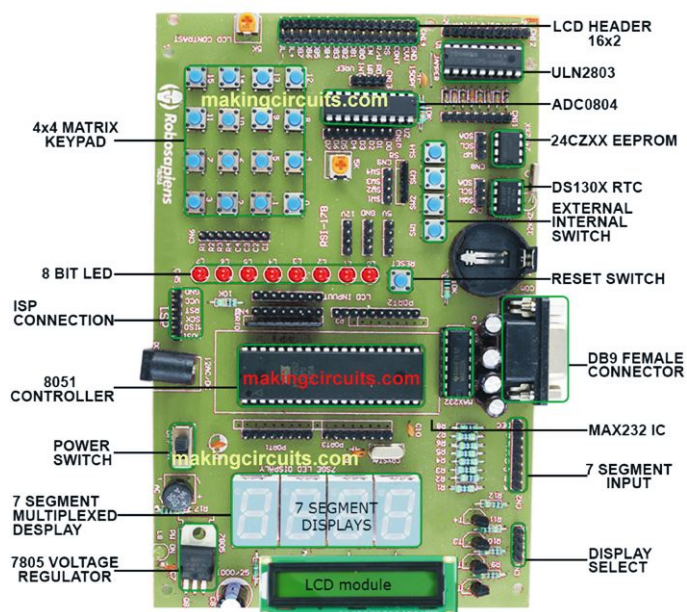
Αυτή η σημαντική τάση συνδυάζεται με τις τελευταίες εξελίξεις στην αγορά όσον αφορά την εμπειρία των πελατών. Τοποθετώντας κάμερες σε καταστήματα λιανικής, είναι πλέον δυνατή η ανάλυση της συμπεριφοράς των αγοραστών και η βελτίωση της διαδικασίας αγοράς πελατών.

# Κεφάλαιο 4

## 4.1 Μικροελεγκτές μονής πλακέτας και hardware

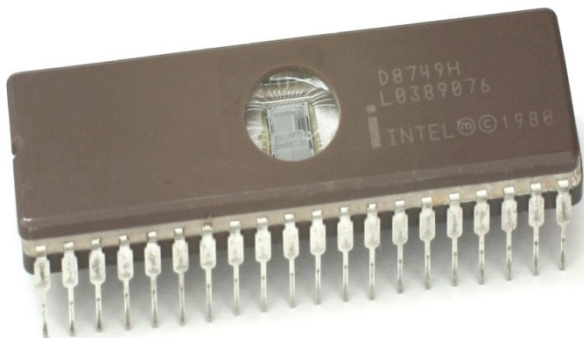
### 4.1.1 Μικροελεγκτές μονής πλακέτας

Οι Μικροελεγκτές μονής πλακέτας είναι μικροελεγκτές που είναι ενσωματωμένοι σε μία πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος. Αυτός ο πίνακας παρέχει όλα τα κυκλώματα που είναι απαραίτητα για μια χρήσιμη εργασία ελέγχου: ένα μικροεπεξεργαστή, κυκλώματα εισόδου/εξόδου data ήχου και εικόνας, μια γεννήτρια ρολογιού, μνήμη RAM, αποθηκευμένη μνήμη προγράμματος, υποδοχή κάρτα μνήμης, LAN Ethernet, κύκλωμα για σύνδεση WiFi-Bluetooth, ICP connections . Η πρόθεση είναι να υπάρχει μια πλακέτα η οποία να είναι άμεσα χρήσιμη για έναν προγραμματιστή εφαρμογών, χωρίς να απαιτεί χρόνο και προσπάθεια για την ανάπτυξη υλικού ελεγκτή. Επίσης καθίστανται δημοφιλείς επειδή έχουν ιδιαίτερα χαμηλό κόστος. Οι μικροελεγκτές μονής πλακέτας είναι δημοφιλείς εδώ και καιρό στην εκπαίδευση. Τέλος αποτελούν ένα σημαντικό μέσον για την εξοικείωση και την άσκηση των προγραμματιστών και όσων θέλουν να ασχοληθούν με τον κλάδο αυτό.<sup>[9]</sup>



Εικόνα 11: Πλακέτα

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970 πρωτοεμφανίστηκαν οι μικροελεγκτές μονής πλακέτας. Αυτό επήλθε όταν έγινε και η εμφάνιση των πρώτων μικροεπεξεργαστών, όπως ο 6502 και ο Z80 και κατέστησαν πρακτική την κατασκευή ενός ολόκληρου ελεγκτή σε μία μόνο πλακέτα, καθώς και οικονομικά προσιτή την κατασκευή ενός υπολογιστή. Το Μάρτιο του 1976, η Intel ανακοίνωσε ένα προϊόν υπολογιστή μονής πλακέτας το οποίο ενσωμάτωσε όλα τα εξαρτήματα υποστήριξης που απαιτούνται για τον μικροεπεξεργαστή τους 8080, μαζί με 1 KB μνήμη RAM, 4 KB μνήμη ROM προγραμματιζόμενο από το χρήστη και 48 γραμμές παράλληλης ψηφιακής εισόδου/εξόδου με προγράμματα εντολών. Η πλακέτα επίσης είχε τη δυνατότητα επέκτασης μέσω υποδοχής διαύλου, αλλά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί χωρίς πλαίσιο για κάρτες επέκτασης όταν οι εφαρμογές δεν απαιτούν πρόσθετο υλικό. Η ανάπτυξη λογισμικού για το σύστημα αυτό φιλοξενήθηκε στο σύστημα ανάπτυξης μικροϋπολογιστών Intel MDS της Intel. Οι επεξεργαστές αυτής της εποχής απαιτούσαν τη συμπίληψη ενός αριθμού chip υποστήριξης εκτός του επεξεργαστή. Η RAM και το EPROM ήταν ξεχωριστά στοιχεία, απαιτώντας συχνά διαχείριση μνήμης ή κυκλώματα ανανέωσης για δυναμική μνήμη. Η επεξεργασία εισόδου/εξόδου μπορεί να έχει πραγματοποιηθεί από ένα μόνο chip, όπως το 8255, αλλά συχνά απαιτούνταν αρκετά περισσότερα chip. Ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας διαφέρει από έναν υπολογιστή μονής πλακέτας, καθώς στερείται των διασυνδέσεων περιβάλλοντος χρήστη και αποθήκευσης μάζας γενικής χρήσης που θα είχε ένας υπολογιστής γενικής χρήσης.

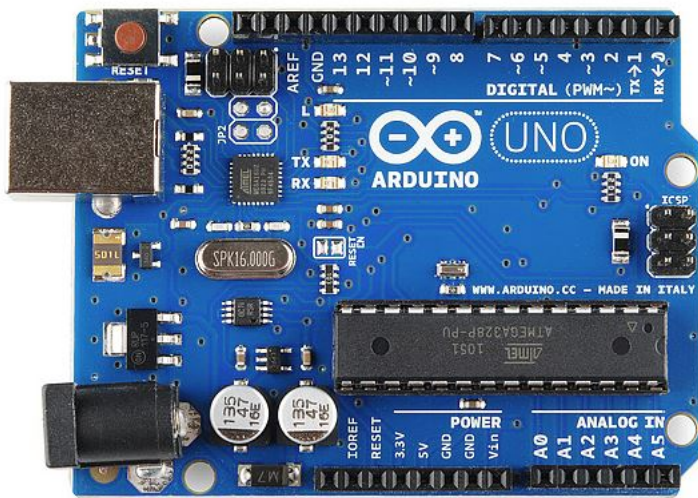


**Εικόνα 12: Μικροελεγκτής 8048**

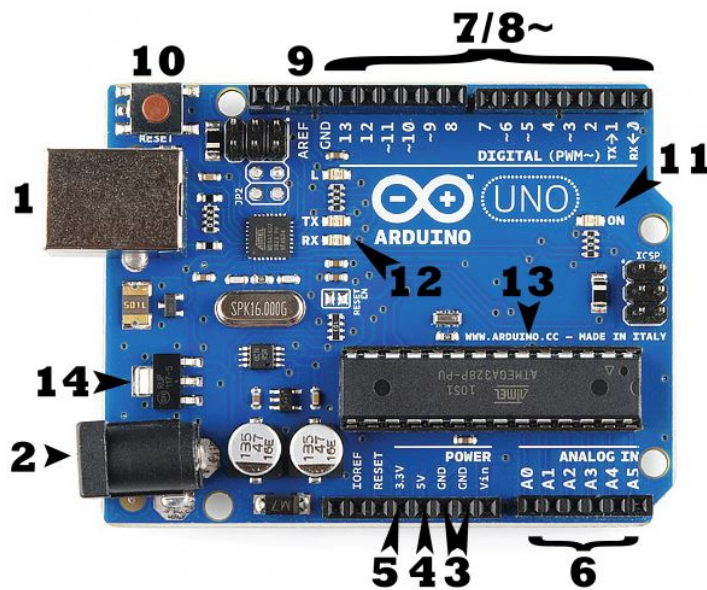
#### 4.1.2 Μικροελεγκτής Arduino

Το Arduino είναι μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα που χρησιμοποιείται για την δημιουργία project που απαιτούν υλοποίηση σε θέμα κατασκευής και προγραμματισμού. Το Arduino αποτελείται τόσο από μια φυσική προγραμματιζόμενη πλακέτα κυκλώματος (συντά αναφέρεται ως μικροελεγκτής σσ. 3.1.1 Μικροελεγκτές μονής πλακέτας) όσο και από ένα λογισμικό, ή IDE (Ενσωματωμένο Περιβάλλον Ανάπτυξης) που εκτελείται στον υπολογιστή και χρησιμοποιείται για την εγγραφή και την αποστολή κώδικα στη φυσική πλακέτα. Η πλατφόρμα Arduino έχει γίνει αρκετά δημοφιλής καθώς έχει σχετικά χαμηλό κόστος και βρίσκεται εύκολα στο εμπόριο. Σε αντίθεση με τις περισσότερες προηγούμενες προγραμματιζόμενες πλακέτες κυκλωμάτων, ο Arduino δεν χρειάζεται ξεχωριστό κομμάτι hardware για να φορτώσει νέο κώδικα πάνω στην πλακέτα. Μπορεί απλά να χρησιμοποιηθεί ένα καλώδιο USB. Επιπλέον, το Arduino IDE χρησιμοποιεί μια απλοποιημένη έκδοση του C++, διευκολύνοντας την εκμάθηση του προγράμματος. Τέλος, το Arduino παρέχει έναν τυπικό συντελεστή μορφής που καθιστά τις λειτουργίες του μικροελεγκτή πιο προσιτές.

Παρακάτω θα γίνει επεξήγηση ενός μοντέλου Arduino και στη συνέχεια αναφορά και των υπόλοιπων πλακετών και εξαρτημάτων.<sup>[11]</sup>



Εικόνα 13: Arduino UNO



Εικόνα 14: Arduino UNO, επεξήγηση

### 1,2 Τροφοδοσία (USB / υποδοχή jack)

Κάθε πλακέτα Arduino χρειάζεται έναν τρόπο να συνδεθεί με μια πηγή ενέργειας. Το Arduino UNO μπορεί να τροφοδοτείται από ένα καλώδιο USB που προέρχεται από τον υπολογιστή ή από μετασχηματιστή σε DC. Η σύνδεση USB είναι επίσης ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να φορτωθεί ο κώδικας στην πλακέτα Arduino. Η συνιστώμενη τάση για τα περισσότερα μοντέλα είναι μεταξύ 6 και 12 Volt. Μεγαλύτερη τάση πιθανόν θα αποβεί καταστροφική για την πλακέτα και το σύστημα.

### 3,4,5 Έξοδοι 3.3v,5v και GND

### 6 Αναλογικές ακίδες

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάγνωση αναλογικών σημάτων στην πλακέτα.

### 7,8 Ψηφιακές ακίδες εισόδου / εξόδου

14 ακίδες για να διαβάζουν και να εξάγουν ψηφιακά σήματα. Οι 6 από αυτές ακίδες είναι επίσης για χρήση PWM(Pulse Width Modulation).

## 9 AREF pins

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να οριστεί μια εξωτερική τάση αναφοράς ως το ανώτερο όριο για τις αναλογικές ακίδες.

## 10 Κουμπί επαναφοράς

## 11 Ένδειξη LED

Ένδειξη ότι η πλακέτα είναι σε λειτουργία.

## 12 Ενδείξεις LED

Ένδειξη RX(receive) και TXI(transmit), αναβοσβήνουν αναλόγως την αποστολή ή λήψη data.

## 13 Μικροελεγκτής ATmega328

Arduino function				Arduino function
reset	(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13) analog input 5
digital pin 0 (RX)	(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12) analog input 4
digital pin 1 (TX)	(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11) analog input 3
digital pin 2	(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10) analog input 2
digital pin 3 (PWM)	(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9) analog input 1
digital pin 4	(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8) analog input 0
VCC	VCC	7	22	GND GND
GND	GND	8	21	AREF analog reference
crystal	(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC VCC
crystal	(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5) digital pin 13
digital pin 5 (PWM)	(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4) digital pin 12
digital pin 6 (PWM)	(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3) digital pin 11(PWM)
digital pin 7	(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2) digital pin 10 (PWM)
digital pin 8	(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1) digital pin 9 (PWM)

Digital Pins 11, 12 & 13 are used by the ICSP header for MOSI, MISO, SCK connections (Atmega168 pins 17, 18 & 19). Avoid low-impedance loads on these pins when using the ICSP header.

### 4.1.3 Μικροελεγκτής Raspberry

Οι μικροελεγκτές Raspberry πi αποτελούν όπως και οι Arduino πλατφόρμες ανοιχτού κώδικα. Αναπτύχθηκαν στο Ηνωμένο Βασίλειο και αποτελεί μια αρκετά οικονομική λύση για την επιλογή της. Αποτελούνται από επεξεργαστή μέχρι 4ων πυρήνων 32 και 64 bit πλέον και έχουν αρκετές μονάδες διασύνδεσης. Υπάρχει δυνατότητα δυναμικής μνήμης μόνιμης καταχώρησης καθώς υπάρχει memory slot για micro SD. Το τελευταίο μοντέλο αποδίδει έως και 4K ανάλυση με έξοδο HDMI. Παρέχει τόσο ενσύρματη όσο και ασύρματη επικοινωνία με Ethernet και WiFi αντίστοιχα. Τέλος υπάρχει δυνατότητα στην πλακέτα για σύνδεση camera και display. Στην πλακέτα αυτή λόγω επιλογής της για την διατριβή και συγκεκριμένα του Pi4b θα γίνει εκτενέστερη και ενδεδειγμένη ανάλυση.<sup>[9][12]</sup>



Εικόνα 16: Raspberry Pi4

# Κεφάλαιο 5

## 5.1 Python

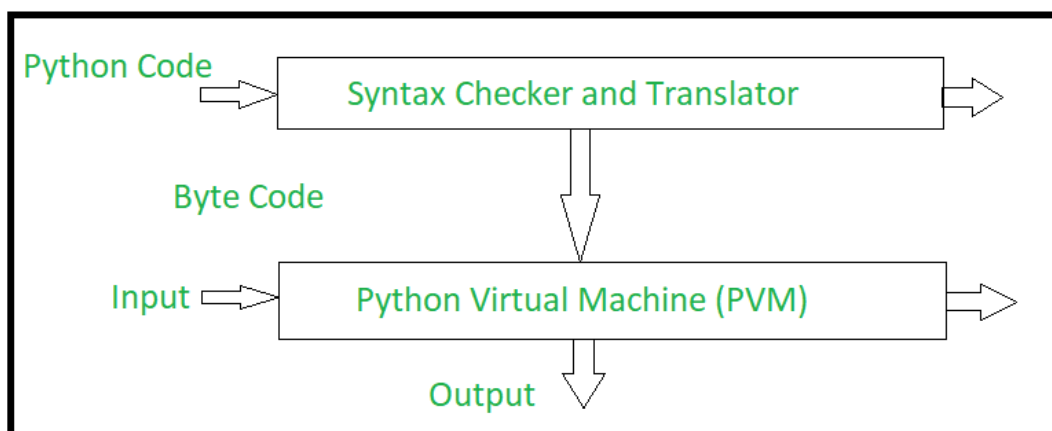
Η python είναι μια γλώσσα προγραμματισμού αρκετά δημοφιλής τα τελευταία χρόνια λόγω της αναγνωσιμότητάς της. Θεωρείται υψηλού επιπέδου όπως η Java και η C.

Μερικά χαρακτηριστικά της είναι:

- Απλή σύνταξη
- Υπαρξη πολλών πακέτων υποστήριξης
- Πρόκειται για γλώσσα ανοιχτού κώδικα
- Έχει αρκετές κατευθύνσεις
- Εξυπηρετεί αρχάριους και μη χρήστες
- Αντικειμενοστραφής προγραμματισμός

Η εκτέλεση μπορεί να γίνει σε πολλά περιβάλλοντα. Κατά την διατριβή πραγματοποιήθηκε σε Linux Raspbian. Υπάρχουν όμως αρκετές πλατφόρμες. Σε windows μπορεί να εκτελεστεί μέσω του anaconda. <sup>[13]</sup>

Η εκτέλεση απαιτεί τη γνώση των βιβλιοθηκών αλλά η αναγνώριση σφαλμάτων και λάθος μεταβλητών παρέχονται απ την ίδια την python κάτι που δείχνει πόσο ισχυρή είναι.



Εικόνα 17: Python διάταξη

## 5.2 Open CV

Η Open CV (Open Source Computer Vision Library) είναι μια βιβλιοθήκη η οποία παρέχεται δωρεάν. Είναι γραμμένη σε γλώσσα C++ και αναπτύχθηκε έτσι ώστε να αλληλοεπιδρά με τις δομές δεδομένων που αφορούν την βιβλιοθήκη STL. Έχει αρκετές λειτουργίες προγραμματισμού για επεξεργασία εικόνων και βίντεο και μπορεί να αξιοποιήσει αρκετούς αλγόριθμους. Περιλαμβάνει GUI για να διευκολύνει τον χρήστη σε πραγματικό χρόνο και μπορεί να τρέξει σε αρκετές γλώσσες προγραμματισμού και OS.

Συγκεκριμένα υποστηρίζεται από τις γλώσσες:

C++, Android SDK, Java, Python, Matlab/Octave, C

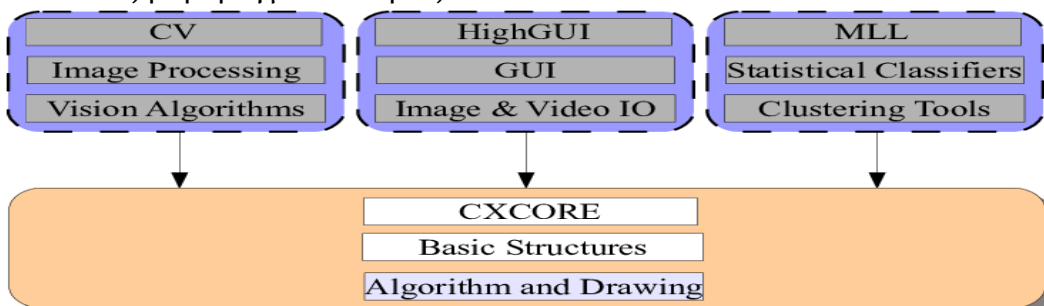
και στα παρακάτω λειτουργικά συστήματα:

Linux, Windows, Android, Mac-OS, FreeBSD, Net BSD, Open BSD.

Στην συγκεκριμένη διατριβή θα εκτελεστεί σε Linux με Python. Η Open CV αναπτύχθηκε από την Intel και υποστηρίχθηκε από την Willow Garage και την Itseez και γίνεται αξιοποίηση από κέντρα ερευνών και κυβερνητικές οργανώσεις. Για την εγκατάσταση της βιβλιοθήκης στο σύστημα μου έχει γίνει πλήρη επεξήγηση στο παράρτημα Α.

Μερικές εφαρμογές της βιβλιοθήκης:

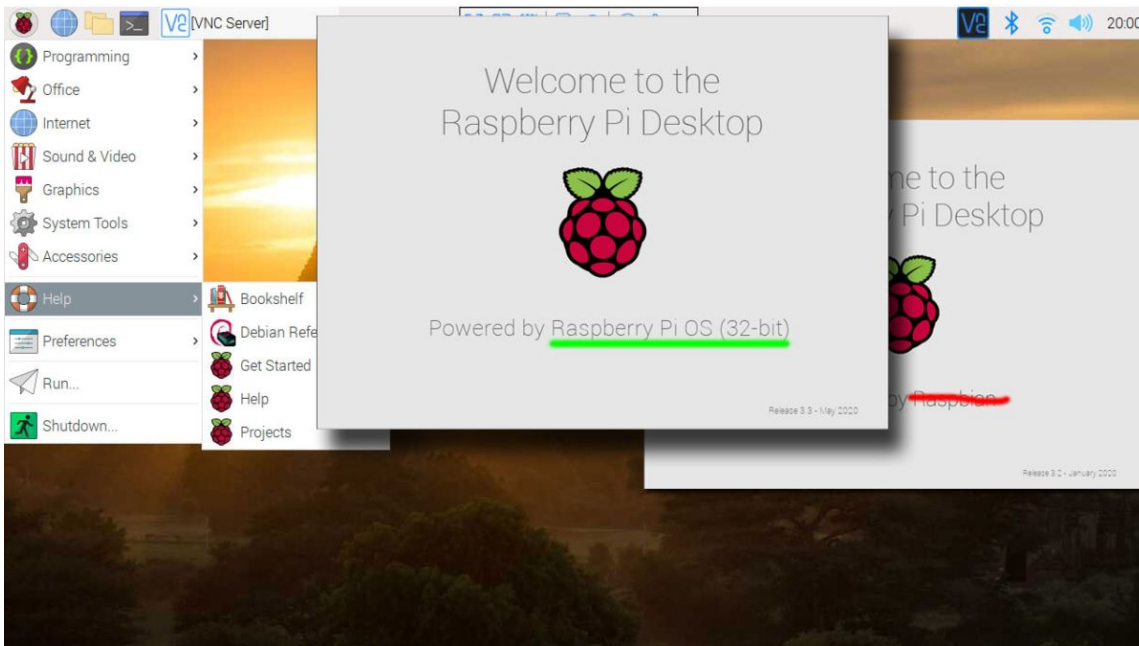
- 2D και 3D εξαγωγή μοντέλων αντικειμένων
- Εκτίμηση κίνησης
- Αναγνώριση προσώπου
- Αναγνώριση χειρονομίας
- Human-computer interaction (HCI)
- Κινητική ρομποτική
- Αναγνώριση κίνησης
- Αναγνώριση αντικειμένων
- Τμηματοποίηση και αναγνώριση
- Stereopsis stereo vision: αντίληψη βάθους
- Δομή από κίνηση (SFM)
- Παρακολούθηση κίνησης
- Επαύξηση πραγματικότητας<sup>[13]</sup>



Εικόνα 18: OpenCV λειτουργία

## 5.3 Raspbian

Η πλακέτα Raspberry έχει κατασκευαστεί για να λειτουργεί σε Linux. Έτσι έχουν αναπτυχθεί γύρω απ αυτό αρκετές διανομές. Μια εξ αυτών η οποία είναι βασισμένη σε λειτουργικό Debian είναι η Raspberry. Πρόκειται για λειτουργικό ανοιχτού κώδικα το οποίο παρέχεται δωρεάν. Επίσης απ το 2015 και μετά έχει θεσπιστεί ως πρωταρχικό λειτουργικό για τις πλακέτες Raspberry. Στο κεφάλαιο 6 θα υπάρχει ανάλυση για το συγκεκριμένο λογισμικό και στο Παράρτημα Α πλήρης επεξήγηση της εγκατάστασης.<sup>[14]</sup>



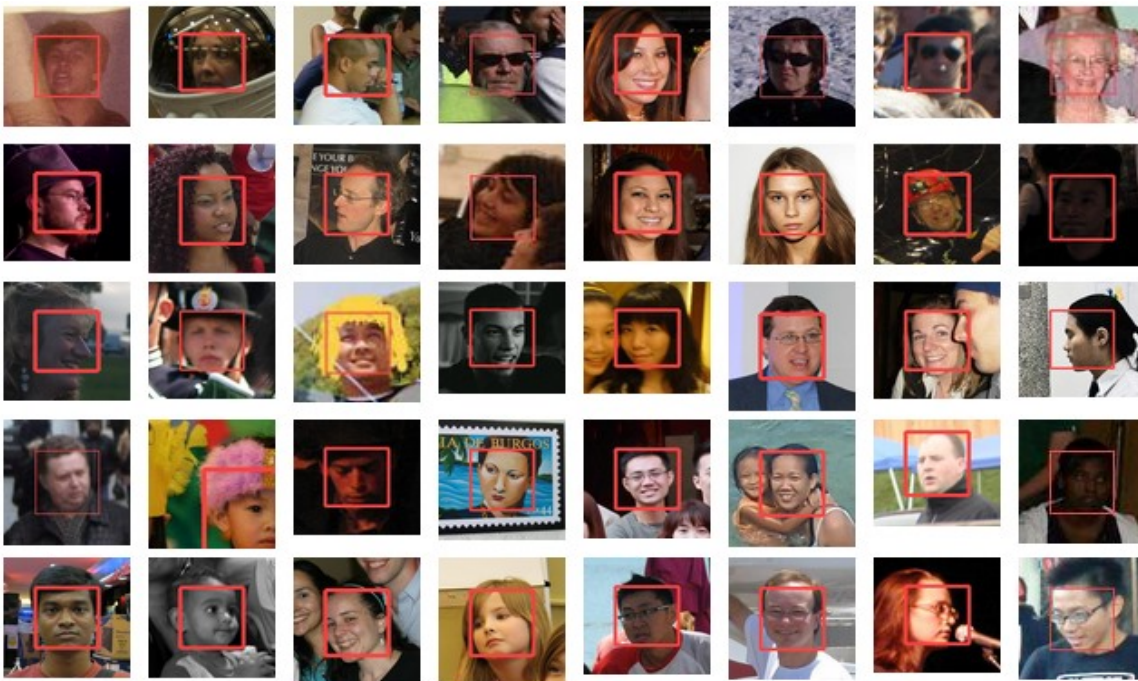
Εικόνα 19: Raspbian OS

## 5.4 Database

Ο σχεδιασμός της εργασίας ήταν να γίνει αναγνώριση μέσα από 3 διαφορετικές database εκ των οποίων θα επιλεγεί μια και θα καθιερωθεί στο σύστημα. Για την επιλογή της θα γίνει αναφορά και ανάλυση στο κεφάλαιο 6.

Η ύπαρξη των database είναι κάτι βασικό για το σύστημα αναγνώρισης. Καθορίζει το τι και που αναζητά ο χρήστης και είναι η αρχή αναφοράς. Η database μπορεί να είναι ένα online σύστημα στο οποίο θα υπάρχει ανανέωση δεδομένων προκειμένου να υπάρχει live χρήση (πχ σύστημα ασφαλείας στο Πεκίνο). Ή μπορεί να υπάρχει ένας ήδη καταχωρημένος αριθμός από φωτογραφίες και να γίνεται σε αυτό αναζήτηση,

Το πρώτο προϋποθέτει σύνδεση στο διαδίκτυο ώστε να υπάρχει ενημέρωση και κατάλληλη παραμετροποίηση με συνεχή εκπαίδευση στον αλγόριθμο ενώ το δεύτερο αρκεί η αρχικοποίηση και η εκπαίδευση κατά την προετοιμασία.



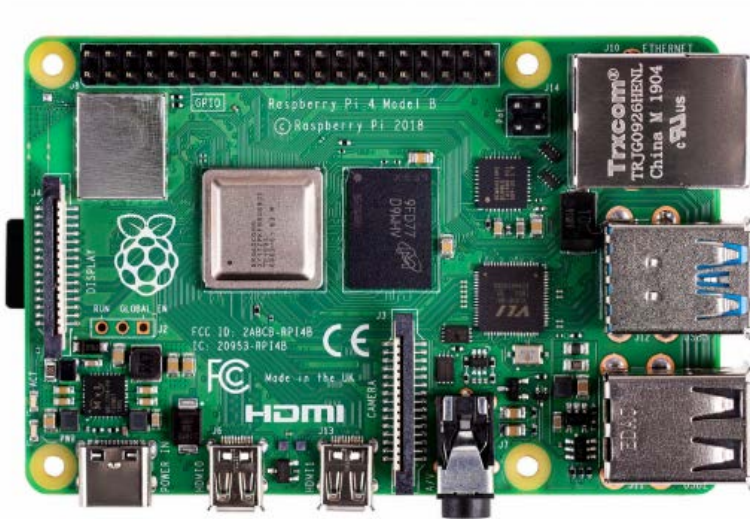
Εικόνα 20: Παράδειγμα database

# Κεφάλαιο 6

## 6.1 Επιλογή Hardware

### 6.1.1 Raspberry Pi 4b

Στην παρούσα διατριβή έγινε χρήση raspberry Pi4b. Η αγορά έγινε απ το διαδίκτυο, Κίνα(ebay.com) και αποτέλεσε οικονομική λύση συγκριτικά για τις δυνατότητες της πλατφόρμας αφού δε ξεπέρασε τα 60€ .



Εικόνα 21 Raspberry Pi 4b

Προδιαγραφές:

- Επεξεργαστής

Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz

- Μνήμη

2GB LPDDR4-3200 SDRAM

- Ασύρματη σύνδεση

2.4 GHz και 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE

- Ενσύρματη σύνδεση

Gigabit Ethernet

- Θύρες USB

2xUSB 3.0 ports; 2xUSB 2.0 ports

- Διασύνδεση GPIO

Raspberry Pi standard 40 pin GPIO header (fully backwards compatible with previous boards)

6x UART

6x I2C

5x SPI

1x SDIO

1x DPI(RGB παράλληλη)

1x PCM

2x PWM κανάλια

3x GPCLK έξοδοι

- Έξοδοι εικόνας/ήχου

2 × micro-HDMI ports (up to 4kp60 supported)

2-lane MIPI DSI display port

2-lane MIPI CSI camera port

4-pole stereo audio and composite video port

H.265 (4kp60 decode), H264 (1080p60 decode, 1080p30 encode)

- Γραφικά

OpenGL ES 3.0 graphics

- Μνήμη/Δίσκος

Micro-SD card slot for για χρήση εγκατάστασης λογισμικού και αρχείων

- Τροφοδοσία

5V DC μέσω USB-C connector (minimum 3A\*)

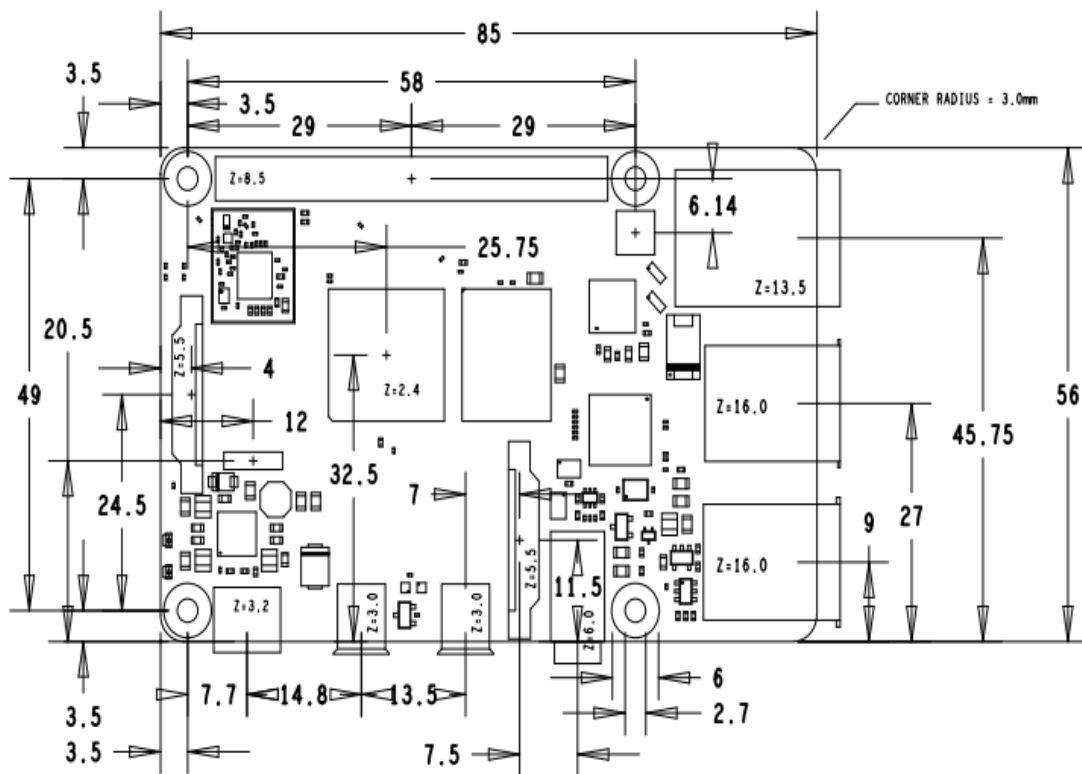
5V DC μέσω GPIO header (minimum 3A\*)

Power over Ethernet (PoE) enabled

- Επιτρεπτή θερμοκρασία

0 – 50 βαθμοί C

Παρακάτω διακρίνονται οι διαστάσεις της πλακέτας και των εξαρτημάτων



Εικόνα 22: Raspberry Pi 4b, φυσικές προδιαγραφές

Προδιαγραφές GPIO DC

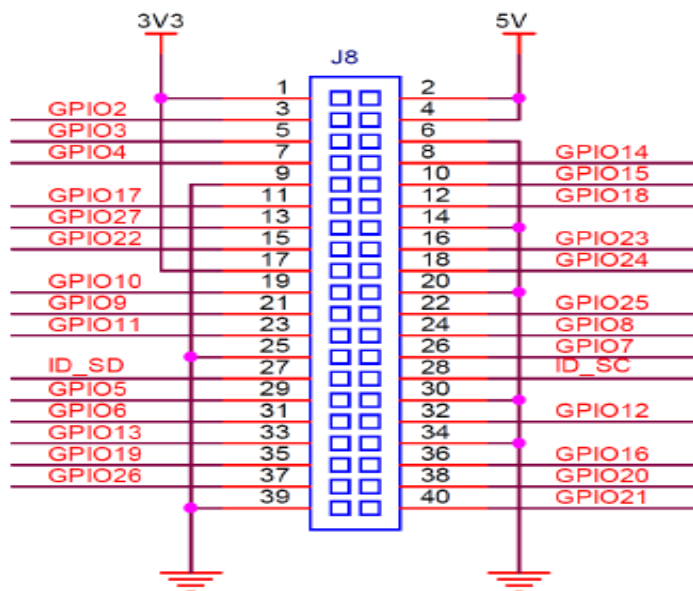
Θα γίνει ανάλυση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των GPIO της πλακέτας.

Symbol	Parameter	Conditions	Minimum	Typical	Maximum	Unit
$V_{IL}$	Input low voltage	VDD_IO = 3.3V	-	-	TBD	V
$V_{IH}$	Input high voltage	VDD_IO = 3.3V	TBD	-	-	V
$I_{IL}$	Input leakage current	TA = +85°C	-	-	TBD	$\mu$ A
$C_{IN}$	Input capacitance	-	-	TBD	-	pF
$V_{OL}$	Output low voltage	VDD_IO = 3.3V, IOL = -2mA	-	-	TBD	V
$V_{OH}$	Output high voltage	VDD_IO = 3.3V, IOH = 2mA	TBD	-	-	V
$I_{OL}$	Output low current	VDD_IO = 3.3V, VO = 0.4V	TBD	-	-	mA
$I_{OH}$	Output high current	VDD_IO = 3.3V, VO = 2.3V	TBD	-	-	mA
$R_{PU}$	Pullup resistor	-	TBD	-	TBD	k $\Omega$
$R_{PD}$	Pulldown resistor	-	TBD	-	TBD	k $\Omega$

Εικόνα 23: Ηλεκτρικές προδιαγραφές DC

### Προδιαγραφές Pin-Λειτουργίες

Θα γίνει πλήρη αναφορά των λειτουργιών του κάθε pin. Στην παρούσα διατριβή δεν έγινε κάποια διασύνδεση καθώς δεν ήταν στον αρχικό σχεδιασμό. Επίσης η τροφοδοσία έγινε μέσω της θύρας type C USB από μετασχηματιστή AC to DC.



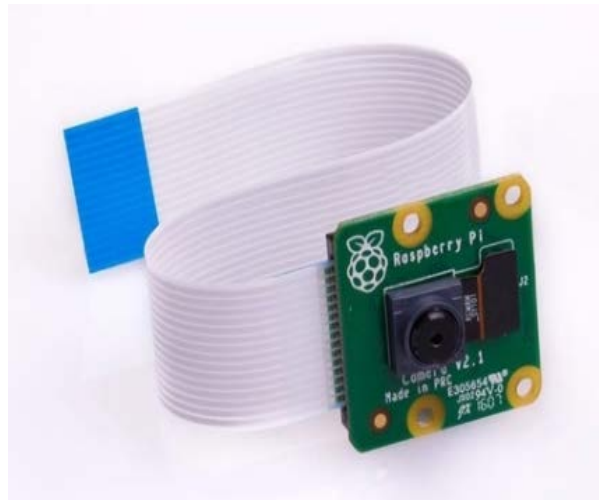
Εικόνα 24: Προδιαγραφές pin(1)

GPIO	Default						
	Pull	ALT0	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5
0	High	SDA0	SA5	PCLK	SPI3_CE0_N	TXD2	SDA6
1	High	SCL0	SA4	DE	SPI3_MISO	RXD2	SCL6
2	High	SDA1	SA3	LCD_VSYNC	SPI3_MOSI	CTS2	SDA3
3	High	SCL1	SA2	LCD_HSYNC	SPI3_SCLK	RTS2	SCL3
4	High	GPCLK0	SA1	DPLD0	SPI4_CE0_N	TXD3	SDA3
5	High	GPCLK1	SA0	DPLD1	SPI4_MISO	RXD3	SCL3
6	High	GPCLK2	SOE_N	DPLD2	SPI4_MOSI	CTS3	SDA4
7	High	SPI0_CE1_N	SWE_N	DPLD3	SPI4_SCLK	RTS3	SCL4
8	High	SPI0_CE0_N	SD0	DPLD4	-	TXD4	SDA4
9	Low	SPI0_MISO	SD1	DPLD5	-	RXD4	SCL4
10	Low	SPI0_MOSI	SD2	DPLD6	-	CTS4	SDA5
11	Low	SPI0_SCLK	SD3	DPLD7	-	RTS4	SCL5
12	Low	PWM0	SD4	DPLD8	SPI5_CE0_N	TXD5	SDA5
13	Low	PWM1	SD5	DPLD9	SPI5_MISO	RXD5	SCL5
14	Low	TXD0	SD6	DPLD10	SPI5_MOSI	CTS5	TXD1
15	Low	RXD0	SD7	DPLD11	SPI5_SCLK	RTS5	RXD1
16	Low	FL0	SD8	DPLD12	CTS0	SPI1_CE2_N	CTS1
17	Low	FL1	SD9	DPLD13	RTS0	SPI1_CE1_N	RTS1
18	Low	PCM_CLK	SD10	DPLD14	SPI6_CE0_N	SPI1_CE0_N	PWM0
19	Low	PCM_FS	SD11	DPLD15	SPI6_MISO	SPI1_MISO	PWM1
20	Low	PCM_DIN	SD12	DPLD16	SPI6_MOSI	SPI1_MOSI	GPCLK0
21	Low	PCM_DOUT	SD13	DPLD17	SPI6_SCLK	SPI1_SCLK	GPCLK1
22	Low	SD0_CLK	SD14	DPLD18	SD1_CLK	ARM_TRST	SDA6
23	Low	SD0_CMD	SD15	DPLD19	SD1_CMD	ARM_RTCK	SCL6
24	Low	SD0_DAT0	SD16	DPLD20	SD1_DAT0	ARM_TDO	SPI3_CE1_N
25	Low	SD0_DAT1	SD17	DPLD21	SD1_DAT1	ARM_TCK	SPI4_CE1_N
26	Low	SD0_DAT2	TE0	DPLD22	SD1_DAT2	ARM_TDI	SPI5_CE1_N
27	Low	SD0_DAT3	TE1	DPLD23	SD1_DAT3	ARM_TMS	SPI6_CE1_N

Εικόνα 25: Προδιαγραφές pin(2)

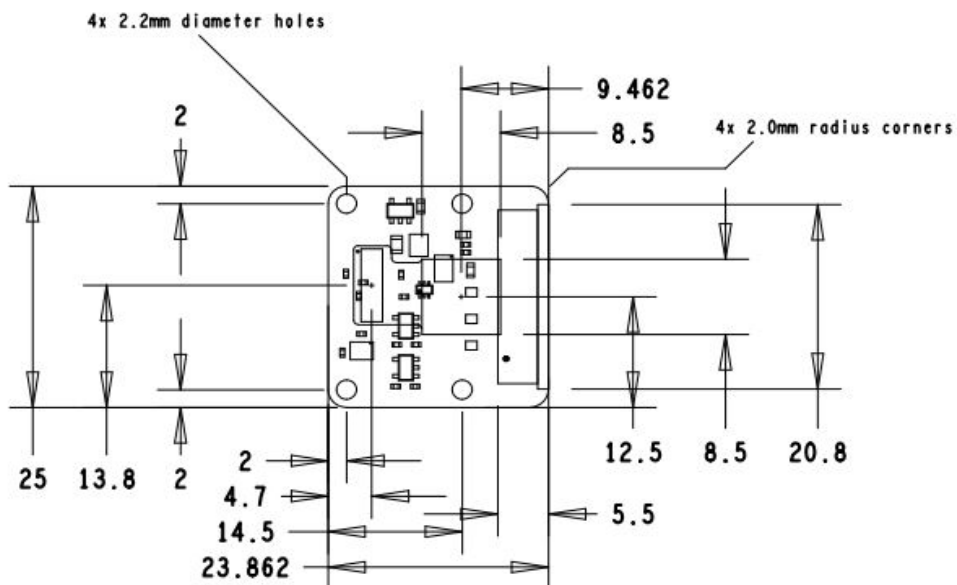
### 6.1.2 Camera Pi

Η Raspberry Pi Foundation παρέχει τη δυνατότητα στους χρήστες για τη διασύνδεση εξωτερικής camera ως περιφερειακή συσκευή στην υποδοχή camera port της πλακέτας. Η συσκευή δεν εμπεριέχεται στην συσκευασία της πλακέτας και πρέπει να αγοραστεί ξεχωριστά. Η αγορά έγινε από Γαλλία(ebay.com) με κόστος συσκευής 19€. Η συσκευή φέρει αισθητήρα της SONY IMX 219. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λήψη βίντεο και φωτογραφιών. Η σύνδεση της είναι απλή και η εγκατάσταση της στο σύστημα γίνεται με μια εντολή. [14]



**Εικόνα 26: Κάμερα Pi**

Στη συνέχεια θα αναρτηθούν οι διαστάσεις της πλακέτας και του φακού της Pi



**Εικόνα 27: Camera Pi, φυσικές προδιαγραφές**

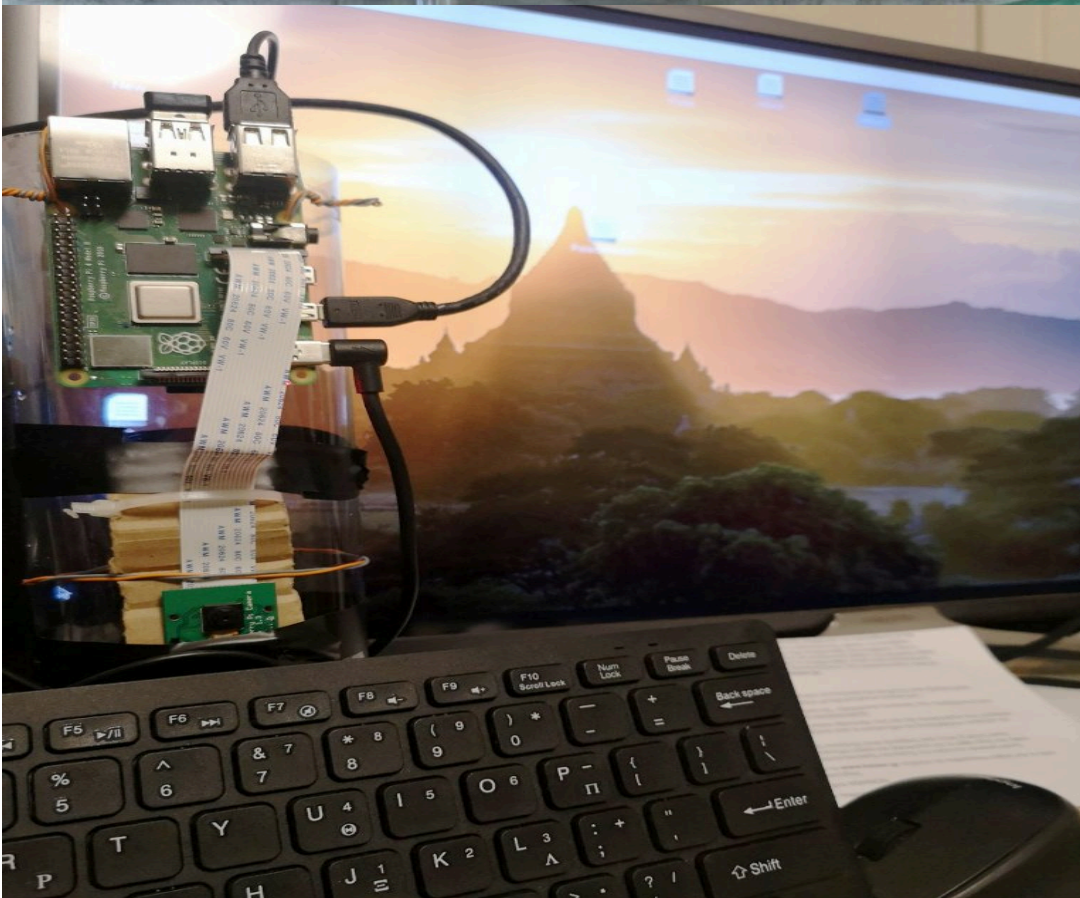
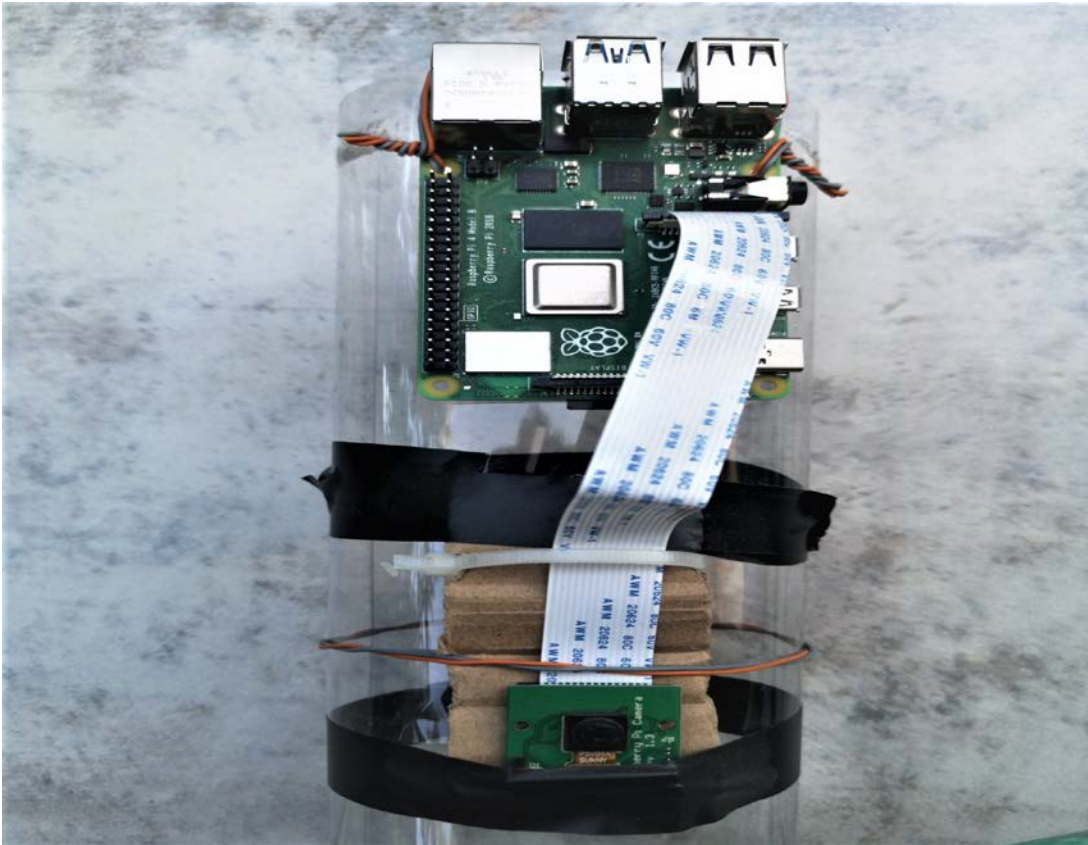
### 6.1.3 Τελική κατασκευή

Στο σημείο αυτό θα γίνει αναφορά των συνολικών εξαρτημάτων για την κατασκευή όπου θα χρησιμοποιηθεί για το πειραματικό μέρος.

- 1 Raspberry Pi 4b
- 2 Camera Pi v2.0
- 3 Power supply + Καλώδιο usb type C
- 4 Micro SD SanDisk κάρτα μνήμης 32gb
- 5 Καλώδιο micro HDMI
- 6 Ενσύρματο πληκτρολόγιο Lamtech LAM081710
- 7 Ασύρματο ποντίκι Logitech m330



Εικόνα 27: Raspberry Pi 4b+Camera Pi



Εικόνα 28: Τελική κατασκευή

Εικόνα 28: Τελική κατασκευή

## 6.2 Επιλογή Software

### 6.2.1 Raspbian

Το λογισμικό που επιλέχθηκε είναι το Raspbian OS 32bit. Έγινε λήψη δωρεάν από το site της εταιρείας και με διαδικασία που περιγράφεται στο Παράρτημα ολοκληρώθηκε η εγκατάσταση. Η 32gb κάρτα μνήμης micro SD ήταν αρκετή και το λειτουργικό ήταν αρκετά εύκολο στη χρήση(ακόμα και για αρχάριους).

### 6.2.2 Open CV

Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης του λειτουργικού στην πλακέτα έπρεπε να γίνει η εγκατάσταση της βιβλιοθήκης open CV ώστε να γίνει η εκτέλεση και οι δοκιμές της διατριβής.

Στο Παράρτημα αναφέρεται βήμα-βήμα η διαδικασία η οποία διήρκησε αρκετή ώρα και είχε έναν σημαντικό βαθμό δυσκολίας. Η βιβλιοθήκη είναι δωρεάν και έγινε εγκατάσταση μέσω εντολών απ το τερματικό του Raspbian.

### 6.2.3 Επιλογή database

Οι διαθέσιμες database απ τον αρχικό σχεδιασμό της διατριβής ήταν οι παρακάτω:

#### ORL Face Database:

Πρόκειται για 400 εικόνες ανάλυσης 112x92. Αφορά 40 άτομα διαφορετικά από 10 διαφορετικές λήψεις ανά άτομο. Οι συνθήκες φωτισμού διαφέρουν όπως και οι εκφράσεις καθώς και κάποιες λεπτομέρειες όπως χρήση γυαλιών. Η λήψη είναι σε όρθια θέση.<sup>[15]</sup>



Εικόνα 29: ORL database

### Yale Face Database:

Η database αυτή δημιουργήθηκε απ το πανεπιστήμιο Yale και περιλαμβάνει 165 εικόνες σε κλίμακα του γκρι με ανάλυση 320x243. Αφορά 15 διαφορετικά άτομα με 11 εικόνες για το καθένα με διαφορετικό φωτισμό(κεντρικό, δεξί, αριστερό) και διάφορες εκφράσεις. Επίσης υπάρχουν και λήψεις με και χωρίς γυαλιά.<sup>[15]</sup>



Εικόνα 30: Yale database

### AR Face Database:

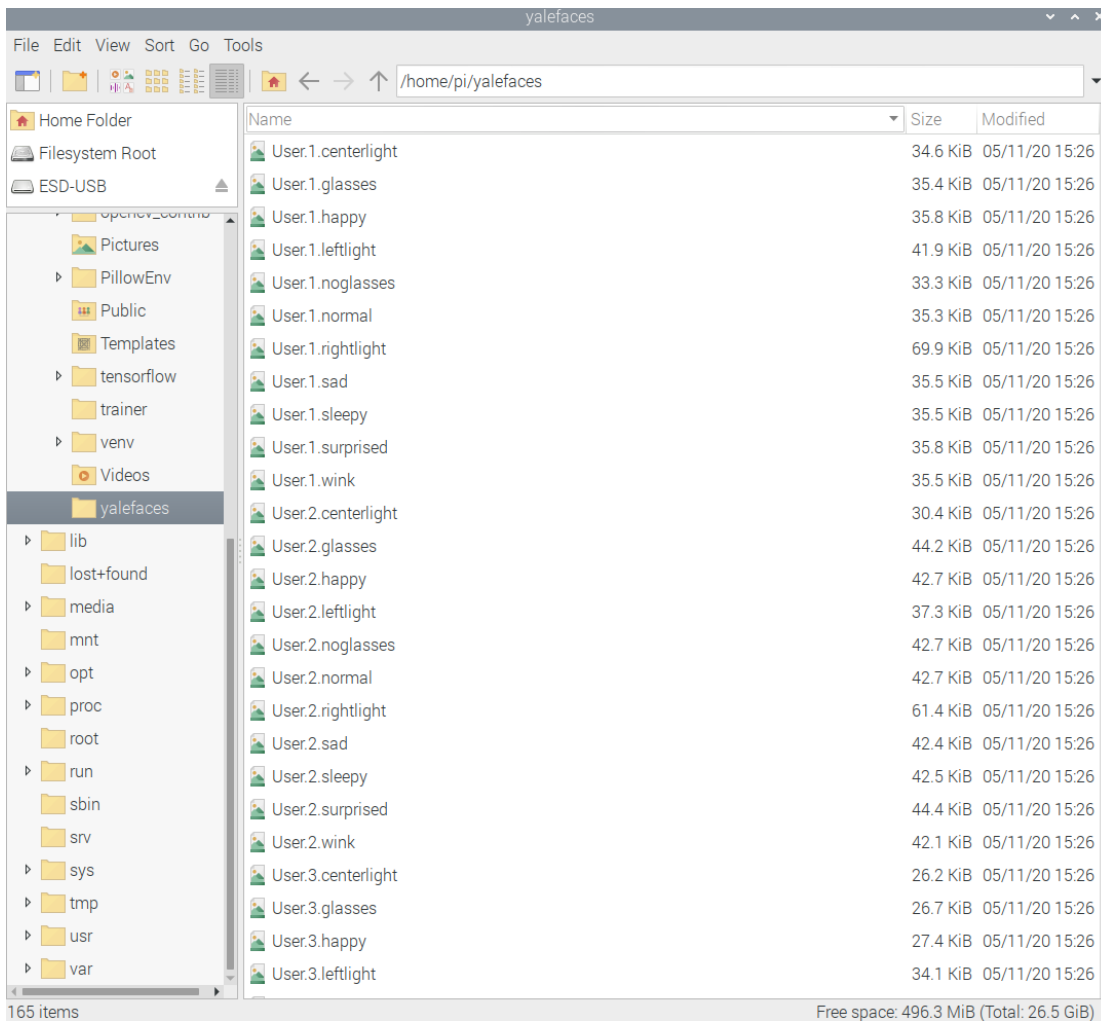
Η βάση αυτή αποτελείται από 4000 εικόνες από 126 άτομα με ανάλυση 768x576. Ο φωτισμός διαφέρει καθώς υπάρχει σε όλες τις πλευρές και οι εκφράσεις ποικίλουν. Επίσης υπάρχουν και διάφορα αξεσουάρ(κασκόλ γυαλιά).<sup>[15]</sup>



Εικόνα 31: AR Face Database

Η τελική επιλογή είναι η Yale Database. Παρέχεται δωρεάν από εδώ:  
<http://vision.ucsd.edu/content/yale-face-database>

Έγινε έλεγχος προδιαγραφών της database και μετονομασία για να είναι τα αποτελέσματα εύκολα αναγνωρίσιμα.



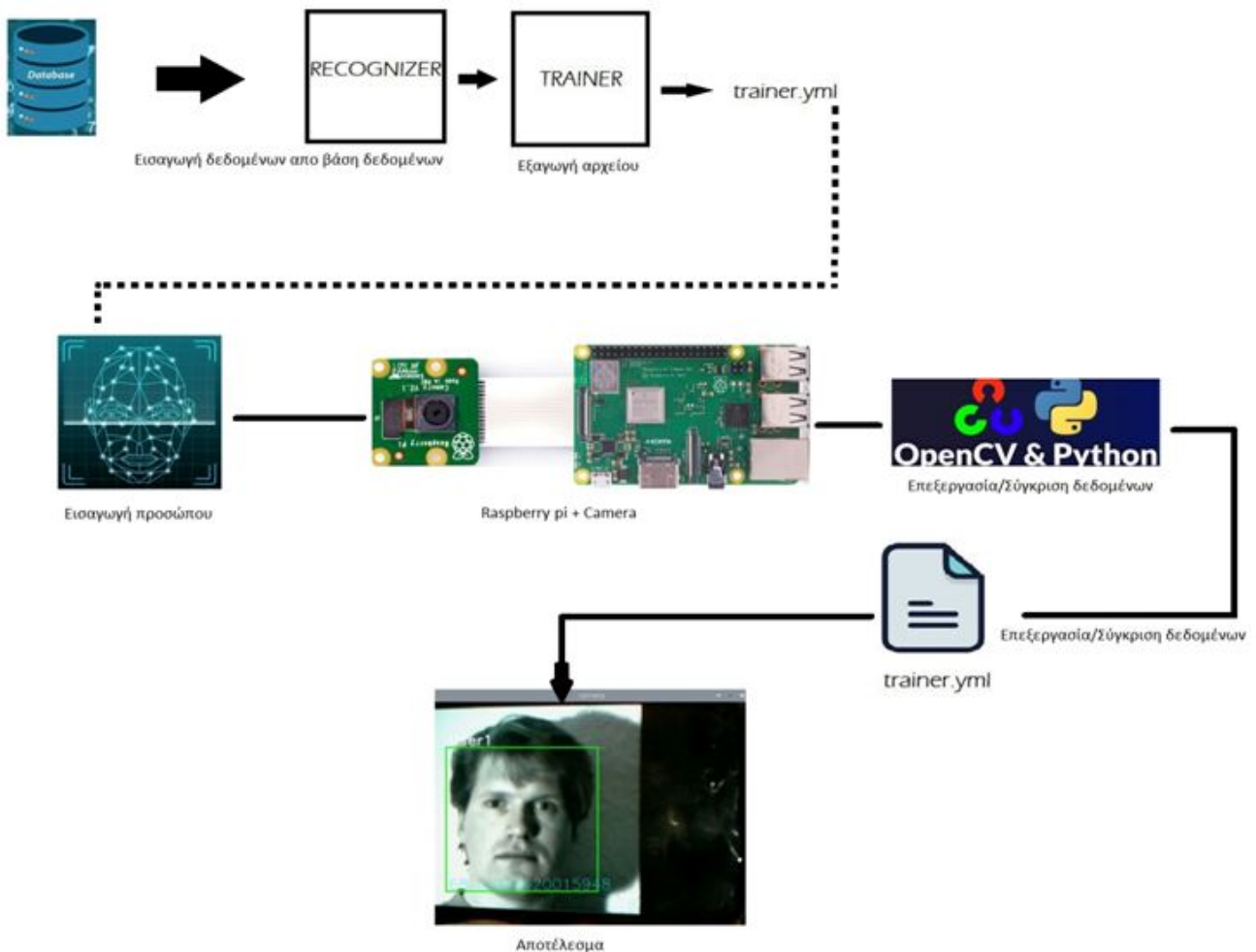
**Εικόνα 32: Yale**

### 6.3 Αρχιτεκτονική Συστήματος

Στο σημείο αυτό θα γίνει αναφορά στην αρχιτεκτονική του συστήματος, Επεξήγηση δηλαδή με το πώς έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί και πως γίνεται είσοδος-επεξεργασία-σύγκριση-έξοδος πληροφορίας.

Στο σύστημα υπάρχει μια σταθερή database με καθορισμένες απαιτήσεις. Εφόσον οι φωτογραφίες πληρούν τις απαραίτητες ιδιότητες, format και διαστάσεων ο αλγόριθμος θα εκτελέσει την εντολή αναγνώρισης και εκπαίδευσης. Θα λάβει απ τον φάκελο database και θα εξάγει ένα αρχείο .yml. Αυτή είναι η φάση στην οποία γίνεται μια φορά και καθορίζει το σύστημα σε κατάσταση αναμονής. [16]

Στην συνέχεια δίνεται η πληροφορία σε έναν αισθητήρα εικόνας Camera pi v2.0 και τροφοδοτεί την πληροφορία στο σύστημα Raspberry Pi. Μέσω της επεξεργασίας απ το Raspberry και την εκτέλεση του αλγόριθμου haar cascade του Open CV(βιβλιοθήκης)γίνεται σύγκριση της εικόνας με το αρχείο yml και βάσει των εντολών θα γίνει ή όχι η αντιστοίχηση με κάποιο πρόσωπο. Στην έξοδο υπάρχει πάντα αποτέλεσμα το οποίο είναι χρήστης(id) ή "agnostos" που σημαίνει δε βρέθηκε αντιστοιχία στην database.



Εικόνα 33: Διάγραμμα αρχιτεκτονικής

# Κεφάλαιο 7

## 7.1 Εκτέλεση Πειράματος

Σε αυτό το στάδιο εφόσον έχουν ολοκληρωθεί όλες οι απαραίτητες ενέργειες εγκατάστασης λογισμικών, περιφερειακών στο σύστημα μας και έχουν γίνει οι απαραίτητοι έλεγχοι θα προχωρήσει η διαδικασία εκτέλεσης . Σε κάθε βήμα η εκτέλεση γίνεται σε τερματικό με κώδικα python.

Οι κώδικες θα παρουσιαστούν σε κάθε βήμα και σε κάθε εντολή δίπλα υπάρχει και επεξηγηματικό σχόλιο με το σύμβολο "#". Έχουν γραφτεί για να υποστηριχθούν πλήρως στο σύστημα και μέχρι την τελειοποίηση τους υπήρχαν αρκετές προσπάθειες και λάθη τα οποία κατά 100% εξαλείφθηκαν.

Για την εκτέλεση αρχικά γίνεται κλήση μέσω της python με τις εντολές:

```
source ~/.profile
```

```
workon cv
```

```
python3
```

### Βήμα 1<sup>ο</sup>

Σε αυτό το βήμα θα γίνει ο έλεγχος της camera. Είναι βασικό στοιχείο για την εξέταση των εξαρτημάτων ως προς την λειτουργικότητα τους. Η camera αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι καθώς παρέχει την είσοδο στο σύστημα.

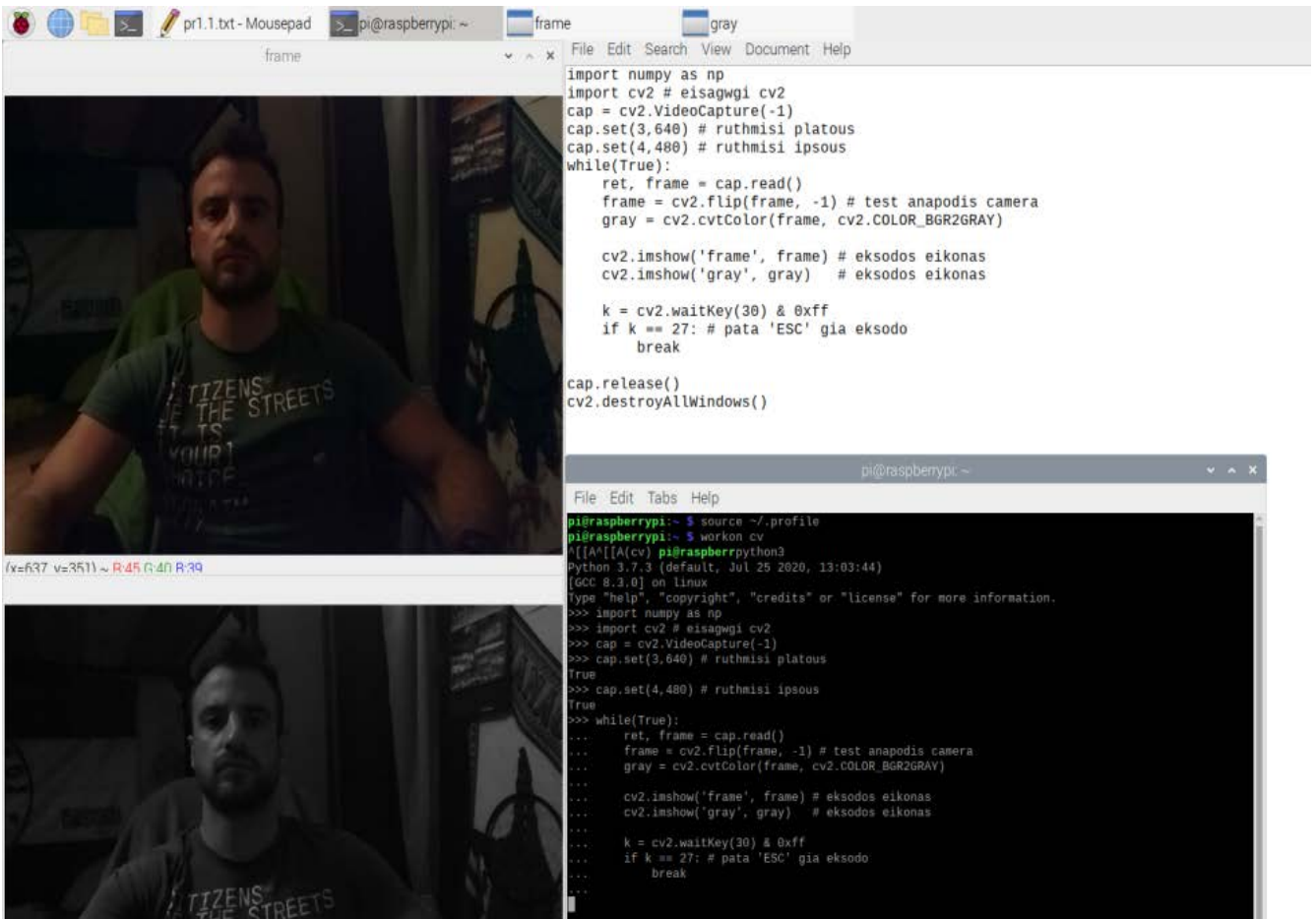
```
import numpy as np
import cv2 # eisagwgi cv2
cap = cv2.VideoCapture(-1)
cap.set(3,640) # ruthmisi platous
cap.set(4,480) # ruthmisi ipsous
while(True):
    ret, frame = cap.read()
    frame = cv2.flip(frame, -1) # test anapodis camera
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    cv2.imshow('frame', frame) # eksodos eikonas
    cv2.imshow('gray', gray) # eksodos eikonas
```

```

k = cv2.waitKey(30) & 0xff
if k == 27: # pata 'ESC' gia eksodo
    break
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

Το αποτέλεσμα είναι 2 παράθυρα(γκρι και rgb). Η έξοδος είναι το επιθυμητό αποτέλεσμα. Σε αυτό το στάδιο διαφαίνεται εάν είναι επαρκής ο φωτισμός του χώρου. Το παράθυρο εκτέλεσης μπορεί να κλείσει και να ξανά κληθεί η ρυθμον.



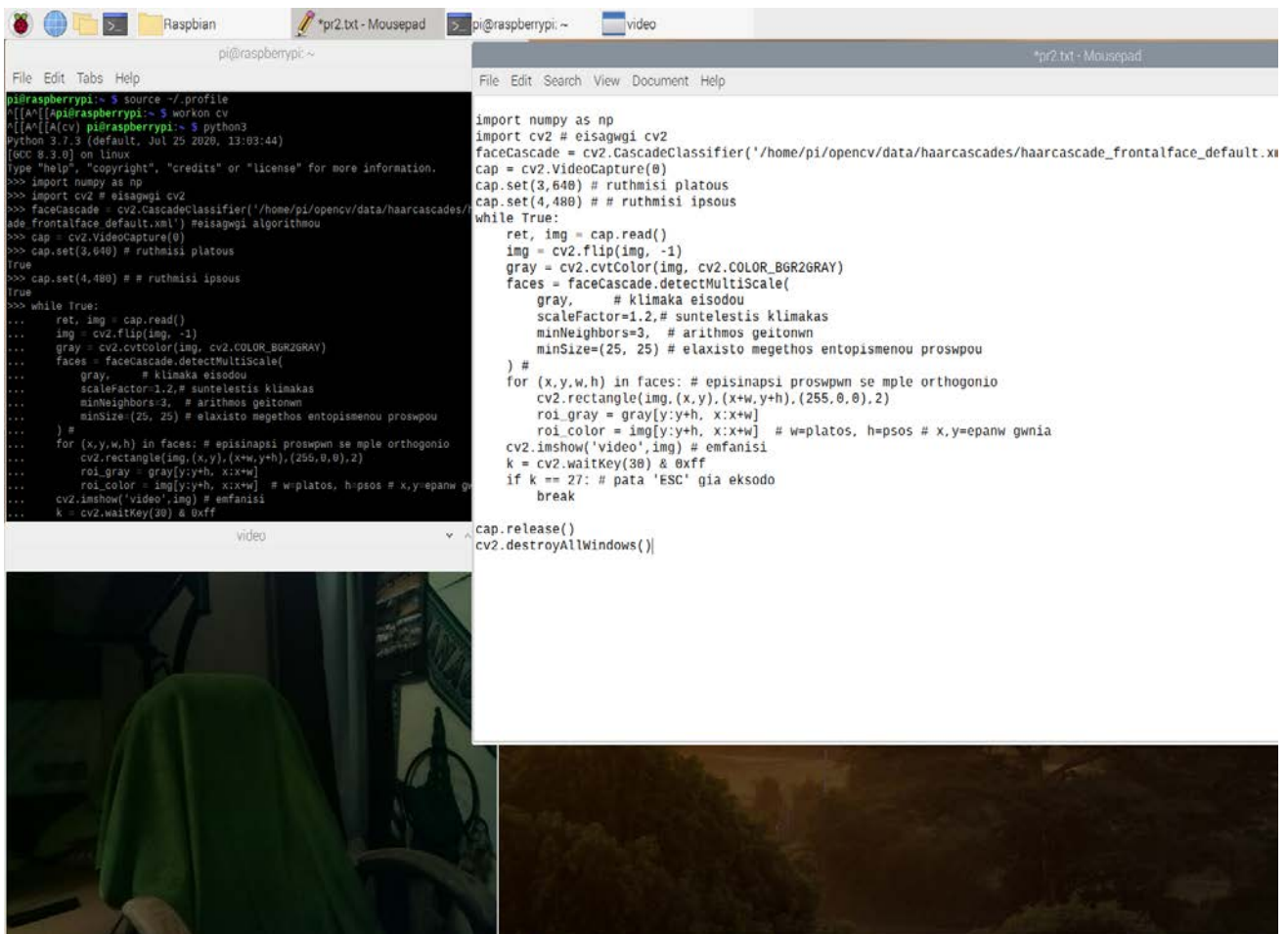
Εικόνα 34: Αποτέλεσμα 1ου βήματος

## Βήμα 2<sup>ο</sup>

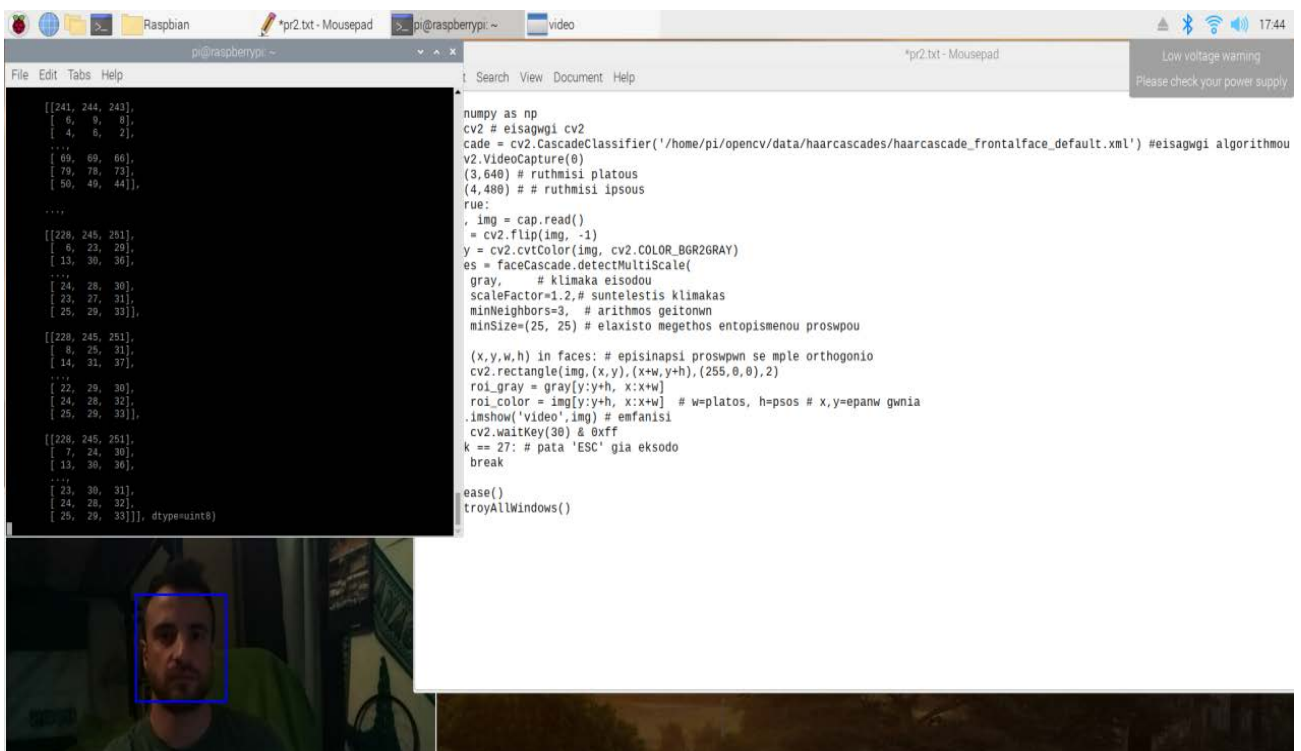
Σχεδόν με τον αρχικό κώδικα θα προχωρήσει η διαδικασία απλά θα γίνει και η προσθήκη ανίχνευσης απ τον αλγόριθμο haar cascade του viola and jones και η εισαγωγή τετραγώνου. Αυτό το βήμα ουσιαστικά καλεί τον αλγόριθμο ο οποίος θα τελέσει όλη την διαδικασία και το τετράγωνο. Το τετράγωνο δίνει στο σύστημα ένα γραφικό περιβάλλον ώστε να βοηθάει και τον χρήστη που να επικεντρώσει το βλέμμα του.

```
import numpy as np
import cv2 # eisagwgi cv2
faceCascade =
cv2.CascadeClassifier('/home/pi/opencv/data/haarcascades/haarcascade_frontalface_d
efault.xml') #eisagwgi algorithmou
cap = cv2.VideoCapture(0)
cap.set(3,640) # rutmisi platous
cap.set(4,480) # # rutmisi ipsous
while True:
    ret, img = cap.read()
    img = cv2.flip(img, -1)
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = faceCascade.detectMultiScale(
        gray, # klimaka eisodou
        scaleFactor=1.2,# suntelestis klimakas
        minNeighbors=3, # arithmos geitonwn
        minSize=(25, 25) # elaxisto megethos entopismenou proswpou
    ) #
    for (x,y,w,h) in faces: # episinapsi proswpwn se mple orthogonio
        cv2.rectangle(img,(x,y),(x+w,y+h),(255,0,0),2)
        roi_gray = gray[y:y+h, x:x+w]
        roi_color = img[y:y+h, x:x+w] # w=platos, h=ipsos # x,y=epanw gwnia
    cv2.imshow('video',img) # emfanisi
    k = cv2.waitKey(30) & 0xff
    if k == 27: # pata 'ESC' gia eksodo
        break
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το σύστημα είναι λειτουργικό καθώς αναγνωρίζει αυτόματα τα πρόσωπα και στην περίπτωση της 1ης εικόνας είναι σε αναμονή καθώς δεν είχε εντοπίσει κάποιο πρόσωπο.



Εικόνα 35: Αποτέλεσμα 2<sup>ου</sup> βήματος(1)



Εικόνα 36: Αποτέλεσμα 2<sup>ου</sup> βήματος(2)

### Βήμα 3<sup>ο</sup>

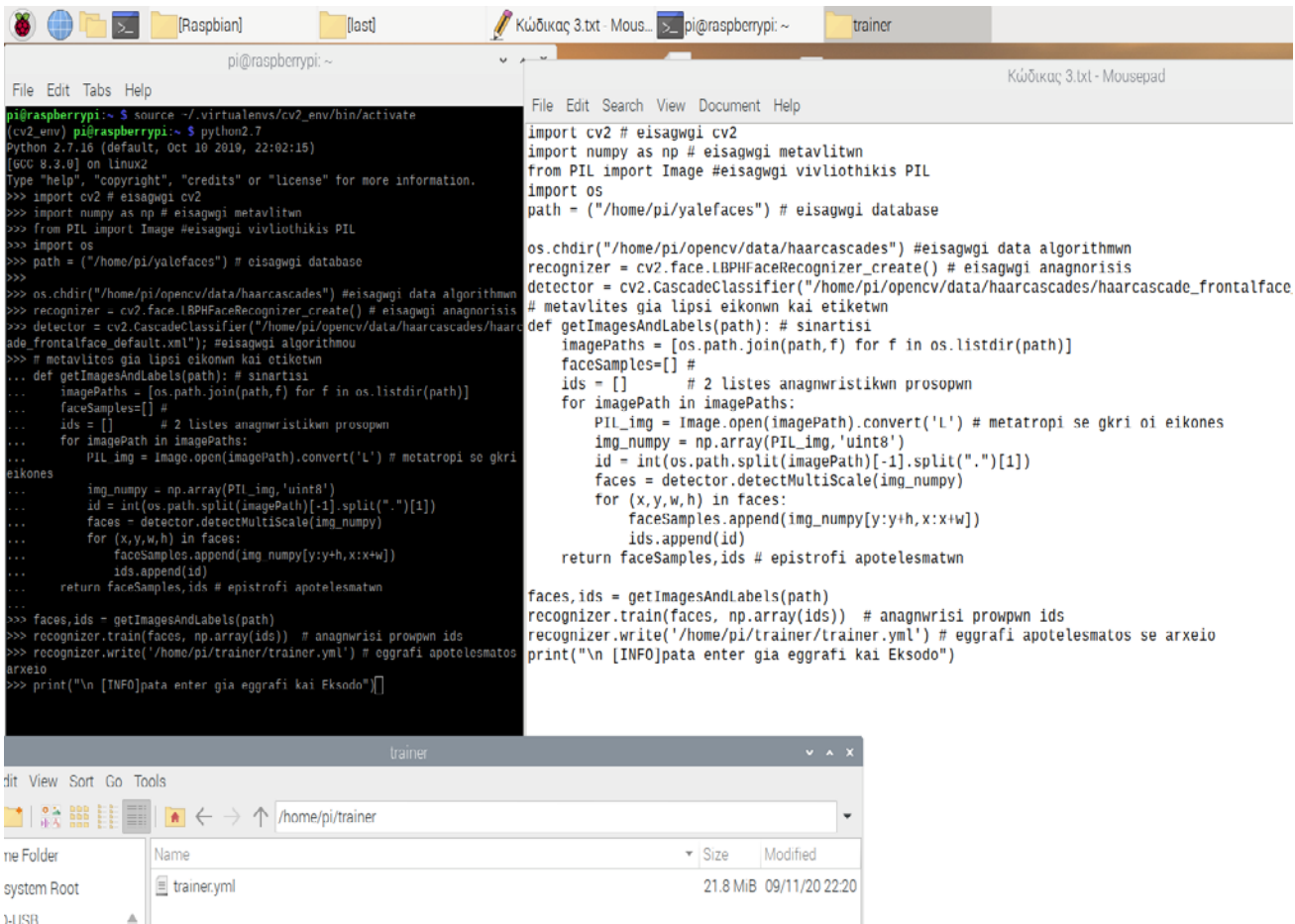
Σε αυτό το βήμα θα προχωρήσει η διαδικασία στην εκπαίδευση του συστήματος από την βάση δεδομένων.

Δηλαδή την εισαγωγή πληροφορίας από ένα σύστημα αρχείων που βρίσκονται σε έναν φάκελο και την δημιουργία ενός αρχείου τύπου yml με την ονομασία trainer στο οποίο θα υπάρχει κωδικοποιημένη η πληροφορία που χρειάζεται για την σύγκριση-αναγνώριση. Το αρχείο αυτό λόγω του μεγέθους της database θα είναι αρκετά μεγάλο για αρχείο κειμένου.

Ο κώδικας καλεί πάλι τον αλγόριθμο καθώς και την βιβλιοθήκη PIL που έχει προεγκατασταθεί.

```
import cv2 # eisagwgi cv2
import numpy as np # eisagwgi metavlitwn
from PIL import Image #eisagwgi vivliothikis PIL
import os
path = ("/home/pi/yalefaces") # eisagwgi database
os.chdir("/home/pi/opencv/data/haarcascades") #eisagwgi data algorithmwn
recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create() # eisagwgi anagnorisis
detector =
cv2.CascadeClassifier("/home/pi/opencv/data/haarcascades/haarcascade_frontalface_d
efault.xml"); #eisagwgi algorithmou
# metavlites gia lipsi eikonwn kai etiketwn
def getImagesAndLabels(path): # sinartisi
    imagePaths = [os.path.join(path,f) for f in os.listdir(path)]
    faceSamples=[] #
    ids = [] # 2 listes anagnwristikwn prosopwn
    for imagePath in imagePaths:
        PIL_img = Image.open(imagePath).convert('L') # metatropi se gkri oi eikones
        img_numpy = np.array(PIL_img,'uint8')
        id = int(os.path.split(imagePath)[-1].split(".")[1])
        faces = detector.detectMultiScale(img_numpy)
        for (x,y,w,h) in faces:
            faceSamples.append(img_numpy[y:y+h,x:x+w])
            ids.append(id)
    return faceSamples,ids # epistrofi apotelesmatwn
faces,ids = getImagesAndLabels(path)
recognizer.train(faces, np.array(ids)) # anagnwrisi prowvwn ids
recognizer.write('/home/pi/trainer/trainer.yml') # eggrafi apotelesmatos se arxeio
print("\n [INFO]pata enter gia eggrafi kai Eksodo")
```

Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία του αρχείου εκπαίδευσης στα 21.8mb που θα χρησιμοποιηθεί στα επόμενα βήματα.



### Εικόνα 37: Αποτέλεσμα 3ου βήματος

Το αρχείο που αποθηκεύτηκε στο σημείο προορισμού που επιλέχθηκε είναι προσβάσιμο και είναι της μορφής txt.

Παρακάτω φαίνονται τα metadata του παραπάνω αρχείου εκπαίδευσης.

```
trainer.yml - Mousepad
File Edit Search View Document Help
%YAML:1.0
---
opencv_lbphfaces:
  threshold: 1.7976931348623157e+308
  radius: 1
  neighbors: 8
  grid_x: 8
  grid_y: 8
  histograms:
    - !!opencv-matrix
      rows: 1
      cols: 16384
      dt: f
      data: [ 1.38504151e-02, 0., 0., 0., 1.10803321e-02, 0., 0., 0.,
0., 0., 0., 0., 0., 0., 2.77008303e-03, 0., 2.77008303e-03,
0., 2.77008303e-03, 0., 2.77008303e-03, 0., 0., 0.,
2.77008303e-03, 2.77008303e-03, 0., 0., 7.75623247e-02, 0.,
2.77008303e-03, 8.31024908e-03, 0., 0., 0., 2.77008303e-03,
0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 1.19113572e-01, 0.,
6.92520738e-02, 0., 1.38504151e-02, 2.77008303e-03, 0., 0.,
0., 0., 0., 2.77008303e-03, 0., 0., 0., 2.77008303e-03,
0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
0., 0., 0., 0., 2.77008303e-03, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
0., 0., 0., 0., 0., 2.77008303e-03, 0., 0., 0., 0., 0.,
0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 2.77008303e-03, 0., 0., 0.,
2.77008303e-03, 0., 0., 2.77008303e-03, 2.77008303e-03, 0.,
0., 0., 3.87811624e-02, 0., 5.54016605e-03, 3.60110775e-02,
0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
0., 0., 0., 8.31024908e-03, 0., 5.54016605e-03, 0., 0., 0.,
0., 0., 2.77008303e-03, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
5.54016605e-03, 0., 0., 0., 2.77008303e-03, 0., 0., 0.,
0., 0., 0., 0., 0., 0., 2.77008303e-03, 0.,
2.77008303e-03, 0., 0., 0., 0., 0., 5.54016605e-03, 0., 0.,
0., 8.31024908e-03, 8.31024908e-03, 5.54016605e-03,
2.77008303e-03, 5.01385033e-01, 3.60110775e-02,
5.54016605e-03, 2.77008303e-03, 1.38504151e-02,
2.49307472e-02, 0., 5.54016605e-03, 1.10803321e-02, 0., 0.,
0., 0., 8.31024908e-03, 0., 0., 2.77008303e-03,
5.54016605e-03, 0., 0., 0., 0., 2.77008303e-03,
2.77008303e-03, 0., 5.54016605e-03, 0., 0., 0.,
2.77008303e-02, 2.77008303e-03, 1.66204982e-02,
8.31024908e-03, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
0., 2.77008303e-03, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
2.77008303e-03, 0., 0., 0., 8.31024908e-03, 0., 0., 0.,
```

Εικόνα 38: Αρχείο yml

## Βήμα 4<sup>ο</sup>

Στο τελικό βήμα της εργασίας είναι η αναγνώριση προσώπου.

Σε αυτό το σημείο πέραν των αλγορίθμων και των βιβλιοθηκών που θα φορτωθούν θα γίνει εισαγωγή του path του αρχείου που δημιουργήθηκε στο προηγούμενο βήμα.

Στη συνέχεια θα τεθεί σε λειτουργία η camera η οποία θα εισαγάγει τα καρέ της εισόδου με τη μορφή βίντεο. Ο αλγόριθμος haar θα ξεκινήσει τη σύγκριση με το αρχείο training στο οποίο έχει εκπαιδευτεί και θα εξάγει για κάθε εικόνα το αποτέλεσμα.

Η εικόνα-πηγή είναι από κινητό τηλέφωνο ώστε να υπάρχει αρκετή φωτεινότητα και πρέπει να ναι αρκετά στην κάμερα οριακά με την εστίαση για να γίνει σωστή αναγνώριση.

Στον κώδικα μπορεί να αλλάξει το ποσοστό επί τοις εκατό αναγνώρισης για την κάθε εικόνα ώστε αν δε το υπερβαίνει να βγάζει το αποτέλεσμα "agnostos".

```
import cv2 # eisagwgi cv2
import numpy as np # eisagwgi metavlitwn
import os
recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create() # eisagwgi anagnorisis
recognizer.read('/home/pi/trainer/trainer.yml') # eisagwgi arxeiou trainer
cascadePath = ('/home/pi/opencv/data/haarcascades/haarcascade_frontalface_default.xml');
#eisagwgi algorithmou
faceCascade = cv2.CascadeClassifier(cascadePath);
font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
id = 0
# onomata se sixetismo ids
names = ['None', 'User1', 'User2', 'User3', 'User4', 'User5', 'User6', 'User7', 'User8', 'User9',
'User10', 'User11', 'User12', 'User13', 'User14', 'User15'] # 15 diaforetika vasei database
cam = cv2.VideoCapture(0)
cam.set(3, 640) # ruthmisi platous
cam.set(4, 480) # ruthmisi ipsous
# Orismos elaxistou megethous gia tin anagnorisi os proswpo
minW = 0.1*cam.get(3)
minH = 0.1*cam.get(4)
while True:
    ret, img = cam.read() #sillipsi kare apo video lipsis
    img = cv2.flip(img, -1) # flip eikonas
    gray = cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2GRAY) # metatropi se gkri klimaka
    faces = faceCascade.detectMultiScale(
        gray,
        scaleFactor = 1.2,
        minNeighbors = 5,
        minSize = (int(minW), int(minH)), # klimaka eisodou
    )
    for(x,y,w,h) in faces: # anagnwrisi ID apo dedomena tou trainer.yml
        cv2.rectangle(img, (x,y), (x+w,y+h), (0,255,0), 2)
        id, confidence = recognizer.predict(gray[y:y+h,x:x+w])
```

```

if (confidence < 60): # routhmisi posostou pou tha vgalei timi "agnostos"
    id = "agnostos"
else:
    id = names[id]
cv2.putText(
    img,
    str(id),
    (x+5,y-5),
    font,
    1,
    (255,255,255),
    2
)
cv2.putText(
    img,
    str(confidence),
    (x+5,y+h-5),
    font,
    1,
    (255,255,0),
    1
) # plaisio anagnorisis
cv2.imshow('camera',img)
k = cv2.waitKey(10) & 0xff # pata 'ESC' gia eksodo
if k == 27:
    break

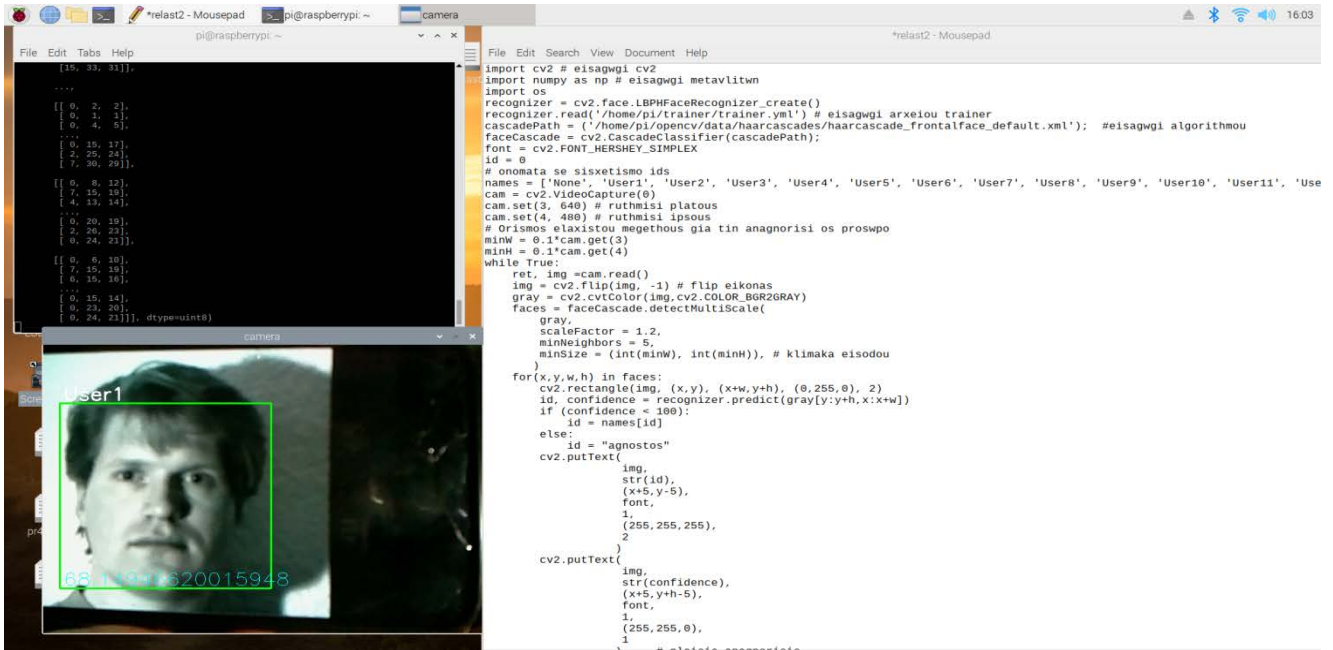
# kaharismos
print("\n [INFO] Eksodos")
cam.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

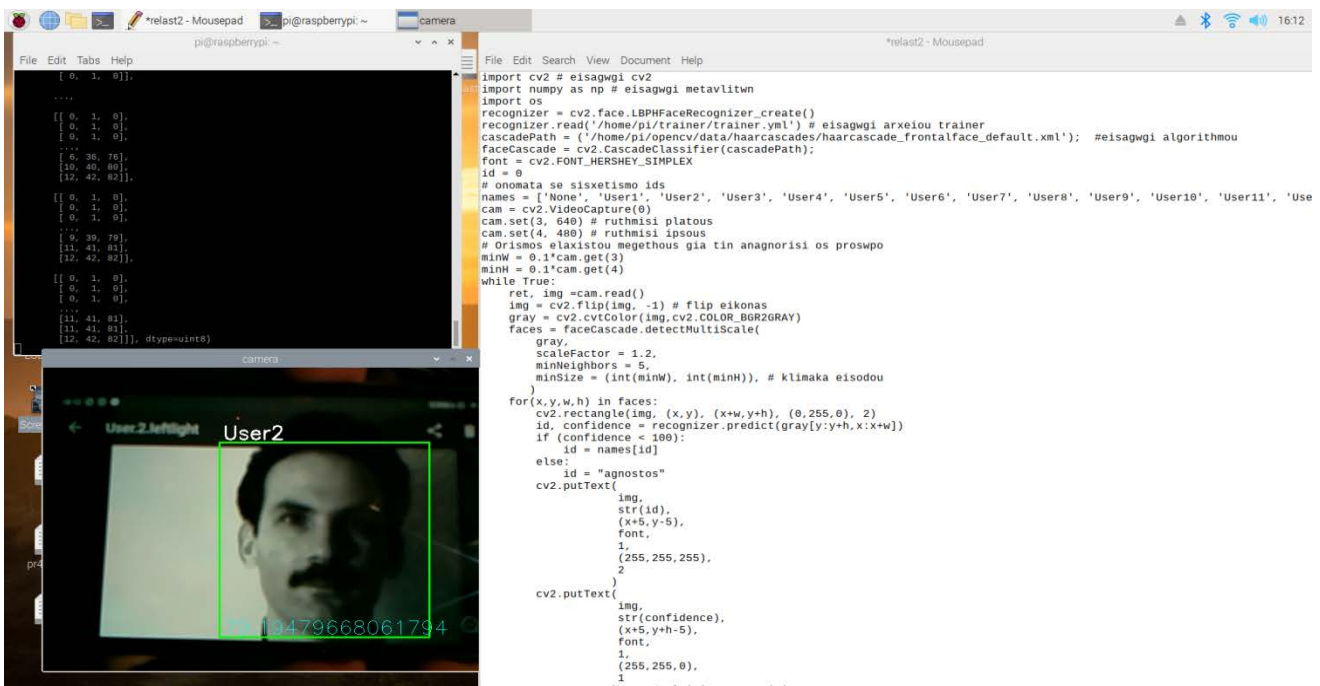
Στην έξοδο θα λάβουμε πλέον τα αποτελέσματα της ανάλυσης τα οποία έχουν επεξεργαστεί απ τον αλγόριθμο.

## 7.2 Αποτύπωση αποτελεσμάτων

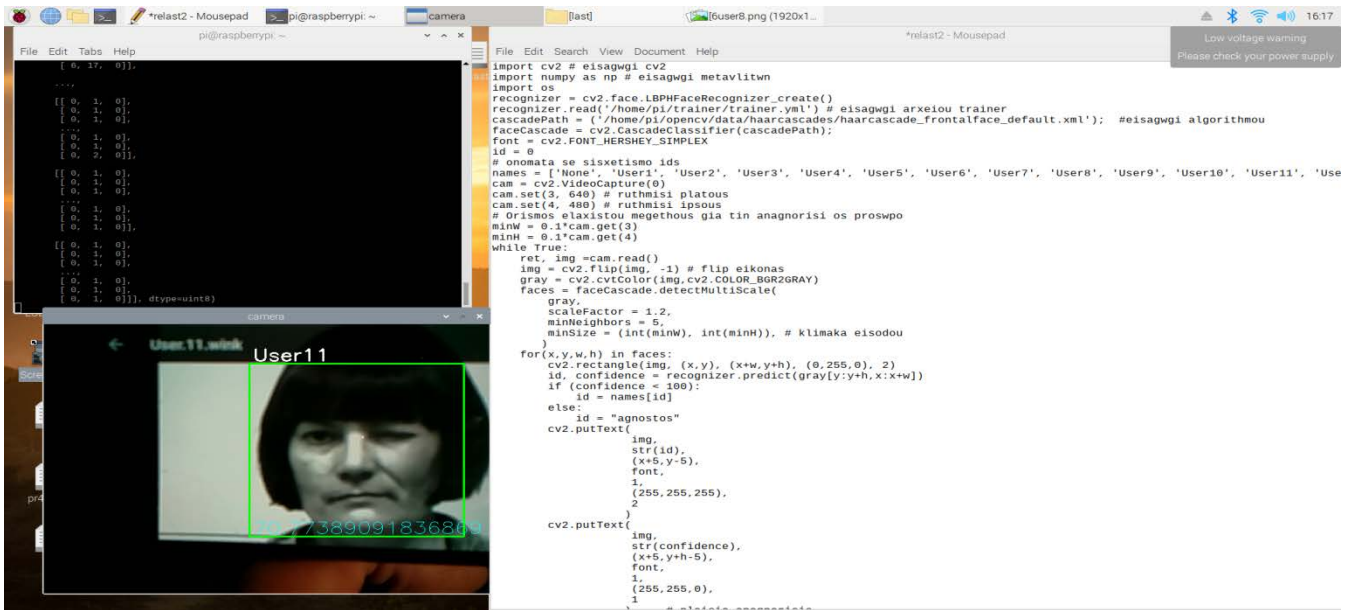
Σε αυτό το σημείο θα εκτεθούν μερικά αποτελέσματα από εικόνες της database. Φαίνεται ότι το σύστημα παρέχει αναγνώριση. Επίσης στην περίπτωση του προσώπου μου λειτουργεί αναγνωρίζοντας ότι δεν υφίσταται κάποια καταγραφή των χαρακτηριστικών μου στην database που έχει δηλωθεί.



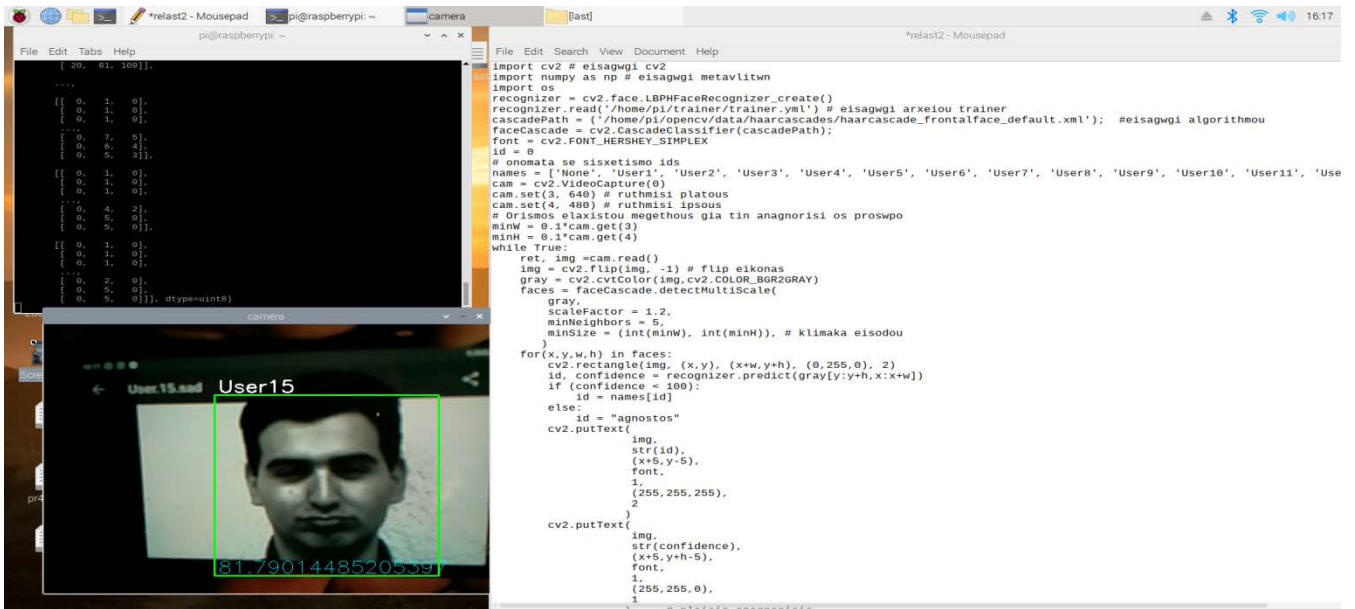
Εικόνα 39: Αποτελέσματα(1)



Εικόνα 40: Αποτελέσματα(2)

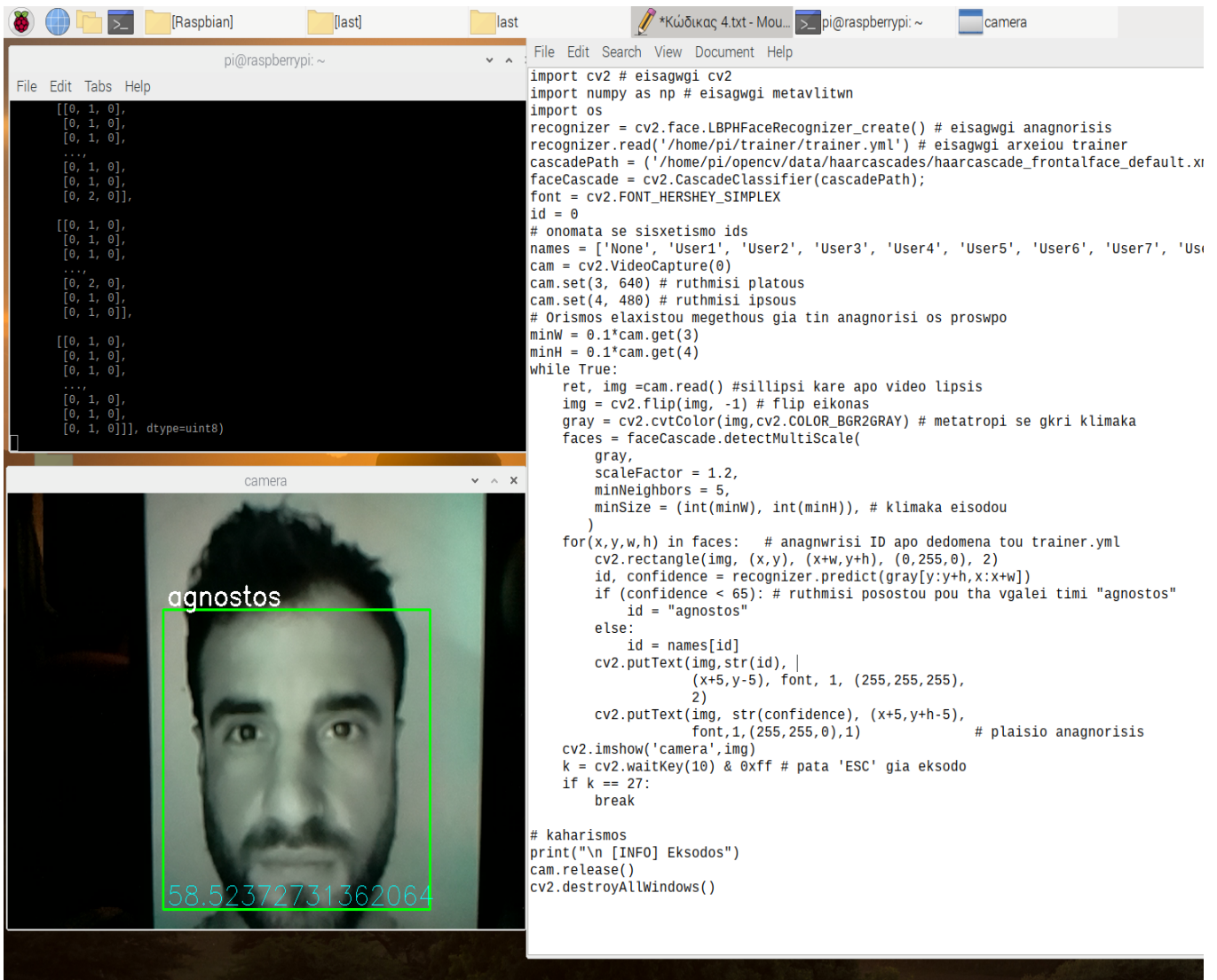


Εικόνα 41: Αποτελέσματα(3)



Εικόνα 42: Αποτελέσματα(4)

Σε αυτό το σημείο φαίνεται το αποτέλεσμα με το δικό μου πρόσωπο με ρύθμιση ποσοστού αποτυχίας στο 65%. Το αποτέλεσμα είναι το αναμενόμενο διότι δεν έχει δηλωθεί στην database.



Εικόνα 43: Αποτελέσματα(5)

## 7.3 Σύγκριση με άλλες έρευνες

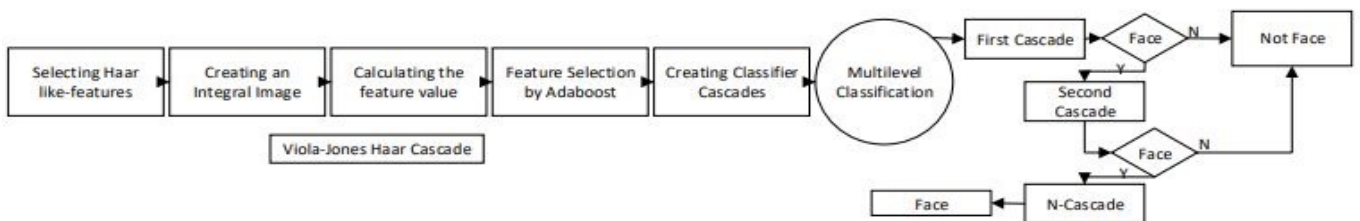
Η μέθοδος που επιλέχθηκε για την διατριβή ήταν ο αλγόριθμος viola and jones. <sup>[18]</sup> Η επιλογή του έγινε μετά από έρευνα και συνειδητά λαμβάνοντας υπόψιν την παράμετρο "ταχύτητα". Συγκριτικά η μελέτη αυτή και αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε με τον αλγόριθμο HOG(Histogram of Oriented Gradients) υπερτερεί στην ταχύτητα. Επίσης κατά τον viola and jones η αρχικοποίηση του συστήματος βασίζεται στην εκπαίδευση της database μια φορά και η εκτέλεση της αναγνώρισης πραγματοποιείται κατ'εξακολούθηση συγκρίνοντας την είσοδο με το αρχείο training. Ο στόχος αυτής της φάσης είναι να δημιουργήσει ένα Cascade Classifier(ταξινόμηση) για έναν αριθμό προσώπων που μπορεί να απορρίψει γρήγορα μη αποδεκτά πρόσωπα.

Στατιστικά συγκρίσιμα αποτελέσματα με τις 2 μεθόδους:

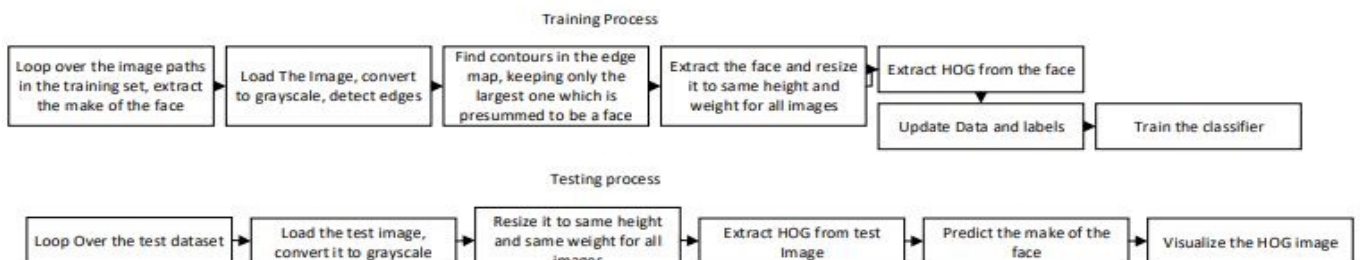
Ο HOG έχει μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα αλλά μεγαλύτερο αριθμό απόρριψης δεδομένων(λόγω αδυναμίας αναγνώρισης απ το σύστημα).

Στον Viola πέρα από την ταχύτερη αναγνώριση επιτυγχάνουμε μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας σχετικά με εικόνες που αφορούν μετωπικές φωτογραφίες, εκφράσεις, φωτισμός.

Συνεπώς για την επιλογή της database yale face όπου αφορά εικόνες με εκφράσεις επιλέχθηκε και ο αλγόριθμος viola καθώς θα εμφανίζονται πιο έγκυρα αποτελέσματα .<sup>[17]</sup>



V-J in general.



HOG in general.

Εικόνα 44: Σύγκριση viola-jones με HOG(διάγραμμα)

Η μελέτη με την οποία έγινε σύγκριση είναι η:

Comparison of Viola-Jones Haar Cascade, Classifier and Histogram of Oriented Gradients,(HOG) for face detection, To cite this article: C Rahmad et al 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 732 012038<sup>[4]</sup>

## 7.4 Ανασκόπηση-Πρόταση για επέκταση της έρευνας

Με την παρούσα διατριβή αποδείχθηκε ότι η αναγνώριση προσώπου είναι άμεσα εκτελέσιμη σε πραγματικό χρόνο και λειτουργεί αξιόπιστα. Μπορεί να συμβάλει στη δικανική και να γίνει αυταπόδεικτη διαδικασία αναγνώρισης κάποιου προσώπου που εμπλέκεται σε μία υπόθεση,

Με την διαδικασία που ακολουθήθηκε έγινε κατανοητό πως σε μία απλή και οικονομική πλατφόρμα μπορεί να σχεδιαστεί σε ένα λειτουργικό που παρέχεται δωρεάν ένα σύστημα αναγνώρισης. Στο οποίο σύστημα θα γίνει κατανοητό το πως διέρχεται, επεξεργάζεται και εξέρχεται μια πληροφορία.

Στην διατριβή αυτή η κατασκευή που υλοποιήθηκε βασίζεται στη χρήση μικρών φορητών συσκευών με μικρές απαιτήσεις. Σε κάθε άλλη περίπτωση σίγουρα χρειάζονται μεγαλύτερα υπολογιστικά συστήματα, camera, λογισμικό και χρόνος κατασκευής-προγραμματισμό.

Σίγουρα οι δυνατότητες της έρευνας δεν σταματάνε εδώ ούτε περιορίζονται. Η database που χρησιμοποιήθηκε είναι μια σταθερή αποθηκευμένη εφάπαξ σε ένα σύστημα. Σε άλλη περίπτωση θα ήταν δυνατή η εφαρμογή μίας συνεχούς εκπαίδευσης σε ένα σύστημα. Στο οποίο σύστημα κάθε νέα πληροφορία θα εισαγάγετε με μορφή ανατροφοδότησης. Όλες αυτές οι πληροφορίες να είναι μια online database σε κάποιο cloud ενός server με ανανέωση-ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο. Η ανανέωση αυτή θα αφορά εισαγωγή η εξαγωγή αρχείων και θα μπορεί να αποτελέσει ένα σύστημα ασφαλείας σε μια χώρα ή ένα σύστημα ελέγχου πρόσβασης σε έναν οργανισμό.

## 7.5 Απάντηση ερευνητικών ερωτημάτων

Κατά την δήλωση της έρευνας αναρτήθηκαν κάποια ερωτήματα τα οποία μετά το πέρας θα απαντηθούν.

**Είναι δυνατή η απόδειξη της αυθεντικότητας σε μια φωτογραφία σε μια έρευνα;**

Στην έρευνα αυτή δυστυχώς δε μπορεί να φανεί η αυθεντικότητα μιας φωτογραφίας κατά την προέλευση. Μπορεί όμως να αποδείξει εάν είναι αυθεντική κατά το πρόσωπο που απεικονίζεται.

**Μπορούν υπολογιστικά περιβάλλοντα και υπολογιστικά μέσα να συμβάλλουν στην αναγνώριση και επεξεργασία των χαρακτηριστικών προσώπου;**

Η δημιουργία της κατασκευής ή οποία αποτελείται από mini υπολογιστή με περιφερειακά στοιχεία και υπολογιστικό περιβάλλον κατάλληλα παραμετροποιημένο έδωσε το αποτέλεσμα το οποίο ήταν ένα σύστημα αναγνώρισης προσώπου.

**Θα μπορούσε η έρευνα αυτή να καθοδηγήσει την έκβαση μιας εγκληματολογικής έρευνας σε ένα δικαστήριο(δικανική);**

Βεβαίως καθώς σε περιπτώσεις που υπάρχει σύστημα ασφαλείας και εποπτείας ενός χώρου ο οποίος αργότερα αποτελέσει σημείο εγκλήματος ή παρέχει φωτογραφικό υλικό σε μια δικαστική έρευνα, μπορεί να είναι αδιάσειστο τεκμήριο.

**Υπάρχουν παρόμοιες μελέτες/τεχνοτροπίες υλοποίησης για αναγνώριση προσώπων;**

Σαφώς και υπάρχουν και είναι η έρευνα που έγινε αναφορά πιο πάνω(7.3 κεφάλαιο) στην οποία έγινε και η σύγκριση της επιλογής του αλγορίθμου.

**Είναι δυνατή η υλοποίηση του ελέγχου προσώπων σε φορητές συσκευές;**

Η συσκευή raspberry λόγω της μικρής κατανάλωσης και του μικρού όγκου μπορεί να είναι μια αυτόνομη συσκευή που θα την καθιστά ως φορητή. Σε περίπτωση που η φορητή συσκευή θέλουμε να είναι μια κινητή συσκευή αν και η έρευνα δεν έχει αναφορά παρόμοια η αναζήτηση έδειξε ότι είναι δυνατή μια τέτοια τροποποίηση, Υπάρχει λογισμικό που με τα χαρακτηριστικά και την κάμερα μιας smart συσκευής μπορεί να κάνει αναγνώριση,

## Βιβλιογραφία

- [1] Xu-Yang and Fang-lv, "The design of a face recognition system based on skin color and geometrical characteristics," in 2011 International Conference on Image Analysis and Signal Processing, Oct. 2011, pp. 276–279, doi: 10.1109/IASP.2011.6109046.
- [2] Ying-li Tian, T. Kanade, and J. F. Cohn, "Recognizing lower face action units for facial expression analysis," in Proceedings Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (Cat. No. PR00580), Mar. 2000, pp. 484–490, doi: 10.1109/AFGR.2000.840678).
- [3] Lomas, Natasha, "The Internet of Things is a Security Nightmare, Warns EFF," Tech Crunch, May 9, 2016.
- [4] Comparison of Viola-Jones Haar Cascade, Classifier and Histogram of Oriented Gradients, (HOG) for face detection, To cite this article: C Rahmad et al 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 732 012038.
- [5] J. Qian, S. Ma, Z. Hao, and Y. Shen, "Face detection and recognition method based on skin color and depth information," in 2011 International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), Apr. 2011, pp. 345–348. doi: 10.1109/CECNET.2011.5768500.
- [6] H.-W. Hsu, T.-Y. Wu, W. H. Wong, and C.-Y. Lee, "Correlation-Based Face Detection for Recognizing Faces in Videos," in 2018 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), Apr. 2018, pp. 3101–3105, doi: 10.1109/ICASSP.2018.8461485.
- [7] IEEE Conference Publication "Internet of Things Security - Multilayered Method For End to End Data Communications Over Cellular Networks -." <https://ieeexplore.ieee.org/document/8767227> (accessed Oct. 05, 2020).
- [8] S. Bansal, "Face Recognition Using Image Processing for Visually Challenged," Social Science Research Network, Rochester, NY, SSRN Scholarly Paper ID 3620865, Jun. 2020. doi: 10.2139/ssrn.3620865.

- [9]Luis Miguel Rocha Jacinto, "Raspberry Pi Controlling a Process using I/O Ports", Master Thesis, University of Coimbra, Electrical Engineering Department, September 2015.
- [10]Bevan, Kate, "The Internet of Things Makes Strange — and Worrying-Connections," Financial Times, January 24, 2016.
- [11]"A review of Arduino board's, Lilypad's & Arduino shields | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore." <https://ieeexplore.ieee.org/document/7724514/authors#authors> (accessed May 09, 2021).
- [12]N. S. Yamanoor and S. Yamanoor, "High quality, low cost education with the Raspberry Pi," in 2017 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), Oct. 2017, pp. 1–5, doi: 10.1109/GHTC.2017.8239274.
- [13]I. B. Mustaffa and S. F. B. M. Khairul, "Identification of fruit size and maturity through fruit images using OpenCV-Python and Raspberry Pi," in 2017 International Conference on Robotics, Automation and Sciences (ICORAS), Nov. 2017, pp. 1–3, doi: 10.1109/ICORAS.2017.8308068.
- [14]M. Abdulhamid, O. Odondi, and M. Al-Rawi, "Computer vision based on Raspberry Pi system," Applied Computer Science, vol. Vol. 16, no. no 4, 2020, doi: 10.23743/acs-2020-31.
- [15]M. Pantopoulou, N. Sklavos, and I. Ognjanovic, On the Hardware Implementation Performance, of Face Recognition Techniques, for Digital Forensics. 2020, p. 285.
- [16]Du-Hyun Hwang, Yoon-Ki Kim and Chang-Sung Jeong, "Real-Time Pedestrian Detection using Apache Storm in a Distributed Enviroment",. Proceedings of Seventh International Conference on Networks & Communications, (NETCOM – 2015), Sydney, Australia, December 26~27, 2015.
- [17]Barkan et. al "Fast High Dimensional Vector Multiplication Face Recognition." Proceedings of ICCV 2013.
- [18]P. A. Viola and M. J. Jones, "Robust real-time face detection". International Journal of Computer Vision, 57(2):137{154, 2004.

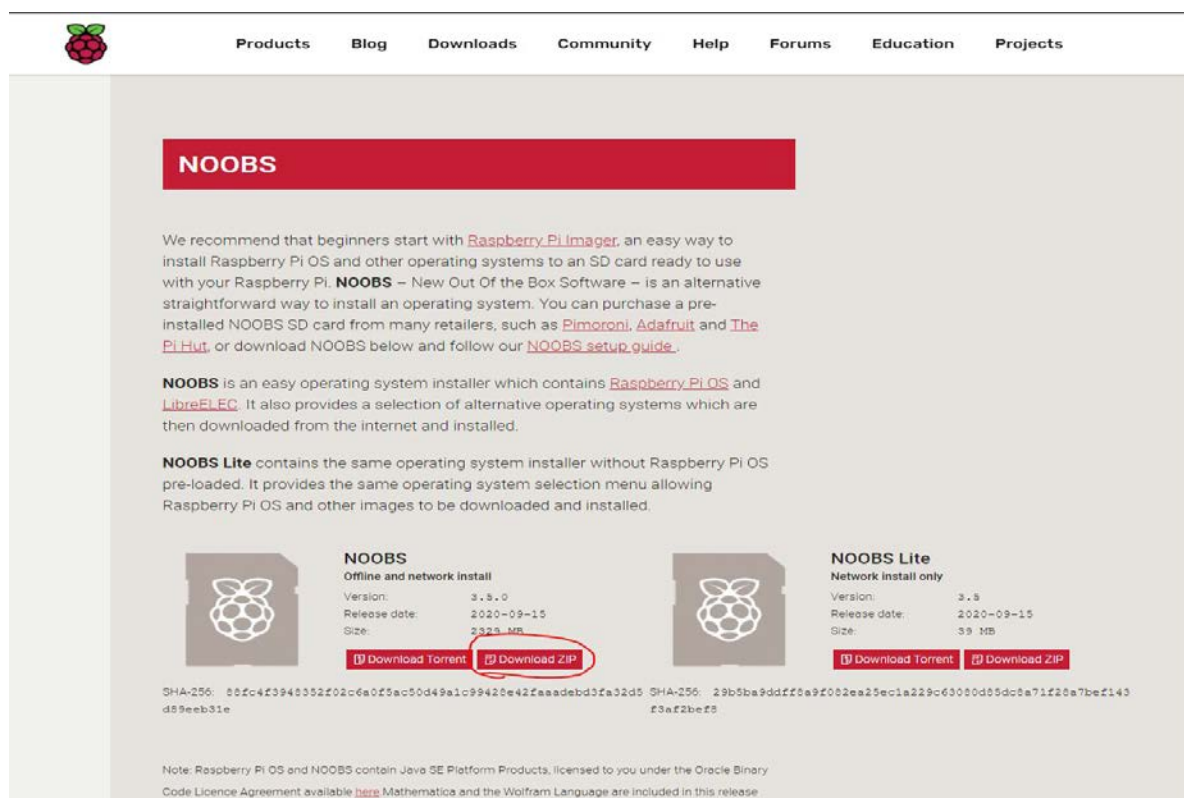
# Παράρτημα Α

## Εγκατάσταση Raspbian-OpenCV-εργαλείων συστήματος

### A.1 Εγκατάσταση Raspbian σε Raspberry 4

Εφόσον έγινε ορθά η συνδεσμολογία ορθά στο raspberry 4b ξεκίνησε η διαδικασία εγκατάστασης του λογισμικού.

Αρχικά απ το <https://www.raspberrypi.org/downloads/noobs/> έγινε λήψη του NOOBS zip.



The screenshot shows the NOOBS download page. At the top, there is a navigation bar with links for Products, Blog, Downloads, Community, Help, Forums, Education, and Projects. The main content area features a red header with the word "NOOBS". Below this, there is a paragraph of text recommending the Raspberry Pi Imager and describing NOOBS as an alternative installation method. Two download options are presented: "NOOBS Offline and network install" and "NOOBS Lite Network install only". Each option includes a version number (3.5.0), release date (2020-09-15), and size (3323 MB for NOOBS, 39 MB for NOOBS Lite). Below the download links, there are SHA-256 hashes for both versions. The "Download ZIP" link for the NOOBS version is circled in red.

NOOBS	NOOBS Lite
Offline and network install	Network install only
Version: 3.5.0	Version: 3.5
Release date: 2020-09-15	Release date: 2020-09-15
Size: 3323 MB	Size: 39 MB
<a href="#">Download Torrent</a> <a href="#">Download ZIP</a>	<a href="#">Download Torrent</a> <a href="#">Download ZIP</a>
SHA-256: 88fc4f03948352f02c6a0f5ac50d49a1c99428e42faadebd3fa32d5	SHA-256: 29b5ba9ddfff8a9f002ea28ec1a229c6300d05dca71228a7bef143
d59eeb31e	f3af2bef3

Note: Raspberry Pi OS and NOOBS contain Java SE Platform Products, licensed to you under the Oracle Binary Code Licence Agreement available [here](#). Mathematica and the Wolfram Language are included in this release

Εικόνα 45: Noobs

Στη συνέχεια έγινε αντιγραφή των αρχείων αφού αποσυμπιέστηκαν στην κάρτα μνήμης που χρησιμοποιήθηκε απ το raspberry.

NOOBS\_v3\_5\_0.zip - WinRAR (έκδοση αξιολόγησης)

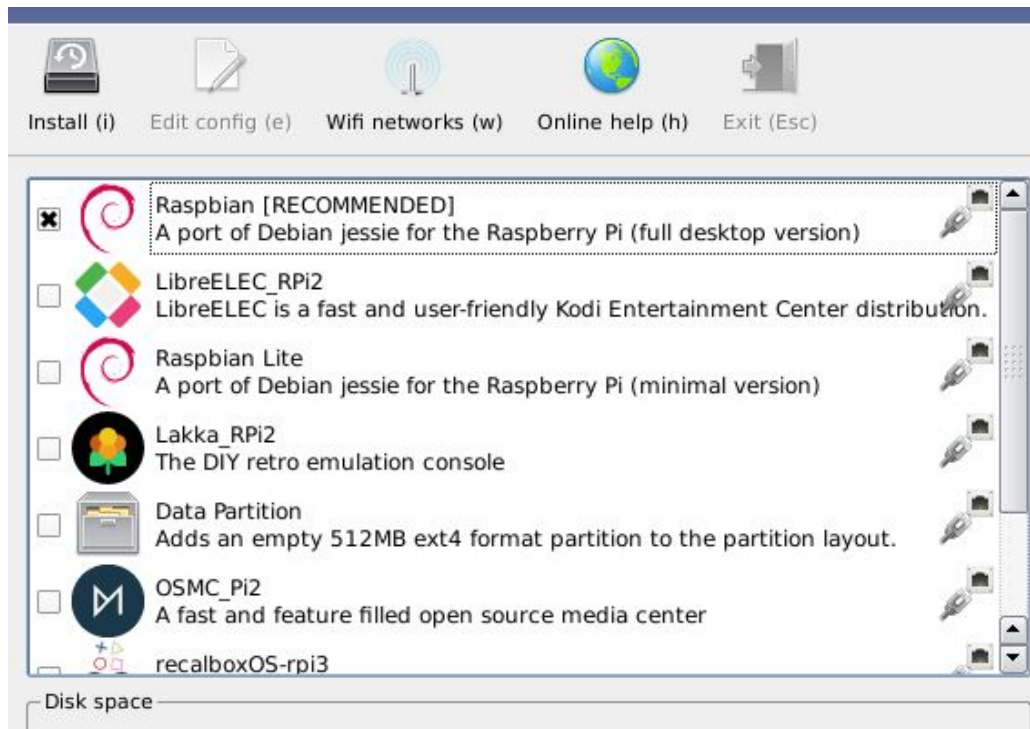
Αρχείο Εργασίες Εργαλεία Αγαπημένα Επιλογές Βοήθεια

Συμπίεση Αποσυμπ. σε Έλεγχος Προβολή Διαγραφή Εύρεση Οδηγός Πληροφορίες Έλεγχος για λούξ Σχόλιο SFX

Όνομα	Μέγεθος	Συμπιεσμένο	Τύπος	Τροποποίηση	CRC32
..			Folder		
overlays			Folder	15/9/2020 1:15 ...	
os			Folder	15/9/2020 12:5...	
defaults			Folder	5/2/2020 4:46 μμ	
riscos-boot.bin	9.728	103	Αρχείο bin	15/9/2020 10:4...	D9BA44A7
recovery7l.img	3.661.008	3.643.414	Disc Image File	15/9/2020 10:4...	26A06E60
recovery7.img	3.420.072	3.407.718	Disc Image File	15/9/2020 10:4...	04123694
RECOVERY_FILES_DO_NOT_EDIT	0	0	Αρχείο	15/9/2020 10:4...	00000000
recovery.rfs	28.995.584	28.633.329	Αρχείο rfs	15/9/2020 10:4...	6937B2C9
recovery.img	3.237.424	3.229.472	Disc Image File	15/9/2020 10:4...	39BAD87E
recovery.elf	820.188	482.627	Αρχείο elf	15/9/2020 10:4...	A64F4565
recovery.cmdline	121	106	Αρχείο cmdline	15/9/2020 10:4...	F5FF14E3
recover4.elf	820.188	482.627	Αρχείο elf	15/9/2020 10:4...	03886425
INSTRUCTIONS-README.txt	2.450	1.041	Text Document	15/9/2020 10:4...	31CCAA2C
fixup4rc.dat	3.159	652	Ταινία Βίντεο CD	15/9/2020 10:4...	70DF9701
fixup_rc.dat	3.159	652	Ταινία Βίντεο CD	15/9/2020 10:4...	70DF9701
config.txt	114	67	Text Document	15/9/2020 10:4...	A4623AFB
BUILD-DATA	302	219	Αρχείο	15/9/2020 10:4...	3EDC50EC
bootcode.bin	52.480	30.261	Αρχείο bin	15/9/2020 10:4...	7C807BBA
bcm2711-rpi-cm4.dtb	47.576	10.400	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	3ED6F0BD
bcm2711-rpi-4-b.dtb	47.471	10.507	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	CF73EB7D
bcm2710-rpi-cm3.dtb	26.289	6.203	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	E05F0EE1
bcm2710-rpi-3-b.dtb	27.980	6.554	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	153C7854
bcm2710-rpi-3-b-plus.dtb	28.599	6.724	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	F82DF4A2
bcm2710-rpi-2-b.dtb	26.482	6.248	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	E64B403A
bcm2709-rpi-2-b.dtb	26.333	6.207	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	B0655A1E
bcm2708-rpi-zero.dtb	24.900	5.896	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	0EFEAB98
bcm2708-rpi-zero-w.dtb	26.093	6.134	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	0339D2C4
bcm2708-rpi-cm.dtb	24.928	5.903	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	FC186FE1
bcm2708-rpi-b.dtb	25.195	5.948	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	FAC6364C
bcm2708-rpi-b-rev1.dtb	24.806	5.837	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	B5195E79
bcm2708-rpi-b-plus.dtb	25.458	6.026	Αρχείο dtb	15/9/2020 10:4...	5F5B8798

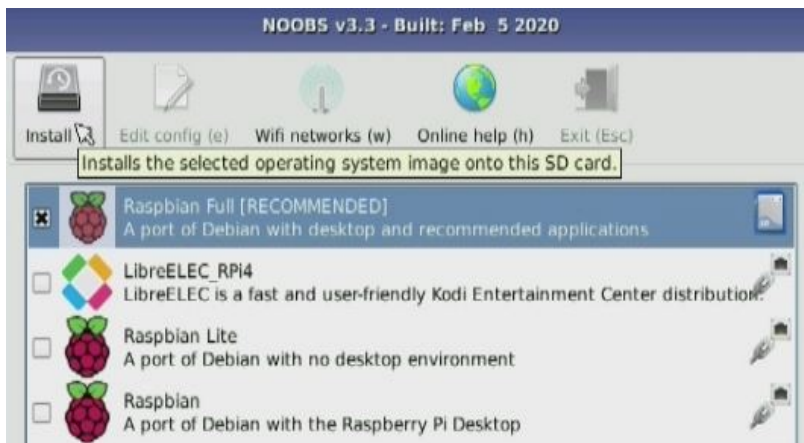
Εικόνα 46: Αποσυμπίεση αρχείου

Πλέον συνδέθηκε η κάρτα μνήμης και συνδέθηκε το raspberry και έγινε τροφοδότηση του συστήματος. Στην έξοδο της οθόνης εμφανίζεται η παρακάτω εικόνα.



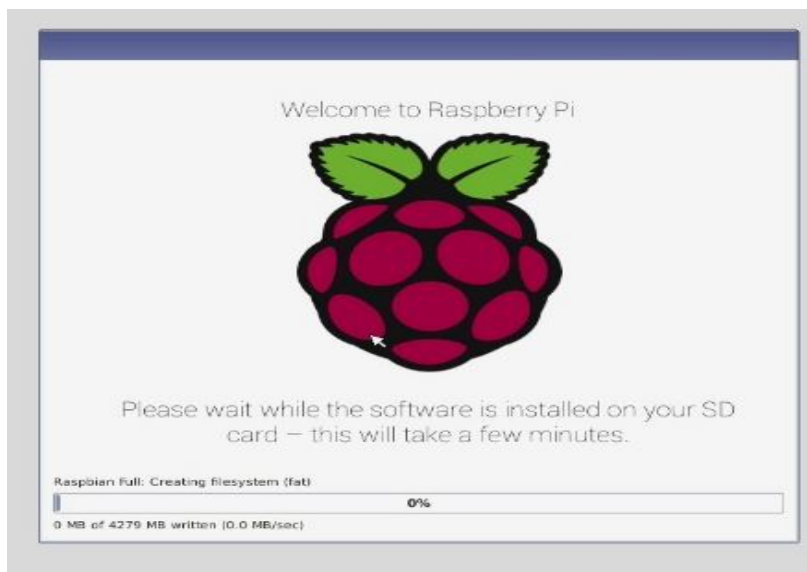
**Εικόνα 47: Εγκατάσταση raspbian(1)**

Οπότε θα γίνει επιλογή της επιθυμητής εγκατάστασης.



**Εικόνα 48: Εγκατάσταση Raspbian(2)**

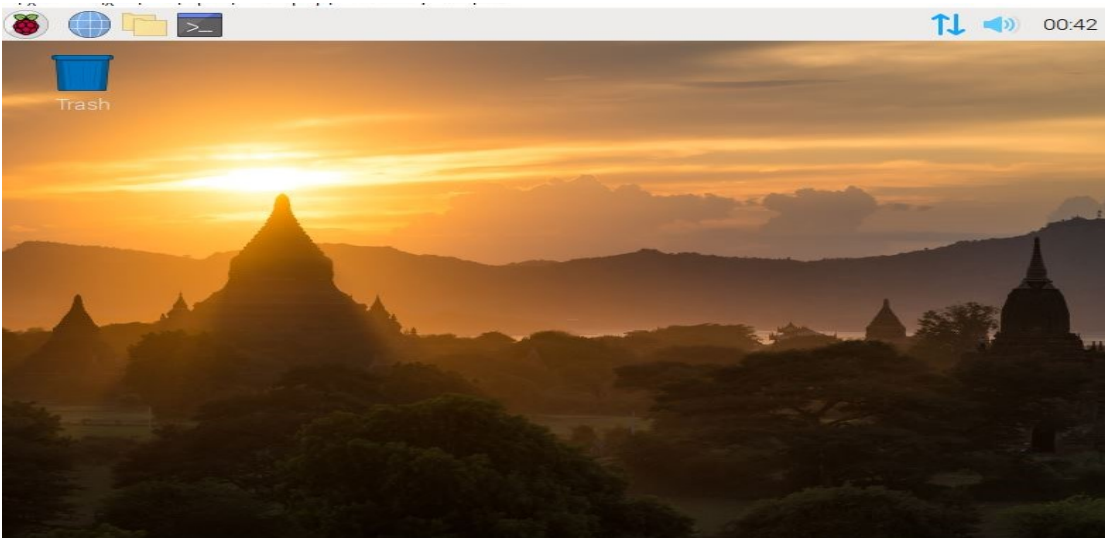
Στη συνέχεια προχώρησε η εγκατάσταση όπου και ολοκληρώθηκε για την εγκατάσταση της βιβλιοθήκης



**Εικόνα 49,50: Εγκατάσταση Raspbian(3,4)**

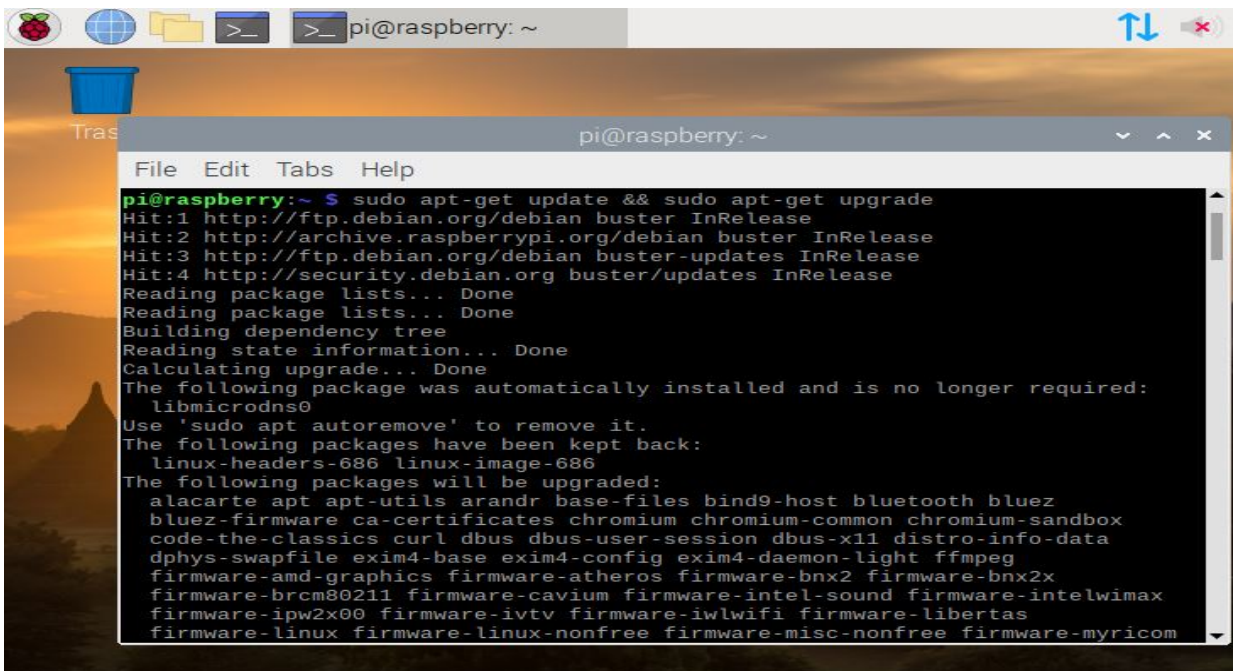
## A.2 Εγκατάσταση OpenCV

Εφόσον ολοκληρώθηκε η εγκατάσταση του Raspbian ξεκινάει η εγκατάσταση των OpenCV. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η επιφάνεια εργασίας του συστήματος.



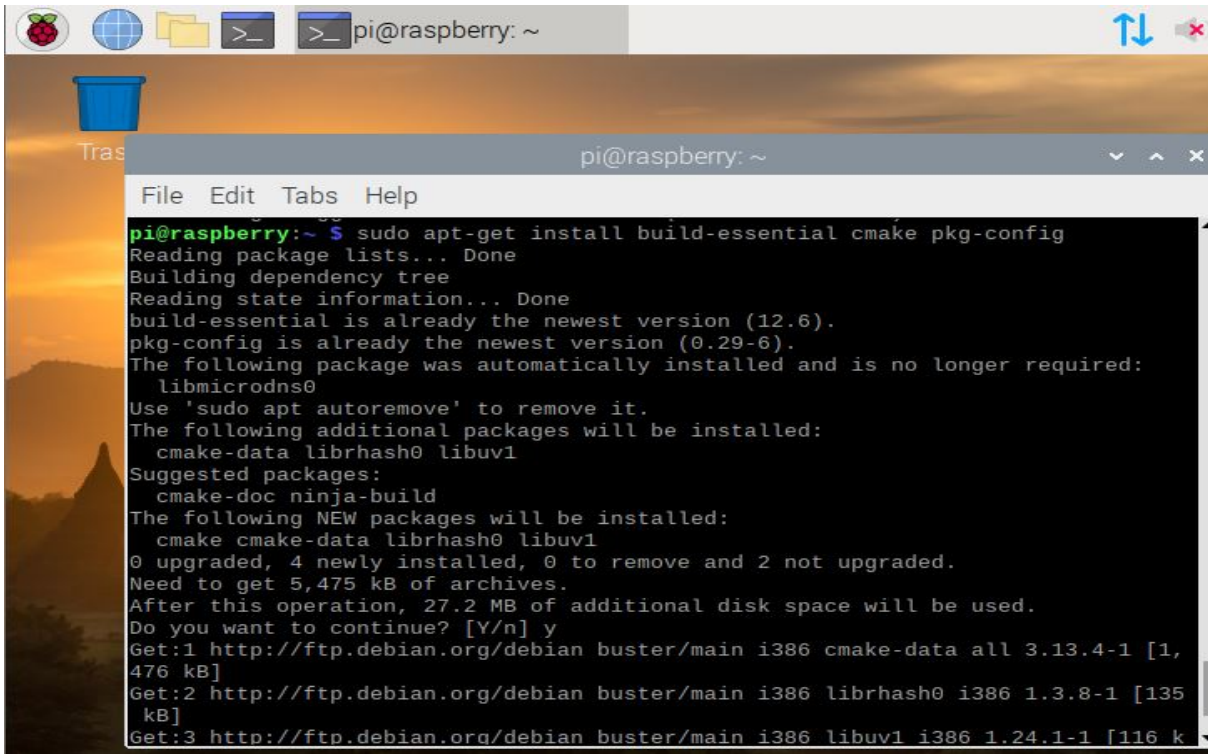
Εικόνα 51: Επιφάνεια εργασίας

Με την εντολή `update, upgrade` έγινε ενημέρωση και αναβάθμιση του συστήματος.



Εικόνα 52: Ενημέρωση συστήματος

Θα γίνει εγκατάσταση ορισμένων εργαλείων προγραμματιστή συμπεριλαμβανομένου του C Make το οποίο θα βοηθήσει να διαμορφωθεί τη διαδικασία της εγκατάστασης της βιβλιοθήκης.



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get install build-essential cmake pkg-config  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree  
Reading state information... Done  
build-essential is already the newest version (12.6).  
pkg-config is already the newest version (0.29-6).  
The following package was automatically installed and is no longer required:  
  libmicrodns0  
Use 'sudo apt autoremove' to remove it.  
The following additional packages will be installed:  
  cmake-data librhash0 libuv1  
Suggested packages:  
  cmake-doc ninja-build  
The following NEW packages will be installed:  
  cmake cmake-data librhash0 libuv1  
0 upgraded, 4 newly installed, 0 to remove and 2 not upgraded.  
Need to get 5,475 kB of archives.  
After this operation, 27.2 MB of additional disk space will be used.  
Do you want to continue? [Y/n] y  
Get:1 http://ftp.debian.org/debian buster/main i386 cmake-data all 3.13.4-1 [1,476 kB]  
Get:2 http://ftp.debian.org/debian buster/main i386 librhash0 i386 1.3.8-1 [135 kB]  
Get:3 http://ftp.debian.org/debian buster/main i386 libuv1 i386 1.24.1-1 [116 k
```

### Εικόνα 53: Open CV (1)

Παρακάτω έγινε η εγκατάσταση πακέτων εισόδου/εξόδου εικόνων και βίντεο ώστε να γίνει επιτρεπτή η επεξεργασία των συγκεκριμένων μορφών αρχείων καθώς και η αναγνώριση τους απ το σύστημα.

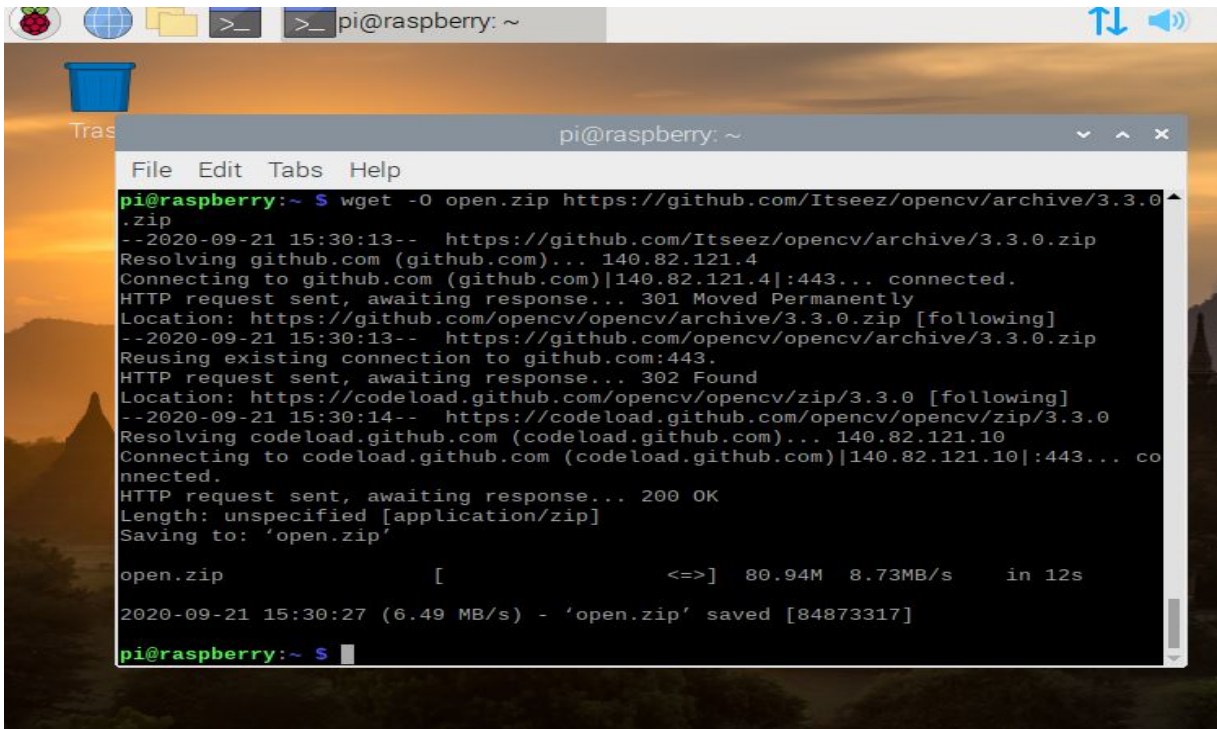
```
sudo apt-get install libjpeg-dev libtiff5-dev libjasper-dev libpng12-dev
```

```
sudo apt-get install libavcodec-dev libavformat-dev libswscale-dev libv4l-dev
```

```
sudo apt-get install libxvidcore-dev libx264-dev
```

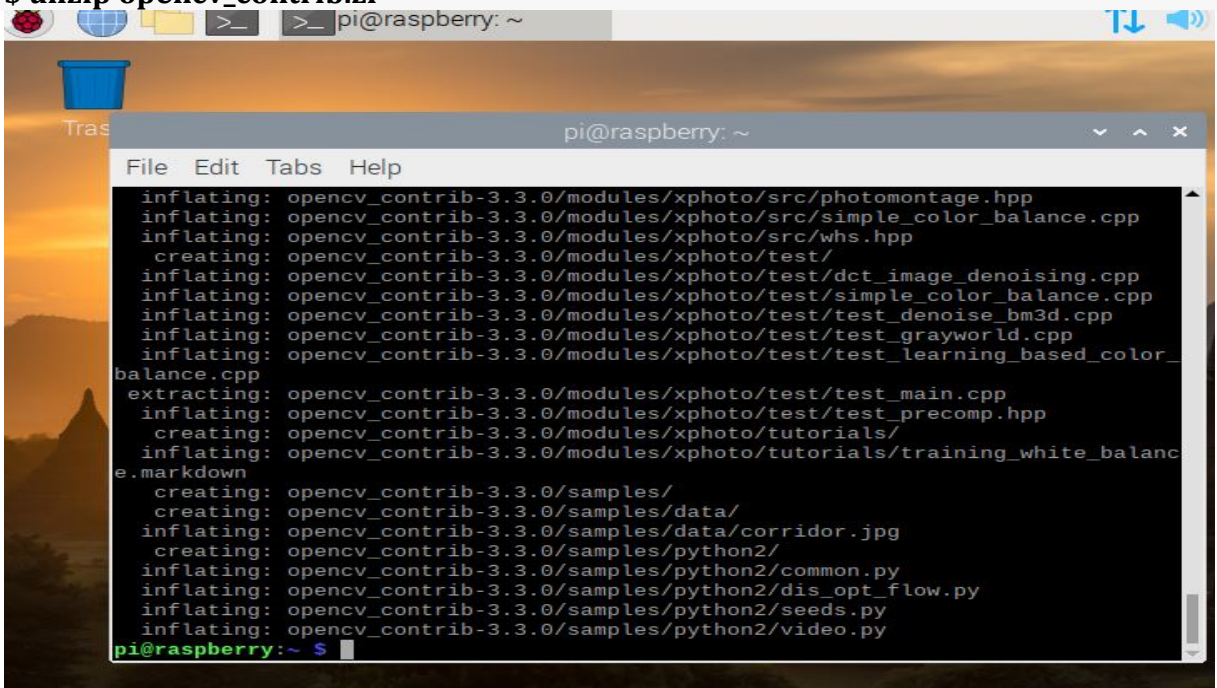
```
sudo apt-get install libgtk2.0-dev libgtk-3-dev
```

Απ το αποθετήριο Open CV θα γίνει λήψη του opencv. Εφόσον χρειάζεται η πλήρης εγκατάστασης θα γίνει λήψη και του Open CV\_contrib



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~$ wget -O open.zip https://github.com/Itseez/opencv/archive/3.3.0.zip  
--2020-09-21 15:30:13-- https://github.com/Itseez/opencv/archive/3.3.0.zip  
Resolving github.com (github.com)... 140.82.121.4  
Connecting to github.com (github.com)[140.82.121.4]:443... connected.  
HTTP request sent, awaiting response... 301 Moved Permanently  
Location: https://github.com/opencv/opencv/archive/3.3.0.zip [following]  
--2020-09-21 15:30:13-- https://github.com/opencv/opencv/archive/3.3.0.zip  
Reusing existing connection to github.com:443.  
HTTP request sent, awaiting response... 302 Found  
Location: https://codeload.github.com/opencv/opencv/zip/3.3.0 [following]  
--2020-09-21 15:30:14-- https://codeload.github.com/opencv/opencv/zip/3.3.0  
Resolving codeload.github.com (codeload.github.com)... 140.82.121.10  
Connecting to codeload.github.com (codeload.github.com)[140.82.121.10]:443... connected.  
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK  
Length: unspecified [application/zip]  
Saving to: 'open.zip'  
  
open.zip      [      <=>]  80.94M  8.73MB/s   in 12s  
  
2020-09-21 15:30:27 (6.49 MB/s) - 'open.zip' saved [84873317]  
  
pi@raspberrypi:~$
```

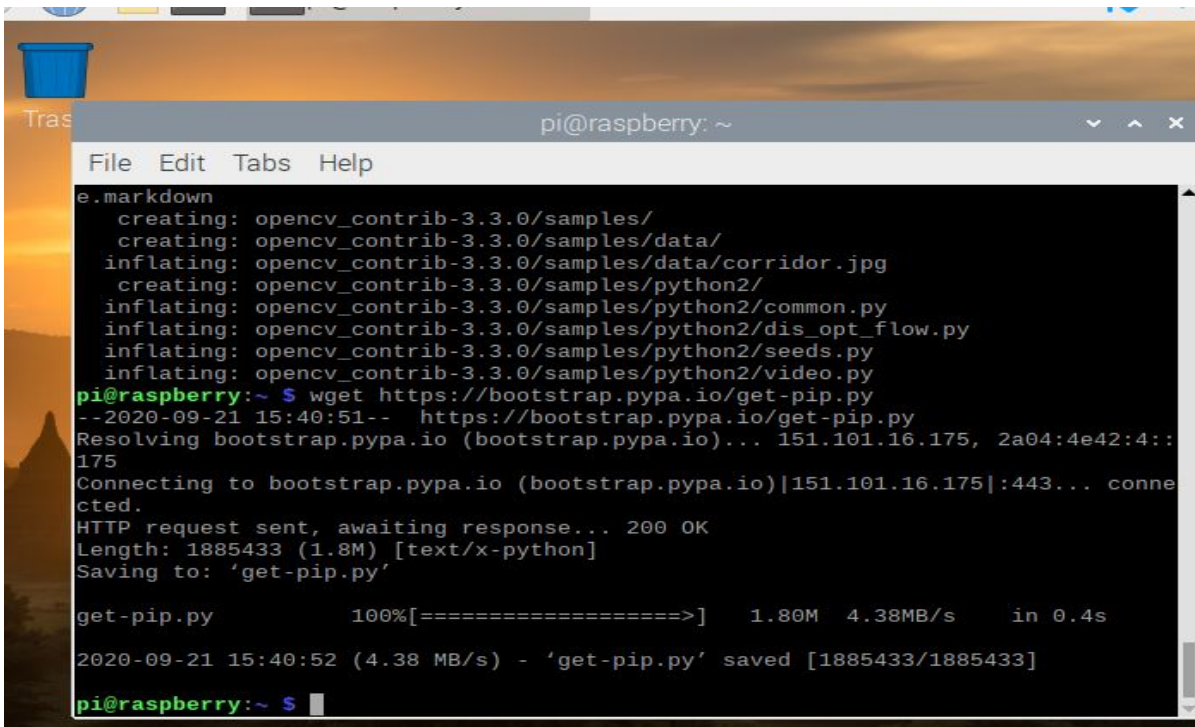
**wget -O opencv\_contrib.zip https://github.com/Itseez/opencv\_contrib/archive/3.3.0.zip**  
**\$ unzip opencv\_contrib.zip**



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~$ unzip opencv_contrib.zip  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/src/photomontage.hpp  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/src/simple_color_balance.cpp  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/src/whs.hpp  
creating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/test/  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/test/dct_image_denoising.cpp  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/test/simple_color_balance.cpp  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/test/test_denoise_bm3d.cpp  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/test/test_grayworld.cpp  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/test/test_learning_based_color_balance.cpp  
extracting: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/test/test_main.cpp  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/test/test_precomp.hpp  
creating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/tutorials/  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/modules/xphoto/tutorials/training_white_balance.markdown  
creating: opencv_contrib-3.3.0/samples/  
creating: opencv_contrib-3.3.0/samples/data/  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/samples/data/corridor.jpg  
creating: opencv_contrib-3.3.0/samples/python2/  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/samples/python2/common.py  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/samples/python2/dis_opt_flow.py  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/samples/python2/seeds.py  
inflating: opencv_contrib-3.3.0/samples/python2/video.py  
  
pi@raspberrypi:~$
```

Εικόνες 54,55: Open CV (2,3)

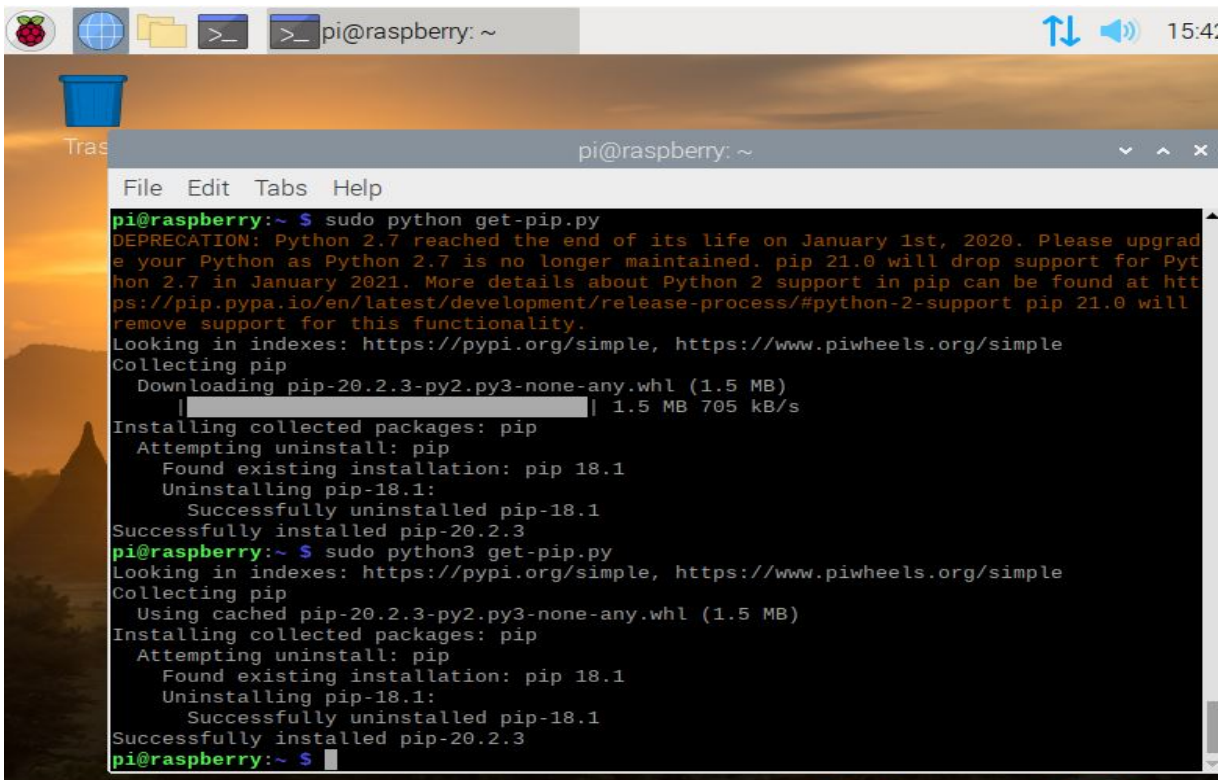
Στη συνέχεια θα γίνει εγκατάσταση για την διαχείριση πακέτων python.



```
pi@raspberrypi:~$ cd /opt/opencv_3.3.0/
pi@raspberrypi:~/opencv_3.3.0$ cd samples/
pi@raspberrypi:~/opencv_3.3.0/samples$ cd data/
pi@raspberrypi:~/opencv_3.3.0/samples/data$ cp ../corridor.jpg ./
pi@raspberrypi:~/opencv_3.3.0/samples/data$ cd ../python2/
pi@raspberrypi:~/opencv_3.3.0/samples/python2$ cp common.py dis_opt_flow.py seeds.py video.py
pi@raspberrypi:~/opencv_3.3.0/samples/python2$ cd ..
pi@raspberrypi:~/opencv_3.3.0/samples$ cd ..
pi@raspberrypi:~/opencv_3.3.0$ cd ..
pi@raspberrypi:~$ wget https://bootstrap.pypa.io/get-pip.py
--2020-09-21 15:40:51-- https://bootstrap.pypa.io/get-pip.py
Resolving bootstrap.pypa.io (bootstrap.pypa.io)... 151.101.16.175, 2a04:4e42:4::175
Connecting to bootstrap.pypa.io (bootstrap.pypa.io)|151.101.16.175|:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1885433 (1.8M) [text/x-python]
Saving to: 'get-pip.py'

get-pip.py          100%[=====] 1.80M 4.38MB/s  in 0.4s

2020-09-21 15:40:52 (4.38 MB/s) - 'get-pip.py' saved [1885433/1885433]
pi@raspberrypi:~$
```



```
pi@raspberrypi:~$ sudo python get-pip.py
DEPRECATION: Python 2.7 reached the end of its life on January 1st, 2020. Please upgrade your Python to Python 2.7 or later. pip 21.0 will drop support for Python 2.7 in January 2021. More details about Python 2 support in pip can be found at https://pip.pypa.io/en/latest/development/release-process/#python-2-support pip 21.0 will remove support for this functionality.
Looking in indexes: https://pypi.org/simple, https://www.piwheels.org/simple
Collecting pip
  Downloading pip-20.2.3-py2.py3-none-any.whl (1.5 MB)
    |#####| 1.5 MB 705 kB/s
Installing collected packages: pip
  Attempting uninstall: pip
    Found existing installation: pip 18.1
    Uninstalling pip-18.1:
      Successfully uninstalled pip-18.1
  Successfully installed pip-20.2.3
pi@raspberrypi:~$ sudo python3 get-pip.py
Looking in indexes: https://pypi.org/simple, https://www.piwheels.org/simple
Collecting pip
  Using cached pip-20.2.3-py2.py3-none-any.whl (1.5 MB)
Installing collected packages: pip
  Attempting uninstall: pip
    Found existing installation: pip 18.1
    Uninstalling pip-18.1:
      Successfully uninstalled pip-18.1
  Successfully installed pip-20.2.3
pi@raspberrypi:~$
```

Εικόνες 56,57: Open CV (4,5)

Για τη διατήρηση σε ένα εικονικό περιβάλλον πρέπει να εγκατασταθεί ένα ειδικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη διατήρηση των εξαρτήσεων που απαιτούνται από διαφορετικά έργα σε ξεχωριστά μέρη δημιουργώντας απομονωμένα, ανεξάρτητα περιβάλλοντα Python για καθένα από αυτά. Επίσης πρέπει να γίνει ενημέρωση του προφίλ μου και του αρχείου για τις σχετικές αλλαγές.

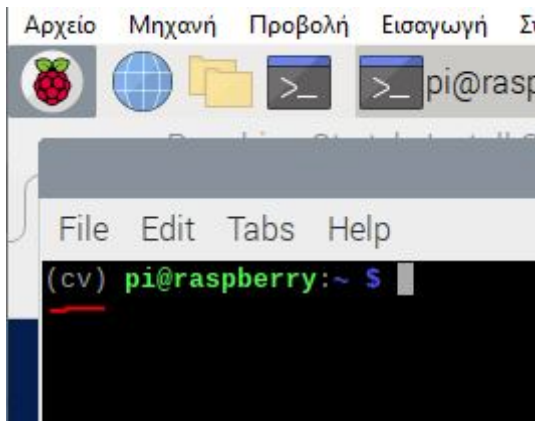
```
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~$ sudo pip install virtualenv virtualenvwrapper
Looking in indexes: https://pypi.org/simple, https://www.piwheels.org/simple
Collecting virtualenv
  Downloading virtualenv-20.0.31-py2.py3-none-any.whl (4.9 MB)
    |-----| 4.9 MB 682 kB/s
Collecting virtualenvwrapper
  Downloading https://www.piwheels.org/simple/virtualenvwrapper/virtualenvwrapper-5.0.0-py2.py3-none-any.whl (24 kB)
Collecting filelock<4,>=3.0.0
  Downloading filelock-3.0.12-py3-none-any.whl (7.6 kB)
Requirement already satisfied: appdirs<2,>=1.4.3 in /usr/lib/python3/dist-packages (from virtualenv) (1.4.3)
Collecting importlib-metadata<2,>=0.12; python_version < "3.8"
  Downloading importlib_metadata-1.7.0-py2.py3-none-any.whl (31 kB)
Collecting distlib<1,>=0.3.1
  Downloading distlib-0.3.1-py2.py3-none-any.whl (335 kB)
    |-----| 335 kB 7.4 MB/s
Requirement already satisfied: six<2,>=1.9.0 in /usr/lib/python3/dist-packages (from virtualenv) (1.12.0)
Collecting virtualenv-clone
  Downloading virtualenv-clone-0.5.4-py2.py3-none-any.whl (6.6 kB)
Collecting stevedore
  Downloading stevedore-3.2.2-py3-none-any.whl (42 kB)
    |-----| 42 kB 744 kB/s
Collecting zipp>=0.5
  Downloading zipp-3.1.0-py3-none-any.whl (4.9 kB)
Collecting pbr!=2.1.0,>=2.0.0
  Downloading pbr-5.5.0-py2.py3-none-any.whl (106 kB)
    |-----| 106 kB 13.5 MB/s
Installing collected packages: filelock, zipp, importlib-metadata, distlib, virtualenv, virtualenv-clone, stevedore, virtualenvwrapper
Successfully installed filelock-3.0.12 importlib-metadata-1.7.0 pbr-5.5.0 stevedore-3.2.2 virtualenv-20.0.31 virtualenv-clone-0.5.4 virtualenvwrapper-5.0.0 zipp-3.1.0
```

```
pi@raspberrypi:~$ sudo rm -rf ~/.cache/pip
pi@raspberrypi:~$ sudo rm -rf ~/.cache/pip
pi@raspberrypi:~$ # virtualenv and virtualenvwrapper
pi@raspberrypi:~$ export WORKON_HOME=$HOME/.virtualenvs
pi@raspberrypi:~$ export VIRTUALENVWRAPPER_PYTHON=/usr/bin/python3
pi@raspberrypi:~$ source /usr/local/bin/virtualenvwrapper.sh
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/premkproject
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/postmkproject
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/initialize
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/premkvirtualenv
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/postmkvirtualenv
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/prermvirtualenv
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/postrmvirtualenv
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/predeactivate
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/postdeactivate
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/preactivate
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/postactivate
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/get_env_details
pi@raspberrypi:~$
```

Εικόνες 58,59: Open CV (6,7)

Με την παρακάτω εντολή θα δημιουργηθεί ένα νέο εικονικό περιβάλλον.

```
pi@raspberrypi:~$ VIRTUALENVWRAPPER_PYTHON=/usr/bin/python3
pi@raspberrypi:~$ VIRTUALENVWRAPPER_VIRTUALENV=/usr/local/bin/virtualenv
pi@raspberrypi:~$ export PATH=/usr/local/bin:$PATH
pi@raspberrypi:~$ export WORKON_HOME=~/.virtualenvs
pi@raspberrypi:~$ source /usr/local/bin/virtualenvwrapper.sh
pi@raspberrypi:~$ export PATH=/usr/local/bin:$PATH
pi@raspberrypi:~$ mkvirtualenv cv -p python3
created virtual environment CPython3.7.3.final.0-32 in 1195ms
  creator CPython3Posix(dest=/home/pi/.virtualenvs/cv, clear=False, global=False)
  seeder FromAppData(download=False, pip=bundle, setuptools=bundle, wheel=bundle, via=copy, app_data_dir=/home/pi/.local/share/virtualenv)
  added seed packages: pip==20.2.2, setuptools==49.6.0, wheel==0.35.1
  activators BashActivator,CShellActivator,FishActivator,PowerShellActivator,PythonActivator,XonshActivator
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/cv/bin/predeactivate
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/cv/bin/postdeactivate
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/cv/bin/preactivate
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/cv/bin/postactivate
virtualenvwrapper.user_scripts creating /home/pi/.virtualenvs/cv/bin/get_env_details
(cv) pi@raspberrypi:~$
```



Εικόνες 60,61: Open CV (8,9)

Στη συνέχεια όλα είναι έτοιμα για την εγκατάσταση του opencv. Θα δημιουργηθεί φάκελος Open CV και θα γίνει το setup.

```
(cv) pi@raspberrypi:~/opencv/build $ cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE \
-D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local \
-D OPENCV_EXTRA_MODULES_PATH=~/opencv_contrib/modules \
-D ENABLE_NEON=ON \
-D ENABLE_VFPV3=ON \
-D WITH_OPENMP=ON \
-D BUILD_TIFF=ON \
-D WITH_FFMPEG=ON \
-D WITH_GSTREAMER=ON \
-D WITH_TBB=ON \
-D BUILD_TBB=ON \
-D BUILD_TESTS=OFF \
-D WITH_EIGEN=OFF \
-D WITH_V4L=ON \
-D WITH_LIBV4L=ON \
-D WITH_QT=OFF \
-D WITH_VTK=OFF \
-D OPENCV_EXTRA_EXE_LINKER_FLAGS=-latomic \
-D OPENCV_ENABLE_NONFREE=ON \
-D INSTALL_C_EXAMPLES=OFF \
-D INSTALL_PYTHON_EXAMPLES=OFF \
-D BUILD_NEW_PYTHON_SUPPORT=ON \
-D BUILD_opencv_python3=TRUE \
-D OPENCV_GENERATE_PKGCONFIG=ON \
-D BUILD_EXAMPLES=OFF ..
```

```
-- Matlab: Matlab not found or implicit
-- Documentation:
-- Doxygen: /usr/bin/doxygen (ver 1.8
-- Tests and samples:
-- Tests: NO
-- Performance tests: YES
-- C/C++ Examples: NO
-- Install path: /usr/local
-- cvconfig.h is in: /home/pi/opencv/build
-----
-- Configuring done
-- Generating done
-- Build files have been written to: /home/pi/opencv/build
(cv) pi@raspberrypi:~/opencv/build $
```

### Εικόνες 62,63: Open CV (10,11)

Πριν ολοκληρωθεί η διαδικασία θα γίνει αύξηση του μεγέθους του χώρου ανταλλαγής. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να μεταγλωττίσει το Open CV και τους 4 πυρήνες της πλατφόρμας χωρίς να δημιουργηθεί πρόβλημα μνήμης. Για να ενεργοποιηθεί ο νέος χώρος ανταλλαγής επανεκκινήθηκε η υπηρεσία.

```
sudo /etc/init.d/dphys-swapfile stop
```

```
sudo /etc/init.d/dphys-swapfile start
```

```

pi@raspberrypi:~$ sudo nano /etc/dphys-swapfile
pi@raspberrypi:~$ sudo /etc/init.d/dphys-swapfile stop
[ ok ] Stopping dphys-swapfile (via systemctl): dphys-swapfile.service.
pi@raspberrypi:~$ sudo /etc/init.d/dphys-swapfile start
[ ok ] Starting dphys-swapfile (via systemctl): dphys-swapfile.service.

```

```

# set size to absolute value
# you most likely don't want
CONF_SWAPSIZE=100
CONF_SWAPSIZE=1024
# set size to computed value

```

## Εικόνες 64,65: Open cv (12,13)

Με την εντολή `make j-4` (4 λόγω πυρήνων) ξεκινάει η διαδικασία.

Και ολοκληρώθηκε η διαδικασία μετά από αρκετή ώρα.

```

[100%] Linking CXX executable ../../bin/example_tutorial_introduction_to_svm
[100%] Linking CXX executable ../../bin/example_tutorial_npr_demo
[100%] Built target example_tutorial_introduction_to_svm
Scanning dependencies of target example_tutorial_core_various
[100%] Building CXX object samples/cpp/CMakeFiles/example_tutorial_core_various.dir/tutorial_code/
s.cpp.o
[100%] Built target example_tutorial_npr_demo
[100%] Linking CXX executable ../../bin/example_tutorial_out_of_focus_deblur_filter
Scanning dependencies of target example_tutorial_imgcodecs_imwrite
[100%] Building CXX object samples/cpp/CMakeFiles/example_tutorial_imgcodecs_imwrite.dir/tutorial
_tutorial_imgcodecs_imwrite.cpp.o
[100%] Linking CXX executable ../../bin/example_tutorial_core_split
[100%] Built target example_tutorial_out_of_focus_deblur_filter
Scanning dependencies of target example_tutorial_imgproc_HoughLinesP
[100%] Building CXX object samples/cpp/CMakeFiles/example_tutorial_imgproc_HoughLinesP.dir/tutorial
_imgproc_HoughLinesP.cpp.o
[100%] Built target example_tutorial_core_split
Scanning dependencies of target example_tutorial_generalContours_demo1
[100%] Building CXX object samples/cpp/CMakeFiles/example_tutorial_generalContours_demo1.dir/tutor
ial_generalContours_demo1.cpp.o
[100%] Linking CXX executable ../../bin/example_tutorial_core_various
[100%] Linking CXX executable ../../bin/example_tutorial_imgcodecs_imwrite
[100%] Built target example_tutorial_core_various
Scanning dependencies of target example_tutorial_core_mat_checkVector
[100%] Building CXX object samples/cpp/CMakeFiles/example_tutorial_core_mat_checkVector.dir/tutori
al_core_mat_checkVector.cpp.o
[100%] Built target example_tutorial_imgcodecs_imwrite
Scanning dependencies of target example_tutorial_imgproc_HoughLinesPointSet
[100%] Building CXX object samples/cpp/CMakeFiles/example_tutorial_imgproc_HoughLinesPointSet.dir/
tutorial_imgproc_HoughLinesPointSet.cpp.o
[100%] Linking CXX executable ../../bin/example_tutorial_imgproc_HoughLinesP
[100%] Built target example_tutorial_imgproc_HoughLinesP
Scanning dependencies of target example_tutorial_imgproc_drawContours
[100%] Building CXX object samples/cpp/CMakeFiles/example_tutorial_imgproc_drawContours.dir/tutori
al_imgproc_drawContours.cpp.o
[100%] Linking CXX executable ../../bin/example_tutorial_generalContours_demo1
[100%] Linking CXX executable ../../bin/example_tutorial_core_mat_checkVector
[100%] Built target example_tutorial_generalContours_demo1
[100%] Linking CXX executable ../../bin/example_tutorial_imgproc_HoughLinesPointSet
[100%] Built target example_tutorial_core_mat_checkVector
[100%] Built target example_tutorial_imgproc_HoughLinesPointSet
[100%] Linking CXX executable ../../bin/example_tutorial_imgproc_drawContours
[100%] Built target example_tutorial_imgproc_drawContours

```

```

pi@raspberrypi:~/opencv-4.1.0/build $
pi@raspberrypi:~/opencv-4.1.0/build $ sudo make install && sudo ldconfig
[ 4%] Built target libwebp
[ 6%] Built target IlmImf
[ 8%] Built target libprotobuf
[ 8%] Built target quirc
[ 9%] Built target carotene_objs
[10%] Built target tegra_hal
[11%] Built target ade
[11%] Built target opencv_videoio_plugins
[11%] Built target opencv_ts_pch_dephelp
[11%] Built target pch_Generate_opencv_ts
[11%] Built target opencv_core_pch_dephelp
[11%] Built target pch_Generate_opencv_core
[13%] Built target opencv_core
[13%] Built target opencv_imgproc_pch_dephelp
[13%] Built target pch_Generate_opencv_imgproc
[15%] Built target opencv_imgproc
[15%] Built target opencv_imgcodecs_pch_dephelp
[15%] Built target pch_Generate_opencv_imgcodecs
[16%] Built target opencv_imgcodecs
[16%] Built target opencv_videoio_pch_dephelp
[16%] Built target pch_Generate_opencv_videoio
[16%] Built target opencv_videoio
[17%] Built target opencv_highgui_pch_dephelp
[17%] Built target pch_Generate_opencv_highgui
[17%] Built target opencv_highgui
[17%] Built target opencv_ts
[17%] Built target opencv_test_core_pch_dephelp
[17%] Built target pch_Generate_opencv_test_core
[18%] Built target opencv_test_core
[19%] Built target opencv_perf_core_pch_dephelp
[19%] Built target pch_Generate_opencv_perf_core
[20%] Built target opencv_perf_core
[20%] Built target opencv_flann_pch_dephelp
[20%] Built target pch_Generate_opencv_flann
[20%] Built target opencv_flann
[20%] Built target opencv_test_flann_pch_dephelp
[20%] Built target pch_Generate_opencv_test_flann
[21%] Built target opencv_test_flann
[21%] Built target opencv_test_imgproc_pch_dephelp
[21%] Built target pch_Generate_opencv_test_imgproc
[23%] Built target opencv_test_imgproc
[23%] Built target opencv_perf_imgproc_pch_dephelp
[23%] Built target pch_Generate_opencv_perf_imgproc
[24%] Built target opencv_perf_imgproc
[24%] Built target opencv_ml_pch_dephelp
[24%] Built target pch_Generate_opencv_ml
[25%] Built target opencv_ml
[25%] Built target opencv_test_ml_pch_dephelp
[25%] Built target pch_Generate_opencv_test_ml

```

Εικό  
νες  
66,6  
7:0  
pen  
CV  
(14,  
15)